



UNIVERSIDAD
DE CHILE

POLICY BRIEF
POLICY • BRIEF

Enero / 2022

La Falla San Ramón y la sostenibilidad del piedemonte de Santiago: Recomendaciones para la política pública

La Falla San Ramón y la sostenibilidad del piedemonte de Santiago: Recomendaciones para la política pública

Gabriel Easton, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (geaston@uchile.cl)

Rubén Boroschek, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (rborosch@ing.uchile.cl)

Sofía Rebolledo, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (srebolle@ing.uchile.cl)

Jorge Inzulza, Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile (jinzulza@uchilefau.cl)

Daniela Ejsmentewicz, Facultad de Derecho, Universidad de Chile (danielaec@uchile.cl)

Paulina Vergara, Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile (pvergaras@u.uchile.cl)

Eduardo Giesen, Colectivo Viento Sur, Observatorio Precordillera (eduardo.giesen@gmail.com)

1. RESUMEN EJECUTIVO

La Falla San Ramón se ubica a los pies del borde occidental de la cordillera de los Andes, a lo largo del piedemonte andino situado al oriente del valle Santiago. Constituye una fractura o zona de debilidad en la corteza terrestre, capaz de acumular esfuerzo tectónico y deslizar un bloque cortical respecto de otro, generando sismos superficiales. De acuerdo con los antecedentes científicos, esta falla es capaz de generar terremotos de gran magnitud con ruptura en superficie. Su potencial activación constituye una amenaza para la ciudad de Santiago y para toda la Región Metropolitana. Se trata de un elemento de riesgo no incluido en la política pública, cuya consideración resulta fundamental en pos de la sostenibilidad de la ciudad, puesto que una población cada vez mayor de personas vive directamente sobre su traza, o localización en superficie, así como en sus inmediaciones.

En el presente documento se abordan los antecedentes científicos y de política pública en materia de fallas activas y reducción del riesgo de desastres en nuestro país. Se concluye con siete recomendaciones: (1) definir a la Falla San Ramón como una falla activa; (2) restringir la fundación de cualquier infraestructura en una franja de 300 m de ancho a lo largo de la traza de la Falla San Ramón, con posibilidad de realizar estudios para precisar la ubicación de esta franja en la superficie del terreno; (3) modificar la ordenanza, planes reguladores y norma sísmica de diseño para incorporar las fallas activas; (4) realizar estudios de peligro por remociones en masa, en zonas susceptibles, ante la potencial activación de la Falla San Ramón e incorporar estas áreas en los instrumentos de planificación regional y comunales; (5) asegurar la disponibilidad de información precisa y pertinente a la ciudadanía respecto de la ubicación, amenaza y riesgo sísmico de la Falla San Ramón; (6) definir la franja de

restricción de la traza de la Falla San Ramón (300 m), como una zona de protección ambiental y conservación natural a lo largo del piedemonte cordillerano; y (7) definir una gobernanza para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de una planificación urbana sostenible, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y la política nacional y global en materia de Reducción del Riesgo de Desastres.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Santiago, habitada por más de siete millones de personas, se ubica en los faldeos occidentales de la cordillera de los Andes, una de las cadenas de montaña geológicamente más activas del planeta. Aún hoy en día, su construcción se debe

al magmatismo y las fuerzas tectónicas que, en última instancia, se vinculan a la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana¹. Como resultado del encuentro colosal entre estas dos placas tectónicas, las rocas que constituyen la placa Sudamericana se deforman y se rompen cerca de la superficie, dando lugar a las fallas geológicas.

En Chile central, el frente cordillerano constituye un abrupto y conspicuo relieve que denota el límite occidental de la Cordillera Principal de los Andes, respecto del valle de la Depresión Central. La Falla San Ramón, situada en el piedemonte del frente cordillerano de Santiago, ha sido responsable, en gran medida, de la construcción de este relieve a lo largo de los últimos millones de años y hasta la actualidad (**ver figuras 1 y 2**).



Figura 1. Vista hacia el sureste, del frente cordillerano de Santiago con la traza (localización en superficie) de la Falla San Ramón ubicada a lo largo del piedemonte occidental andino (línea blanca).

¹ La convergencia entre las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana ocurre a unos 65 mm por año y es considerada como una de las más rápidas de nuestro planeta, en este tipo de márgenes subducción.

Dado que las tasas de recurrencia de grandes sismos corticales en fallas activas son relativamente más amplias, o lentas, que aquellos generados en el contacto de la subducción de las placas tectónicas, esto ha contribuido para que el peligro y riesgo de terremotos en estas estructuras geológicas, no haya sido considerado en instrumentos de planificación urbana ni en la normativa sísmica nacional.

Se evidencia, entonces, a la vez un vacío como también una oportunidad para una política pública que propenda a la sostenibilidad y la reducción del riesgo de desastres en Santiago, como también en el conjunto de nuestro país².

Desde una perspectiva geológica, la Falla San Ramón, ubicada a los pies del frente cordillerano de Santiago, representa una amenaza para la Región Metropolitana ante un gran terremoto debido a (i) la posibilidad de propagación de la ruptura en superficie (**ver figura 3**), (ii) la ocurrencia de grandes movimientos del suelo en sus inmediaciones, y (iii)

la potencial ocurrencia de remociones en masa en el frente cordillerano y cerros de la región³.

Desde una perspectiva más amplia, el marco normativo actual ha sido insuficiente para considerar las amenazas y riesgos del piedemonte cordillerano en su integralidad, como tampoco para proteger las diversas funciones que este cumple, tales como la amortiguación del impacto de remociones en masa, infiltración de aguas superficiales hacia la napa subterránea, el desarrollo y preservación de suelos, bosques, vegetación y fauna especialmente adaptada a condiciones climáticas adversas, la posibilidad de aire limpio para la ciudad, la riqueza paisajística y la posibilidad de recreación, educación y encuentro con la naturaleza⁴. Zonas no construidas sobre la Falla de San Ramón ofrecen la posibilidad de preservar y poner en valor el patrimonio geológico que representa la misma, al mismo tiempo que cuentan con abundante presencia de bosque y fauna nativa, cumpliendo las funciones anteriores.

2 Resultados de investigaciones científicas de la última década dan cuenta de tasas de deslizamiento a escala de los últimos miles de años del orden de 0,5-0,6 mm/a, como en el caso de la Falla San Ramón o de la Falla Mejillones, 12-25 mm/a en el caso de la Falla Liquiñe-Ofqui, u 8-11 mm/a en el caso de la Falla Magallanes. Estudios recientes también han asociado la ocurrencia de terremotos superficiales ocurridos en las últimas décadas a rupturas sísmicas en fallas geológicas. Estos antecedentes dan cuenta de tasas de deslizamiento moderadas a rápidas de las fallas activas en nuestro país, como también de su capacidad sismogénica, pudiéndose esperar terremotos corticales de gran magnitud con potencial ruptura en superficie a lo largo de las mismas.

3 Evidencias paleosismológicas muestran que la Falla San Ramón es capaz de producir —por sí misma— grandes terremotos, con dos episodios de gran magnitud (M_w 7,2-7,5) ocurridos en los últimos 17.000 años y el último hace unos 8.000 años atrás. De acuerdo con estos mismos antecedentes, en cada uno de estos terremotos la propagación de la ruptura en superficie a lo largo de esta falla movió del orden de 5 m el bloque oriental respecto del occidental, levantando unos 2 a 3 m el bloque cordillerano por sobre el valle de Santiago. Por otro lado, simulaciones de escenarios de ruptura para estos mismos sismos sugieren que el movimiento del suelo en las cercanías de la falla, debido a las aceleraciones producidas por la propagación de las ondas sísmicas, superaría ampliamente lo experimentado en Santiago durante el terremoto del Maule en 2010. Esto implicaría una demanda sísmica potencialmente muy superior a lo que estipulan las normas de diseño sísmico vigentes.

Adicionalmente, el frente cordillerano está expuesto a sufrir variados tipos de fenómenos entre los cuales los más frecuentes son los aluviones (flujos de detritos y barro), que ocurren esporádicamente en las quebradas principales asociados a eventos de precipitaciones extremas. Además, tanto las laderas del frente cordillerano como las de los cerros isla de la Región Metropolitana, son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos superficiales de suelos, deslizamientos o caídas de rocas ante un terremoto cortical a lo largo de la Falla San Ramón, lo que representa una fuente de peligro local para viviendas, caminos e infraestructura en general.

4 La crisis climática de origen antropogénico, de una magnitud tal que el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) ha definido como irreversible, ha aumentado la intensidad y probabilidad de ocurrencia de fenómenos extremos de remociones en masa, posicionando a Chile en un contexto multiamenaza que debe ser atendido para cualquier definición de problema público en materia de riesgo de desastre. Al mismo tiempo, el Cambio Climático se ha expresado en Chile central en forma de una mega-sequía que ha afectado seriamente la disponibilidad de agua y el vigor del bosque nativo, en particular en la precordillera de Santiago. Este bosque cumple un múltiple rol en materia de adaptación y resiliencia, en términos del valor de su propia biodiversidad y funciones ambientales locales, así como respecto de su capacidad para regular el clima local y prevenir el impacto de eventos climáticos extremos.

Los bosques nativos de la precordillera de Santiago, sometidos durante el siglo XX a una intensa deforestación asociada a prácticas agrícolas, producción de carbón de espino (*Acacia caven*), productos cosméticos del quillay (*Quillaja saponaria*), o a incendios, suelen estar conformados por especímenes renovales, en pleno crecimiento por lo que constituyen importantes sumideros netos de carbono dado que absorben más de lo que liberan, aportando también a la mitigación del Cambio Climático; lo anterior, sin necesidad de recurrir a la plantación artificial o agua para regadío. Los especímenes renovales de espino que dominan el bosque esclerófilo del piedemonte de Santiago, son altamente resistentes a la sequía y a las temperaturas extremas y cumplen la función de colonos y “nodrizas” en los procesos de regeneración natural o artificial, brindando las condiciones de temperatura y sombra adecuadas para que otras especies nativas, como el quillay o el litre, puedan crecer en condiciones de estrés climático; al tiempo que fija nitrógeno y sus semillas aportan proteínas a los animales.



Figura 2. Vista hacia el norte, del frente cordillerano de Santiago con la traza (localización en superficie) de la Falla San Ramón ubicada a lo largo del piedemonte occidental andino (línea blanca).

3. ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE POLÍTICA PÚBLICA

A la fecha no existen antecedentes de una política pública integral que considere la amenaza y el riesgo que la Falla San Ramón constituye para Santiago, como tampoco respecto de otras fallas geológicas activas para otras ciudades o localidades en el país⁵. Sin desmedro de lo anterior, a partir del presente siglo XXI se han desarrollado iniciativas pioneras,

en cuanto a la necesaria sinergia entre instituciones académicas y de gobierno, en pos de incrementar el conocimiento científico para sustentar políticas públicas que propendan a la reducción del riesgo de desastre asociado a la potencial activación de esta amenaza.

Entre los años 2011 y 2012, el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile en asociación con Territorio y Ciudad Consul-

⁵ La Falla San Ramón representa una amenaza geológica necesaria de considerar tanto en la planificación urbana de Santiago, como también en la normativa sísmica y en el diseño e implementación de planes de prevención, mitigación y respuesta ante su potencial activación. En el primer caso, un análisis histórico revela que, luego de la ampliación del suelo urbanizable hacia el piedemonte cordillerano en 1979, la urbanización de la traza de esta falla, es decir, de su ubicación en superficie, se incrementó entre los ríos Mapocho y Maipo desde casi inexistente a un 55% en el año 2017. Esto ha implicado un aumento de la población expuesta más directamente a esta amenaza, desde unos 200.000 habitantes que vivían solo en las comunas del sector oriente de Santiago en el año 1960, a más de 1,7 millones de personas en el año 2017. Si bien un gran sismo en esta falla (Mw7,2-7,5) podría tener efectos en toda la ciudad, el sector oriente y el piedemonte cordillerano recibirían un mayor impacto, dada la mayor cercanía a la fuente sumado a la potencial ruptura en superficie a lo largo de su traza. Actualmente se estima que decenas de miles de personas viven directamente sobre la traza de esta falla, a lo que se añade infraestructura crítica como hospitales, escuelas, agua potable y otras situadas sobre ella o en sus inmediaciones.

tores, realizaron el “**Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón**”, desarrollado para la Seremi MINVU RM (2012). Entre los principales resultados de esta investigación cuenta la excavación de trincheras paleosismológicas, a partir de cuya observación se pudo demostrar el carácter activo de esta falla, su capacidad para romper la superficie y levantar varios metros el bloque cordillerano respecto del valle de la Depresión Central en cada terremoto, e informar la ubicación de su traza, es decir, su localización en superficie, entre los ríos Mapocho y Maipo (ver **Figura 3**). Además, se estimó el área que sería directamente afectada por una potencial ruptura en superficie, como una franja de 300 m de

ancho definida a lo largo de la traza de esta falla, junto con una primera caracterización de la población e infraestructura ubicada sobre ella. Entre las principales recomendaciones planteadas en ese informe se señaló la necesidad de incorporar como una franja de restricción la zona de 300 m de ancho ubicada a lo largo de la traza de la Falla San Ramón en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), con el fin de evitar la ocupación futura de la misma y favorecer ese espacio para el desarrollo y preservación de áreas verdes. Asimismo, se indicó la necesidad de modificar la norma sísmica de diseño, como por ejemplo la NCH433, con el fin de incorporar las fallas activas⁶.

6 A continuación, se resumen las recomendaciones planteadas en el informe “Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón” (Seremi Minvu RM, 2012):

1. Incorporación de la Falla San Ramón en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Se propuso *“incorporar al PRMS la faja de ruptura de la FSR, de 300 m de ancho, con restricciones que impidan su ocupación futura, dejándola destinada exclusivamente a actividades que no impliquen la residencia ni la ocupación masiva ni prolongada de personas. Siendo así, los usos de suelo permitidos serían los contemplados como Espacio Público y Áreas Verdes en la OGUC. Las zonas actualmente ocupadas quedarían congeladas, en el sentido que no podrán aumentar las edificaciones”*.
2. Modificación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), con el fin de *“incorporar disposiciones que permitan integrar la zonificación sísmica a los Instrumentos de Planificación, asociando la normativa a las disposiciones de las Normas Técnicas”*.
3. Modificación de la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC), para *“incorporar las disposiciones que definan los riesgos y especialmente, aquellas que dispongan la aplicación de las restricciones derivadas, a la propiedad privada. Por otra parte, en la Ley se sugiere establecer las vinculaciones con los otros organismos relacionados con la Gestión de Riesgos”*.
4. Modificación de la Norma NCH433, para *“ajustar la macrozonificación, o indicarse el procedimiento y normas a seguir en el caso de la presencia de fallas activas”*.
5. *“Postergación de permisos en la faja de ruptura superficial, a lo largo de toda la traza de la FSR, con el fin de prevenir su ocupación en el futuro cercano, mientras se procede a la actualización”*.
6. Preservación de las trincheras paleosismológicas e instalación de un geositio con un museo de sitio en el lugar.
7. Evitar la instalación en el corto plazo de nuevos elementos de infraestructura, al menos en la faja de ruptura, mientras ésta se integra al PRMS, especialmente infraestructura crítica como son *“las universidades y otros establecimientos de educación y salud, redes de infraestructura eléctrica, plantas de gas, ductos de agua potable, etc.”*
8. Difusión de los resultados del estudio: *“se debería informar a todos los organismos y empresas que eventualmente podrían estar programando inversiones en el sector”*.
9. Coordinación institucional que considere *“las fases de conocimiento, prevención, mitigación y reconstrucción”*.

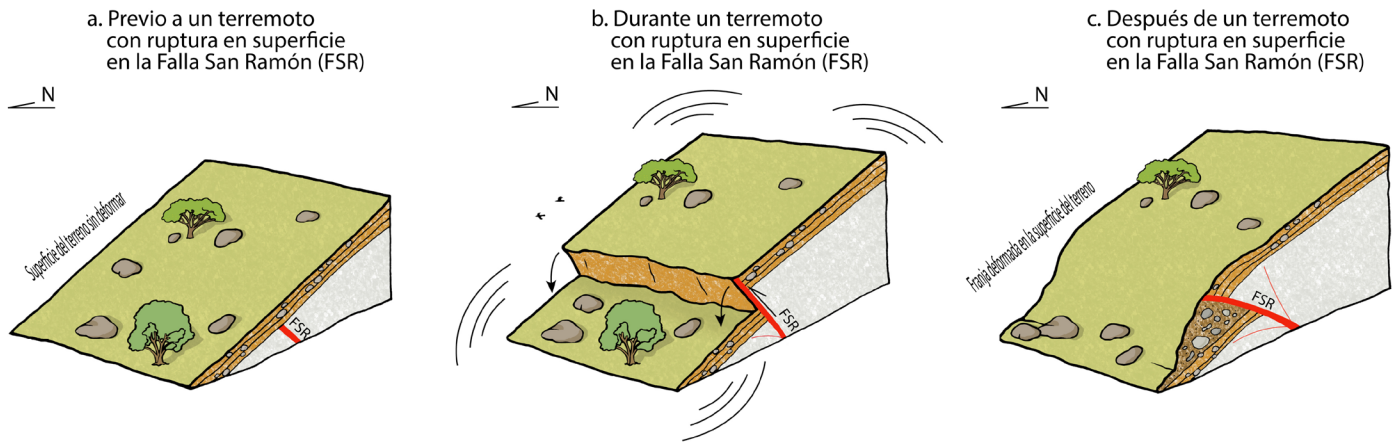


Figura 3. Esquema del proceso de ruptura en superficie como producto de un terremoto cortical de gran magnitud ($M_w 7,2-7,5$), deducido a partir de observaciones de campo a lo largo de la traza de la Falla San Ramón.

Entre los años 2016 y marzo de 2019, el Centro Sismológico Nacional (CSN), en conjunto con el Departamento de Geología de la Universidad de Chile, desarrollaron el proyecto **“Monitoreo Sísmico y Potencial Sismogénico de la Falla San Ramón”**, para la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), cuyo objetivo fue la *“instalación, operación, funcionamiento y mantención de instrumentos para monitorear la Falla de San Ramón”*, y en forma adicional *“avanzar en la evaluación del potencial sismogénico de esta falla”*. Los principales resultados fueron la instalación de estaciones sismológicas y geodésicas permanentes a lo largo de la Falla San Ramón y en la Cordillera Principal de los Andes frente a Santiago, adicionales a las que ya disponía el CSN en la Región Metropolitana, lo cual permitió incrementar significativamente la capacidad de monitoreo de esta falla. Junto con lo anterior, se profundizó el conocimiento geológico de esta estructura gracias a la realización de sondajes y pruebas de superficie. Esto permitió demostrar la ocurrencia de una sismicidad significativa bajo el frente cordillerano, compatible con la Falla San Ramón, junto con corroborar la importancia de esta falla como una estructura geológica de naturaleza inversa, activa, capaz de romper la corteza y construir montaña.

El 24 de noviembre de 2020 la Cámara de Diputados solicitó *“la creación de una Comisión Especial Investigadora de los*

actos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, el Gobierno Regional y la Intendencia, ambos de la Región Metropolitana, el Servicio Nacional de Geología y Minería, y cualquier otra autoridad pertinente, relacionadas con permisos de construcción otorgados o en tramitación, para instalar proyectos inmobiliarios y otras infraestructuras, cercanas o sobre la faja de ruptura superficial, a lo largo de la traza de la falla geológica de San Ramón, así como las razones por las cuales no se ha contemplado la actualización del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, a las recomendaciones técnicas para evitar el riesgo asociado”. Lo anterior, como resultado de la preocupación de la comunidad en relación con la ubicación de parte del proyecto inmobiliario “Lomas de Peñalolén” sobre la traza de la Falla San Ramón. El **“Informe de la Comisión Especial Investigadora sobre permisos de construcción para instalar proyectos inmobiliarios y otras infraestructuras sobre la faja de ruptura superficial a lo largo de la falla geológica de San Ramón (CEI57)”**, señala en sus conclusiones que *“se desprende como un hecho cierto e indubitado que la falla se ubica en el frente cordillerano occidental de la Cordillera de los Andes, en la Región Metropolitana, cuya traza se encuentra bien delimitada, entre el río Mapocho y la zona de Pirque, la que se presenta como un sistema donde se está*

produciendo actualmente, y en forma activa, una deformación en la corteza terrestre". En este informe, la Comisión Investigadora ratificó el conocimiento científico de esta falla en cuanto a su naturaleza inversa, su carácter activo y su capacidad para generar terremotos corticales y romper hasta la superficie. Además, señaló *"que existe un conocimiento técnico científico preciso en orden a la existencia y riesgos de la falla de San Ramón, elementos suficientes para elaborar un estándar de actuación en torno a la prevención y regulación del riesgo y toma de decisiones respecto de la planificación territorial de la Región Metropolitana"*. Destacó la falta de regulación en esta última materia, la falta de continuidad y diligencia en el actuar por parte de los organismos del Estado en cuanto a regulación, planificación urbana y gestión del riesgo ante la amenaza de un terremoto cortical a lo largo de la Falla San Ramón y en especial en lo concerniente a la franja de potencial ruptura en superficie. El informe, de fecha

7 de septiembre de 2021, ratificado por el pleno de la Cámara de Diputados el 13 de octubre del mismo año, entre sus principales recomendaciones planteó la necesidad de avanzar a la brevedad, por parte del Gobierno Regional, en la modificación del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, para incorporar la Falla San Ramón y restringir el uso de la franja de potencial ruptura en superficie (300 m de ancho), declarándola como "área de riesgo" o "zona no edificable", así como para favorecer el desarrollo de áreas verdes⁷.

En materia judicial, en un hecho sin precedentes, el 1 de octubre de 2021 el **Segundo Tribunal Ambiental** de la República de Chile resolvió acoger parcialmente la reclamación interpuesta en contra de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región Metropolitana, por rechazar la invalidación de la calificación favorable (plasmada en la correspondiente Resolución de Calificación Ambiental), del proyecto "Conjunto

7 A continuación, se resumen las recomendaciones planteadas en el "Informe de la Comisión Especial Investigadora sobre permisos de construcción para instalar proyectos inmobiliarios y otras infraestructuras sobre la faja de ruptura superficial a lo largo de la falla geológica de San Ramón (CEI57)" (Cámara de Diputados, 2021):

1. *"El Gobierno central y regional deberán materializar a la máxima brevedad la modificación al Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), el que Deberá señalar, de manera expresa, las zonas de fractura y riesgos identificados en la Falla Geológica de San Ramón, según los conocimientos científicamente afianzados, limitando los usos disponibles para el territorio en dichas zonas, identificándola como "área de riesgo" o "zona no edificable", en los términos señalados por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)".*
2. *A las municipalidades, se recomienda "donde se emplaza la falla de San Ramón, iniciar los trámites necesarios para realizar las respectivas modificaciones a los planes reguladores comunales que se encuentren vigentes, de manera de incorporar las zonas de fractura y riesgos identificados en la Falla Geológica de San Ramón, en sus instrumentos de planificación local, según los conocimientos científicamente afianzados, limitando los usos disponibles para el territorio en dichas zonas, identificándola como "área de riesgo" o "zona no edificable", en los términos señalados por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)".*
3. *El informe "recomienda a los municipios abstenerse de otorgar nuevos permisos de edificación sobre la faja de ruptura de la falla", con el fin de impedir "la consolidación futura de nuevos focos de riesgo".*
4. *"La creación de una instancia regional que vincule a los gobiernos locales sobre los cuales se encuentra emplazada la falla de San Ramón y los organismos públicos relacionados con el control y manejo del riesgo, así como con representantes de la academia, con la finalidad de que, de manera conjunta y coordinada, se diseñen y ejecuten estrategias de prevención y manejo de riesgo sísmico asociado a la falla, conformando una gobernanza efectiva y pública sobre el riesgo existente en el territorio, la que tendrá por finalidad establecer estrategias de corto, mediano y largo plazo y concientizar a la población sobre esta situación".*
5. *"Se sugiere incorporar la traza de la falla al Plano Regulador Metropolitano como área verde, destinándola como parque en sus tramos no ocupados, así como incorporar medidas de prevención sobre los tramos ocupados, buscando alternativas de localización futura de instalaciones estratégicas".*
6. *Finalmente, el informe de la Comisión Investigadora "sugiere al poder Ejecutivo realizar diversas estrategias de trabajo a fin de avanzar en la prohibición de construcción de viviendas o infraestructura pública o privada sobre o alrededor de la falla de San Ramón".*

Armónico Portezuelo” (Sentencia R-236). En esta sentencia, el Segundo Tribunal Ambiental dejó parcialmente sin efecto lo resuelto por la Comisión de Evaluación Ambiental *“sólo en cuanto al análisis del riesgo relativo a la falla San Ramón, dejando subsistente todo lo demás, y se ordena al SEA -Sistema de Evaluación Ambiental- que se complemente la evaluación en este aspecto, sobre la base de estudios geológicos recientes...y con la participación de los órganos competentes sobre la materia, esto es a lo menos, el Sernageomin, la Onemi y Municipalidad de Vitacura”*. Todo lo anterior, ante la posibilidad que el citado proyecto inmobiliario se sitúe, al menos en parte, sobre la traza de la Falla San Ramón.

Durante el año 2021 la ONEMI, en colaboración con especialistas de la Mesa de Riesgo Sísmico y de planificación urbana, desarrollaron un **“Plan Específico de Emergencia Falla San Ramón”**, como una primera estrategia de respuesta ante la potencial activación de esta amenaza⁸, constituyendo un avance también sin precedentes en esta materia.

Adicionalmente, en la actualidad no existen regulaciones que permitan poner en valor el patrimonio geológico, especialmente en el piedemonte andino de Santiago -donde la Falla San Ramón ocupa un lugar destacado-, y cuya pérdida se torna definitiva cuando se cubre mediante construcciones de viviendas o infraestructuras. A lo anterior, se suman las falencias que presenta la legislación ambiental en cuanto a la pro-

tección de la naturaleza, especialmente del bosque esclerófilo, la cual ha sido sobrepasada debido a la aplicación de instrumentos que, en la práctica, han permitido la eliminación total de grandes extensiones del mismo y con ello las funciones que cumple en la precordillera andina, mediante una supuesta compensación con la plantación de especímenes de árboles nativos en otras zonas de la Región Metropolitana⁹.

4. RECOMENDACIONES PARA LA POLÍTICA PÚBLICA

1) Se define la Falla San Ramón como una falla activa.

Fundado en los avances del conocimiento científico de fallas geológicas en el país, se torna cada vez más evidente que la antigua concepción relacionada con su inactividad, lentitud o irrelevancia en cuanto a fuente de peligro y riesgo sísmico debe ser superada, de modo tal que sean consideradas en normativas de planificación urbana y en el diseño de infraestructura.

Se define como falla activa aquella con actividad demostrada ya sea por un terremoto, sismicidad histórica, o por evidencias de una o más rupturas o deslizamiento (sísmico o asísmico), en los últimos 10.000 años¹⁰. Es una falla para la cual se espera que generará otro terremoto en el futuro, tal como en el caso de la Falla San Ramón.

8 Durante el presente año 2021 y con el apoyo de participantes de la Mesa de Riesgo Sísmico y especialistas vinculados al tema, la ONEMI ha estado elaborando el **“Plan Específico de Emergencia Falla San Ramón”**, como una primera estrategia de respuesta ante la potencial activación de la Falla San Ramón. Lo anterior, fuertemente apoyado en los resultados ya obtenidos de estudios previos, como también en el proyecto Fondecyt Regular 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”** (2019-2021), cuyo objetivo es *“determinar cómo las prácticas socio espaciales de comunidades en el piedemonte habitado de Santiago están considerando la incidencia de la Falla de San Ramón (FSR) como un nuevo escenario de riesgo sísmico, de manera de lograr una planificación urbana sostenible de siglo XXI acorde a las agendas urbanas (Nueva Agenda Urbana 2016) y medioambientales (Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible) de nivel global”*.

9 Aún cuando en gran parte de la precordillera de Santiago y específicamente las zonas en torno a la Falla San Ramón rige el Decreto N° 82 del Ministerio de Agricultura de 1974, el cual en su artículo 1 prescribe: *“Prohíbese la corta o aprovechamiento en cualquier forma de los árboles y arbustos que se encuentran situados en los terrenos ubicados dentro de los siguientes límites:...”*, este cuerpo legal ha sido sobrepasado por la aplicación de la ley 20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal. En particular, la aplicación del instrumento Plan de Manejo de Preservación definido en esta ley, ha permitido la eliminación total de grandes extensiones de bosque esclerófilo y las funciones que cumple en la precordillera andina, mediante una supuesta compensación con la plantación de especímenes de árboles nativos en otra zona de la región, contrariamente a la propia definición del instrumento en la mencionada ley: *“Instrumento que planifica la gestión del patrimonio ecológico buscando resguardar la diversidad biológica, asegurando la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y ecosistemas contenidos en el área objeto de su acción, resguardando la calidad de las aguas y evitando el deterioro de los suelos”*.

10 Se propone una definición de falla activa, en consonancia con la del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), de amplio reconocimiento a nivel global, como aquellas para las cuales se ha podido comprobar su actividad en los últimos 10.000 años.

2) Restricción de fundación de cualquier infraestructura sobre la traza de la Falla San Ramón.

La traza de la falla San Ramón corresponde a su ubicación en superficie o a su proyección desde la subsuperficie del terreno. Denota el lugar en donde es más posible esperar una ruptura superficial ante un terremoto cortical de gran magnitud. Los resultados de las investigaciones científicas desarrolladas en los últimos veinte años en esta falla, muestran que su traza se ubica en los escarpes o escalones topográficos que la evidencian a lo largo del piedemonte del frente cordillerano. Estas mismas evidencias muestran que la falla es capaz de romper la superficie conformando una zona de deformación a lo largo de la traza, en la cual pueden participar también fallas secundarias, tanto hacia el oriente como al occidente de esta (ver **Figura 3**).

Se propone definir una franja de restricción de 300 m de ancho en la cual se ubica la traza de la Falla San Ramón, delimitada como 100 m hacia el bloque occidental y 200 m hacia el

bloque oriental de esta misma (**Figura 4**). Estudios de detalle podrán precisar su localización en el terreno, con lo cual se podrá precisar la ubicación de esta franja de restricción.

A lo largo de esta franja se propone establecer prohibición para fundar cualquier infraestructura de Categoría II, III y IV, de acuerdo con la Norma de Diseño Sísmico NCh433, y C1 y C2, de acuerdo con la Norma de Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales.

Se propone que el Estado, a través de sus instituciones públicas pertinentes, sea responsable de delimitar la ubicación de la franja de restricción de 300 m de ancho a lo largo de la Falla San Ramón. Esta franja deberá estar contenida en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, así como en los planes comunales (de todas las comunas por donde atraviesa la falla), a través del artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), junto con las disposiciones legales y normativas que correspondan.

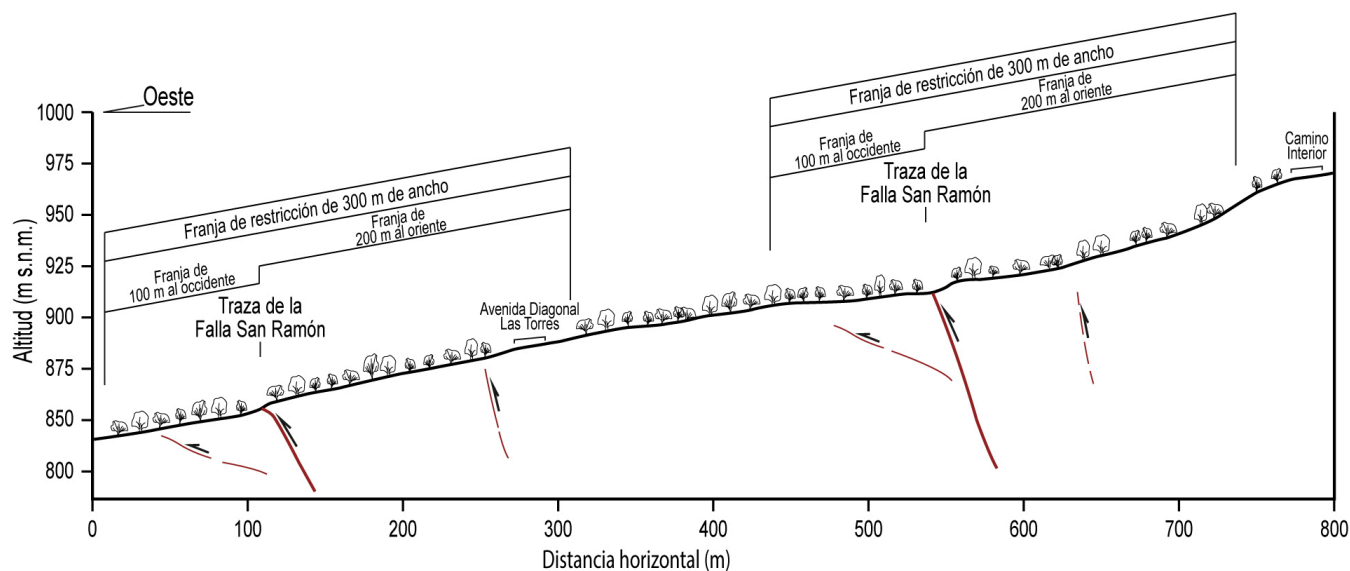


Figura 4. Propuesta normativa para una franja de restricción de 300 m de ancho a lo largo de la traza o ubicación en superficie de la Falla San Ramón. Ejemplo a partir de observaciones geológicas y geofísicas realizadas en Peñalolén alto. Se muestran las trazas principales de la Falla San Ramón y fallas secundarias en cada caso.

3) Modificar la ordenanza, reglamentos y normas de diseño sísmico para incorporar las fallas activas.

El diseño de infraestructura en cuanto a ingeniería sismorresistente es regido por la Norma Sísmica NCH433, NCh2369, entre otras. Estas consideran fundamentalmente los terremotos que ocurren en el contacto entre las placas tectónicas de Nazca bajo la Sudamericana, cuya probabilidad de ocurrencia es mucho mayor que aquellos generados en fallas corticales. Sin embargo, la intensidad y el daño potencial como producto de un terremoto en estas últimas puede ser mucho mayor, ante una magnitud similar, respecto de aquellos generados en el contacto inter-placas.

Se propone modificar la ordenanza, plan regulador regional (Plan Regulador Metropolitano de Santiago), planes reguladores comunales y norma sísmica para incorporar el peligro de las fallas activas, según lo siguiente:

- En zonas ya construidas no podrán realizarse modificaciones de uso ni ampliaciones de estructuras existentes, exceptuando casa de uso residencial de menos de dos pisos, sin la aprobación de la entidad gubernamental correspondiente.
- En estructuras críticas o esenciales para la comunidad como hospitales, centros de educación, agua potable, líneas vitales e instalaciones industriales y de almacenamiento, se deberá evaluar su susceptibilidad a daño y consecuencias operacionales y ambientales, ante el escenario de activación de la amenaza, en un plazo no mayor a 5 años. El resultado de esta evaluación deberá informarse a la autoridad correspondiente y deberá estar disponible en forma accesible, expedita y sin costo a los usuarios y a la comunidad. Lo anterior incluye las actuales instalaciones del Centro de Estudios Nucleares en Las Condes, las cuales deberán ser evaluadas siguiendo los criterios del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA)..
- En las normativas, reglamentos y manuales de diseño sísmico deberá indicarse, en forma explícita, la restricción de fundación de cualquier estructura sobre una falla activa.
- Ante la presencia de una falla activa con una cercanía de menos de 5 km, deberá contarse con estudios que establezcan los antecedentes necesarios para el diseño de infraestructura cumpliendo con los objetivos de desempeño normativo.

4) Remociones en masa por la activación de la Falla San Ramón.

Se propone que el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, los Planes de Desarrollo Comunal (PLADECO; de todas las comunas del piedemonte andino por donde atraviesa la falla) y Plan Regional de Desarrollo Urbano, deban incorporar zonas susceptibles de ser afectadas por remociones en masa ante un terremoto en la Falla San Ramón, a través de la realización de los estudios de peligro pertinentes en esta materia, de modo tal que consideren la generación y alcance de estos fenómenos.

Se propone definir las zonas susceptibles a remociones en masa, como aquellas con pendientes superiores a 30°, así como las áreas inmediatamente cercanas a las mismas (área de influencia)¹¹, junto con las áreas en donde, de acuerdo con la experiencia internacional, las aceleraciones esperables ante un terremoto en la Falla San Ramón superen los 0,3g (en donde g es la aceleración de gravedad). En la práctica, de acuerdo con los estudios realizados, esto último abarca un área desde la traza de la falla hasta unos 17 km al poniente, norte y sur; y 23 km al oriente de esta (**Figura 5**).

5) Disponibilidad de información precisa y pertinente a la ciudadanía respecto de la ubicación, amenaza y riesgo sísmico de la Falla San Ramón.

En coherencia con los principios de seguridad y de acceso a la información, en el marco de los Derechos Humanos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la ubicación en superficie de la Falla San Ramón deberá cumplir con los criterios de transparencia y acceso a la información pública, para el libre acceso al conocimiento disponible sobre riesgo de desastres, a través de portales de acceso público y sin mediar costo alguno para las personas que lo solicitaran.

Se propone que toda información geotécnica, sismológica y geológica generada en espacios públicos o privados deberá ser entregada y estar disponible de modo público en un plazo no mayor a 5 años. Los organismos pertinentes del Estado en atención a los lineamientos del Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante desastres (SINAPRED), serán responsables de registrar y mantener actualizada y disponible la información referente a la ubicación en superficie y los peligros asociados a la Falla San Ramón. La actualización de

¹¹ En el ámbito nacional e internacional, ante un gran sismo en fallas corticales, los estudios muestran una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de remociones en masa en laderas con pendientes superiores a 30°, a lo cual se añaden factores que condicionan la ocurrencia de estos fenómenos como las condiciones geológicas y geotécnicas locales.

esta información deberá coincidir con el avance del conocimiento científico en la materia, como un mandato por parte del Estado a través de sus instituciones públicas y de manera coordinada entre distintos sectores y niveles.

La implementación mínima de estos criterios implicará que la ubicación actualizada de la traza de la Falla San Ramón (franja de 300 m de ancho), sea contenida e informada dentro del Plan Regulador Metropolitano de Santiago, así como en los planes comunales.

Por su parte, la información referida a los riesgos y plan de respuesta ante la potencial activación de la Falla San Ramón deberá contar con acceso garantizado a través de SINAPRED.

El Estado a través de las instituciones especializadas (Instituciones académicas, Sernageomin, Centro Sismológico Nacional, ONEMI), será responsable de elaborar y promover planes de investigación, monitoreo, difusión y educación relativos a los riesgos ante la amenaza de la Falla San Ramón.

6) Definición de la franja de restricción de la traza de la Falla San Ramón (300 m de ancho), como una zona de protección ambiental y conservación natural a lo largo del piedemonte cordillerano.

Se propone declarar, en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, como área de protección ecológica las zonas no construidas de la franja de 300 m de ancho a lo largo de la Falla San Ramón, pasando a quedar con rango de protección oficial, según el dictamen de Contraloría N° E39766 del 30 de septiembre de 2020.

Se propone también modificar la aplicación de la Ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal en las zonas del piedemonte andino en particular, junto con descartar la aplicación de planes de manejo que actualmente permiten la extracción de bosque nativo. Lo anterior, para asegurar que se cumpla el objetivo de *“resguardar la diversidad biológica, asegurando la mantención de las condiciones que hacen posible la evolución y el desarrollo de las especies y ecosistemas contenidos en el área objeto de su acción, resguardando la calidad de las aguas y evitando el deterioro de los suelos”*¹², e incluir la protección de las distintas funciones socio-ambientales que cumple el bosque nativo, particularmente en esta zona: infiltración y almacenamiento de aguas,

captura de carbono, ventilación atmosférica y reducción del riesgo de desastres.

Se sugiere prohibir la corta -en cualquier forma- de bosque nativo por sobre los 800 m s.n.m. en el piedemonte andino, en toda la Región Metropolitana, o en áreas susceptibles de ser directamente impactadas por fenómenos de remociones en masa, incluyendo laderas con pendientes superiores a 30° con el fin de favorecer el efecto de protección ante la erosión y susceptibilidad de estos fenómenos en las mismas.

La existencia de bosque nativo se determinará de acuerdo con las definiciones de “Bosque” y “Bosque nativo” de la Ley 20.283.

7) Gobernanza para el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de una planificación urbana sostenible, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y la política nacional y global en materia de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD).

Para un ordenamiento territorial sostenible, es necesario que se adopte una estrategia transversal de sostenibilidad, con un enfoque en la reducción del riesgo de desastres y un fuerte énfasis descentralizador, con el fin de impulsar una gobernanza participativa para la definición de problemas, promoción de políticas públicas en la materia y medidas de prevención (como por ejemplo educación y memoria). Esto implicaría:

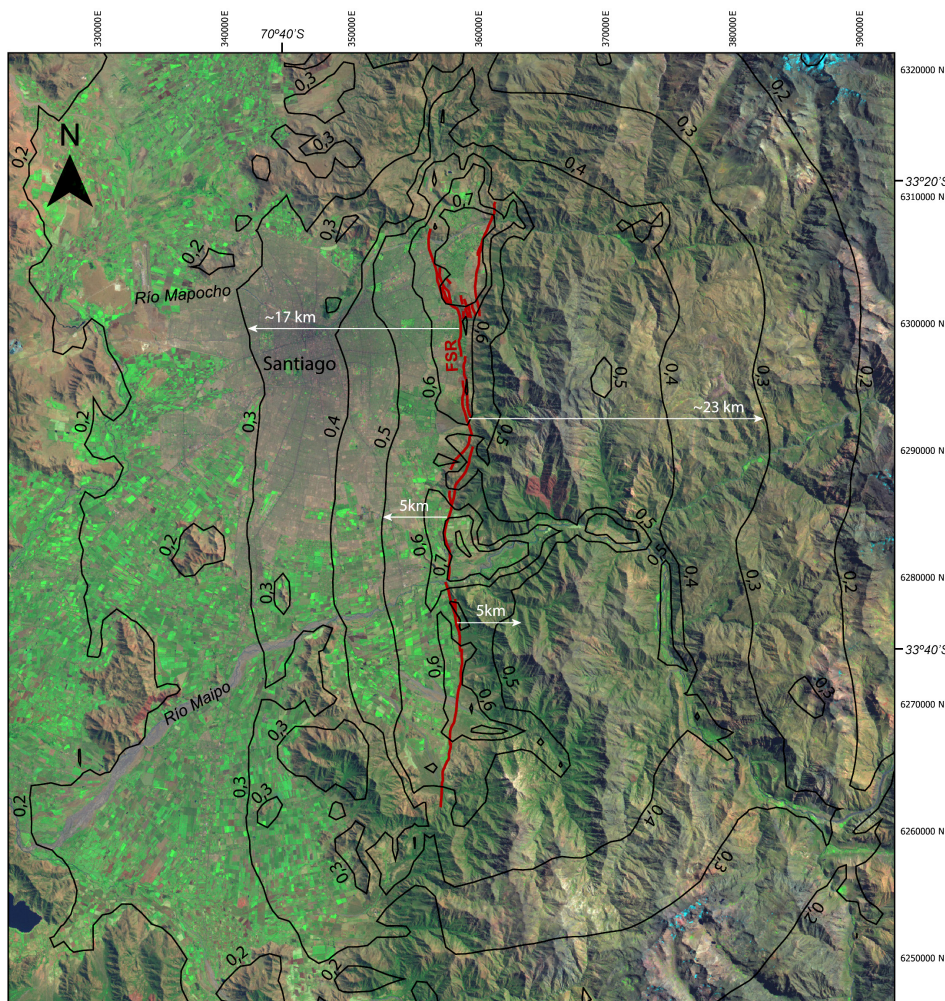
- Creación de una organización que reúna a los municipios que se ubiquen en la traza de la falla orientada a coordinar acciones locales de ordenamiento territorial y gestión de emergencias. Esta organización debería considerar mecanismos de participación de la sociedad civil (entendida de manera amplia como organismos no gubernamentales, universidades, asociaciones indígenas y afrodescendientes, asociación de emprendedores, pymes, entre otros), que tengan el carácter de vinculantes para los municipios miembros.
- Incluir a la sociedad civil en los Comités Municipales para la Gestión de Riesgo de Desastres que correspondan a los municipios ubicados en la traza de la falla.
- Realizar las modificaciones legales pertinentes para incluir la variable de riesgo de desastres de manera expresa en

12 Ley 20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal, Definición del Instrumento Plan de Manejo de Preservación.

la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente y decretos (2001, 2012) sobre Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en especial considerando que los instrumentos de ordenamiento territorial deben ser aprobados por el Sistema de Evaluación Ambiental Estratégica.

- Coordinación con el Sistema de Información creado por la Ley 21.364 para que éste provea a la sociedad de información actualizada, comprensible y fundamentada sobre los riesgos que implica la Falla San Ramón.
- Impulsar una redefinición de la Política Nacional de Desarrollo Urbano que integre de manera intencionada aspectos

propios de RRD atendiendo al contexto de multiamenaza en que Chile se sitúa, a través de la implementación de un enfoque de interculturalidad y territorialidad para responder a la diversidad geográfica y cultural que caracteriza al país y, además, generar una política que priorice el desarrollo sostenible en coherencia con los ODS 2030. En línea con lo anterior, se enfatiza en la relevancia de armonizar el plan nacional y las modificaciones del Plan Regulador Metropolitano de Santiago como marco para la acción, integrando conocimientos y saberes que permitan generar una región resiliente y justa para las actuales y futuras generaciones.



Simbología
 — Traza reconocida de la Falla San Ramón (FSR)
 — Curvas de Isoaceleración máxima promedio (g), ante un terremoto $M_w 7,5$ en la Falla San Ramón

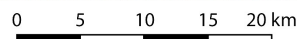


Figura 5. Escenario de amenaza de un terremoto de magnitud 7,5 con ruptura en superficie a lo largo de la Falla San Ramón (según las evidencias geológicas, geofísicas y sismológicas disponibles a la fecha). La franja roja representa la traza o ubicación en superficie de la falla, en donde se proponen 300 m de ancho como zona de restricción. En zonas ya construidas a lo largo de esta franja se propone impedir la modificación de infraestructura emplazada sobre la misma, con el fin de evitar el incremento de población directamente expuesta a la amenaza. En zonas no edificadas de esta franja se propone restringir la fundación de infraestructura y definirla como áreas de protección ambiental para la preservación de bosque nativo y el desarrollo de áreas verdes. En las zonas ubicadas dentro de los 5 km más cercanos a la traza de la falla, deberá contarse con los estudios necesarios para el diseño de infraestructura, cumpliendo con los objetivos de desempeño normativo. En zonas con relieves de pendientes superiores a 30° y en donde la aceleración máxima promedio del suelo pudiera superar los 0,3g (en donde g es la aceleración de gravedad), deberán realizarse estudios de peligro de remociones en masa.

Agradecimientos: Se agradece a los equipos y estudiantes de los diferentes proyectos que han permitido incrementar el conocimiento de la Falla San Ramón en los últimos veinte años, y en especial de su traza, tales como los trabajos de tesis de Rodrigo Rauld, Antonio Ormeño, Tamara Aránguiz, Sebastián Menares y Tomás Iglesias. La traza actual de la Falla San Ramón se ha definido a partir del análisis de observaciones de campo y datos de topografía de alta resolución espacial LiDAR, con el aporte de Carolina Valderas Bermejo, Angelo Villalobos, Nicolás Campillay y José González Alfaro, en el marco del proyecto Fondecyt 1190734. Los autores agradecen a Paulina Veloso y Tomás Marín por su apoyo en las ilustraciones, como también a la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo (VID), al Comité Editorial, a la editora y a la diseñadora del presente documento.

5. MATERIAL DE CONSULTA Y REFERENCIA

- Ammirati J.B., Vargas G., Rebolledo S., Abrahami R., Potin B., Leyton F., Ruiz S., 2019, The crustal seismicity of the western Andean thrust (central Chile, 33-34°S): Implications for regional tectonics and seismic hazard in the Santiago area. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 109(5), 1985-1999. <https://doi.org/10.1785/0120190082>
- Armijo R., Rauld R., Thiele R., Vargas G., Campos J., Lacassin R., Kausel E., 2010. The West Andean Thrust, the San Ramon Fault, and the seismic hazard for Santiago, Chile. *Tectonics*, 29, TC2007. <https://doi.org/10.1029/2008TC002427>
- Boroschek R., Contreras V., Kwak D.Y., Stewart, J.P., 2012, Strong Ground Motion Attributes of the 2010 Mw 8.8 Maule, Chile, Earthquake. *Earthquake Spectra*, 28(S1), S19-S38. <https://doi.org/10.1193/1.4000045>
- Cámara de Diputados, 2021. Informe de la Comisión Especial Investigadora de los actos del Gobierno sobre permisos de construcción para instalar proyectos inmobiliarios y otras infraestructuras sobre la faja de ruptura superficial a lo largo de la falla geológica de San Ramón (CEI 57), Comisión Especial Investigadora, Cámara de Diputados, 80 p. https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=63385&prmTipo=INFORME_COMISION
- Centro Sismológico Nacional, 2019. Monitoreo Sísmico y Potencial Sismogénico de la Falla San Ramón, Informe Final, elaborado para ONEMI (2016-2019), Santiago, 99 p.
- Díaz D., Maksymowicz A., Vargas G., Vera E., Contreras-Reyes E., Rebolledo S., 2014. Exploring the shallow structure of the San Ramón thrust fault in Santiago, Chile (~33.5°S), using active seismic and electric methods. *Solid Earth*, 5, 837-849. <https://doi.org/10.5194/se-5-837-2014>
- Easton, G., Inzulza Contardo, J., Pérez Tello, S., Ejsmentewicz Cáceres, D., Jiménez Yáñez, C., 2018. ¿Urbanización fallada? La Falla San Ramón como nuevo escenario de riesgo sísmico y la sostenibilidad de Santiago, Chile. *Revista de Urbanismo*, 38, 1-20, <http://dx.doi.org/10.5354/0717-5051.2018.48216>
- Estay N., Yáñez G., Carretier S., Lira E., Maringue J., 2016, Seismic hazard in low slip rate crustal faults, estimating the characteristic event and the most hazardous zone: study case San Ramón Fault, in southern Andes. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 16, 2511-2528. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2511-2016>
- Inzulza, J., Gatica, P., Easton, G., Pérez, S., 2021. ¿Diseño urbano resiliente en el piedemonte de Santiago? Contraste de escenarios comunales con riesgo sísmico frente a la Falla San Ramón. *Urbano*, 24(43), 96 - 107. <https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.43.09>
- Pérez, A., Ruiz, J.A., Vargas, G., Rauld, R., Rebolledo, S., Campos, J., 2014. Improving seismotectonics and seismic hazard assessment along the San Ramon Fault at the eastern border of Santiago city, Chile. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0908-3>
- Secretaría Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo (Seremi Minvu RM), 2012. Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón (ID N°640-27-LP10; 2011-2012), Informe Etapa 3, Santiago, 77 p.
- Segundo Tribunal Ambiental, 2021. Sentencia R-236-2020, Santiago, 107 p. <http://2ta.lexsoft.cl/2ta/download/409351?inlineifpossible=true>
- Vargas, G., Klinger, Y., Rockwell, T., Forman, S.L., Rebolledo, S., Baize, S., Lacassin, R., Armijo, R., 2014. Probing large intra-plate earthquakes at the west flank of the Andes. *Geology*. <https://doi.org/10.1130/G35741.1>

POLICY BRIEF
POLICY • BRIEF

Enero / 2022

Comité Editorial

Svenska Arensburg, Javier Fuenzalida, Pía González, Amélie Kim Cheang, Valentina López, Jaqueline Meriño, Claudio Olea, Fabian Retamal, Pablo Riveros, Rodrigo Soto y Juan Walker

Edición

Pía González

Ilustraciones

Paulina Veloso, Colectivo Viento Sur, Observatorio Precordillera (paulina.veloso@gmail.com)

Tomás Marín, Colectivo Viento Sur, Observatorio Precordillera (tomaschino@gmail.com)

Gabriel Easton, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (geaston@uchile.cl)

Diseño

Alicia San Martín

Como citar este documento:

Easton, G.; Boroschek, R.; Rebolledo, S.; Inzulza, J.; Ejsmentewicz, D.; Vergara, P. y Giesen, E. (2022). La Falla San Ramón y la sostenibilidad del piedemonte de Santiago: Recomendaciones para la política pública. Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, Santiago.

