

**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.**

**ACTA DE SESIÓN ORDINARIA N° 2, LEGISLATURA 368ª, CELEBRADA EN
LUNES 14 DE JUNIO DE 2020, DE 15.30 A 17.00 HORAS.**

SUMA

Iniciar la investigación objeto del mandato. Al efecto, se recibió al señor Rodrigo Rauld, Geólogo y Doctor en Ciencias mención Geología; y el señor Gabriel Easton, profesor titular y Director de la Escuela de Postgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Presidió la sesión, presencialmente, el diputado señor **Tomás Hirsch Goldschmidt**.

Actuó, en calidad de Secretario de la Comisión, de manera presencial, el abogado señor Carlos Cámara Oyarzo; como abogada ayudante, la señorita Elizabeth Cangas Shand; y como secretaria la señora Mariel Camprubi Labra, ambas vía remota.

I. ASISTENCIA

Asistieron, vía telemática, las diputadas integrantes de la Comisión señoras Karin Luck Urban y Catalina Del Real Mihovilovic, los diputados integrantes de la Comisión señores Raúl Leiva Carvajal, Álvaro Carter Fernández, Guillermo Ramírez Diez, Cristhian Moreira Barros, José Pérez Arriagada y Raúl Soto Mardones, y el ya mencionado Presidente de la Comisión diputado Tomás Hirsch Goldschmidt, de forma presencial.

Asistió, en reemplazo de la diputada Marisela Santibáñez Novoa, el diputado Amaro Labra Sepúlveda.

Asimismo, participaron en calidad de invitados, ambos vía remota, el señor Rodrigo Rauld, Geólogo y Doctor en Ciencias mención Geología; y el señor Gabriel Easton, profesor titular y Director de la Escuela de Postgrado y

Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

II. **ACTAS**

El acta de la sesión constitutiva se puso a disposición de los señores y señoras diputados.

III. **CUENTA**

El Abogado Secretario de la Comisión informó que se recibieron los siguientes documentos para la cuenta:

1.- Oficio del Secretario General de la Corporación, por el que comunica que el reemplazo del diputado Miguel Ángel Calisto Águila, reemplazará de manera permanente al diputado Manuel Matta Aragay.

2.- Correo electrónico del Gabinete del Ministro de Vivienda y Urbanismo, por el cual informan que el señor Ministro no podrá participar en la sesión de hoy y dado que el objeto de la Comisión Especial Investigadora corresponde a una materia específica vinculada con el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, hacen presente que la representación del Ministerio, ante dicha instancia, será asumida por el Secretario Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, don Manuel José Errázuriz, quién lamentablemente por problemas de agenda no podrá participar hoy, y solicitan ser citados a la sesión del lunes 21 de junio en curso.

3.- Comunicación de la Bancada del Partido Comunista, por la cual informa que la diputada señorita Marisela Santibáñez Novoa, será reemplazada en esta sesión por el diputado señor Amaro Labra Sepúlveda.

IV. **ORDEN DEL DÍA**

La exposición de los invitados y las intervenciones de los diputados constan en detalle en el acta taquigráfica confeccionada por la Redacción de Sesiones de la Cámara de Diputados, que se adjunta a continuación.

V. **ACUERDOS**

1.- CURSAR invitación permanente a los invitados a la presente

sesión, señores Rodrigo Rauld y Gabriel Easton.

El detalle de lo obrado en esta sesión queda registrado en un archivo de audio digital, conforme a lo dispuesto en el artículo 256 del Reglamento.

Habiéndose cumplido el objeto de la presente sesión, se levantó a las 17.00 horas.

A handwritten signature in blue ink, reading "Carlos Cámara O." with a stylized flourish at the end.

CARLOS CÁMARA OYARZO
ABOGADO SECRETARIO DE LA COMISIÓN

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

SESIÓN EN FORMATO MIXTO:

(Presencial y vía telemática)

Sesión 2ª, celebrada el lunes 14 de junio de 2021,
de 15:30 a 17:00 horas.

Preside el diputado Tomás Hirsch.

Asisten los diputados Álvaro Carter, Catalina del Real, Raúl Leiva, Karin Luck, Cristhian Moreira, José Pérez, Guillermo Ramírez y Raúl Soto. La diputada Marisela Santibáñez fue reemplazada por el diputado Amaro Labra.

Como invitados, el señor Rodrigo Rauld, geólogo y doctor en Ciencias mención Geología, y el señor Gabriel Easton, profesor titular y director Escuela de Postgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

TEXTO DEL DEBATE

-Los puntos suspensivos entre corchetes corresponden a interrupciones en la transmisión telemática.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- En el nombre de Dios y de la Patria, se abre la sesión.

El señor Secretario dará lectura a la Cuenta.

*-El señor **CÁMARA** (Secretario) da lectura a la Cuenta.*

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Ofrezco la palabra sobre la Cuenta.

Tiene la palabra el diputado Guillermo Ramírez.

El señor **RAMÍREZ** (vía telemática).- Señor Presidente, simplemente quería decir que por esta semana tengo un tope

con la comisión especial investigadora N° 58, sobre fiscalización de inversiones de AFP, que está citada a esta misma hora, por lo cual para efectos de dar *quorum* y para atender de mejor manera las dos comisiones, probablemente esté entrando y saliendo.

Lo comento por respeto a los expositores y para que se entienda que es simplemente porque estoy en dos comisiones al mismo tiempo, y de ninguna manera es porque no esté interesado en lo que ellos están diciendo, al contrario.

He dicho.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Gracias, diputado Ramírez. Sabemos que hay varios topes de comisiones, así que se entiende perfectamente la situación.

Ofrezco la palabra sobre la Cuenta.

Ofrezco la palabra.

Ofrezco la palabra sobre puntos varios.

Ofrezco la palabra.

La presente sesión tiene por objeto tratar de las materias propias del mandato de la comisión y para esos efectos se citó al ministro de Vivienda y Urbanismo, señor Felipe Ward, quien tal como se ha informado se excusó de asistir, y al secretario regional ministerial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, señor Manuel José Errázuriz Tagle, quien también se excusó de participar hoy; sin embargo, solicitó venir el próximo lunes 21, que es lo que acordamos para que pueda informar de los temas relativos a esta comisión investigadora.

Se encuentran invitados -y entiendo que ya están conectados- el geólogo y doctor en Ciencias mención Geología, señor Rodrigo Rauld, y el señor Gabriel Easton, profesor titular y director de la Escuela de Posgrados y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Sugiero un tiempo de unos quince minutos por cada una de las dos exposiciones, para luego tener tiempo de hacer preguntas, comentarios y reflexiones por parte de las diputadas y diputados.

¿Habría acuerdo?

Acordado.

Tiene la palabra el señor Rodrigo Rauld.

El señor **RAULD** (geólogo y doctor en Ciencias, mención Geología) [vía telemática].- Señor Presidente, muchas gracias por la invitación a la Comisión.

Espero que con esta pequeña presentación de no más de quince minutos pueda poner en claro algunos temas sobre la falla de San Ramón, la que hemos estudiado con el profesor Easton durante mucho tiempo y con quien también hemos estado trabajando en esta área. Espero sea útil lo que vamos a presentar.

La presentación está preparada a fin de mostrarles algunos temas respecto de lo que es la falla de San Ramón.

En primer lugar, soy geólogo, titulado en 2002; mi memoria de título fue respecto de la falla en el área oriente de la Región Metropolitana. Hice mi doctorado en 2011, me titulé y mi profesor guía fue el señor Easton.

Estudí la falla en términos de analizar por dónde pasaba, qué ocurría, qué características tenía y cuál era la relación con la cordillera.

Profesionalmente me dedico a estudios de peligros geológicos y, en ese sentido, he realizado varios estudios para planificación territorial, infraestructura y, sobre todo, para instrumentos de planificación territorial -los planos reguladores comunales y los planos reguladores intercomunales- que, en cierta forma, son parte de mi quehacer diario. Por lo tanto, dentro de ese contexto les hablaré desde mi punto de vista profesional.

La falla de San Ramón en sí como objeto.

Haré un pequeño recuento, porque creo que nunca está de más hablar de esto.

En la década del 50 ya se hablaba de que existía una falla en el frente cordillerano de Santiago. Se reconocen ciertas evidencias de fallamiento.

En la década del 60, un geomorfólogo francés, de alguna forma, reconoce algunos materiales y depósitos en el frente cordillerano afectados por la falla. De alguna forma dice que algo se está moviendo acá.

En 1980, en el primer mapa más formal que se genera, el autor y profesor Ricardo Thiele traza la falla y lo hace como

una falla normal, pero hace un trazado más o menos general en el frente cordillerano de Santiago.

En 2002, el trazado de la falla se va refinando con nuevas imágenes satelitales, fotos aéreas; se trabaja con una topografía de mejor detalle, lo que permite determinar que la falla, además de no ser normal, es inversa y existe cierta evidencia de actividad.

A fines de la primera década de 2000, entre 2010 y 2011, se genera más información y publicaciones científicas al respecto.

Se publicó un artículo que fue bastante importante, en términos de que pone el contexto de esta falla dentro de lo que es la cordillera y propone que es una falla activa. Este artículo también va acompañado en parte de lo que era mi trabajo de doctorado donde se traza la falla en forma bastante detallada entre los ríos Mapocho y Maipo, ya se propone la actividad. Se ubican segmentos y el área con evidencia de una ruptura más reciente, que es donde posteriormente se realizan unas trincheras y esta falla se relaciona, de alguna forma, con peligro sísmico.

Al respecto, hay un estudio que aborda cuáles son las aceleraciones que podría presentar la falla y cuáles son los escenarios sísmicos que se asocian a esta.

En 2012 se prepara un informe en la Universidad de Chile para el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que es por el cual estamos de alguna forma citados.

En 2014 se publica el estudio de las trincheras en que el profesor Easton muestra, junto con el equipo que colaboró en ese momento, cuáles fueron los últimos movimientos y los desplazamientos que se produjeron en estos últimos movimientos reconocidos. Eso es importante porque, en el fondo, está dando una imagen o una idea de cuál es la magnitud de un sismo que podría generarse en esta falla, lo cual se sigue estudiando.

Se publica un estudio sobre aceleraciones sísmicas; y desde 2017 en adelante -y aquí puede ser que se me escape algún otro estudio- se empieza a estudiar a cabalidad y más en detalle cada de uno de los diferentes ámbitos que tienen que ver con la falla.

¿Qué está pasando con la urbanización de Santiago con respecto a ella? Nuevos antecedentes de cómo es la falla en profundidad. ¿Qué otros escenarios sísmicos se pueden esperar? En fin, se empieza a consolidar el estudio, el trabajo de la falla y la información que existe.

¿Qué sabemos hoy de la falla de San Ramón?

Que se encuentra en el frente cordillerano de Santiago; esta es una figura donde se muestra una especie de perspectiva en la zona central de Chile. Está Santiago, un corte que muestra en forma más o menos esquemática cómo es el proceso de subducción. Tenemos la falla de Nazca y la corteza de la placa sudamericana; entre estas dos cortezas o placas se generan los típicos terremotos de subducción con los que estamos acostumbrados a vivir, como el de 2010 o el de Coquimbo, en 2016. También se muestra la cordillera principal, que llamamos cordillera de Los Andes, como un sistema donde se está produciendo actualmente y en forma activa una deformación en la corteza, la que se manifiesta en terremotos típicos, como el de Las Melosas, en 1958, que causó mucho daño en el pueblo El Volcán, en el Cajón del Maipo y en la misma localidad de Las Melosas y dentro de este contexto está ubicada la falla San Ramón, como una falla que marca el límite o el frente cordillerano occidental, que es el límite de la cordillera principal hacia el oeste.

Este contexto es importante porque no es de extrañarnos que, en la medida en que vaya avanzando la ciencia y los estudios a lo largo del territorio chileno, aparezcan otras fallas, como la de San Ramón.

¿Qué pasa con la misma falla de San Ramón?

Está bien delimitado el trazado de esta, particularmente entre el río Maipo y el río Mapocho; se ha estado estudiando -no tengo las figuras, probablemente el profesor Easton va a mostrarlas- cómo continúa hacia el sur y afecta el sector de Pirque. Incluso, se reconocen varios puntos de ella -actualmente no hay discusión de que sea una falla activa-, por lo que parte importante del trazado está bien delimitado, lo que es relevante para pensar qué medidas se pueden tomar con ella.

¿Qué significa con reconocer parte importante de su

trazado? Que este se encuentra definido con una precisión tal que permite tomar decisiones en la actualidad respecto de la planificación territorial.

Edades de últimos movimientos.

Me refiero a los últimos movimientos reconocidos que fueron hace aproximadamente 20.000 y 8.000 años, y sobre la base de estudios llevados a cabo por profesionales y científicos del área de Sismología se sabe más o menos cuál es el rango de aceleraciones que puede producir en sus cercanías como, por ejemplo, en toda la Región Metropolitana a partir de un eventual terremoto que ocurra en ella.

¿Cuáles son los probables efectos que podríamos esperar de la falla de San Ramón?

Esto es importante de analizar y en un trabajo publicado por el profesor Easton y su equipo de trabajo, en 2018, que muestra cómo esta falla se ha ido cada vez más interrelacionando con la ciudad de Santiago, ya que esta ciudad ha ido creciendo más y su límite urbano se ha ampliado, lo que ha hecho más escaso el territorio y se comience a ocupar áreas más cercanas, por ejemplo, el piedemonte y el frente cordillerano. Por otro lado, se empieza a ubicar infraestructura más delicada, más crítica, por decirlo de alguna forma, cerca de la traza de la falla, como una serie de hospitales, algunas captaciones de agua, como las de Aguas Andinas se encuentran en la entrada de Pirque. Tenemos una serie de infraestructuras que son importantes para Santiago, como ciudad.

¿Por qué podría importarnos qué pasa con los sismos? Aquí observamos un sismo originado en la falla de San Ramón.

Al respecto, tenemos dos grandes efectos, o dos grandes temas. Imaginemos que se presenta una falla sísmica, o una falla activa, y genera un terremoto, este permitirá que se desplacen los dos bloques asociados a la falla y que, cuando cumpla ciertas condiciones de magnitud, y cuente con cierta profundidad -no tan profunda, sino más bien somera-, se generen rupturas en superficie, como se aprecia en la figura como un saltito, como un escalón, es un escarpe sísmico. Ese es uno de los efectos que nos debiera preocupar respecto de la falla.

Otro efecto al que estamos más acostumbrados es el de las oscilaciones o las ondas sísmicas que, al pasar por el medio, generan aceleraciones en el suelo, vale decir, sobre lo que está instalado. Esas aceleraciones, dependiendo de la magnitud del sismo, de cómo es el suelo donde estamos parados, y de cuál es la distancia que reconocen desde el epicentro, o hipocentro, del foco del sismo hasta el lugar donde se está sintiendo, pueden ser bastante intensas.

Ahora bien, esos dos efectos, tanto la ruptura en superficie como las aceleraciones, van a ser muy dependientes de la magnitud del sismo. Si nos ponemos en un caso conservador, un sismo muy grande probablemente generará, por ejemplo, una ruptura de superficie grande y aceleraciones intensas. El que ven acá es más bien un sismo pequeño que probablemente no va a generar ruptura en superficie.

¿Cómo se manifiesta esto asociado a la Falla de San Ramón? Se pueden observar evidencias de ruptura en superficie en el pasado. ¿Cuáles son? Los escarpes de falla, pequeños saltos topográficos que se asocian, o que se reconocen, en el trazado de la falla.

Acá pueden ver una serie de fotos, son bastante antiguas pues las tomé en 2001 durante mi período de memoria, cuando no estaba poblado todo esto. Por ejemplo, una foto de un perfil, marcada con la línea blanca; se alcanza a ver una grúa de construcción, ahora está ubicada la Universidad Adolfo Ibáñez, y este saltito es -si van a la universidad y acceden al estacionamiento- el escarpe de falla, que tiene, más o menos, entre 30 y 40 metros de altura. Incluso, en algunos sectores de Peñalolén o de La Florida se pueden ver estos escarpes, o saltos topográficos, que, de alguna forma, se asocian a una sumatoria de eventos. No es que en un terremoto se haya generado este salto de 30 o 40 metros, pero probablemente se produjo por una sumatoria de saltos de 2, 3 o 4 metros, dependiendo de la magnitud del sismo.

Como no tenemos un terremoto reciente, histórico, que haya ocurrido en esta falla, no existen ejemplos como este que pueden ver en la lámina, que es el de un terremoto que ocurrió en Taiwán -terremoto de Chichi, en 1999-, con una magnitud de 7,6, bastante similar a la que se podría esperar

en la falla de San Ramón, y el tipo de eventos con estas rupturas en superficie es más bien lo que muestran las fotografías.

Por ejemplo, acá tenemos una cancha de atletismo que está desplazada, pero que nos sirve para tener una escala. Se produce este salto que, de alguna forma, rompe todo lo que está en la superficie, lo cual es muy difícil de manejar para la ingeniería. Si bien esta se puede hacer cargo de muchos eventos asociados a las aceleraciones sísmicas, este efecto en particular es muy difícil de manejar de forma fácil y segura.

Por otro lado, tenemos los efectos de las aceleraciones del suelo. Esta es una figura de un trabajo de Ammirati, que también trabaja con el profesor Easton, dentro del grupo de la Universidad de Chile, donde se describen ciertos escenarios de ruptura, y se ven las aceleraciones sísmicas. La aceleración se traduce en la fuerza que deben resistir los edificios, las infraestructuras que están en el suelo. Mientras más aceleraciones, más esfuerzo va a sufrir la infraestructura, que es la que tiene que resistir.

Entonces, según estos modelos, se pueden alcanzar valores de 0,8 G, es decir, un 80 por ciento de la aceleración de gravedad. Son valores bastante altos si consideramos que para el sismo de Las Melosas, de 1958, hay evidencias de que superó la aceleración de gravedad. Para ponerlos en contexto, en Santiago, por ejemplo, en 2010, se sintieron aceleraciones del orden de 0,3. Si no me equivoco, en Concepción las aceleraciones alcanzaron a 0,4 o 0,5 G, y en Valparaíso estuvieron también cerca del 0,2 y 0,3 G. Entonces, son intensidades un poco mayores que las que podrían darse en sectores muy cercanos a la falla. La gracia de los sismos superficiales es que las aceleraciones se atenúan rápidamente con la distancia.

Acá pueden ver qué pasa con las normas y cómo se enfrenta esto en Chile. Existen dos grandes ramas, una se asocia a los instrumentos de planificación territorial, que están principalmente normados por la ley general de Urbanismo y Construcciones y por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que depende de la anterior, particularmente

el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, OGUC, que señala que existen ciertas áreas de riesgo -actualmente se está estudiando su modificación y actualización-, y la otra se refiere a las normas sísmicas chilenas, la 433 y la 2369, que se asocian más bien a cómo construimos para que esa edificación resista los sismos. Estas normas están definidas o elaboradas por una comisión de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica, que es una asociación profesional científica, que, finalmente, las hacen llegar al Instituto Nacional de Normalización, encargado de publicarlas.

Esas normas son indicadas en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, por lo que deben aplicarse, según lo que señala la ley y el ordenamiento.

Respecto de las normativas tenemos instrumentos de planificación territorial, que son los que para las amenazas naturales consideran algunos estudios de riesgo que se integran a los planos reguladores comunales, intercomunales o metropolitanos. Particularmente, estamos viendo qué pasa con el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, que vendría a ser el caso de este segundo, y la ley da la potestad planificadora al consejo comunal de seguridad pública y a la seremi del Minvu para ver si las áreas de riesgo se llevan o no a norma, como asimismo a qué norma se lleva. La decisión final está dada por las aprobaciones respectivas de los consejos comunales o de la seremi del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En ese sentido, es importante recalcar que esto está alimentado por estudios técnicos que son los que finalmente reconocen cuáles son las áreas que pueden llamarse áreas de riesgo y en la elaboración de los planos reguladores comunales dan la propuesta de zonificación y la forma en que va a regir la ordenación del territorio.

Finalmente, decirles que lo que se está haciendo en esta Comisión es muy importante, dado que si bien la falla de San Ramón debe considerarse dentro de los instrumentos de planificación territorial que estamos viendo en Santiago, tanto el Plan Regulador Metropolitano de Santiago como los planos reguladores comunales, esto va a marcar un precedente

por cuanto la falla de San Ramón no es la única falla activa en Chile. En la medida en que vayamos conociendo más el territorio, que es dinámico, van a aparecer, cada vez más, fallas activas que van a tener que, de alguna forma, ser normadas. Tenemos casos, por ejemplo, en la falla Liquiñe-Ofqui, que es la falla que generó el terremoto de Puerto Aysén en 2007; tenemos la falla Magallanes -que pasa por Magallanes-, digamos que es una falla que generó terremotos históricos en 1949; tenemos fallas en el norte, en el frente cordillerano que ha generado terremotos; tenemos otras fallas que han sido estudiadas como activas, más bien en el sector de la costa.

Entonces, cada vez más irá apareciendo esta necesaria regulación de cómo conviven los centros poblados y el ordenamiento territorial con fallas activas o potencialmente activas.

Eso quería comentarles, siendo breve y preciso en el tiempo. Espero haber sido claro en la presentación.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Muchas gracias, doctor Rodrigo Rauld.

Creo que ha sido muy interesante escuchar esta primera exposición, es la primera que tenemos en la comisión, pero que nos da cuenta de lo que pasa con la Falla de San Ramón para interiorizarnos más.

No sé si les parece a las diputadas y diputados que escuchemos la segunda exposición, la del doctor Gabriel Easton, y posteriormente hacer preguntas teniendo ambas exposiciones hechas.

Si les parece bien, tiene la palabra el profesor Gabriel Easton, profesor titular, director de la Escuela de Postgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Tiene la palabra el señor Gabriel Easton.

El señor **EASTON** (director Escuela de Postgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile) [vía telemática].- Señor Presidente, saludar a las honorables diputadas y diputados; a don Rodrigo Rauld, un gusto verlo nuevamente en instancias como estas en relación con la falla de San Ramón que -como dice- hemos

venido estudiando y que, por lo demás, has tenido un protagonismo muy grande.

Voy a compartir pantalla para comenzar con mi presentación que, también, voy a tratar de supeditar a unos veinte minutos.

Nuevamente, agradezco a don Rodrigo Rauld porque esto va a permitir pasar rápidamente por algunos antecedentes que él ya mencionó con bastante profundidad.

¿Se ve la diapositiva?

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Sí, se ve perfecto.

El señor **EASTON** (director Escuela de Postgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile) [vía telemática].- Esta es una imagen que muestra -como decía Rodrigo Rauld- cuál es la situación de la falla de San Ramón en el piedemonte cordillerano, y esta es una falla relevante desde el punto de vista de la tectónica de la montaña, la tectónica que construye cordilleras, puesto que todo el frente cordillerano de alguna manera debemos su relieve, en buena medida, a la acción de esta falla que ha estado activa durante millones de años y que lo sigue estando, sigue construyendo esta parte de la cordillera tal como lo ha hecho durante millones de años.

¿Qué implica? En este diagrama de tres dimensiones en donde la línea negra representa la traza de la Falla San Ramón tal como la conocemos hoy, que es donde la superficie de falla intercepta la topografía, este esquema que se aprecia representa un corte tal cual uno hiciera un corte en una torta, y de esa manera uno puede observar las capas que conforman la cordillera principal -occidental en este caso- cómo están deformadas, que son rocas antiguas de 31, 22 y 16 millones de años, y aquí se muestra cómo la Falla de San Ramón levanta esas capas, deforma el frente cordillerano, y monta rocas muy viejas obre sedimentos del valle central de Santiago.

Entonces, se ve la falla cómo profundiza hasta por lo menos unos 10 kilómetros. Ahora sabemos que en realidad es un poco más, son unos 15, incluso, 20 kilómetros de profundidad, y de esa manera se conecta con la geología de esta zona.

¿Qué es lo que implica esta falla? Sabemos que implica una

posibilidad de terremotos corticales, superficiales que ocurren no a ventanas tan frecuentes de tiempo como los terremotos de subducción, sino más bien a ventanas de tiempo de cientos y miles de años, pero que son importantes, y también implica la posibilidad de rupturas en superficies, tal como lo mencionaba Rodrigo Rauld.

Esta es una imagen de uno de los últimos trabajos que muestra algo importante, porque al inicio cuando planteamos esta posibilidad a través de la memoria inicialmente de Rodrigo Rauld, su tesis doctoral; el trabajo de Orlado Armijo, que fue muy importante, y la colaboración con el Instituto de Física del Globo de París con la Universidad de Chile, inicialmente, no se planteaba la posibilidad de una falla inversa, activa en el borde de la cordillera occidental; ahora, en realidad, ya no solamente tenemos la Falla de San Ramón, sino que se está entendiendo que tenemos otras fallas como la Falla Cariño Botado en Los Andes y la Falla Mesamávida, más al sur. Es decir, todo el frente occidental de la cordillera parece estar, de alguna manera, controlado por fallas y eso ha sido, en buena medida, un conocimiento levantado gracias a numerosas tesis y trabajos de estudiantes que han sido muy relevantes y lo siguen siendo.

Como se aprecia en la diapositiva, esta es la forma del piedemonte cordillerano. Ustedes verán que no es muy fácil ver que aquí hay una falla activa, o sea, no es muy fácil darse cuenta de ello, incluso, para los geólogos y geólogas que estudiaron todo este sector, anteriormente, así lo fue. De esa manera fue mapeada como una falla que tenía otras características -si es que existía-, de manera normal e inactiva.

Eso fue relevante porque, por ejemplo, gracias a ese tipo de concepción se tomó la decisión -en su momento- de emplazar instalaciones tan importantes como el Centro de Estudios Nucleares (CEN) muy cerca de esta falla, que en ese momento el conocimiento era muy distinto al que se tiene hoy.

¿Qué es lo que vemos en el piedemonte? Podemos ver una serie de escarpes que manifiestan, de alguna manera, la presencia -tal como señalaba Rodrigo Rauld- de la falla de

San Ramón. Los escarpes puestos en términos geológicos, uno los puede caracterizar en tres grandes grupos -que es lo que hizo Rodrigo en su tesis doctoral, entre otras cosas-, los más antiguos son los en color naranja, los intermedios son en color amarillo y las unidades de suelo más recientes del piedemonte de Santiago son en colores claros.

Pueden ver en esta diapositiva que esta morfología se reconoce en ella, por ejemplo, el Cerro Calán; en esta zona de acá, el Cerro Apoquindo, Los Rulos, la Quebrada de Ramón y la Quebrada de Macul. En esta zona de acá identificamos, gracias a la tesis doctoral de Rodrigo Rauld, un escarpe muy joven, muy reciente de una máxima de 45 mil años; ahí fue donde decidimos realizar las trincheras, gracias al estudio de la seremi Minvu RM, realizado entre 2011 y 2012, Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón, que se convencieron de la importancia de esto y gracias a ello logramos excavar y ver directamente la falla cortando sedimentos del suelo de Santiago.

Este esquema intenta mostrar por qué es tan difícil ver en superficie una falla activa como la falla de San Ramón, y aquí se intenta mostrar la evolución del terreno afectado por una falla. A la izquierda de la diapositiva, tenemos el suelo antes de un fallamiento; después, inmediatamente a la derecha, durante el fallamiento se muestra cómo el bloque oriental sube respecto del bloque occidental -en este caso varios metros-, y esta parte se queda inmediatamente sin sustento y se derrumba; por lo tanto, la falla queda inmediatamente oculta por su propio derrumbe.

De esa manera nuevos terremotos van haciendo lo mismo, van levantando cada vez más el terreno y la falla va quedando oculta siempre por sus propios derrumbes, de modo tal que lo que uno ve en terreno es estos escalones geomorfológicos de falla que son los escarpes de falla que, de alguna manera, evidencian dónde se encuentra la falla, más bien en su superficie.

Por eso es importante excavar, que fue lo que hicimos en 2011 y 2012, gracias a este estudio realizado para la seremi Minvu. Gracias a esta excavación lo pudimos ver, inmediatamente, en este escarpe o escalón de falla, llegando

a la superficie y cortando sedimentos muy recientes del suelo de Santiago, tal como se muestra en esta imagen en que lo que se indica aquí es un fotomosaico -un metro mide cada uno de esos cuadrados- con la falla cortando sedimentos del suelo de Santiago y llegando, incluso, hasta la superficie.

Esta es una demostración fundamental de que la falla está activa, la cual ha generado rupturas en los últimos 17.000 años -el último hace 8.000 años- y durante un terremoto es capaz de dislocar el suelo de Santiago, moviendo por lo menos unos 5 metros -como vimos a partir del estudio de las trincheras- un bloque respecto de otro a lo largo de decenas de kilómetros, que pueden ser entre 30 y 50 kilómetros en el piedemonte de Santiago.

Ahora bien, cuáles fueron las principales conclusiones de ese estudio, que, como dije, fue muy importante. Primero, que la falla de San Ramón se encuentra activa en términos geológicos y sísmicos. Se mostró directamente la falla exhibiendo sedimentos del suelo llegando hasta la superficie del piedemonte de Santiago; segundo, que representa una amenaza con potencial de ruptura en superficie de varios metros; tercero, que ha presentado eventos en los últimos 21.000 años, en particular el penúltimo hace 17.000 años y el último hace 8.000 años; cuarto, que la ruptura en superficie tendría efectos directos en bandas de decenas de metros de ancho -a lo menos, estimamos unos 300 metros la ubicación de la falla en superficie- y, quinto, que la amenaza sísmica, de activarse, puede superar largamente la intensidad de los eventos previstos para Santiago por la Norma NCh433. Es decir, por una parte tenemos la posibilidad de ruptura de superficie y, por otra, intensidades mayores a las que estipula la norma.

Por lo tanto, además de realizar más estudios -siempre es bueno realizar más estudios en ciencia, lo cual no va en desmedro de que en algún momento debamos tomar decisiones a favor de políticas públicas virtuosas sobre el tema-, recomendamos modificar el Plan Regulador Metropolitano de Santiago para incorporar la falla de San Ramón y la norma sísmica NCh433.

Ahora bien, a la izquierda de la imagen se observa la traza

de la falla de San Ramón, tal cual se muestra en el estudio de Seremi Minvu RM 2012. La línea negra representa donde llega la falla en superficie, en el piedemonte cordillerano entre los ríos Mapocho, por el norte, y Maipo, por el sur. En la parte central de la imagen se muestra un esquema idealizado de un escarpe de falla, en la que esta última aparece sistemáticamente mapeada a los pies del escarpe.

Entonces, recomendamos una zona de seguridad de alrededor de 300 metros -100 metros hacia el oeste y 200 metros hacia el este-, ya que los escarpes tienen ese ancho en general. Los escarpes están usualmente donde se encuentra la falla, por lo tanto de esa manera se justifica el ancho de la zona de potencial ruptura de superficie. Asimismo, se debe incorporar la traza secundaria de la falla y no solo la principal, pues, como se muestra muy bien en la imagen, puede generar ruptura de superficie.

En ese momento también se mencionó la importancia de abordar la demanda sísmica, diferente de la falla de un terremoto producido eventualmente en esta falla respecto de los terremotos generados en la subducción. Por ejemplo, en el gráfico del lado derecho de la imagen se muestra el registro de una falla que en este caso no es de Chile, sino de Estados Unidos, donde hay muchos más avances en estos temas. Sin embargo, respecto de fallas activas, el terremoto de 1994, de tipo cortical, como ha ocurrido recientemente, alcanzó aceleraciones del suelo e intensidades muy importantes. Se trata de terremotos muy violentos, es decir, llegan muy rápido, producen mucho movimiento y terminan muy rápidamente, a diferencia de otro tipo de terremotos, como se muestra en la imagen, que llegan un poco más desfasados en el tiempo y duran varios minutos. En el caso de una falla activa, el terremoto se puede acabar al cabo de 20 o 30 segundos, en cambio un terremoto interplaca, como el de la Región del Maule, en 2010, puede durar dos o tres minutos e incluso más. Es una diferencia muy grande.

En el campo normativo, en la imagen inferior izquierda se muestra que Santiago se encuentra en zona 2, que no es la más intensa, con aceleraciones de alrededor de 30 a 35 por ciento, en circunstancias de que las simulaciones de

potenciales terremotos en la falla de San Ramón sugieren que estas serían del 80 por ciento, es decir, por lo menos dos o tres veces más de lo estipulado en la norma.

En ese estudio también se mencionó que por lo menos la mitad de Santiago estaría afectada a aceleraciones que superarían la norma, como mencioné. Por eso la importancia de incorporar tanto la franja de ruptura, como cambios en la norma sísmica.

En relación con lo que hemos avanzado recientemente en cuanto a esta falla, se observa una fotografía que muestra el escarpe de falla hacia el este del Centro de Estudios Nucleares, donde gracias al apoyo de la CCHEN, que ha estado muy preocupada por ese tema y de manera muy proactiva generando conocimiento, hemos realizado algunos experimentos e instalado estaciones sismológicas, de tal modo de constreñir mejor cuáles son los efectos geológicos y de qué manera se manifiesta sísmicamente esta falla.

En la imagen de la izquierda, en color azul, se muestra un perfil de la parte este del Centro de Estudios Nucleares, que también se ve en el recuadro del lado derecho. En este último se observa un método de geofísica llamado de resistividad, que permite sugerir o estudiar las fallas en subsuperficies, sin necesidad de excavarlas o justamente previo a determinar dónde realizar una excavación.

En las dos imágenes de la derecha se puede ver cómo estos perfiles muestran de manera bastante clara que hay dos unidades puestas en contacto abrupto lateral. Se trata de dos observaciones consistentes y que indican que la falla de San Ramón efectivamente se encuentra en ese lugar, aproximadamente a 280 metros de distancia del Centro de Estudios Nucleares.

La siguiente imagen muestra efectos del terremoto de Chichi, en 1999. Dicho terremoto, de magnitud 7,6 grados, con ruptura de 80 kilómetros de largo, generó escarpes en superficies del orden de 2 a 9 metros en la vertical, es decir, desplazamientos verticales de 2 a 9 metros.

A la izquierda podemos apreciar una configuración muy parecida a lo que estamos obteniendo sistemáticamente en la falla de San Ramón. O sea, en el mundo hay ejemplos que

pueden ser comparados con lo que hemos encontrado en dicha falla y que justamente dan cuenta de la relevancia del peligro sísmico.

En cuanto a sismicidad, la falla tiene sismicidad asociada. Este es un mapa que muestra la sismicidad entre 2017 y 2019, gracias al estudio desarrollado para la Onemi, a través del Centro Sismológico Nacional. Se observa de manera muy detallada con dos franjas de sismicidad, inmediatamente al oriente de Santiago, en la cordillera principal, una en la alta cordillera, debido a fallas activas, una de las cuales seguramente ocasionó el terremoto de Las Melosas, de 1958, que mencionó el señor Rodrigo Rauld. Además, se ve otra franja, ubicada inmediatamente bajo el frente cordillerano, que asociamos a la falla de San Ramón, como se ha mostrado en estudios anteriores.

La simulación de un escenario de ruptura debido a un terremoto de magnitud 7,5 en esta falla, con 50 kilómetros de largo, ya no solo entre los ríos Maipo y Mapocho, sino también hacia Pirque, entrega un esquema como el que se observa en la presentación, con una ruptura potencial en superficie -destacado en gris-, con desplazamientos, con eventuales dislocaciones del suelo de varios metros a lo largo de 50 kilómetros y, además, con intensidades que superan largamente lo que estipula la norma sísmica para diseño en la materia en por lo menos la mitad o casi gran parte de Santiago.

Ahora bien, hemos ido avanzando con estos estudios, los cuales, de alguna manera, sustentan la simulación que mostré. Lo que ustedes ven es una imagen de muy alta resolución de la topografía entre los ríos Mapocho, por el norte, hasta Pirque, por el sur, en donde la falla, tal como la estamos mapeando en el sector de Pirque y también en el sector de Macul, en donde se ven las piscinas de decantación; aquí, el escarpe de falla donde realizamos las trincheras que nos permitieron demostrar que la falla es activa y rompe la superficie, y en este sector es en donde se encuentra uno de los condominios que están proyectados sobre esta falla -se muestra la ubicación en este sector de acá-, en donde la ubicación de la traza de la falla de San Ramón está muy

cercana y, en cierta medida, parte de este condominio estaría proyectado justamente por sobre una de las trazas de esta falla, tal como se muestra en este sector, en donde la traza se muestra en línea roja y el condominio es este de acá. El rasgo que se muestra en la gráfica corresponde al rasgo que se muestra en este sector.

Entonces, esto demuestra la importancia de tener información pertinente, que esté disponible para la ciudadanía, como también para los proyectos que se quieren desarrollar en el piedemonte de Santiago, de modo tal que esa información sea usada y se permita avanzar hacia una ciudad que sea un poco más sostenible.

En este estudio mostramos cómo, ante la falta de regulación, a partir del año 1979, la mancha urbana de Santiago se ha ido montando sobre la traza de la falla de San Ramón entre los ríos Mapocho por el norte y Maipo por el sur, quedando hoy, aproximadamente, un 45 por ciento de esa traza sin urbanizar, con una población creciente -expuesta a esta amenaza- estimada en por lo menos 1,7 millones de personas en las comunas del sector Oriente de la capital y en varias decenas de miles de personas que viven directamente sobre la traza de la falla de San Ramón.

Finalmente, en relación con las probabilidades de un evento importante como este, hemos estimado, sin base estadística, pero sí con fundamento observacional geológico, una probabilidad del orden de un 3 por ciento de un terremoto grande, con una magnitud de 7,5 a lo largo de la falla de San Ramón, que puede generar ruptura de superficie, y de un 13 por ciento en los próximos 500 años. Como digo, esta estimación no tiene base estadística, pero es consistente con las observaciones geológicas que hemos venido desarrollando.

Algo que sí es muy importante, independientemente de las estimaciones de probabilidad, es que nos parece relevante avanzar en aproximaciones determinísticas, tal como recomendamos al Minvu en el año 2012, para que el plan regulador incorpore las fallas y se prohíba directamente la construcción sobre la traza de la falla de San Ramón, de modo tal de priorizar la seguridad de la población y también la información ante una potencial activación de esta falla.

Un ejemplo en el mundo lo constituye la ley Alquist-Priolo, de 1972, donde, en California, la legislación prioriza la seguridad de la población, los asentamientos humanos y su desarrollo sostenible por sobre cualquier otra consideración, fomentando la toma de decisiones sustentadas en el conocimiento científico.

Hay una cosa interesante de esta ley, y es que no inmoviliza, porque, ante la incertidumbre -es decir, ante la posibilidad de que la falla en cuestión no se encuentre en la zona en donde se quiere desarrollar un proyecto, por ejemplo- permite que se desarrollen estudios pertinentes, de modo tal que los interesados en esos proyectos puedan levantar conocimiento, ya sea demostrar que la falla no está ahí o corroborar su presencia y, por lo tanto, que se mantenga la interdicción de acuerdo a esta ley.

Nos parece sumamente relevante avanzar hacia esquemas como ese en la perspectiva de tener una sociedad y una ciudad resiliente capaz de resistir y de recuperarse rápidamente de los riesgos humanos, sociales y medioambientales, tal como lo ha estipulado la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en 2018. Por eso, nos parece relevante insistir en las recomendaciones de modificar el Plan Regulador Metropolitano de Santiago para incorporar la falla de San Ramón, de modo tal que no se permita construir directamente sobre la falla y que la información de donde se encuentra la falla esté disponible para toda la ciudadanía, con el objeto de que se puedan tomar decisiones, como también avanzar en un plan de respuestas ante un escenario de ruptura sísmica. La Onemi lo ha tomado de manera muy seria, está avanzando en este plan, está profundizando el conocimiento, como también en la educación y comunicación del riesgo hacia la ciudadanía.

Eso es, por mi parte.

Finalmente, solo quiero mencionar un ejemplo, como los que señaló Rodrigo Rauld.

En 1891, una falla muy similar en Japón, en medio de las montañas, se activó en un momento en que no se tenía idea de las fallas, no había ningún indicio de su posible activación, y como resultado unas 7.200 personas fallecieron en ese momento. Así como este, hay otro ejemplo, como en Kobe, en

1995, donde por una falla activa fallecieron más de 6.000 personas justamente producto de la ruptura de superficie.

Entonces, estamos hablando de riesgos reales; casos que han ocurrido en el mundo así lo acreditan, como también los antecedentes que hemos venido levantando, que cada vez más dan cuenta de que esta falla es importante, peligrosa y que constituye un riesgo para la ciudad y la población.

Muchas gracias.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Gracias, profesor Easton.

Ha sido una presentación muy completa, que nos da cuenta, junto con lo que ha presentado el doctor Rodrigo Rauld, de la situación de la falla.

Si les parece, abrimos el espacio para preguntas, comentarios, reflexiones por parte de los integrantes de la comisión.

Tiene la palabra el diputado Amara Labra.

El señor **LABRA** (vía telemática).- Señor Presidente, si hoy llegamos a una certeza de un 3 por ciento de posibilidades de un sismo importante, al seguir estudiando nos acercamos a tener más certeza ¿cierto? O sea, si tenemos más investigaciones o más miradas sobre el territorio, ese porcentaje podría crecer.

Como esa es la dinámica del estudio, podemos llegar a tener más certeza si tenemos más conocimiento del territorio, porque el avance entre los años en que se plantea hasta ahora, han sido mucho más rápido los últimos años que antes. Por ejemplo, la cita del terremoto de Las Melosas es el más cercano que tenemos en medición y destrucción en Santiago o en la parte más alta cercana a Pirque. ¿Es así o estoy muy fuera de la lectura que se debe hacer?

Mi pregunta es al profesor Gabriel Easton.

Gracias, señor Presidente.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra la diputada Catalina del Real.

La señora **DEL REAL** (doña Catalina) [vía telemática].- Señor Presidente, junto con saludar a los invitados, me parece muy interesante el tema. Lo felicito por haber generado esta instancia, y paso a las preguntas.

¿De hace cuánto tiempo se tiene conocimiento de que existe

esta falla? ¿Ha habido alguna iniciativa, aproximaciones legislativas o de los ministerios para incorporarlas al Plan Regulador Metropolitano de Santiago y prohibir la construcción alrededor de la falla? En caso de terremoto, ¿cuántos minutos podrían transcurrir antes de que esto genere el desastre y activar los planes de evacuación para la gente que vive en el lugar? ¿Sería posible empezar a desarrollar algún plan de evacuación?

Otro tema que me preocupa es la central radioactiva que hay ahí cerca. También es un problema muy preocupante, porque no solamente implicaría el peligro para la gente que vive alrededor de la falla, sino -imagino- para la Región Metropolitana en su totalidad.

Gracias.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra el diputado José Pérez.

El señor **PÉREZ**, don José (vía telemática).- Señor Presidente, quiero agradecer la importante información que han entregado los profesores Rodrigo Rauld y Gabriel Easton, la cual considero tremendamente valiosa.

Quiero formular un par de consultas.

Primero, ¿cuáles son los dos últimos registros que hay de movimientos de tierra, de temblores más fuertes en los últimos años y el grado de intensidad?

Asimismo, ¿qué posibilidades hay de predecir, de acuerdo a los actuales estudios, con algunos días de antelación, la ocurrencia de algún sismo en ese o en otros lugares del país?

He dicho.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra el diputado Amaro Labra.

El señor **LABRA** (vía telemática).- Señor Presidente, por su intermedio agradezco las brillantes presentaciones de ambos expositores.

Al señor Rodrigo Rauld quiero preguntar sobre una lámina que me llamó la atención. Me refiero a los planes reguladores comunales y el plan regulador metropolitano, los que, según el esquema, van en líneas separadas.

Por lo tanto, quiero saber cuál es la interacción entre ambos planes, porque se podría terminar haciendo cosas muy

raras en el ámbito comunal si es que no hay una regulación más amplia. Quiero que me aclare lo anterior, porque dicha lámina me parece interesante.

Además, quiero saber cómo afectan las normas regulatorias, respecto de las cuales podemos seguir avanzando, en el marco de aquello que ustedes quieren establecer como necesario respecto de los que hay que regular; me refiero a las normas sísmicas chilenas NCh433 y NCh2369.

He dicho.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra la diputada Karin Luck.

La señorita **LUCK** (doña Karin) [vía telemática].- Señor Presidente, agradezco la participación de los invitados.

Recuerdo -si mi memoria no me falla- que el gobierno regional financió dos estudios sobre la materia. Fui CORE en el último, después, dejé de serlo, y no sé si se terminó, porque ese estudio era para ver dónde terminaba y dónde partía la falla, porque, en el algún minuto, en el gobierno regional, se mostró que quedaba en la parte de Lo Barnechea arriba y se dijo que podía llegar a Colina.

Quisiera saber si ese segundo estudio se terminó, porque era importante para el estudio de la misma falla el saber cuáles eran los rangos de inicio y de término de ella.

He dicho.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra el diputado Álvaro Carter.

El señor **CARTER** (vía telemática).- Señor Presidente, quiero formular un par de preguntas.

En caso de un evento sísmico de alta destrucción -ya sabemos que esta franja se verá afectada-, ¿cuál sería la escala de destrucción que afectaría a Santiago? Quiero saberlo porque es un tema del cual se ha hablado durante muchos años y que se ha centrado en las comunas de Las Condes, La Reina y Peñalolén.

¿Qué sucedería, por ejemplo, en el centro de Santiago? Claramente, un sismo no solo afecta el lugar de la ruptura, que sería en esta franja, sino también se verían castigadas por el movimiento tanto la cordillera como el valle. Frente a lo descrito y pensando en las casas, ¿cómo se sería el nivel

de destrucción?

En segundo lugar, ¿qué otras grandes ciudades conviven con este tipo de falla? Sé que hay varias, pero con estas características, ¿hay más o es única dentro de todo el tipo de fallas que podrían existir y afectar a las ciudades?

He dicho.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Ofrezco la palabra.

Ofrezco la palabra.

Tenemos muchas preguntas porque hay mucho interés en saber y entender lo que ustedes han expuesto.

Me sumo a las consultas que se han formulado, pero quiero agregar otras. Ustedes han hecho una serie de sugerencias, por ejemplo, está el estudio realizado el 2012, el cual tuve la oportunidad de leer y estudiar, y hay una serie de sugerencias, que incluso el profesor Gabriel Easton las abordó al final de su exposición.

Por lo tanto, quiero saber si fueron consideradas esas sugerencias por la autoridad, ¿cuáles sí y cuáles no? ¿Cuál ha sido la respuesta, en términos de incorporar las sugerencias que se hacen en esos estudios? En particular, está la de plano regulador, pero me parece que hay varias otras.

Por otra parte, saber si en alguna otra falla de las que hay en el país se han hecho modificaciones a planos reguladores o a algún aspecto que haya permitido mejorar la seguridad en algún otro punto del país. Me parece que ustedes mostraron que en el extranjero hay una ley que va en esa misma dirección, pero, en particular, me interesa saber el caso de Chile.

En tercer lugar, mencionaron que sobre el 45 por ciento de la superficie de la falla San Ramón hoy no hay construcciones y recomendaron no construir en una franja de 300 metros. Pero, ¿cuál es la sugerencia para la superficie donde hay construcción? Hoy hay muchas casas y algunos servicios públicos o comunitarios; de hecho, 55 por ciento de los más de 25 kilómetros están contruidos. Por lo tanto, ¿Qué recomendación ustedes han hecho respecto de la superficie construida y cuál ha sido el tipo de respuesta de la autoridad?

A continuación, daré la palabra a los expertos para que respondan -son varias preguntas- y si a partir de las respuestas hay más consultas, podemos hacer una segunda ronda.

Tiene la palabra el profesor Rodrigo Rauld.

El señor **RAULD** (geólogo y doctor en Ciencias, mención Geología) [vía telemática].- Señor Presidente, no tengo todas las respuestas a las preguntas, pero seguramente el profesor Gabriel Easton podrá complementar las respuestas y responder consultas a las cuales no tengo respuestas.

La diputada Catalina del Real preguntó desde cuándo se conoce la falla. De alguna forma, hicimos una línea del tiempo, y en la década de los 50 se sabía que había algo ahí, pero no estaba claro el conocimiento al respecto, en el sentido de qué se entiende por falla. En ese sentido, esta situación empieza a cuajar a partir del 2000, con mi memoria y, después, con el trabajo que incluyó la tesis, el cual no es solo mi trabajo, sino que es el trabajo del equipo en el que participó, por ejemplo, el profesor Easton, Rolando Armijo y una serie de personas pertenecientes a los departamentos de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile; participaron muchas personas y creo que ese fue el impulso, finalmente, que permitió cuajar el conocimiento respecto de la falla.

Por otro lado, sobre qué pasa si hay una ruptura, cuánto tiempo hay y otras preguntas sobre la materia, quiero decir que desde el momento en que se inicia la ruptura, particularmente en los sismos corticales o de ese tipo, apenas empieza el sismo se produce la ruptura más o menos al mismo tiempo, todo sincrónico y son aproximadamente 20 a 30 segundos de ruptura.

Entonces, va a depender mucho de si se conoce la sismicidad, cómo se sigue estudiando, cómo se van produciendo los patrones, para pensar que pueda existir alguna evidencia de sismicidad asociada a la falla o no, por ejemplo, para decir que, a lo mejor, estos sismos pequeños están dando una alarma, sin embargo, aquello todavía es parte de los estudios, a fin de poder, de alguna forma, predecir.

En ese caso, la evacuación es inmediata, y tiene que estar

preparada *a priori* porque debemos entender que el evento ocurre en un solo momento. Imagino que todos quienes estamos participando de la sesión nos ha tocado vivir algún terremoto o temblor fuerte, y hemos sabido que desde el momento en que uno se da cuenta de que está temblando hasta que pasa el temblor, alcanza más bien a proteger a los que están alrededor, y no son muchas más las acciones que se pueden hacer. Entonces, es más bien tener esta medida preventiva, que en muchos casos está tomando la Onemi, y que se está haciendo de forma previa.

Con respecto a ciudades que están conviviendo con fallas, el diputado Álvaro Carter hizo una pregunta al respecto.

Efectivamente, tenemos una serie de ciudades que, por ejemplo, están ubicadas a los pies del Himalaya, que han sido afectadas por terremotos históricos y ha habido una cantidad importante de muertes. Lo mismo ha ocurrido en Irán, Pakistán, China e India.

También tenemos fallas por los dos lados de la cordillera, tanto por el lado argentino como por el chileno, -como mostró el profesor Gabriel Easton- a lo largo del frente cordillerano, y están activas. Por ejemplo, hubo un terremoto muy importante en Caucete, San Juan, Argentina, que causó muchos daños y que tiene algunas similitudes con la falla de San Ramón.

Por otra parte, está todo el sistema de San Francisco, California, con la falla de San Andrés, que es una falla de rumbo, pero también superficial.

Por lo tanto, no es tan único el panorama; sin embargo, las características de la falla de San Ramón hacen bastante notoria su actividad.

Respecto de su pregunta, señor Presidente, de qué pasa en Chile, la verdad es que no ha sido muy normado el tema de las fallas activas. Hay un intento de plan regulador intercomunal de la costa de Tarapacá, donde se están definiendo restricciones para las fallas que tengan características activas o potencialmente activas que estén en la costa y, en ese sentido, se están estableciendo algunas franjas de restricción, pero ese plan regulador intercomunal está detenido por temas administrativos, lo que escapa un poco de

mis manos, ya que lo mío es el dominio técnico y no el administrativo.

Por último, dejé la pregunta del diputado Amaro Labra para el final, porque, quizá, la respuesta sea un poco más larga.

Señor Presidente, ¿me permite compartir pantalla nuevamente?

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Está habilitado.

El señor **RAULD** (geólogo y doctor en Ciencias, mención Geología) [vía telemática].- Efectivamente, existen estos dos instrumentos de planificación territorial.

¿Cuál es la diferencia entre estos dos planes reguladores, intercomunales o metropolitanos versus los comunales? Los planes reguladores comunales se enfrentan; es un instrumento de mayor detalle que se encarga de regular el área urbana de cierta comuna.

Por ejemplo, la comuna de Peñalolén tiene un área urbana que llega hasta un límite. De ese límite hacia afuera, por ejemplo, la punta de los cerros -por decirlo en buen chileno- no queda normada en el plan regulador comunal, pero sí está supeditada a lo que diga, en este caso, el Plan Regulador Metropolitano, el que define el área urbana en general de la metrópolis de Santiago, como, por ejemplo, cuáles son las densidades generales que deben cumplir ciertas áreas de Santiago. En el fondo, dan directrices, pero que son un poco más generales.

De la misma forma, el Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano señala cuáles son las áreas de riesgo, que son áreas más bien grandes y, por ende, un poco más generales. En cambio, los planes reguladores comunales especifican y ajustan a una escala de planificación urbana, es decir, a una escala de mucho mayor detalle respecto de qué pasa con esa definición de riesgo.

Entonces, jerárquicamente tenemos los planes intercomunales o metropolitanos arriba, bajo los cuales se ubican los planes comunales que, en cierta forma y en algunos casos, pueden ajustar lo que dice este instrumento de jerarquía superior, dado que es un estudio de mayor detalle.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Tiene la palabra el señor Gabriel Easton.

El señor **EASTON** (director Escuela de Postgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile) [vía telemática].- Señor Presidente, voy a abordar varias preguntas.

Lo primero que quisiera responder es en relación con la probabilidad, la cual es incierta en sí misma y siempre tiene incorporada una incerteza. En este caso, la probabilidad que estimamos no tiene fundamento estadístico, es un poco especulativa, pero sí está basada en observaciones geológicas muy robustas que cada vez la van sustentando mejor.

Entonces, pensamos que es una estimación interesante, pero tampoco nos parece que es lo fundamental, porque aquí hay un cambio de óptica respecto de cómo se toma el riesgo sísmico hasta ahora en Chile, porque lo que prevalece es una aproximación justamente probabilística que como tal es para los diseños de ingeniería, lo que en general está muy bien, porque ha sustentado una norma sísmica que en Chile es bastante exitosa.

Afortunadamente, el diseño antisísmico en Chile ha progresado muchísimo desde 1985 y, sobre todo, desde 2010, pero es fundado en una aproximación probabilística, porque la norma toma en cuenta fundamentalmente los grandes terremotos de subducción de magnitud ocho que ocurren, por ejemplo, cada 100 años; y de magnitud nueve, cada 300 o 400 años que dejan ventanas de tiempo que no son tan largas.

Cuando hablamos de fallas que rompen y generan efectos importantes cada miles de años, la probabilidad disminuye notablemente, pero ello no quiere decir que no sea importante.

Por lo tanto, hemos planteado que la aproximación probabilística, si bien, es interesante de considerar, no es lo más importante, decisión que tomaron las autoridades que velaban por la ciudadanía en California al escuchar a los geólogos y ver la devastación que causaron los terremotos a lo largo de los distintos sistemas de fallas en San Andrés porque, a su vez, la falla de San Andrés tiene muchas fallas, por lo que generaron la Ley Alquist-Priolo, donde de forma determinística, es decir, se asume que el terremoto va a ocurrir y, por lo tanto, se norma, y dicen: "Ok, no queremos

que se construya nada para infraestructura humana sobre una falla activa, porque sabemos que en algún momento, ya sea ahora, en cien o en mil años, va a ocurrir un terremoto.". Y esa es la aproximación que pensamos que es interesante.

El terremoto de Mendoza -que mencionaba el señor Rauld-, que ocurrió en 1861, cruzó la ciudad, levantó y generó un escarpe de falla y causó la muerte, por lo menos, de unas cuatro mil personas, es decir, un tercio de la ciudad falleció en esa época. Son las estimaciones históricas que se tienen.

El ejemplo anterior es muy concreto, pues es una falla de ámbito andino que se activó, a pesar de que no se pensó que podía activarse, mucho menos en la época, y tenemos un tremendo impacto; incluso, producto de ese terremoto, la ciudad fue desplazada y lamentablemente se puso sobre otra falla activa, porque no habían los conocimientos ni los estudios geológicos en esa época que permitieran normar o planificar un poco mejor el territorio.

Entonces, ahora, nuevamente se encuentra sobre una falla activa, al igual que gran parte de Santiago. Hay ejemplos muy concretos al respecto.

¿Qué pasaría en Santiago si la falla de San Ramón se activara? Podríamos esperar una ruptura superficial; es decir, la dislocación del suelo, en la que un bloque se levanta varios metros, durante los 20 o 30 segundos que dura el terremoto, respecto de otro. O sea, si en 20 o 30 segundos se levanta tres metros un bloque respecto de otro, pueden ser cinco metros o lo que sea, a lo largo de 20, 30 o 50 kilómetros. Hablamos de la posibilidad de un efecto grande.

En términos de demanda sísmica, efectivamente, las simulaciones sugieren que la demanda se superaría, por lo menos, en la mitad del valle de Santiago. Se mencionó el centro de Santiago, pues si ocurre un terremoto de magnitud 7,5 en la falla de San Ramón, lo más probable es que la demanda sísmica, es decir cuán fuerte se mueva el suelo, supere lo que la norma sísmica estipula para el centro de Santiago. Obviamente, eso incrementa rápidamente mientras más nos acercamos a la falla.

En relación con los últimos registros de la falla, hay dos

que tenemos fechados: uno hace 17.000 años y el último hace 8.000 años. Esos son los grandes eventos, los que pensamos que han generado rupturas en superficie y que han construido estos escarpes. Sin embargo, eso no excluye que entremedio hayan ocurrido otros de menor magnitud, sin generar ruptura de superficie y que no los podemos ver, porque no hay registros geológicos asociados. O sea, la falla puede generar terremotos de magnitud 7,5, como también terremotos de magnitud 6, que no necesariamente rompan la superficie. Como dije, los últimos terremotos realmente grandes son los ocurridos hace 17.000 y 8.000 años.

Desde que mejoramos la red de monitoreo sísmico, hemos notado que bajo el frente cordillerano, solo en un año y medio se generaron más de 100 o 200 sismos, pero de magnitudes más bajas, de grado 2. Antes no los podíamos escuchar, ahora sí. Hoy, incluso, estamos escuchando magnitudes mucho más bajas.

El frente cordillerano es muy activo sísmicamente, pues siempre está produciendo sismicidad. Sin embargo, mientras más grande sean los sismos, el tiempo que debemos esperar, probablemente, sea mayor. Por lo tanto, la incertidumbre de cuándo va a ocurrir el próximo gran terremoto en la falla de San Ramón, considerando que el último ocurrió hace 8.000 años, es una incertidumbre que, probablemente, no vamos a poder resolver. Para ello, requeriríamos hacer excavaciones muy profundas a lo largo de todo Santiago.

Por cierto, tenemos que avanzar en ello. Pero lo más probable es que la falla genere un nuevo terremoto en un tiempo que desconocemos, pero sabemos dónde. Eso es lo más importante. Hoy, no es importante cuándo va a ocurrir, porque sabemos dónde va a ocurrir y ese es un conocimiento que implica una responsabilidad. Debemos estar conscientes de esto, porque este conocimiento está disponible y la ciudadanía tiene acceso a este de distintas maneras. Incluso, hay *papers*, hemos publicado artículos científicos al respecto y cada vez se está levantando mayor conocimiento, con más detalle; por lo tanto, la ubicación de la falla es cada vez mejor conocida.

Entonces, más que predecir cuándo va a ocurrir un

terremoto, nos tenemos que preocupar de saber en dónde se puede generar una ruptura en superficie. Por ello, la pregunta que nos tenemos que hacer es qué vamos a hacer con ese conocimiento, hasta cuándo vamos a esperar para propender a políticas públicas que, por sobre cualquier otro interés, pongan la seguridad de la ciudadanía por encima.

Finalmente, quiero referirme a la dicotomía que se produce al respecto. Desde 2012, gracias al informe para el seremi de Vivienda y Urbanismo -insisto en su virtuosidad- realizado por mandato de la propia seremi, hay una gran sinergia entre gobierno, ciencia y academia; de hecho, en dicho estudio, también participó Territorio y Ciudad Consultores. Entonces, lo que hicimos fue informar la traza, que veníamos estudiando durante los diez años precedentes. Mucho de ello fue gracias a la memoria de la tesis doctoral de Rodrigo. Además, lo que hicimos fue hacer estas trincheras a través de las cuales demostramos que la falla está activa. Y gracias a ese estudio demostramos que la falla es activa y, además, informamos la ubicación de la falla.

Por eso recomendamos que la falla fuera incorporada en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, para que no se construya más sobre ella. Lo único que estamos haciendo es incrementar el riesgo, porque cada vez más gente está expuesta directamente a esta amenaza.

Segundo, al incorporarla en el Plan Regulador Metropolitano en Santiago, la información queda disponible; por lo tanto, la gente que ya vive sobre la falla tiene conocimiento y puede tomar decisiones al respecto.

Tercero, como la información está disponible, podemos generar planes de acción. Por ejemplo, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (Onemi), está generando, de manera muy seria, un plan de acción de respuesta ante la potencial activación de una falla, que es una medida bastante virtuosa.

Por último, debemos considerar que al incorporarla en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago, se disipa la incertidumbre. Si todos quienes, en algún momento, hemos estudiado economía, entendemos que lo que peor hace a la economía es la incertidumbre. Y esto, tal como se está

viendo, está generando incertidumbre. ¿De qué manera? Que algunos proyectos están detenidos, no sabemos qué hacer y qué no, de modo tal que los planes comunales que mencionó Rodrigo, necesariamente, deben tener un marco regional.

Hemos conversado con algunos alcaldes y la respuesta que hemos recibido es cómo vamos a incorporar la falla de San Ramón en nuestros planes comunales si el propio Plan Regulador Metropolitano no lo hace. En consecuencia, aparecerían desfasados o proponiendo algo que, en realidad, es incierto. Esa la importancia de las medidas de carácter regional.

Por eso, pensamos que es tan importante, tal como recomendamos a la seremi del Minvu en 2012, que el Plan Regulador Metropolitano de Santiago incorpore la Falla de San Ramón. Asimismo, es importante que la norma sísmica NCh433 incorpore esta falla porque, ante su potencial activación, sabemos -todos los modelos son coherentes al respecto- que, por lo menos, más de la mitad de la ciudad de Santiago estará sujeta a demandas sísmicas muy superiores a lo que estipula la norma.

Con esto concluyo, pues las otras preguntas fueron abordadas por Rodrigo, precedentemente.

Lo último es que, efectivamente, el gobierno regional (GORE), en algún momento, destinó recursos para seguir avanzando en dichos estudios. Pero, lamentablemente, no se pudo concretar a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), en esa época. Afortunadamente, nosotros, como científicos, seguimos activos; incluso, tenemos un proyecto del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt), con un profesor de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, don Jorge Inzulza, con quien, gracias a ese proyecto Fondecyt, estamos avanzando en el tema, como también en cuestiones de regulación urbana y propuestas de diseño sísmico resiliente. Además, logramos obtener una base de datos al día, que nos permite cartografiar la falla con mucha precisión.

Sin duda, seguiremos haciendo trincheras paleosismológicas y avanzando en los estudios científicos. Repito, lo importante es qué hacemos con este conocimiento disponible y

en qué momento vamos a tomar decisiones que sean proactivas y propositivas en cuanto a política pública.

Gracias.

El señor **HIRSCH** (Presidente).- Gracias a usted, profesor Easton. Ha sido muy ilustrativa la respuesta que nos han dado.

Seguramente, han surgido varias otras preguntas que podremos complementar en las siguientes sesiones.

Ha llegado la hora de término de la sesión, de modo que, como palabras finales, pido a todas las diputadas y diputados que propongan invitados o invitadas que nos hagan llegar la lista correspondiente a través de nuestro grupo de *WhatsApp*. En mi caso, ya mandé una lista con mis propuestas.

Hemos pensado en autoridades del Minvu (Ministerio de Vivienda y Urbanismo), de la Onemi (Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública) y de Sernageomin (Servicio Nacional de Geología y Minería), además de académicos y personas de la sociedad civil. Los invito a enviar los nombres de otras personas a quienes consideren importante invitar.

Personalmente, me parece interesante que en las siguientes sesiones estén nuevamente presentes los profesores Gabriel Easton y Rodrigo Rauld, si ellos tienen la disponibilidad.

¿Habría acuerdo?

Acordado.

Haremos llegar el *link* para que nos acompañen en esta Comisión Especial Investigadora, mediante la cual se busca contribuir a mejorar la seguridad de los habitantes de Santiago. Su labor no tiene un color político, sino que está pensada para mejorar, garantizar, cuidar y proteger la vida, la salud y las condiciones de vida de todas y de todos.

Por haber cumplido con su objeto, se levanta la sesión.

-Se levantó la sesión a las 17:00 horas.

CLAUDIO GUZMÁN AHUMADA,

Redactor

Jefe (S) Taquígrafos de Comisiones

