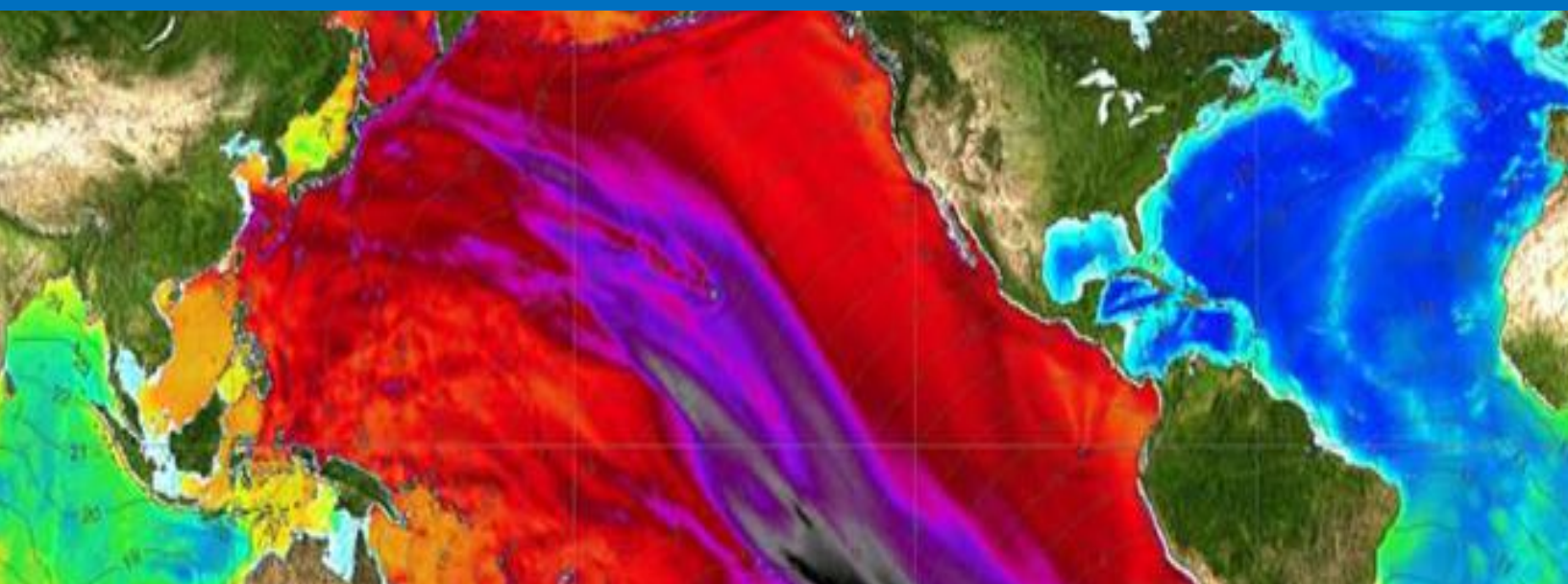


REPORTE ÚLTIMAS INVESTIGACIONES SISMOS Y TSUNAMI



seminario 28 septiembre 2021





ÍNDICE

- I. INTRODUCCIÓN
- II. PRESENTACIÓN ALCALDE TALCAHUANO
- III. PRESENTACIÓN ALCALDE IQUIQUE
- IV. PRINCIPALES RESULTADOS ESTUDIO
- V. SÍNTESIS TRABAJO DE GRUPOS



I. INTRODUCCIÓN

El martes 28 de septiembre de 2021, se realizó el seminario on line denominado “Reporte de últimas investigaciones sobre sismos y tsunamis”. En la oportunidad, integrantes del Programa Riesgo Sísmico (PRS) de la Universidad de Chile presentaron el estudio¹ publicado este año, en la revista Pure and Applied Geophysics, que reúne observaciones de tsunamis recientes y nuevos antecedentes sismológicos.

El estudio se abocó al análisis de ocho lugares donde se han producido grandes terremotos en Sudamérica. En cada uno de ellos, se simularon 200 posibles escenarios realistas que darían lugar a tsunamis.

Los hallazgos de esta investigación habían despertado el interés de las autoridades de municipios puerto, particularmente de la Municipalidad de Iquique y de la Asociación de Municipalidades de Ciudades Puerto y Borde Costero de Chile.

Gracias a su iniciativa, se invitó a las autoridades comunales, funcionarios municipales y del recientemente creado Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), para que participaran en un seminario con el objetivo de conocer los alcances del estudio del PRS y recoger los puntos de vista de la realidad de las comunas aludidas en la investigación.

El seminario contó con la participación de Mauricio Soria, Alcalde de la Municipalidad de Iquique; Henry Campos, Alcalde de Talcahuano y Presidente de la Asociación de Ciudades Puerto y Borde Costero de Chile y el profesor Luis Vargas, Director de Vinculación con el Medio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Junto a ellos, asistieron concejales y concejales de éstos y otros municipios; funcionarios de las áreas de emergencia municipal y representantes de SENAPRED.

Para dar cuenta de las principales materias abordadas en el encuentro, a continuación presentamos una síntesis de la exposición realizada por Miguel Medina y un resumen de los diálogos que se realizaron en el trabajo de grupo, que permitieron aterrizar los contenidos a la realidad local.

Esperamos que este reporte permita seguir avanzando en un mayor conocimiento sobre los riesgos del borde costero en Chile. Se trata de una información que nace en el espacio de la academia pero que espera ser de utilidad para la toma de decisiones y la gestión del riesgo de desastres.

¹ El estudio se denomina Tsunami Modeling in the South American Subduction Zone Inferred from Seismic Coupling and Historical Seismicity y estuvo a cargo de los investigadores del Programa Riesgo Sísmico: Miguel Medina, Sebastián Riquelme, Mauricio Fuentes y Jaime Campos.



II. PRESENTACIÓN ALCALDE TALCAHUANO

Estimadas/os lectoras/es:

Con gran emoción los invito a conocer nuestra experiencia y vivencia, al observar los últimos avances de la ciencia sobre la evolución de los maremotos en nuestro país. Lo anterior, a través del seminario celebrado en septiembre del presente años (2021).

Las ciudades que hemos sufrido tragedias de este tipo (tsunamis) sabemos lo importante que es estar preparado para estos cataclismos. El riesgo en vidas y en pérdidas materiales son inmensos, por lo mismo es muy útil avanzar en el conocimiento del fenómeno y en su prevención.

Agradecemos a la Universidad de Chile, a su Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y al Programa Riesgo Sísmico por la información compartida y la relevancia de la misma para los habitantes del borde costero de Chile. Asimismo, al interés prestado por Alcaldes, Concejales, funcionarios municipales y trabajadores de las ONEMI de nuestro país.

El sentido de esta publicación es incrementar el uso de esta información compartida y ayudar a preparar a las ciudades costeras para responder ante estos desastres, siempre tratando de bajar la intensidad de sus consecuencias para todos. En ese sentido, para que esto sea realidad es necesario el aporte de cada uno de los habitantes y, en especial, la ayuda que puedan prestar los especialistas para organizar una respuesta temprana y posterior que contribuya a superar los efectos.

Por lo anterior, es necesario pensar en continuar esta experiencia en las próximas sesiones de trabajo.

Como Asociación de las Ciudades Puerto y Borde Costero de Chile reiteramos el agradecimiento a todos quienes hicieron posible esta jornada y los invitamos a seguir cooperando y trabajando para hacer más seguro nuestro país frente a este tipo de desastres naturales.

Henry Campos Coa

Alcalde de Talcahuano

Presidente de la Asociación de Ciudades Puerto y Borde Costero de Chile



III. PRESENTACIÓN ALCALDE IQUIQUE

Estimadas y estimados colegas alcaldes, señoras y señores concejales, investigadores de la Universidad de Chile:

Desde la Municipalidad de Iquique surge la iniciativa de contar con esta nueva y relevante información para nuestras ciudades, pues considerando que, a pesar de tener hoy otras amenazas sobre nosotros tales como la pandemia y la situación migratoria, nunca debemos olvidar el potencial impacto que pueden tener los terremotos y tsunamis en nuestras costas y para nuestra población.

Nos parece, además, de fundamental importancia ir actuando en concordancia con la nueva Ley Onemi y reforzar las acciones de prevención y mitigación. En este sentido, creemos que las universidades y el mundo académico juegan un rol clave, pueden colaborar con su conocimiento a una mejor toma de decisiones desde los gobiernos comunales y que, por tanto, la vinculación permanente se vuelve esencial.

Por ello, agradecemos la disposición de la Universidad de Chile, a través de su Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y de la Asociación de Ciudades Puerto, con quienes logramos coordinar esta iniciativa. Esperamos en un futuro continuar propiciando este tipo de instancias, frente a esta y otras amenazas.

Mauricio Soria Macchiavello
Alcalde de Iquique

IV. PRINCIPALES RESULTADOS ESTUDIO

Algunos fenómenos o conceptos claves

Terremotos

Libерación de energía en la tierra que genera un movimiento brusco.

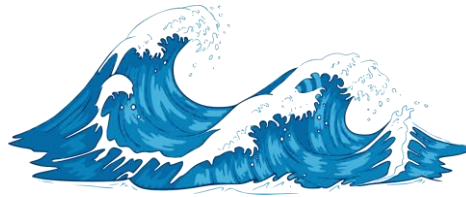
En el caso de Chile, producto de la interacción de la placa de Nazca y Sudamericana.

Tienen asociada una magnitud que guarda relación con su tamaño.

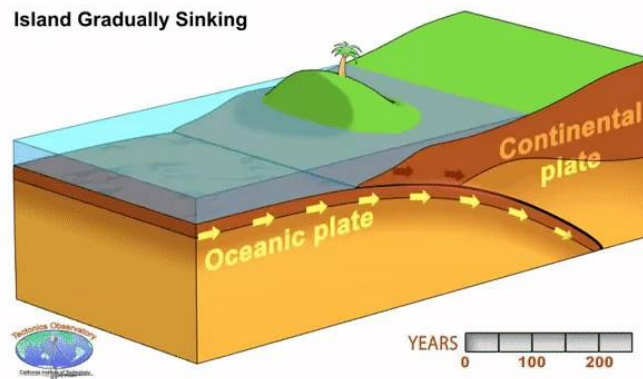


Tsunamis

Un fenómeno natural en el que se produce un movimiento complejo de una columna de agua.



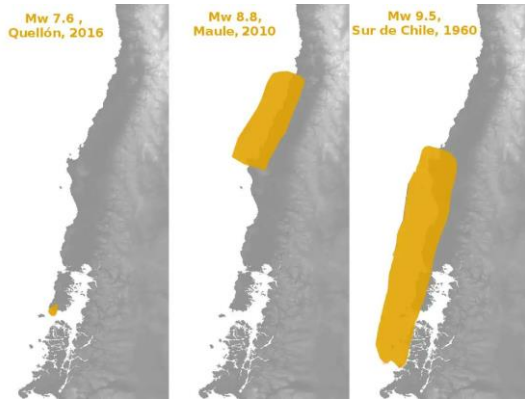
Relación entre terremoto y tsunami



Los terremotos generan una acumulación de energía, a través de decenas o cientos de años, y luego una liberación de energía, en tiempos muchísimo más breves. De ahí la importancia de estar preparados.



Extensión de un sismo y su magnitud



A mayor tamaño de un sismo, aumenta su magnitud y su extensión.

El desplazamiento que genera el sismo también aumenta, pero el fenómeno es el mismo.

Concepto de plano de falla.

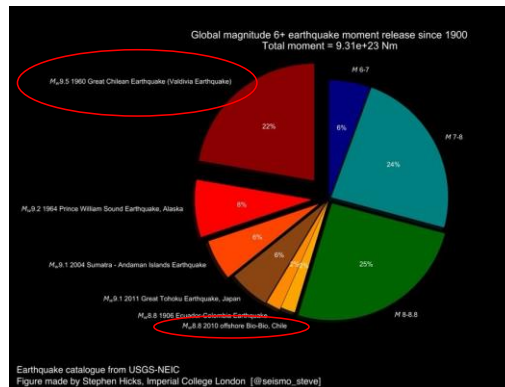
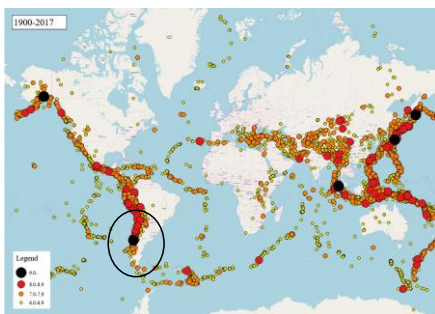
Tal como se aprecia en la imagen de arriba, donde se comparan tres eventos, los terremotos tienen una escala.

El concepto de plano de falla (en amarillo) ayuda a definir dónde se realizará el modelamiento de un terremoto.



Chile país de sismos

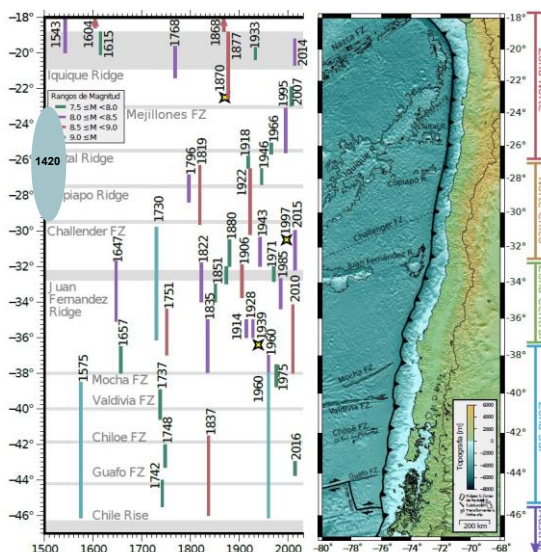
Chile es uno de los países más sísmicos del mundo (+25% de la energía liberada)



Sólo contando la energía liberada en los terremotos de 1960 y 2010, Chile obtiene este lugar en el planeta.

Sismicidad histórica en Chile

- En esta figura, cada línea representa la extensión estimada de un sismo histórico en Chile.
- A lo largo de todo el país existe la presencia de grandes sismos.
- No todos los sismos generan tsunamis.
- Algunos de los sismos más grandes, tienen asociados tsunamis.



Por lo general, los sismos que generan tsunamis son los más grandes y los que ocurren más cerca del fondo oceánico.

Laguna sísmica

- Laguna o *gap* sísmico, hace referencia a una ausencia de grandes terremotos en un periodo largo de tiempo.
- Equivalente a decir un déficit de energía por liberar o de sismos por ocurrir.
- Ejemplo: El norte grande tiene falta de gran sismicidad desde el año 1877 (M~8.8), salvo por el sismo del 2014 (Mw 8.1).

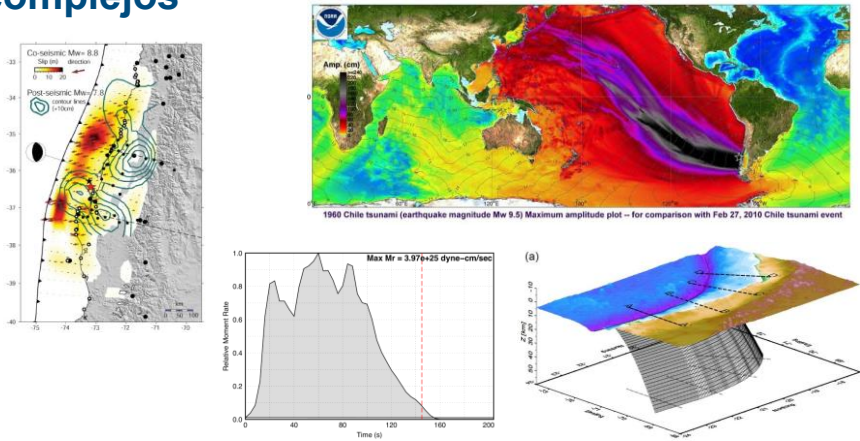
- Las zonas de *gap* entonces definen zonas de interés para estudiar.



En la figura de arriba se aprecia, en rojo, las zonas donde no ha habido terremotos por un largo periodo y que son de interés de estudio.



Ahora bien... los terremotos son fenómenos complejos



Los terremotos y los tsunamis son fenómenos complejos, cuyo estudio implica muchas posibilidades de abordaje.



Entonces... ¿cómo estudiamos los tsunamis?

Nos apoyamos de varios factores como lo son:

- Historia sísmica de la región
- Factores como el acoplamiento sísmico
- Leyes de escala naturales

Tamaño y ubicación del peor sismo

- Modelamiento numérico

A partir del tamaño y ubicación del peor sismo ocurrido de la zona, se realiza modelamientos numéricos

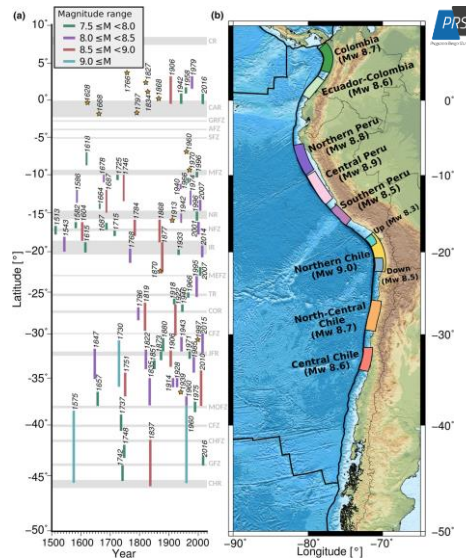


El Estudio

Se investigaron 10 escenarios de interés en Sudamérica. Es decir, zonas donde se espera que haya grandes terremotos porque en el pasado los hubo, pero no han vuelto a ocurrir, hace mucho tiempo.

Zonas de interés

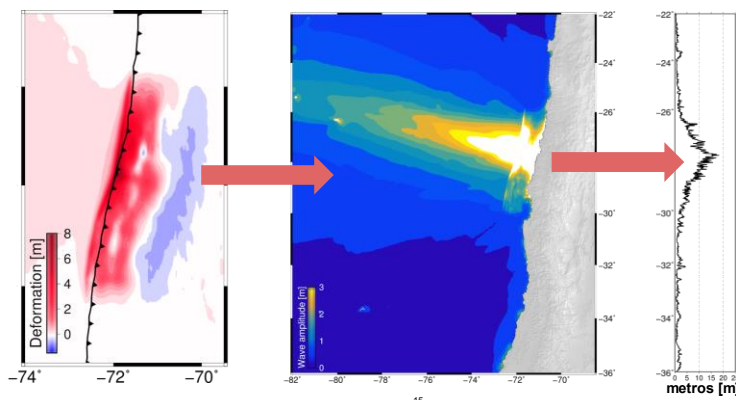
- Para este estudio definimos 10 escenarios de interés.
- En particular en Chile evaluamos:
 - Chile Central
 - Norte Chico
 - Norte Grande



Las zonas estudiadas, donde se han producido grandes sismos, están ubicadas en Colombia, Ecuador-Colombia, Norte, Centro y Sur de Perú, Norte Grande, Norte Chico y Centro de Chile.

Escenarios y simulaciones

Para cada escenario se generan 200 simulaciones y se extraen **el**



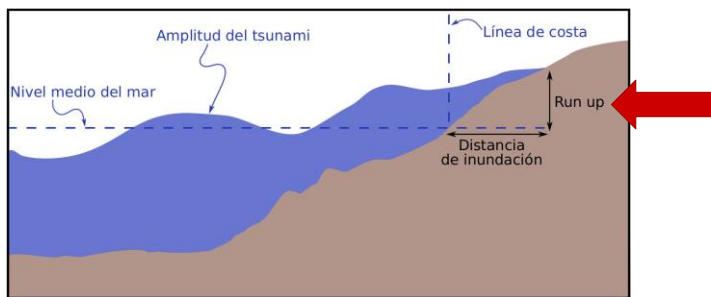


Con una metodología desarrollada por los expertos chilenos, validada y utilizada en otros países, como Canadá y México, se estudió cuál era la magnitud máxima que podía alcanzar el terremoto en cada zona. A partir de eso, se simuló cuál era el tsunami máximo esperable en cada lugar. Para cubrir la mayor variabilidad posible, se calcularon 200 escenarios probables para cada gap (200 simulaciones).



¿Qué es lo que buscamos obtener? Factor de interés: Run up

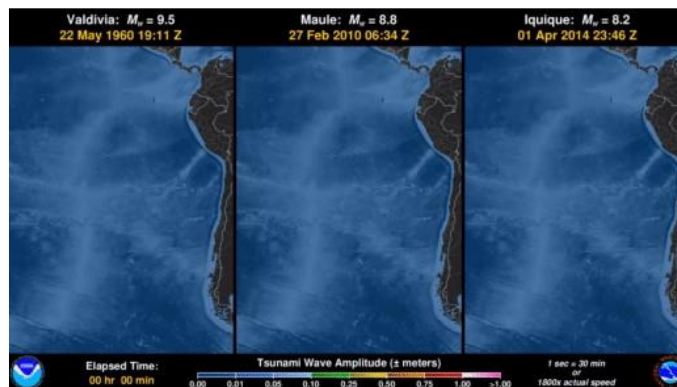
Run up: Altura vertical máxima en tierra sobre el nivel del mar.



Lo que se buscaba obtener es el Run Up o la altura vertical máxima de inundación en la costa. Una información relevante para la planificación y gestión del riesgo.



Escenarios y simulaciones



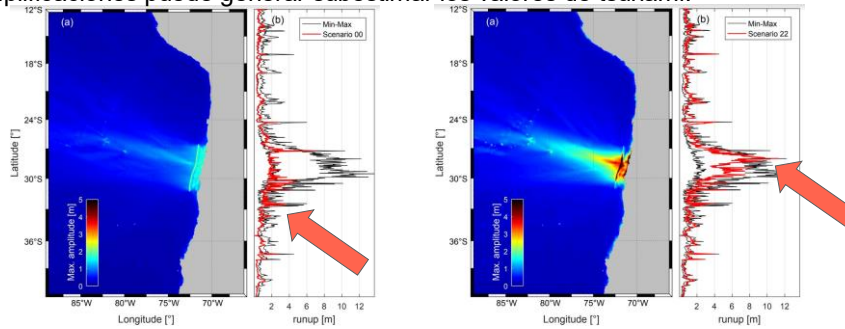
14

A través de los modelamientos numéricos, se simula la propagación del tsunami en el mar. Esto permite extraer los valores de inundación en la costa.

¿Qué diferencia este estudio de otros?

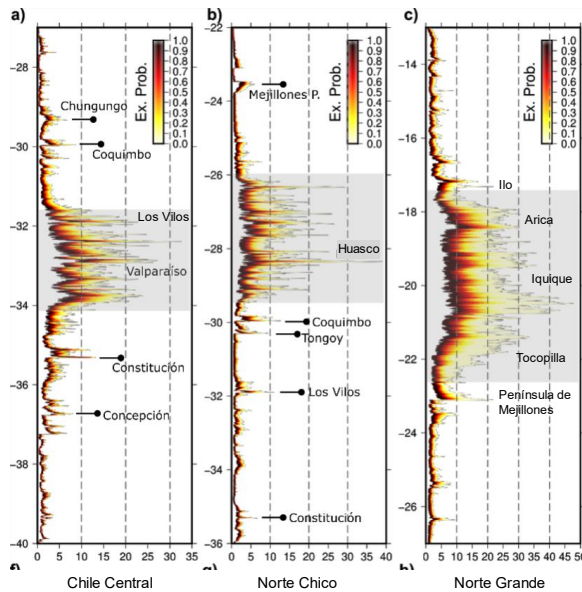
Utilizar fuentes sísmicas realistas no uniformes.

Como se mencionó, los tsunamis son fenómenos complejos y este tipo de simplificaciones puede generar subestimar los valores de tsunami.



El estudio buscó superar simplificaciones que pueden llevar a subestimar los valores de los tsunamis.

Resultados Obtenidos



Resultados obtenidos

- Un color más intenso indica mayor probabilidad de tener esa altura de inundación vertical.
- Algunas localidades costeras muestran grandes valores de inundación
- En casos muy extremos se superan los 30 metros.

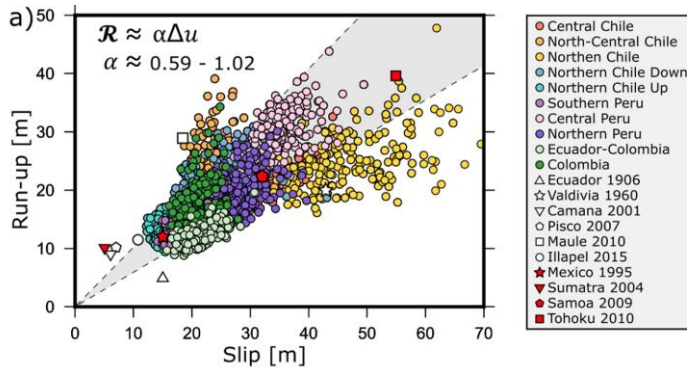
En la imagen que está arriba se muestran tres ejemplos: Chile Central, Norte Grande y Norte Chico. Estas figuras contienen las 200 simulaciones realizadas.



En algunos casos, como Valparaíso y Los Vilos, se obtuvieron valores que superan los 30 metros de inundación. En el Norte Chico, cerca de Huasco, también se obtuvieron valores superiores. En el Norte Grande, donde se utilizó un terremoto de Magnitud 9, se dieron valores superiores a los 30 metros. En la imagen, los colores más oscuros corresponden a los casos más probables.



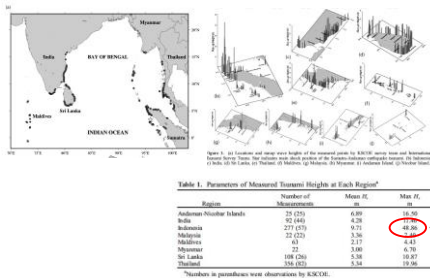
¿Qué tan realista son estos resultados? Ley de Plafker



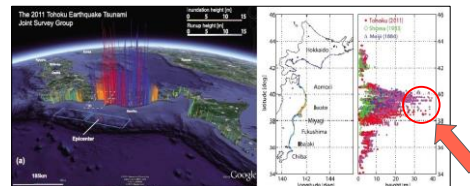
Los resultados con mayores valores obtenidos se compararon con casos históricos. Se demuestra que estos resultados son físicamente posibles.

En los casos más extremos obtenidos se obtienen resultados que sobrepasan los 30 metros de altura vertical.

Casos extremos: Sumatra 2004

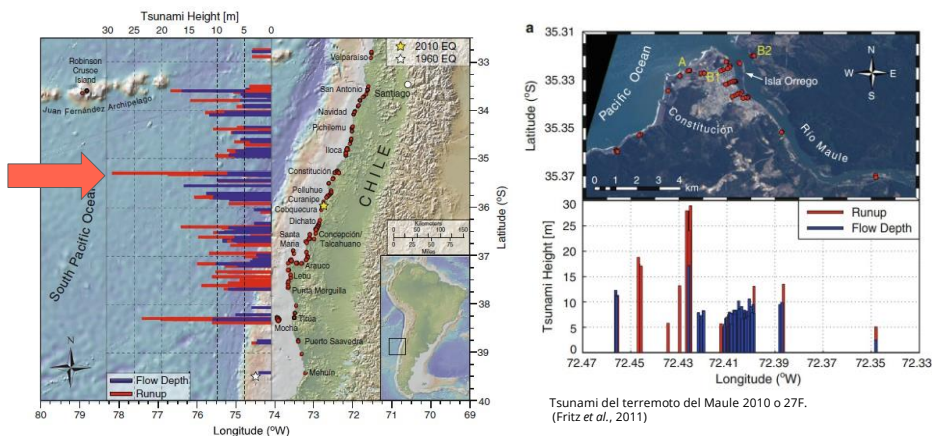


Casos extremos: Tohoku 2011



Casos en los que se han registrado valores más allá de los 30 metros de inundación vertical

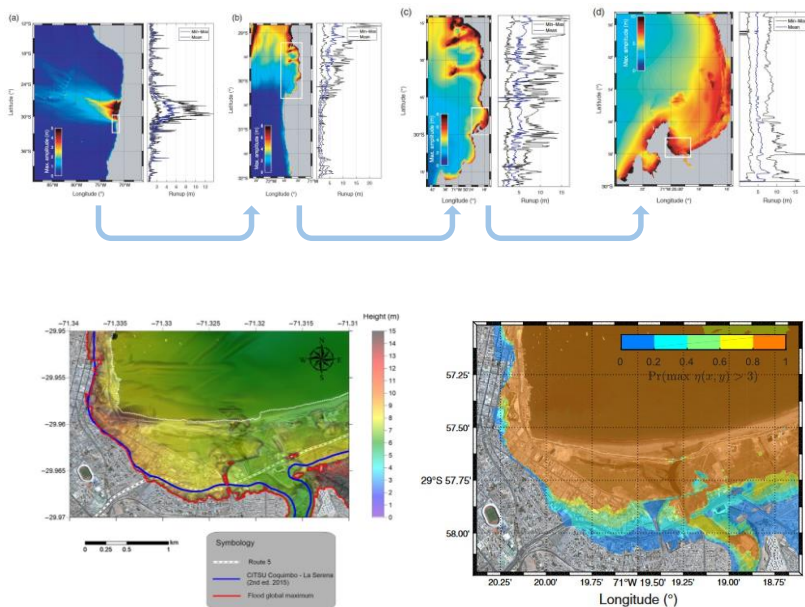
Casos extremos: Maule 2010



El terremoto Maule 2010 no alcanzó a llegar a los 30 metros pero estuvo muy cerca, en la zona de Constitución e Isla Mocha.

Volviendo al tema de la batimetría... ¿Se puede mejorar?

Ejemplo de Coquimbo con batimetría de alta resolución



Estos estudios pueden profundizarse, realizándose análisis mucho más específicos en cada zona. Por ejemplo, como lo que se observa en las imágenes de más arriba en las que se presenta una aplicación al caso de Coquimbo.



V. SÍNTESIS TRABAJO DE GRUPOS

Luego de la presentación del estudio, se realizó una conversación entre las y los participantes, quienes fueron distribuidos en cinco grupos de trabajo. El diálogo se orientó en torno a las siguientes preguntas: ¿qué reflexión les provoca este estudio? y ¿qué es lo que está faltando en la gestión de riesgos de su comuna?

Las opiniones compartidas se ordenan a continuación, a través de cinco grandes temáticas:

1. Necesidad de estudios acotados a regiones o zonas específicas

Tanto las autoridades comunales como los funcionarios recalcaron que es relevante atender a las particularidades de los territorios. En ese sentido, se señaló la necesidad de contar con estudios que aborden más específicamente las regiones, que permitan obtener batimetrías finas de cada zona costera, para profundizar en ese conocimiento que permite tomar decisiones y elaborar planes locales.

Se desprendió de este mismo tema, la importancia que las y los participantes le otorgaron a la vinculación entre las instituciones locales y la academia.

2. Conocimiento y medidas concretas

En la conversación de los grupos se repitió la necesidad de contar con este tipo de estudio, como el presentado en el seminario, acompañado de medidas concretas que sean de utilidad para las comunidades. Se indicó que solían faltar recursos y/o voluntades para revisar los mapas de inundación, las vías de evacuación y las señaléticas. Se insistió que en localidades pequeñas no había fondos, incluso, para señaléticas de tsunami.

3. Importancia de la sociedad civil

Todas y todos los participantes destacaron el “antes y el después” que se ha vivido en Chile después del terremoto de 2010. En este tiempo, se dijo, se han desarrollado procesos de aprendizaje importantes en la sociedad civil.



4. Inquietudes respecto de la gestión del riesgo de desastre

En la conversación de los grupos aparecieron diversos temas que inquietan en materia de gestión del riesgo de desastres. Uno de ellos es la poca claridad respecto de la normalización de señaléticas ya que no son las mismas en todos los territorios. Otro aspecto que debe mejorarse es una mejor coordinación entre las instituciones (como SENAPRED) y la sociedad civil. Así también se habló de poner atención en las acciones de preparación dentro del proceso de gestión del riesgo de desastre.

Un punto especial en esta conversación fue el tema de la población flotante que existe en los territorios y que suele ser más vulnerable a los desastres. También se abordaron temas como el almacenamiento de contenedores, asociados a la actividad portuaria, que “son una bomba de tiempo, en términos de la amenaza”.

5. Capacitación en distintos niveles

Una de las conclusiones de todos los grupos de conversación es la necesidad de impulsar programas de capacitación dirigidos tanto a las y los funcionarios de entidades públicas en el territorio, como a las y los ciudadanos. Se señaló la importancia de contar con “cuadros técnicos actualizados en las municipalidades”.

Lo anterior en el marco de una articulación permanente y más fuerte entre las autoridades locales, la academia y las comunidades.

Una aspiración expresada por las y los participantes es que la información, de todo tipo incluida la que proviene de la academia, pueda llegar a nivel regional, municipal y, al mismo tiempo, a las comunidades.