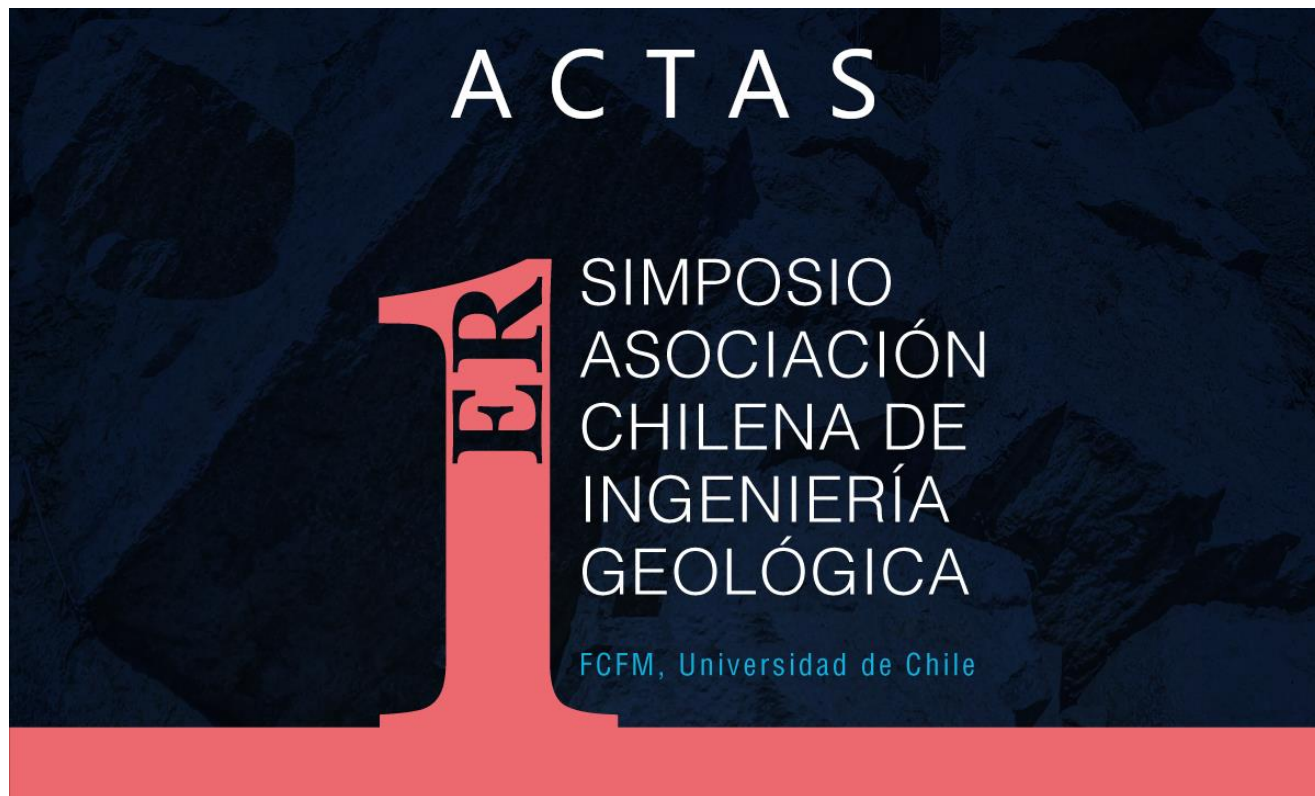




Asociación Chilena de
Ingeniería Geológica



1 y 2 de septiembre de 2022,

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas,

Universidad de Chile

Comité Organizador (Directorio ACHIGEO):

Presidenta: Natalia Garrido

Vicepresidente: Sergio Sepúlveda

Secretaria: Sofía Rebolledo

Tesorero: Rodrigo Rauld

Comunicaciones: Ivo Fustos

Comité Científico-Editorial

Sergio Sepúlveda (Editor)

Constanza Jorquera

Marcela Völlmer

Ricardo Vergara

Sebastián Moya



Asociación Chilena de
Ingeniería Geológica

PROGRAMA - JUEVES 1 MAÑANA

8:30-9:15	Acreditación e Inauguración	
9:15-10:00	Peligros Geológicos y Teledetección 1	
9:15-9:50	CÁLCULO DE PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE MEDIANTE MÉTODO PROBABILISTA ZONIFICADO	Catalina A. Cabello, Carolina A. Peña-Raddatz, Alicia M. Rivas y María B. Benito
	CARACTERIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE ASOCIADA A LAS FALLAS ACTIVAS	Carolina A. Peña-Raddatz, Catalina A. Cabello, María Belén Benito y Alicia Rivas-Medina
	ANÁLISIS DEL RIESGO SÍSMICO EN LAS COMUNAS DE ANTOFAGASTA, TALTAL Y MEJILLONES, EN TORNO A UN ESCENARIO SÍSMICO CORTICAL	Tomás Sepúlveda, Edilia Jaque, Diego Arias, Natalia Sepúlveda, Catalina Cabello y Carolina Peña
9:50-10:00	Ronda de preguntas	
10:00-11:00	Geología Aplicada a la Ingeniería y Geotecnia 1	
10:00-10:50	RECONSTRUCCIÓN DE LA AVALANCHA DE NIEVE DE COLL DE PAL Y DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA DE T100 MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA	Carlos A. Andrade
	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) DE DATA GEOTÉCNICA DE SONDAJES	Katherine Toro y Marisol Filgueira
	APORTE DE LA INGENIERÍA GEOLÓGICA AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES: EJEMPLO EN ZONA DE GEOLOGÍA COMPLEJA	Sofía Rebolledo
	RELEVANCIA DE LA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN PROYECTOS VIALES DE MONTAÑA	Agustín Balbis y Juan Pablo Cerutti
10:50-11:00	Ronda de preguntas	
11:00-11:30	Café	
11:30-12:30	Geología Aplicada a la Ingeniería y Geotecnia 2	
11:30-12:20	CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE ENSAYOS GEOTECNICOS Y NCH 3394: SUELO SALINO – REQUISITOS DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRA, EN CARMEN ALTO, III REGIÓN	Diego M. Cáceres, Alejandra J. Muñoz
	RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE LA MATRIZ DE SUELO DE UNA MUESTRA DE MAICILLO Y LA DE SUS CORRESPONDIENTES ESTRUCTURAS HEREDADAS	Susana Bustos Gallego, Robert King St Onge, Pablo Lapeña Mañero y José Miguel Montenegro Cooper
	ESTABILIDAD GLOBAL DE UN TALUD EN MAICILLO A PARTIR DE LA MONITORIZACIÓN IN SITU DEL NIVEL FREÁTICO	Fabiola Silva Montoya, José Miguel Montenegro Cooper, Robert King St Onge y Pablo Lapeña Mañero
	DEFINICIÓN DEL LÍMITE SUELO – ROCA EN AMBIENTES METEORIZADOS	Katherine Toro y Marisol Filgueira
12:20-12:30	Ronda de preguntas	
12:30-13:30	Charla Magistral: Suelos singulares Chilenos: caracterización y soluciones	Ramón Verdugo



PROGRAMA - JUEVES 1 TARDE

13:30-15:00	Almuerzo	
15:00-17:15	Peligros Geológicos y Teledetección 2	
15:00-15:50	ANÁLISIS DE RIESGO VOLCÁNICO PARA LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE	Aníbal A. Hidalgo, César E. Arias y Robert W. King
	ERUPCIONES EXPLOSIVAS RECURRENTES Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE REMOCIONES EN MASA COSÍSMICAS EN LOS ANDES DEL SUR (39° S)	Daniel Vásquez-Antipán, Ivo Fustos-Toribio, José Riffo, Álvaro Bravo, Ana Cortez-Díaz, Rodrigo Osses y Daniel Basualto
	EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y PELIGRO POR COLAPSO LATERAL Y AVALANCHA DE DETRITOS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN PARINACOTA (CHILE)	Camila A. Muñoz, Laura Becerril, Lizette J. Bertin, Matteo Roverato y Alejandra J. Serey
	ESTABILIDAD MECÁNICA DE GLACIARES: FUNDAMENTOS PARA SU EVALUACIÓN	Cedomir Marangunic y Felipe Ugalde
15:50-16:00	Ronda de preguntas	
16:00-17:00	DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA DE NIEVE EN CUATRO VOLCANES DE CHILE MEDIANTE BIGDATA Y MACHINE LEARNING	Paula Olea-Encina, Hugo Neira, Laura Bono, Tania Ocampo, Paula Gárate y Silvia Arce
	IDENTIFICACIÓN DE SECTORES POTENCIALES PARA LA EXPLORACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO COPAHUE-CAVIAHUE, NEUQUÉN, ARGENTINA-CHILE	Matías G. Valdivia, Francisco I. Letelier y Robert S. King
	MAPPING TSUNAMI SEDIMENTS THROUGH HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY: THE 2010 CHILEAN TSUNAMI	Bladimir E. Saldaña-Valdés, Marco A. Cisternas, Roberto O. Chávez, Diego A. Molina-Ormazábal y Mario A. Guerra
	USO DEL ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA) PARA DETECTAR SEÑALES TRANSIENTES EN SERIES DE TIEMPO cGPS, APLICACIÓN EN VOLCÁN LÁSCAR	Gustavo Pérez, Francisco Ortega y M. Loreto Córdova
	MAPEO ESPACIAL DEL PARÁMETRO B PARA EL VOLCÁN VILLARRICA	Jonathan Lazo-Gil e Ivo Fustos-Toribio
17:00-17:15	Ronda de preguntas	



PROGRAMA – VIERNES 2 MAÑANA

8:30-8:45	Acreditación	
8:45-10:30	Remociones en Masa 1	
8:45-9:35	ALUVIONES EN EL RÍO LAS MINAS DE PUNTA ARENAS: DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA OCUPACIÓN DEL TERRITORIO HASTA EL MONITOREO DE LA AMENAZA	Antonio Muñoz, Luna Pérez, Victor Gálvez, Bruno Sánchez y Enrique Opazo
	REMOCIONES EN MASA EN EL GRAN CONCEPCIÓN: IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE LADERA PARA UNA ESCALA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	Natalia Sepúlveda Díaz, Abisag Ortega, Francisco Castro, Tomás Sepúlveda, Ricardo Velásquez
	SUSCEPTIBILIDAD DE REMOCIONES EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ	Javier Fernández H. y Leonardo D. Espinoza C.
	EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIONES EN ÁREAS URBANAS: ESTUDIO DE CASOS EN VIÑA DEL MAR, CASABLANCA Y COYHAIQUE	Eleonora Muñoz Morales
9:35-9:45	Ronda de preguntas	
9:45-10:20	EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE ALUVIONES MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES APLICADAS A LA CUENCA DEL ESTERO SAN ALFONSO, SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE	Vicente E. Rojas
	FLUJO DE DETRITOS EN LA CIUDAD DE TOCOPILLA, EFECTO DE MITIGACIÓN DE LOS ESTANQUES DE DECANTACIÓN ALUVIONAL	Lukas Denis-Lay y Mario E. Pereira
	HACIA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE REMOCIONES GENERADAS POR LLUVIA EN LOS ANDES DEL SUR	Ivo J. Fustos-Toribio, Daniel Vasquez, Nataly Manque, Gonzalo Maragaño, Pierre-Yves Descote y Luis Felipe Robledo
10:20-10:30	Ronda de preguntas	
10:30-11:00	Café	
11:00-12:30	Remociones en Masa 2	
11:00-11:35	REMOCIÓN EN MASA RUTA 7 (BAHÍA MURTA, OCTUBRE 2021) Y SU RELACIÓN CON DESENCADENANTES HIDROMETEOROLÓGICOS DE TIPO RÍO ATMOSFÉRICO	Eleonora Muñoz Morales y Bernardo de Jesús Guajardo Avendaño
	REMOCIONES EN MASA TIPO FLUJO OCURRIDAS ENTRE EL 29 Y 31 DE ENERO DE 2021 EN LA COMUNA DE SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE	A. Muñoz, M. Marín, J. Fernández, N. Sepúlveda, V. Farías, L. Espinoza, A. Alfaro
	INFLUENCIA DE LA DESGLACIACIÓN EN GRANDES DESLIZAMIENTOS DE ROCA EN LOS ANDES DE CHILE CENTRAL Y PATAGONIA	Sergio Sepúlveda, Felipe Ochoa, Marisol Lara, Shantal Palma, Christian Tobar, Karla Burgos
11:35-11:45	Ronda de preguntas	
11:45-12:20	DESLIZAMIENTOS EN BLOQUES CON CONTROL ESTRUCTURAL EN EL CERRO LA CRUZ, COMUNA DE LEBU, BIOBÍO	Natalia Sepúlveda Díaz, Tomás Sepúlveda, Luis Astudillo
	REMOCIONES EN MASA EN LAS LADERAS DEL LAGO CALAFQUÉN, COMUNA DE PANGUIPULLI Y SU IMPACTO EN LAS RUTAS DE EVACUACIÓN DEL VN. VILLARRICA	Felipe Carrasco y Paola Ramírez
	CATASTRO DE REMOCIONES EN MASA EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO, REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA	Enrique Opazo Castro, Francisco Báez y Alejandro Alfaro
12:20-12:30	Ronda de preguntas	
12:30-13:30	Charla Magistral: Aportes desde la ingeniería a la reducción del riesgo de desastres en Chile	Natalia Silva



PROGRAMA – VIERNES 2 TARDE

13:30-15:00	Almuerzo	
15:00-16:15	Gestión de Riesgos de Desastres y Ordenamiento Territorial	
15:00-16:00	EL ROL DE LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN CHILE	María Belén Araneda, Cristina Bonilla, María José Mejías, Pía de Los Ángeles Navarrete, Paula Olea-Encina
	LOTEOS MASIVOS Y PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SUR DE CHILE, ESCASEZ DE UN ORDENAMIENTO TERRITORIAL ADECUADO	Paola Ramírez, Cristina Brantt y Felipe Carrasco
	APOYO TÉCNICO DE SERNAGEOMIN EN EMERGENCIAS POR REMOCIONES EN MASA	Mónica Marín y Antonio Muñoz Muñoz
	MESA DE TRABAJO EN REMOCIONES EN MASA EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS: COLABORACIÓN MULTISECTORIAL PARA LA ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO	Alejandra Serey, Tania Villaseñor, Josefina López, Lucas Ruminot, Rafael Gutiérrez, Sebastián Flores, Francisco Rojas
	SANTA CRUZ DE LA SIERRA –BOLIVIA: UN CASO DE ESTUDIO EN EL ANTROPOCENO	Faisal Sadud
16:00-16:15	Ronda de preguntas	
16:15-17:30	Mesa Redonda y Cierre del Simposio	

Índice Actas

CÁLCULO DE PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE MEDIANTE MÉTODO PROBABILISTA ZONIFICADO	1
CARACTERIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE ASOCIADA A LAS FALLAS ACTIVAS.....	2
ANÁLISIS DEL RIESGO SÍSMICO EN LAS COMUNAS DE ANTOFAGASTA, TALTAL Y MEJILLONES, EN TORNO A UN ESCENARIO SÍSMICO CORTICAL.....	3
RECONSTRUCCIÓN DE LA AVALANCHA DE NIEVE DE COLL DE PAL Y DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA DE T100 MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA	4
ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) DE DATA GEOTÉCNICA DE SONDAJES .	5
APORTE DE LA INGENIERÍA GEOLÓGICA AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES: EJEMPLO EN ZONA DE GEOLOGÍA COMPLEJA	6
RELEVANCIA DE LA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN PROYECTOS VIALES DE MONTAÑA.....	7
CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE ENSAYOS GEOTECNICOS Y NCH 3394: SUELO SALINO – REQUISITOS DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRA, EN CARMEN ALTO, III REGIÓN.	8
RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE LA MATRIZ DE SUELO DE UNA MUESTRA DE MAICILLO Y LA DE SUS CORRESPONDIENTES ESTRUCTURAS HEREDADAS.....	9
ESTABILIDAD GLOBAL DE UN TALUD EN MAICILLO A PARTIR DE LA MONITORIZACIÓN IN SITU DEL NIVEL FREÁTICO	10
DEFINICIÓN DEL LÍMITE SUELO – ROCA EN AMBIENTES METEORIZADOS.....	11
ANÁLISIS DE RIESGO VOLCÁNICO PARA LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE.	12
ERUPCIONES EXPLOSIVAS RECURRENTES Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE REMOCIONES EN MASA COSÍMICAS EN LOS ANDES DEL SUR (39° S).....	13
EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y PELIGRO POR COLAPSO LATERAL Y AVALANCHA DE DETRITOS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN PARINACOTA (CHILE).....	14



ESTABILIDAD MECÁNICA DE GLACIARES: FUNDAMENTOS PARA SU EVALUACIÓN	15
DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA DE NIEVE SUPERFICIAL EN CUATRO VOLCANES DE CHILE MEDIANTE BIGDATA Y MACHINE LEARNING.....	16
IDENTIFICACIÓN DE SECTORES POTENCIALES PARA LA EXPLORACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO COPAHUE-CAVIAHUE, NEUQUÉN, ARGENTINA-CHILE.....	17
MAPPING TSUNAMI SEDIMENTS THROUGH HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGERY: THE 2010 CHILEAN TSUNAMI.....	18
USO DEL ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA) PARA DETECTAR SEÑALES TRANSIENTES EN SERIES DE TIEMPO cGPS, APLICACIÓN EN VOLCÁN LÁSCAR	19
MAPEO ESPACIAL DEL PARÁMETRO B PARA EL VOLCÁN VILLARRICA	20
ALUVIONES EN EL RÍO LAS MINAS DE PUNTA ARENAS: DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA OCUPACIÓN DEL TERRITORIO HASTA EL MONITOREO DE LA AMENAZA.....	21
REMOCIONES EN MASA EN EL GRAN CONCEPCIÓN: IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE LADERA PARA UNA ESCALA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	22
SUSCEPTIBILIDAD DE REMOCIONES EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ.....	23
EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIONES EN ÁREAS URBANAS: ESTUDIO DE CASOS EN VIÑA DEL MAR, CASABLANCA Y COYHAIQUE.	24
EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE ALUVIONES MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES APLICADAS A LA CUENCA DEL ESTERO SAN ALFONSO, SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE.....	25
FLUJO DE DETRITOS EN LA CIUDAD DE TOCOPILLA, EFECTO DE MITIGACIÓN DE LOS ESTANQUES DE DECANTACIÓN ALUVIONAL.....	26
HACIA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE REMOCIONES GENERADAS POR LLUVIA EN LOS ANDES DEL SUR.....	27
REMOCIÓN EN MASA RUTA 7 (BAHÍA MURTA, OCTUBRE 2021) Y SU RELACIÓN CON DESENCADENANTES HIDROMETEOROLÓGICOS DE TIPO RÍO ATMOSFÉRICO	28
REMOCIONES EN MASA TIPO FLUJO OCURRIDAS ENTRE EL 29 Y 31 DE ENERO DE 2021 EN LA COMUNA DE SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE	29
INFLUENCIA DE LA DESGLACIACIÓN EN GRANDES DESLIZAMIENTOS DE ROCA EN LOS ANDES DE CHILE CENTRAL Y PATAGONIA.....	30



Asociación Chilena de
Ingeniería Geológica

DESLIZAMIENTOS EN BLOQUES CON CONTROL ESTRUCTURAL EN EL CERRO LA CRUZ, COMUNA DE LEBU, BIOBÍO	31
REMOCIONES EN MASA EN LAS LADERAS DEL LAGO CALAFQUÉN, COMUNA DE PANGUIPULLI Y SU IMPACTO EN LAS RUTAS DE EVACUACIÓN DEL VN. VILLARRICA.....	32
CATASTRO DE REMOCIONES EN MASA EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO, REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA	33
EL ROL DE LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN CHILE.....	34
LOTEOS MASIVOS Y PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SUR DE CHILE, ESCASEZ DE UN ORDENAMIENTO TERRITORIAL ADECUADO	35
APOYO TÉCNICO DE SERNAGEOMIN EN EMERGENCIAS POR REMOCIONES EN MASA	36
MESA DE TRABAJO EN REMOCIONES EN MASA EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS: COLABORACIÓN MULTISECTORIAL PARA LA ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO	37
SANTA CRUZ DE LA SIERRA –BOLIVIA: UN CASO DE ESTUDIO EN EL ANTROPOCENO	38

CÁLCULO DE PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE MEDIANTE MÉTODO PROBABILISTA ZONIFICADO

Catalina A. Cabello^(1,2), Carolina A. Peña-Raddatz^(2,3), Alicia M. Rivas⁽⁴⁾ y María B. Benito⁽⁴⁾

(1) *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Correo: catacabello@udec.cl*

(2) *Millennium Nucleus The Seismic Cycle along Subduction Zones (CYCLO), Chile.*

(3) *Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral, Valdivia, Chile.*

(4) *Escuela Superior de Ingenieros, Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España*

Si se analiza el número de sismos de magnitud mayor o igual a $M_w 8.0$ que se han producido en Chile desde 1906 hasta la fecha, se pueden reconocer 11 terremotos de subducción. Esto es equivalente a un sismo mayoro igual a dicha magnitud cada ~ 10 años en promedio, convirtiendo al país en uno de los más sísmicos del planeta.

Lo anterior se traduce en amplios estudios sobre la peligrosidad asociada a la subducción. Se han determinado numerosas segmentaciones sísmicas y se ha aplicado el cálculo probabilista zonificado para determinar la peligrosidad sísmica, pero todo esto considerando únicamente los terremotos de subducción. Por el contrario, los sismos corticales no han tenido el mismo protagonismo, y aún menos han tenido un estudio como se merecen en el país. Si bien estos sismos son de magnitudes menores y mucho más escasos los largos periodos de recurrencia en fallas corticales, pueden ser una gran amenaza debido a su cercanía a sitios poblados y a las altas intensidades locales que resultan de su escasa profundidad. Es por lo anterior que es importante considerarlos, ya que han ocurrido aproximadamente 10 eventos corticales de magnitudes superiores a $M_w 6.0$ en el último siglo en el país.

En el presente trabajo se cuantifican los aportes de la sismicidad cortical y la sismicidad asociada a la subducción a la peligrosidad sísmica mediante el método probabilista zonificado, tanto por separado como combinados, utilizando la metodología de árbol lógico con distintas ramas ponderadas con el fin de tener en consideración distintas variables, tales como opciones de depuración, las geometrías del slab y distintos modelos de atenuación definidos, ya sea en Chile o en el extranjero. El desarrollo de lo anterior se lleva a cabo mediante el software R-CRISIS.

Como resultado se presenta una propuesta de zonas sismogénicas para Chile, considerando desde el Sur de Perú hasta la zona de subducción de la Dorsal Chile, para cada uno de los regímenes tectónicos (Interfase, Intraplaca y Cortical), que deriva en mapas del movimiento esperado por sismo futuros en términos de Máxima Aceleración del Suelo (PGA) y otras ordenadas espectrales (0.1s y 1.0s) para periodos de retorno de 475, 975 y 2475 años considerando un suelo tipo roca, sin incluir el efecto de sitio. A destacar es que este es el primer trabajo que incluye los sismos corticales en el cálculo probabilista zonificado a nivel nacional con el fin de cuantificar su influencia.

El presente trabajo permite definir líneas de investigación futura en torno a escenarios sísmicos del país en las zonas donde se presentan mayores aceleraciones.

CARACTERIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA EN CHILE ASOCIADA A LAS FALLAS ACTIVAS

Carolina A. Peña-Raddatz^(1,2), Catalina A. Cabello^(2,3), María Belén Benito⁽⁴⁾ y Alicia Rivas-Medina^(2,4)

(1) Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Austral de Chile, Edificio Emilio Pugín, Av. Eduardo Morales Miranda, Valdivia, Chile. E-mail: carolina.penaraddatz@uach.cl.

(2) Millennium Nucleus The Seismic Cycle along Subduction Zones (CYCLO), Universidad Austral de Chile, Edificio Emilio Pugín, Valdivia, Chile.

(3) Departamento Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Barrio Universitario s/n, Concepción, Chile.

(3) Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, Calle Mercator 2, Madrid, España.

Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, donde grandes terremotos de subducción han ocasionado tanto pérdidas económicas como humanas a lo largo de los años. Debido al régimen convergente que se extiende a lo largo del país, la peligrosidad sísmica ha sido estudiada previamente como una amenaza fuertemente vinculada a la subducción. Por su parte, los sismos corticales se caracterizan por presentar recurrencias comúnmente de miles de años (menor frecuencia), bajas profundidades y magnitudes que no superan Mw7.5. Estos sismos producen aceleraciones, que si bien pueden ser notables, se atenúan rápidamente al aumentar la distancia. Por esta razón comúnmente no se les considera en los estudios de peligrosidad sísmica. No obstante, terremotos como el de Pichilemu del 2010 (Mw6.9; 7.0) o el terremoto de Aysén en el año 2007 (Mw6.2), que dejó 9 víctimas fatales, evidencian la capacidad sismogénica de las fallas activas, la subestimación que se tiene acerca de la real amenaza que representan éstas para el país y la peligrosidad a la cual se encuentra expuesta la población, limitando las medidas de reducción del riesgo sísmico asociado. Los sismos anteriormente citados son un llamado de atención de la amenaza aún desconocida de los sismos corticales. Hasta el momento son pocos los estudios dedicados al peligro sísmico que incluyen las fallas activas, siendo en su gran mayoría planteados a nivel local o con enfoque determinista. Afortunadamente, en los últimos años se han llevado a cabo diversos trabajos para identificarla ubicación y características de las fallas en Chile los cuales sientan las bases para el desarrollo de estudios de peligrosidad sísmica asociada a fallas activas. Este trabajo busca caracterizar y estimar la peligrosidad sísmica asociada a las principales fallas activas de Chile, como lo son las fallas Pisagua, Mejillones, San Ramón, Pichilemu y los sistemas de falla Liquiñe-Ofqui y Magallanes-Fagnano, entre otras. Gracias a la información disponible, se entrega un panorama preliminar de la amenaza sísmica considerando como fuente únicamente fallas activas, utilizando una metodología tanto probabilista como determinista. Como resultados concretos se entregan mapas de movimiento sísmico esperado para 4 grandes zonas del país: norte, centro, sur y austral, cuyos valores de Máxima Aceleración del Suelo (PGA) son obtenidas mediante el programa R-CRISIS utilizando un método probabilista y considerando un periodo de retorno de 475 años. Se obtienen además, mapas del Coeficiente de Variación (COV) para cada una de dichas zonas. Finalmente, por medio de una metodología determinista y considerando el peor escenario posible, se estima el movimiento esperado para en 5 localidades del país: Iquique, Antofagasta, Santiago, Puerto Aysén y Punta Arenas, en términos de PGA y de la ordenada espectral de 1.0s.

ANÁLISIS DEL RIESGO SÍSMICO EN LAS COMUNAS DE ANTOFAGASTA, TALTAL Y MEJILLONES, EN TORNO A UN ESCENARIO SÍSMICO CORTICAL

Tomás Sepúlveda^(1,2), Edilia Jaque⁽²⁾, Diego Arias⁽²⁾, Natalia Sepúlveda⁽⁴⁾, Catalina Cabello⁽³⁾ y Carolina Peña⁽³⁾

(1) *Municipalidad de Lebu, Lebu, Chile, tomassepul@gmail.com*

(2) *Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Concepción, Concepción, Chile*

(3) *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción, Concepción, Chile*

(4) *Servicio Nacional de Geología y Minería, Oficina regional del Biobío, San Martín 1295, Concepción, Chile*

Las fallas corticales son una de las fuentes sismogénicas que menos se consideran para estudios de peligrosismo, dado que la recurrencia de terremotos de fallas corticales es mucho mayor que los terremotos de subducción. Estas son capaces de generar terremotos de magnitudes < 7.5 y generalmente presentan recurrencias con un rango de 1000 a 10000 años. En la provincia de Antofagasta, dos de las fallas corticales mayormente estudiadas corresponden a la Falla de Mejillones y la falla Salar del Carmen. Considerando el riesgo sísmico como la convolución entre la amenaza o peligrosidad sísmica, la exposición y la vulnerabilidad, se realiza un análisis del riesgo sísmico en la provincia de Antofagasta, específicamente en las comunas de Antofagasta, Taltal y Mejillones en torno a un escenario sísmico cortical.

La peligrosidad sísmica, se evalúa considerando aceleraciones PGA, para dos casos de modelación. En el primer caso, se consideran aceleraciones esperadas a un evento sísmico probable generado por las fallas de Mejillones y Salar del Carmen, las que se determinan según un método determinista, que estima el movimiento esperado, según un escenario sísmico concreto. En el segundo caso se consideran aceleraciones máximas esperadas para los próximos 50 años, con una probabilidad de excedencia del 10%, en este caso, los resultados son obtenidos a partir de una estimación probabilista de la peligrosidad sísmica considerando todas las fuentes potenciales, subducción y cortical. Con el fin de considerar el efecto de suelo y estimar aceleraciones más realistas en los dos casos se aproxima el valor de V_{s30} para la zona de estudio, en base a la geología y las pendientes locales; con la que se ajustan las aceleraciones. Para cuantificar la exposición, se utilizan los datos del Censo 2017, que incluye información por manzanas censales, para viviendas particulares, por cantidad de moradores presentes, según rangos de edad, y total de hombres y mujeres. Por otro lado, para evaluar la vulnerabilidad, se realiza una caracterización de las estructuras o edificaciones de la zona, considerando datos censales, y se relacionan con curvas de vulnerabilidad o fragilidad definidas en la zona. Dichas Curvas, utilizan intensidades de Mercalli, por lo que, para relacionar las edificaciones con las curvas de fragilidad, se realiza una conversión aceleraciones PGA-Intensidad Mercalli.

Los resultados obtenidos permiten obtener una visión completa del panorama del riesgo asociado a una fuente cortical donde para la peligrosidad, las comunas mayormente afectadas serían las de Mejillones y Antofagasta, en su zona Este. En cuanto a la exposición y vulnerabilidad, se diferencian algunas zonas de la comuna de Taltal, que presentaría altas vulnerabilidades dado sus tipologías constructivas. Los resultados permiten discutir zonas de riesgo, a la hora de evaluar posibles proyectos habitacionales y actualizaciones de los distintos instrumentos de planificación territorial.

RECONSTRUCCIÓN DE LA AVALANCHA DE NIEVE DE COLL DE PAL Y DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA DE T100 MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA

Carlos A. Andrade⁽¹⁾

(1) Departamento de Peligros Naturales y Criósfera, AFRY PÖYRY, Los Militares 5001, Santiago, Chile. E-mail: carlos.andrade@afry.com.

Las avalanchas de nieve son procesos geológicos que a menudo representan un considerable peligro debido al alto poder destructivo que tienen sobre elementos vulnerables. Dentro de la gestión del riesgo de este proceso es imprescindible contar con un entendimiento de su dinámica, la cual permitirá, entre otros, conceptualizar tipo, posición y dimensión de futuras obras de mitigación.

Como un ejemplo de ejercicio de caracterización de la dinámica de una avalancha de nieve, el presente trabajo resume los resultados obtenidos de la simulación de un alud que afectó a una carretera en el Coll de Pal en febrero de 2018 (SE Pirineos, Cataluña). Este trabajo consideró un reconocimiento de campo, la caracterización de la nieve, clima, y la modelización numérica del alud. Las campañas de campo revelaron evidencias del desencadenamiento de la avalancha, de la trayectoria y del daño dejado por el alud sobre troncos dentro de un bosque. El análisis nivológico reveló que una nevada relativamente grande cayó unos días antes sobre un manto nivoso anterior con desarrollo de capas débiles, provocó el desencadenamiento del alud cuando se añadió una carga adicional por un fuerte episodio de viento. El alud ocurrido en febrero de 2018 se categorizó como una avalancha de placa de tamaño medio (<2500 m³), correspondiente a la activación de senda con un periodo de retorno de 15-20 años. El evento fue reproducido numéricamente mediante la herramienta Iber basada en 2D-SWE con el objetivo de analizar su dinámica. Los resultados de la simulación se correspondieron con las observaciones de campo por lo que se tomó la simulación como fehaciente. Una vez reconstruido el evento de 2018, se simuló el escenario de referencia para los 100 años, el cual sirve como escenario base para la determinación de posibles medidas de mitigación.

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) DE DATA GEOTÉCNICA DE SONDAJES

Katherine Toro⁽¹⁾ y Marisol. Filgueira⁽²⁾

(1) *Geóloga Senior, Consultora geotécnica. Santiago, Chile. E-mail: katherine.toro@gmail.com*

(2) *Geóloga Senior, Consultora geotécnica. Santiago, Chile.*

El aseguramiento y control de calidad del registro de data geotécnica de testigos de sondeos, es una actividad que se encuentra dentro de las mejores prácticas en la industria minera, y es esencial que esta se lleve a cabo durante todas las etapas del levantamiento y revisión, para comprender la variabilidad de los datos y garantizar su confiabilidad. El QA/QC es la combinación del aseguramiento de calidad (QA: quality assurance), proceso(s) utilizado(s) para medir y asegurar la calidad del producto o data analizada, con el control de calidad (QC: quality control), proceso de asegurar que los productos o data finales cumplan con las expectativas de la industria.

La metodología propuesta para el proceso de revisión y validación de bases de datos geotécnicos, es esencial que se lleve a cabo durante todas las etapas del logeo, basada en detectar desviaciones mediante gráficos de control, correlacionando las distintas variables, evaluando consistencia y confiabilidad de los datos levantados a partir de intervalos geotécnicos, y en los casos que se requiera realizar re-mapeo, y luego, volver a aplicar dichos gráficos (ciclo de QA), de modo que el resultado final permita satisfacer los estándares de calidad requeridos (QC), representando la calidad del macizo rocoso. Para el desarrollo de este trabajo se requiere de las fotografías de testigos tomadas en las plataformas de perforación, considerando que representan la mejor condición del testigo (roca recién perforada, sin remanejo ni transporte), de modo de generar una base de datos trazable y auditable, que permita evaluar la calidad geotécnica del macizo rocoso evitando sobreestimar o subestimar su calidad.

Algunos gráficos de control útiles a implementar en los procesos de QA/QC de data geotécnica de sondeos son: Recuperación vs Intervalo Geotécnico, RQD vs FF/m o Espaciamiento, RQD vs SCR, RQD vs Meteorización, RQD vs IRS estimado en terreno, Intensidad de Meteorización vs IRS estimado en terreno, Intensidad alteración vs IRS estimado en terreno, Recuperación vs Prof. del sondeo, RQD vs Prof. del sondeo, Espaciamiento vs Prof. del sondeo, Meteorización vs Prof. del sondeo, GSIMapeo vs Prof. del sondeo entre otros.

Es recomendable realizar una validación de por lo menos un 5-10% de la información, lo que es variable en función del porcentaje de datos fuera de los rangos de confiabilidad que se definan según proyecto, enfocando dicha revisión a la trazabilidad y correlación. Posteriormente, se definen rangos de confianza, categorizando la información obtenida en rangos (por ejemplo, 100-90% de la información (totalmente confiable), 2= 90% a 70% (medianamente confiable) y 3=<70% a \geq 55% (confiable considerando el entorno)).

Siempre se debe considerar que la revisión se encuentra en un contexto geológico y que la información geotécnica debe responder a la geología local.

APORTE DE LA INGENIERÍA GEOLÓGICA AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES: EJEMPLO EN ZONA DE GEOLOGÍA COMPLEJA

Sofía Rebolledo⁽¹⁾

(1) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. E-mail: srebolle@ing.uchile.cl

La información geológica en proyectos de ingeniería es vital para una mejor aproximación a la comprensión del medio/material que va a ser intervenido. La experiencia tanto internacional como nacional, muestra que mientras más profunda es la investigación previa a la construcción, menos sorpresas se encuentran en la etapa de construcción de una obra. En el caso de túneles, donde la geología superficial permite proporcionarnos solo parte de la información requerida a la cota en la que se excavará el túnel, la investigación requiere de exploraciones adicionales, especialmente en terrenos con geología más compleja. En el caso de túneles, donde la información geológico-geotécnica a la cota del túnel se utiliza para licitar la construcción, la falta de datos “duros” puede llevar a generar un perfil fuera de la realidad, con costos que superen por lejos el costo estimado.

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio realizado para caracterizar geológico-geotécnicamente el trazado de un túnel en un área de geología compleja. En el área de estudio se identifican, en superficie, rocas intrusivas, rocas estratificadas y algunas zonas de falla de ancho y longitud de traza importante. Las rocas intrusivas presentan diferente grado de meteorización, especialmente en la zona de uno de los portales, donde se identifica un suelo residual con bloques de gran tamaño en una matriz de arena. Las rocas intrusivas frescas tienen alta resistencia, similar a la resistencia estimada para las rocas estratificadas del área. De forma paralela, pero independiente, se realizaron exploraciones geofísicas. Los resultados de las exploraciones aportaron poco a la interpretación geológica del área, principalmente porque las rocas intrusivas y rocas estratificadas del área tienen propiedades geoelectricas similares, lo que impidió discriminar entre los distintos tipos litológicos. Por otra parte, el estudio geofísico mostró una zona a la cota del túnel de menor resistividad, interpretada como una zona de falla importante a la cota del túnel, la cual no pudo ser verificada con otras prospecciones.

Este documento trata de evidenciar el aporte de la ingeniería geológica en las distintas etapas asociadas a un proyecto. La participación de un geólogo desde las primeras etapas del proyecto permite identificar los potenciales problemas que enfrenta el sitio y proponer los métodos de exploración y ensayos apropiados para resolver las problemáticas identificadas. La ubicación de zonas de mala calidad asociadas a fallas, zonas de contacto, profundidad de la meteorización, son algunos de los problemas que enfrentó este proyecto y que se van a resolver en la etapa de construcción. En este caso se asume el riesgo de enfrentar problemas no previstos; acotando la inversión en dinero (y tiempo) en profundizar la investigación previa a la construcción.

RELEVANCIA DE LA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA EN PROYECTOS VIALES DE MONTAÑA

Agustín Balbis ⁽¹⁾ y Juan Pablo Cerutti ⁽¹⁾

(1) Abya Terra SRL. Albano de Labergue 6240 - X5021DOD - Córdoba - Argentina - E-mail: balbis.agustin@gmail.com

El desarrollo de obras viales en ambientes de montaña, demanda un adecuado conocimiento de las propiedades geotécnicas del área afectada por el proyecto. Las metodologías disponibles para la determinación de dichas propiedades son variadas y han sufrido importantes avances en los últimos tiempos, especialmente en el campo de la Mecánica de Rocas.

En proyectos de ingeniería de extensión lineal, como es el caso de una ruta de montaña, la asignación de recursos para un entendimiento detallado del ambiente en el que se ubica la obra puede resultar excesiva, especialmente cuando la geología del lugar presenta alta complejidad. Ante estas situaciones, la realización de una adecuada zonificación geológica-geotécnica adquiere especial relevancia para el posterior tratamiento geotécnico de los diferentes componentes del perfil tipo de obra (diseño de taludes, análisis de cimentaciones de muros u otros).

En este trabajo se pretende demostrar la relevancia que tuvieron las tareas de zonificación geológica-geotécnica llevadas a cabo en un tramo de aproximadamente 23 km del proyecto de apertura de traza y construcción de una Ruta Nacional en la provincia de La Rioja, Argentina.

El proyecto de la referencia tiene las características de una ruta de montaña categoría IV, según las normas de diseño de la Dirección Nacional de Vialidad. La sección transversal típica demanda un ancho de coronamiento del orden de los 9,2 m. Esto implica que, para lograr la rasante vial, se deban realizar excavación de taludes, construcción de terraplenes y muros de sostenimiento.

Para el desarrollo de la zonificación geológica-geotécnica del trazado vial, se ejecutó una secuencia de investigaciones geotécnicas, que incluyó tareas de campo, laboratorio y gabinete. En este marco, se definieron tres zonas principales, que presentan morfologías y macizos rocosos con características particulares. Las mismas fueron denominadas: a) ZGG-I: Macizos rocosos en granito Sanagasta, subdividida en dos subzonas; b) ZGG-II: Macizos rocosos en granitoides Velazco, subdividida en tres subzonas y c) ZGG-III: Macizos rocosos en metamorfitas, subdividida en dos subzonas.

La integración de la información geológica y geotécnica generada, fue de utilidad para la definición de dominios geotécnicos, con sus correspondientes atributos estructurales y parametrización geomecánica. La zonificación permitió ajustar el proyecto ejecutivo, mediante un mejor abordaje de los principales componentes básicos de la obra involucrados, particularmente en sectores no investigados directamente con ensayos *in situ* (sectores con parámetros interpolados).

En cada sector intervenido, los dominios geotécnicos fueron confrontados durante el avance de las excavaciones, mediante la visualización directa del terreno afectado y su comportamiento geomecánico. Esta acción, que conforma las bases del Método Observacional, permitió la adecuación del modelo estructural con el avance de las obras.

CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE ENSAYOS GEOTECNICOS Y NCH 3394: SUELOSALINO – REQUISITOS DE DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRA, EN CARMEN ALTO, III REGIÓN.

Diego M. Cáceres⁽¹⁾, Alejandra J. Muñoz⁽²⁾, José C. Montenegro⁽³⁾

(1) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso Rivera 2850, Concepción, Chile. E-mail: Diego.caceres.zoin@gmail.com

(2) Departamento de Geofísica, Facultad de ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso Rivera 2850, Concepción, Chile.

(3) Facultad de ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso Rivera 2850, Concepción, Chile.

Debido a la necesidad ingenieril de implementar mejoras en las interconexiones peatonales de las zonas industriales del norte del país, se levanta el proyecto de construcción de un puente pasarela en el sector de Carmen Alto, comuna de Sierra Gorda, Región de Antofagasta, Chile. Con la finalidad de caracterizar el subsuelo donde se emplazará el proyecto, en la transitada ruta 5 Norte, se facilitaron los datos de un ensayo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) para ser procesados y resultados de ensayos geotécnicos aplicados en el área de estudio. Se hizo una correlación de los datos de las ondas de corte obtenidos del ensayo geofísico con los parámetros geotécnicos extraídos de la zona, logrando caracterizar el subsuelo mediante la clasificación sísmica vigente. Se propusieron soluciones respecto al tipo de suelo en el cual se edificará basado en la NCh. 3394: Suelo salino – Requisitos de diseño y ejecución de obra, y en base a ellas se realizaron recomendaciones constructivas y de diseño para la infraestructura del proyecto puente pasarela.

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE LA MATRIZ DE SUELO DE UNA MUESTRA DE MAICILLO Y LA DE SUS CORRESPONDIENTES ESTRUCTURAS HEREDADAS

Susana Bustos Gallego ⁽¹⁾, Robert King St Onge ⁽²⁾, Pablo Lapeña Mañero ⁽³⁾ y José Miguel Montenegro Cooper ⁽⁴⁾

(1) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, sbustosg@ing.ucsc.cl

(2) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, rking@ucsc.cl

(3) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, plapena@ucsc.cl

(4) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, jmontenegro@ucsc.cl

La necesidad de expandir la zona urbana hacia nuevos terrenos y construir la correspondiente infraestructuravial, ha obligado a excavar grandes cantidades de metros cúbicos de terrenos de diferente calidad geotécnica. Por otro lado, la meteorización del batolito costero -ubicado entre la región de Valparaíso y la cordillera de Nahuelbuta- puede dar como resultado un suelo residual denominado localmente como maicillo. Cabe señalar que el comportamiento geotécnico de un suelo sedimentario es diferente al de uno residual. En este último caso se debe estudiar la matriz de suelo y las estructuras que éste haya heredado del macizo rocoso.

El objetivo de este trabajo es caracterizar geotécnicamente una muestra de maicillo, considerando tanto la matriz como las estructuras que se advierten en terreno. La calidad de los resultados de laboratorio dependendirectamente de las técnicas de muestreo. En este trabajo se resume la experiencia adquirida empleado variastécnicas de muestreo para la recolección de muestras inalteradas de la matriz de suelo y sus correspondientes estructuras. El ángulo de rozamiento interno y la cohesión de una muestra de maicillo, tanto de la matriz de suelo como la de sus correspondientes estructuras heredadas se presentan en este trabajo.

ESTABILIDAD GLOBAL DE UN TALUD EN MAICILLO A PARTIR DE LA MONITORIZACIÓN IN SITU DEL NIVEL FREÁTICO

Fabiola Silva Montoya ⁽¹⁾, José Miguel Montenegro Cooper ⁽²⁾, Robert King St Onge ⁽³⁾ y Pablo Lapeña Mañero ⁽⁴⁾

(1) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, fsilvam@ing.ucsc.cl

(2) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, jmontenegro@ucsc.cl

(3) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, rking@ucsc.cl

(4) Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, plapena@ucsc.cl

Los suelos pueden clasificarse dada su formación en residuales y sedimentarios. Maicillo es el nombre común empleado en Chile con el que se denomina a un suelo residual de origen granítico proveniente de la meteorización del batolito costero (granito), ubicado en la cordillera de la costa entre Valparaíso y la cordillera de Nahuelbuta. Las propiedades geotécnicas de este material dependen principalmente del grado de meteorización, siendo habitualmente clasificado como una arena limosa. Este tipo de suelos presenta inestabilidades que ocurren principalmente en terreno de elevadas pendientes y niveles freáticos. En las regiones del Biobío y el Ñuble los deslizamientos en suelos residuales son habituales. El presente trabajo evalúa la estabilidad global de un talud en maicillo de 14 metros de altura ubicado en la ribera norte del río Andalién que atraviesa la ciudad de Concepción. El talud en estudio ha presentado a lo largo del tiempo varios eventos de inestabilidad. El modelo geotécnico ha sido determinado mediante ensayos de terreno (geotécnicos y topográficos) y de laboratorio (identificación y resistencia), así como con la información obtenida de la monitorización periódica del nivel freático mediante piezómetros. La etapa de gabinete fue efectuada con el programa de Slope/W considerando diferentes escenarios de cálculo.

DEFINICIÓN DEL LÍMITE SUELO – ROCA EN AMBIENTES METEORIZADOS

Katherine Toro⁽¹⁾ y Marisol Filgueira⁽²⁾

(1) *Geóloga Senior, Consultora geotécnica. Santiago, Chile. E-mail: katherine.toro@gmail.com*

(2) *Geóloga Senior, Consultora geotécnica. Santiago, Chile.*

En el diseño minero y de obras civiles es crítico reconocer la presencia de suelos, saprolitos, zonas de transición y rocas débiles en etapas tempranas del desarrollo de proyectos. Estos materiales requerirán un tratamiento especial a la hora de definir la ingeniería de detalle, donde las implicancias de determinar de manera errónea el límite suelo – roca incide directamente en el diseño de la estabilidad de taludes y obras civiles. Por ende, la definición de este contacto es fundamental para cualquier proyecto que contemple su caracterización geológica y/o geotécnica y debe responder al comportamiento a corto y largo plazo.

En áreas de moderada a intensa meteorización es complejo identificar el cambio de horizontes entre suelo y roca, puesto que la meteorización es un proceso transicional y continuo de degradación de roca a suelo residual, lo que genera dificultad para definir el inicio del macizo rocoso. En términos de resistencias, la clasificación del ISRM define rocas débiles a aquellas con resistencias intactas en el rango de extremadamente débiles R0 a débiles R2, lo que equivale estar en el rango de resistencia a la compresión uniaxial UCS de 250 kPa a 25 MPa. La clase R0 se traslapa con la caracterización de suelos rígidos S5 a duros S6, por lo tanto, hay materiales que pueden considerarse simultáneamente como rocas débiles y suelos rígidos.

La metodología propuesta considera caracterizar el material bajo el supuesto de que éste es roca en una evaluación por intervalos, por lo que debe ser posible: (1) determinar sus propiedades, (2) definir parámetros de entrada a las distintas clasificaciones geomecánicas de macizo rocoso y (3) responder a sus mecanismos de falla; si esto no es posible, entonces corresponde a un suelo y deberá ser caracterizado y clasificado según criterios propios de mecánica de suelos. Luego, se reinicia la secuencia de evaluación, bajo el mismo supuesto, y se continúa con dicho algoritmo hasta que efectivamente pueda definirse al material como roca. Cuando ello ocurre, dicha profundidad marcará el límite suelo – roca.

El intervalo geotécnico definido entonces como macizo rocoso debe ser posible de caracterizar a nivel de unidad geotécnica (UG), es decir, el material debe dar soporte a parámetros como la Resistencia UCS / RQD

/ Espaciamiento entre discontinuidades / Condición de discontinuidades / Condición de aguas subterráneas. Finalmente, se debe evaluar si existen posibilidades de fallamiento tipo suelo (circular). De ser así, la unidad deberá ser tratada como suelo, aunque corresponda a roca débil (saprolito y/o zona de transición) debido a que las mitigaciones a dicho mecanismo de falla serán dadas por la mecánica de suelos.

ANÁLISIS DE RIESGO VOLCÁNICO PARA LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE.

Aníbal A. Hidalgo⁽¹⁾, César E. Arias⁽²⁾ y Robert W. King⁽³⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: ahidalgo@ing.ucsc.cl.

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: cesar.arias@ucsc.cl.

(3) Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: rking@ucsc.cl.

La generación eléctrica mediante centrales hidroeléctricas se ha vuelto común en Chile, especialmente en la zona cordillerana andina, dada las favorables condiciones topográficas e hidrológicas, y en varios casos estas se ubican cercanas a centros volcánicos activos, los que en caso de entrar en actividad eventualmenteperjudicarían la generación eléctrica de dichas centrales. El presente estudio identifica las centrales en riesgo volcánico y los alcances de los peligros volcánicos asociados a los complejos volcánicos; Descabezado Grande-Quizapu-Azul, San Pedro-Tatara-Pellado y Laguna del Maule y las eventualesconsecuencias en la infraestructura hidroeléctrica cercana. Para evaluar la vulnerabilidad se modificó la metodología *NVEWS* utilizada por el *USGS* adaptándola a la generación hidroeléctrica, la determinación de los peligros volcánicos asociados se realizó mediante distintos softwares (*Q-Lavha*, *Laharz*, *Eject!*, *Ash3D*) y métodos teóricos (Método del Cono de Energía) de acuerdo a escenarios eruptivos probables para cada complejo volcánico de acuerdo a su actividad histórica obtenida bibliográficamente, y el análisisde exposición se realizó individualmente para cada centro de generación hidroeléctrica y los posibles peligros que pudiesen afectar la generación. Finalmente se unificaron en mapas de peligro a escala local elaborados mediante el software *QGIS*. Los resultados obtenidos son variados, las centrales hidroeléctricasubicadas en áreas proximales a los centros volcánicos estudiados (propensas a ser afectadas por flujos piroclásticos) o bien, ubicadas aguas abajo de cursos fluviales afectados por lahares o aumentos de caudal asociados a los mismos están en riesgo alto, en riesgo medio aquella infraestructura expuesta a distintos espesores de caída de ceniza y flujos piroclásticos, en riesgo bajo aquella infraestructura propensa a ser afectada por espesores menores de ceniza. No hay infraestructura de generación bajo riesgo muy alto. Las consecuencias en caso de erupción pueden dañar gravemente aquellas centrales que estén bajo un riesgo medio o superior, y pueden mermar considerablemente su capacidad de generación de electricidad. Recomendaciones generales son la profundización en la modelación de peligros y la implementación de estrategias de preparación y respuesta inmediata.

ERUPCIONES EXPLOSIVAS RECURRENTE Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE REMOCIONES EN MASA COSÍMICAS EN LOS ANDES DEL SUR (39° S)

Daniel Vásquez-Antipán⁽¹⁾⁽²⁾, Ivo Fustos-Toribio⁽¹⁾, José Riffo⁽¹⁾, Álvaro Bravo⁽³⁾, Ana Cortez-Díaz⁽³⁾, Rodrigo Osses⁽¹⁾ y

Daniel Basualto⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera, Av. Fco. Salazar 01145, Temuco, Chile. E-mail: daniel.vasquez@ufrontera.cl

(2) Programa de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad de La Frontera, Av. Fco. Salazar 01145, Temuco, Chile.

(3) Departamento de Obras Civiles y Geología, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Temuco, Rudecindo Ortega 02950, Temuco, Chile.

Los depósitos piroclásticos de caída generan un grupo especial de suelos residuales (andosoles) que ocasionan serios problemas desde el punto de vista ingenieril, particularmente con respecto a la estabilidad de laderas y taludes frente a cargas sísmicas. Esto implica que las remociones en masa (REM) cosísmicas en suelos piroclásticos sean uno de los eventos geológicos de mayor amenaza para la población e infraestructura en la Zona Volcánica Sur (ZVS) de los Andes. En el sur de Chile, a pesar de que grandes REM cosísmicas afectan a estos suelos, aún no se comprende su respuesta ante diferentes espectros de frecuencias sísmicas. En este trabajo se identificaron los principales factores condicionantes y gatillantes en la generación de REM cosísmicas en andosoles. Para ello se tomó como área de estudio la zona colindante al Complejo Volcánico Mocho-Choshuenco (CVMCh), uno de los volcanes más productivos y explosivos en Chile. La metodología empleada consistió en la evaluación de factores geológicos, geotécnicos y sísmicos mediante estudios de campo, análisis de laboratorio y modelación numérica. Las REM en el área investigada se concentran en laderas cubiertas por múltiples eventos explosivos postglaciales que abarcan un periodo de *ca.* 12 ka, por lo que los depósitos generalmente presentan una intensa meteorización e importante contenido de arcillas alofánicas. Los resultados evidenciaron que las amplificaciones del movimiento del suelo por efectos topográficos combinadas con las características geomecánicas de la tefra y el paleosuelo basal promueven el desencadenamiento de REM someras. En particular, se observó que los depósitos con espesores mínimos que, en conjunto superan los 200 cm, contribuyen con la mayor parte de la amplificación del movimiento del suelo. Por su parte, la capa profunda y delgada de paleosuelo no causa una amplificación significativa, sin embargo su débil cohesión promovería la ocurrencia de REM. Estos resultados podrían bajo ciertas condiciones ser extrapolados a gran parte del ZVS, no siendo única del área alrededor al CVMCh. Finalmente, este estudio aporta una mejor comprensión sobre la distribución y control en la generación de REM cosísmicas en áreas volcánicas, proporcionando un nuevo escenario no eruptivo para ser considerado en el análisis de peligros y el desarrollo de estrategias de mitigación.

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y PELIGRO POR COLAPSO LATERAL Y AVALANCHA DE DETRITOS VOLCÁNICOS DEL VOLCÁN PARINACOTA (CHILE)

Camila A. Muñoz⁽¹⁾, Laura Becerril⁽¹⁾, Lizette J. Bertin⁽²⁾, Matteo Roverato⁽³⁾ y Alejandra J. Serey⁽¹⁾

(1) Instituto de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de O'Higgins, Av. Libertador Bernardo O'Higgins 611, Rancagua, Chile.

E-mail: camila.munoz@pregrado.uoh.cl.

(2) Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN),

Rudecindo Ortega #03850, Temuco, Chile.

(3) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Ginebra, Rue des Maraîchers 13, Ginebra, Suiza.

Los colapsos y avalanchas de escombros volcánicos son procesos repentinos y peligrosos para las comunidades y sus infraestructuras. La mayoría de los volcanes alrededor del mundo han sufrido colapsos durante su historia geológica en respuesta a su rápida evolución y crecimiento. Desde el siglo XIV se han registrado 28 eventos de colapso en el mundo con volúmenes mayores a $0,1 \text{ km}^3$. Sin embargo, sus causas, tiempos y mecanismos de transporte y emplazamiento aún son objeto de estudio en la volcanología moderna.

El estratovolcán Parinacota (Andes Centrales, Región de Arica y Parinacota, Chile) sufrió un colapso lateral hace aproximadamente 9.000 años, resultando en una avalancha de escombros volcánicos con un volumen de 6 km^3 y un alcance de 22 km, cuyos depósitos cubren un área de 140 km^2 . Actualmente el volcán se encuentra completamente reconstruido con un tamaño similar al cono pre-colapso (6.350 m.s.n.m.) y presenta una cicatriz de 700 m de largo en su flanco sur. En este trabajo analizamos la estabilidad y peligro del volcán asociado a un posible escenario de colapso futuro, en base a sus antecedentes geológicos y la reconstrucción de la avalancha de escombros volcánica registrada. Se utilizaron técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para reconstruir los escenarios pre- y post-colapso, permitiendo la obtención de parámetros para posteriormente llevar a cabo análisis probabilísticos estáticos y pseudo-estáticos con el método de equilibrio límite (Slide2 de Rocscience Inc.). Finalmente, evaluamos el potencial peligro a través de simulaciones de colapso usando el software VolcFlow, identificando parámetros asociados a la avalancha y las principales zonas afectadas.

La paleoreconstrucción del relieve pre-colapso propone la presencia de un paleolago de 20 m de profundidad, mientras que la reconstrucción de la topografía post-colapso se caracteriza por una profunda cicatriz de colapso tipo anfiteatro con una pendiente máxima de 50° . Ambas paleoreconstrucciones entregaron un volumen similar de $\sim 6 \text{ km}^3$ que representa el material colapsado. Los análisis de estabilidad demuestran que los conos actual y ancestral se encuentran estables bajo condiciones estáticas e inestables bajo condiciones pseudo-estáticas, probablemente asociadas a grandes sismos o intrusiones magmáticas. La simulación de avalancha que más se ajusta al depósito observado considera una reología de estrés de retardo constante igual a 25 kPa, lo que implica una alta movilidad de flujo debido a la incorporación del paleolago en el flujo. Un futuro colapso podría fluir en dirección oeste, alcanzando a la localidad de Parinacota, ubicada a 16 km del volcán, y al lago Chungará y ruta internacional hacia Bolivia. Finalmente, considerando una tasa de emisión de $2,25 \text{ km}^3/\text{ka}$, se estima que el edificio alcanzará la altura crítica de 3.000 m en 5.300 años y el volumen crítico de 100 km^3 en 36.400 años.

ESTABILIDAD MECÁNICA DE GLACIARES: FUNDAMENTOS PARA SU EVALUACIÓN

Cedomir Marangunic⁽¹⁾ y Felipe Ugalde^(1,2)

(1) *Geoestudios, Los Aromos 3306, Las Vertientes, San José de Maipo, Chile. E-mail: cmarangunic@geoestudios.cl.*

(2) *Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.*

Hoy son cada vez más los proyectos de ingeniería llevados a cabo en áreas aledañas a la presencia de glaciares. Fenómenos como avalanchas de hielo, deslizamientos catastróficos y vaciamientos repentinos de lagos glaciares se deben tener en cuenta de cara a la evaluación del peligro ante inestabilidades intrínsecas a cada glaciar. Este estudio busca sentar las bases para la evaluación de la estabilidad mecánica de un glaciar a fin de asegurar que su presencia no suponga un riesgo para el desarrollo de proyectos de infraestructura en alta montaña.

En términos generales, para que un glaciar se considere mecánicamente estable, el ángulo de fricción en el lecho debe ser mayor que la pendiente basal. Esto que parece simple se complica pues los glaciares son geofomas con variadas características que cobran relevancia al evaluar su estabilidad, las que se desglosan en tres aspectos básicos: (1) el glaciar y sus propiedades, (2) la fricción en el plano de contacto entre el glaciar y su lecho y (3) la pendiente del lecho o plano de deslizamiento.

En cuanto al glaciar, las características fundamentales que deben incluirse son: las propiedades mecánicas del hielo (dependientes de la temperatura, densidad, resistencia y el ángulo de fricción interna), la morrenabasal en contacto con el lecho, la temperatura del glaciar y su lecho (menor o igual al punto de fusión), la presencia y flujo de agua en su interior y la presión efectiva (en glaciares temperados), el efecto ancla (esfuerzo necesario para generar una fractura en tensión y corte entre la porción estable de un glaciar y aquella que desliza) y la trayectoria del glaciar y sus sinuosidades. Las principales propiedades del lecho del glaciar son: la presencia, distribución y propiedades mecánicas de roca y til en el lecho del glaciar, la presencia o no de agua en la interfase y las asperezas (o rugosidades) del lecho cuyos ángulos deben adicionarse al ángulo de fricción (o pendiente) del lecho.

Aspectos externos a incorporar son: aceleraciones sísmicas que generan velocidades que exceden la Velocidad Máxima Crítica de partículas del glaciar, el cambio climático (en particular el aumento de temperatura, las lluvias cálidas, la fuerte fusión y el balance de masa) y las fallas en el lecho (como desprendimientos de masas rocosas) que arrastran todo o parte de un glaciar.

Considerando lo anterior, es recomendable analizar siempre la estabilidad del glaciar por sectores: además del todo hasta la cabecera, considerar que en zonas de fuerte pendiente se pueden deslizar láminas o cuñas de hielo; considerar que la presencia de alta presión de poros puede despegar al glaciar de su lecho y atender la transformación de un glaciar frío a temperado, lo que puede generar nuevas condiciones de inestabilidad.

DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA DE NIEVE SUPERFICIAL EN CUATRO VOLCANES DE CHILE MEDIANTE BIGDATA Y MACHINE LEARNING

Paula Olea-Encina⁽¹⁾, Hugo Neira⁽¹⁾, Laura Bono⁽²⁾, Tania Ocampo⁽³⁾, Paula Gárate⁽¹⁾ y Silvia Arce⁽¹⁾

(1) Unidad de Teledetección, Departamento de Geomática, Sernageomin, Santiago, Chile. E-mail: paula.olea@sernageomin.cl.

(2) Unidad de Geología y Peligros de Sistemas Volcánicos, Sernageomin, Santiago, Chile.

(3) Unidad de Sistemas de Información Geológica, Departamento de Geomática, Sernageomin, Santiago, Chile.

Desde la última década, Chile se encuentra en una megasequía, la que se ha manifestado como un aumento de eventos hidrometeorológicos extremos, que afecta la distribución espacio-temporal de nieve sobre la Cordillera Principal, y en específico, sobre los volcanes.

En el presente estudio, se ha caracterizado la dinámica espacio-temporal de la nieve superficial en los volcanes Descabezado Grande (-35,586; -70,751), Villarrica (-39,420; -71,939), Michinmahuida (-42,798;

-72,445) y Melimoyu (-44,072; -72,868), la cual serviría como insumo para la modelación de flujos de lahares, incidiendo en la disponibilidad de agua necesaria para la generación de estos procesos, utilizando imágenes satelitales procesadas en la plataforma Google Earth Engine. Cuya principal ventaja es procesar grandes series de datos satelitales en la nube (*bigdata*) en procesos con fácil replicabilidad y adaptación de sus códigos.

Se realizaron tres análisis temporales: i) cobertura nival diaria (producto: “MODIS Terra Snow Cover Daily Global”; temporalidad: 24/02/2000 hasta el presente; pixel: 500 m; exclusión: “nubes” del NDSI_Snow_Cover_Class); ii) cobertura nival promediada 16 días (producto: “MODIS Combined 16-Day NDSI”; temporalidad: 18/02/2000 - 14/03/2017; pixel: 500 m; exclusión: nada); iii) superficie máxima de nieve anual (productos: “USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes”, “USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance” y “Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-1C”; temporalidad: 2010 a 2020; píxel: 30 m; exclusión: cloudcover < 30%).

En los dos primeros análisis, se identificaron áreas homogéneas en términos de persistencia de nieve intraestacional en cada volcán, estimándose estadígrafos (media, mediana y kurtosis, entre otros). Ambos análisis muestran que no existe una marcada tendencia de aumento o disminución de la superficie de nieve en el periodo analizado ($R^2 < 0,2$), identificándose que los volcanes Descabezado Grande y Villarrica poseen una mayor extensión nival en los meses de mayo hasta julio, extendiéndose en ocasiones hasta agosto o septiembre, mientras que en los volcanes Michinmahuida y Melimoyu el período de mayor nieve se extiende entre mayo y octubre. Esta mayor ventana temporal podría explicarse no solo por la mayor cantidad de nieve caída, además por la poca disponibilidad de imágenes sin nubosidad, el ángulo solar y/o la mezcla espectral debido al tamaño de píxel de las imágenes MODIS.

En el tercer análisis, se seleccionaron las imágenes con mayor cobertura de nieve para cada año, realizándose una clasificación con *machine learning* (*Random Forest* de 50 árboles) en cada una de ellas utilizando entre 30 a 50 muestras de las clases representativas del territorio (nieve, vegetación, agua y roca desnuda) por imagen, mejorando el ajuste del algoritmo de clasificación ($kappa > 0,86$). Estos resultados confirman la ausencia de tendencia ($R^2 < 0,1$); sin embargo, muestran una alta variabilidad de la superficie máxima de nieve analizada, llegando a variaciones de 40%.

IDENTIFICACIÓN DE SECTORES POTENCIALES PARA LA EXPLORACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN EL COMPLEJO VOLCÁNICO COPAHUE-CAVIAHUE, NEUQUÉN, ARGENTINA-CHILE

Matías G. Valdivia⁽¹⁾, Francisco I. Letelier⁽²⁾ y Robert S. King⁽³⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: mvaldivia@ing.ucsc.cl.

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: francisco.letelier@ucsc.cl

(3) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Av. Alonso de Ribera 2850, Concepción, Chile. E-mail: rking@ucsc.cl

En Chile se estima una gran demanda de energía, debido a la propuesta del gobierno de descarbonización total a 2050, por lo que explorar Energías Renovables No Convencionales (ERNC) significa un gran aporte para lograr este objetivo. Frente a este escenario es necesario encontrar potenciales zonas para ser utilizadas como fuentes de ERNC y utilizar los recursos que como país podríamos aprovechar para reducir la huella de carbono y a su vez capear los efectos adversos del cambio climático. Actualmente Chile posee una capacidad instalada de 28.009 MW de energía eléctrica y la geotermia sólo aporta 81 MW, correspondientes al 0,2%, generados únicamente por la planta Cerro Pabellón, ubicada en la Región de Antofagasta. El Complejo Volcánico Copahue-Caviahue (CVCC) es uno de los sistemas geotermiales activos más importantes de Argentina y Chile. Varios estudios se han centrado en el control estructural, manifestaciones geotermiales y la actividad volcánica del complejo, incluyendo la capacidad de producción de energía geotérmica que se puede extraer de su reservorio. Por lo tanto, este trabajo proporciona y reúne técnicas para la exploración de recursos geotérmicos mediante la percepción remota, reduciendo el riesgo y complementando la fase de exploración. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8 OLI y ASTER para la identificación de minerales asociados a alteraciones hidrotermales, mediante técnicas de realce espectral como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y la Técnica de Crosta. Con el procesamiento de las bandas térmicas TIRS de Landsat 8 se logró estimar la Temperatura Superficial Terrestre (LST) y se registraron datos de 228 sismos relacionados a estructuras tectónicas activas que dominan la Caldera Caviahue. Los resultados obtenidos correlacionan las alteraciones hidrotermales de sitios como Chanco-có, Anfiteatro, Termas Copahue, Las Máquinas y Las Maquinitas con estructuras en dirección WNW y NE, que generan alta permeabilidad para el surgimiento de anomalías térmicas. Además, al correlacionar alteraciones hidrotermales, anomalías térmicas y, sismos y estructuras, se logra inferir el tamaño del reservorio de forma remota facilitando la exploración al delimitar la búsqueda del recurso geotérmico reduciendo sectores potenciales para la fase exploratoria.

MAPPING TSUNAMI SEDIMENTS THROUGH HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGERY: THE 2010 CHILEAN TSUNAMI

Bladimir E. Saldaña-Valdés^(1,2,3), Marco A. Cisternas^(1,2,3), Roberto O. Chávez⁽⁴⁾, Diego A. Molina-Ormazábal^(1,2) y Mario A. Guerra⁽³⁾

(1) Programa de Doctorado en Ciencias Geológicas, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Email: bsaldana@udec.cl

(2) Núcleo Milenio The Seismic Cycle Along Subduction Zones CYCLO

(3) Laboratorio GeoTsunami, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

(4) Laboratorio de Geo-Información y Percepción Remota, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

The destructive nature of tsunamis highlights the need for an adequate understanding of this phenomenon as a key element to assess the hazard and hence the risk to the population. Remote sensing, and particularly high-resolution satellite imagery, seems a powerful tool to rapidly study the aftermath of tsunamis at both local and regional scales. However, until now, it has mainly been used to detect and quantify the damage to coastal infrastructure, and report landscape changes associated with flow erosion. To our knowledge, no remote sensing work to date has attempted to map sedimentary deposits left by tsunamis. If feasible, it will produce useful information, including the delineation of minimum inundation levels and a guide for searching deposits left by older tsunamis in the stratigraphic record. Here, we present a novel case study in which we mapped, through sub-meter satellite imagery before and after the event (QuickBird-2, IKONOS-2, WorldView-2), the sandy deposit left by the 2010 Chile tsunami on the coast facing the largest coseismic slip. We used supervised learning machine algorithms (Random Forest) to classify each image and detect land cover changes, incorporating ground truth data into our training routine and performing cross-validation with an independent data set to assess the quality of the results. By comparing before and after tsunami images we recognized and mapped extensive deposits of sand, which were moved about 200 m landward by the tsunami. Additionally, we identify morphological changes in the beaches, which became smaller, and a lasting retreat of the coastline of about 60 m. As a whole, the landward limit of the tsunami sand shows that the 2010 tsunami reached a maximum height of 8 m in our study area. All these findings are well supported by both sedimentary evidence collected in the field and testimonial data obtained from dozens of interviews with tsunami survivors. We conclude that the joint use of machine learning applied to high-resolution satellite imagery and ground-based observations is an effective approach for mapping tsunami deposits, having direct implications in the identification of potential inundation areas.

This work was funded by ANID through the National Doctoral Scholarship Program, the FONDECYT project N° 1190258 and Núcleo Milenio CYCLO.

USO DEL ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPAL (PCA) PARA DETECTAR SEÑALES TRANSIENTES EN SERIES DE TIEMPO cGPS, APLICACIÓN EN VOLCÁN LÁSCAR

Gustavo Pérez⁽¹⁾, Francisco Ortega⁽²⁾, M. Loreto Córdova⁽³⁾

(1) Escuela de Ingeniería, Universidad de O'Higgins, Libertador Bernardo O'Higgins 611, Rancagua, Chile. E-mail: gustavo.perez@uoh.cl.

(2) Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemática, Universidad de Chile, Blanco Encalada 2002, Santiago, Chile.

(3) Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), Sernageomin, Rudecindo Ortega 3850, Temuco, Chile.

El análisis de componente principal (PCA) es un método derivado de la estadística muy usado en el estudio de series de tiempo de GNSS. Se utiliza, por ejemplo, para realizar procesos de filtrado espacio-temporales o para disminuir el error en las series de tiempo a través del método del modo común de error. La baja amplitud de las señales asociadas a procesos volcánicos hace muy difícil su detección en las series de tiempo GNSS, por lo que la técnica del PCA ha permitido identificar transientes, señales de baja amplitud en el nivel de ruido, de origen volcánico.

En el presente trabajo se utilizan datos geodésicos de 3 estaciones GNSS (PUNA, QUEB, TALA) de registro continuo entre diciembre de 2012 y junio de 2017. Las estaciones son operadas por el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, que son parte de la red de monitoreo del Volcán Láscar, un estrato-volcán ubicado en el norte de Chile.

Los datos de las estaciones GNSS son procesados usando el software Gipsy-Oasis (JPL-NASA) para producir series de tiempo diarias de las 3 estaciones. En la etapa del post-procesamiento se realiza un ajuste de modelo de trayectoria con el método de mínimos cuadrados para obtener series de tiempo residuales. En las residuales de las estaciones, no se logra observar señales que puedan ser asociadas a la actividad volcánica registrada, de forma inequívoca. Para poder realizar el análisis de componente principal se debió ampliar la red de estaciones GNSS utilizando un total de 22 estaciones (Operadas por el Centro Sismológico nacional y la red IPOC).

Como resultado del PCA se obtienen 22 componentes, sin embargo, se inspeccionan las 3 principales que explican más de 40% de la señal residual. En la tercera componente dominante de las residuales, se detecta una señal transiente observable en las 2 estaciones más cercanas al volcán. La señal es de baja amplitud menor a 5 mm, lo que hace difícil identificar con certeza su origen, sin embargo, se correlaciona temporalmente con un cambio en la actividad sísmica del volcán. Debido a su correlación con la sismicidad, se caracteriza la fuente de la señal con un modelo simple de cavidad esférica de McTigue, a través de una metodología bayesiana que permite explorar la alta variabilidad de los resultados. A pesar de la baja amplitud de la señal transiente, el análisis de las soluciones permite asociarla con un proceso de deflación somero, proceso previamente observado por otros métodos indirectos.

MAPEO ESPACIAL DEL PARÁMETRO B PARA EL VOLCÁN VILLARRICA

Jonathan Lazo-Gil ^(1,2), Ivo Fustos-Toribio⁽²⁾

(1) Observatorio Volcanológico de Los Andes del Sur (OVDAS), Rudecindo Ortega 03850, Temuco, Chile. E-mail: Jonathan.lazo@ufrontera.cl

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de La Frontera, Francisco Salazar 1145, Temuco, Chile.

El volcán Villarrica es uno de los volcanes con mayor registro históricos de erupciones de Sudamérica. Se ubica al SE y NE de los lagos Villarrica y Calafquén, respectivamente. Corresponde a un estratovolcán localizado en el extremo occidental de la alineación los volcanes Villarrica, Quetrupillán y Lanín (NO/SE). Con el objetivo de evaluar la distribución espacial y temporal de la actividad sísmica del volcán Villarrica se utilizó un mapeo espacial del parámetro b. El parámetro b cuantifica la sismicidad en términos de sus magnitudes tanto espacial como temporal para un área determinada. Con base en el catálogo de Sismos VT registrados desde Enero-2013 hasta Abril-2017 en el Volcán Villarrica, con un número de 953 eventos localizados para el cálculo. Se realizó el mapeo espacial del valor de b con un engrillado de 100x100 metros, tomado un radio de 1.5 km y un número mínimo de 50 eventos para cada cálculo. Nuestros resultados muestran variaciones de este parámetro como cambios en el estrés regional asociados al ascenso de magma y/o circulación de fluidos hidrotermales. Bajos valores de b son atribuidos a zonas de asperezas en la corteza a nivel regional, las que se han mantenido trabadas durante un largo tiempo, considerándose, estas últimas, como potenciales áreas de futura actividad sísmica. Los resultados evidencian dos zonas bien delimitadas, una zona de bajo valor de b (>0.8) al Este del cráter activo (centro de la caldera antigua) entre los 4 a 6 km de profundidad, las cuales son relacionadas con una producción de sismos de mayor magnitud, posiblemente coherente con fracturamiento de roca, generando una zona de mayor densidad propensa a producir eventos de mayor magnitud por transferencia de esfuerzo del sistema magnético en el volcán. La segunda zona de valores más alto hacia el Este del borde de la caldera antigua con valores de b (>2) localizada en el sector de la falla Liquiñe-Ofqui a profundidades que van entre los 2-5 km, las cuales son relacionadas con una producción de sismos de menor magnitud, esto indicaría zonas más frágiles posiblemente alteradas por incrementos en la presión de fluidos en las heterogeneidades del medio o cambios de temperatura.

ALUVIONES EN EL RÍO LAS MINAS DE PUNTA ARENAS: DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA OCUPACIÓN DEL TERRITORIO HASTA EL MONITOREO DE LA AMENAZA

Antonio Muñoz⁽¹⁾, Luna Pérez^(1,2), Victor Gálvez^(1,2), Bruno Sánchez^(1,2) y Enrique Opazo^(1,2)

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. E-mail: antonio.munoz@sernageomin.cl.

(2) Dirección Regional de Magallanes y la Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.

Este trabajo se enmarca en el Programa de Transferencia de Tecnología y Conocimientos para el Monitoreo de Sectores Críticos en el Río Las Minas, región de Magallanes y Antártica Chilena y, tiene por objetivo analizar los aluviones ocurridos en la cuenca del río Las Minas que han impactado en la ciudad de Punta Arenas.

Se ha constatado la ocurrencia, entre 1941 y 2012, de 10 aluviones que desbordaron el río Las Minas y, considerando solo los 5 más destructivos, se han estimado pérdidas por más de 30 mil millones de pesos. Por la intensa ocupación del territorio este río ha sufrido numerosas intervenciones antrópicas, siendo la más importante la obra de canalización y desvío de su cauce entre los años 1958 y 1961, cambiando por completo su patrón de drenaje. Sobre la base de los registros obtenidos, se puede constatar un aumento significativo en la magnitud de los últimos eventos, y pese a esto, se ha visto que se siguen ocupando terrenos alrededor del río, aumentando la exposición de sus habitantes, lo que da cuenta de una limitada gestión territorial. En la parte media del valle de este río, se han generado numerosas remociones en masa, ampliando su rango de magnitud, intensidad y tipo. Los procesos involucrados en la amenaza están dados por remociones que se depositan en el cauce del río y cuyo material, ante lluvias intensas, es transportado por el afluente lo que da lugar a los aluviones que desbordan en los puentes de la ciudad. Dicho esto, en este trabajo se expone: i) el contraste entre la expansión urbana de Punta Arenas y la morfología del río, ii) un registro de los aluviones constatados y, iii) una zonificación del peligro de alcance ante flujos del río en el área urbana de la ciudad.

REMOCIONES EN MASA EN EL GRAN CONCEPCIÓN: IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE LADERA PARA UNA ESCALA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Natalia Sepúlveda Díaz ^(1.), Abisag Ortega ^(2.), Francisco Castro ^(2.), Tomás Sepúlveda ^(3.), Ricardo Velásquez ^(1.)

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Oficina regional del Biobío, San Martín 1295, Concepción, Chile. E-mail: natalia.sepulveda@sernageomin.cl.

(2) Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra, Concepción-Biobío, Chile.

(3) I. Municipalidad de Lebu. Secretaría comunal de Planificación. Lebu-Biobío, Chile.

El Gran Concepción es un área metropolitana de Chile ubicada en la región del Biobío que consta de 12 comunas, considerándose el segundo centro urbano del país, luego de Santiago de Chile. Esta área se caracteriza por tener antecedentes de remociones en masa, las cuales han sido detonadas tanto por movimientos cosísmicos, como precipitaciones intensas. Las unidades geológicas del Gran Concepción comprenden a rocas metamórficas e intrusivas de edad paleozoica, ubicadas en el flanco oriental de la cordillera de la costa, dispuestas bajo unidades de rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas. Éstas últimas pueden ser identificadas en el área occidental de la forma de cerros islas y/o plataformas de erosión afectadas por fallas generadas por una tectónica de bloques. En gran parte de las rocas expuestas se han desarrollado potentes suelos con espesores de 2 a 10 m. Para la zonificación de amenaza se ha cartografiado mediante imágenes satelitales rasgos morfológicos sumado a la búsqueda de antecedentes bibliográficos y/o históricos, permitiendo obtener información para el análisis de estabilidad detallado en todas las laderas presentes dentro del área urbana del Gran Concepción. En el área de Concepción, Talcahuano, Hualpén y Chiguayante se identificaron 390 puntos de remociones en masa de tipo deslizamiento, caídas y flujos. Según la información extraída en la fotointerpretación, los deslizamientos corresponden a los más abundantes y se distribuyen en rocas graníticas paleozoicas pertenecientes al Batolito Costero, seguidos por rocas sedimentarias Cretácico-Paleógena como Formación Curanilahue, Cosmito y Quiriquina. El Basamento metamórfico se encuentra alterado y muy fracturado afectando a esquistos micáceos y pizarras. En este trabajo se buscará la relación entre las unidades geológicas con los tipos de remociones en masa, validado en el campo y mediante antecedentes bibliográficos. Un factor adicional que promueve la generación de remociones en masa es la elevada concentración de arcillas, a partir de la desintegración de feldespatos. Esta condición permite la generación de una matriz que en conjunto con precipitaciones intensas favorece el movimiento del depósito y la generación de flujos. Un ejemplo de ello son los eventos de 2005 y 2006. La contribución de este trabajo permitirá hacer una identificación de las zonas críticas, esperando que las autoridades locales conozcan el estado de los terrenos y lograr incluirlas como zonas de restricción en todos los instrumentos de planificación territorial.

SUSCEPTIBILIDAD DE REMOCIONES EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO COPIAPÓ

Javier Fernández H.⁽¹⁾ y Leonardo D. Espinoza C.⁽²⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile. E-mail: javier.fernandez@sernageomin.cl

(2) Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile.

La cuenca del río Copiapó en la región de Atacama ha sido escenario de diversos eventos de remoción en masa a lo largo de su historia. Particularmente los que han generado mayores daños corresponden a los de tipo flujo, de los cuales se tiene un registro de al menos 61 eventos desde 1655 a la fecha. Por otra parte los procesos de laderas (caídas, deslizamientos y volcamiento) si bien son habituales, sus efectos son locales y rara vez registrados.

El presente trabajo, se enmarca dentro de los productos cartográficos y estudios elaborados por SERNAGEOMIN en materia de peligros geológicos. Particularmente en este se evalúa la susceptibilidad de degeneración y alcance para flujos y procesos de ladera para el área que abarca la cuenca del río Copiapó. Es decir, el grado de posibilidad de que una remoción en masa ocurra y afecte un territorio, sin considerar la magnitud ni la probabilidad de ocurrencia de la misma. Ambos tipos de análisis fueron abordados de forma paralela e independiente, siguiendo los mismos pasos, pero desde una perspectiva propia, de acuerdo con el tipo de proceso evaluado.

La metodología se sustenta en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), aplicado a los factores condicionantes identificados, a partir de los cuales se obtuvieron las zonas susceptibles a generar remociones en masa. Posteriormente mediante la herramienta proceso de ruta gravitacional de SAGA, se modelaron las zonas susceptibles a ser alcanzadas por remociones en masa. De esta manera se genera un mapa, escala 1:100.000 de susceptibilidad de remociones en masa para toda la cuenca del río Copiapó, el cual fue validado con trabajos de campo.

EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIONES EN ÁREAS URBANAS: ESTUDIO DE CASOS EN VIÑA DEL MAR, CASABLANCA Y COYHAIQUE.

Eleonora Muñoz Morales ⁽¹⁾

(1) Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia. Camino Coyhaique Alto, Km. 4. Coyhaique, Chile. E-mail:eleonora.munoz@uach.cl.

Se presentan tres casos de evaluación de susceptibilidad por remociones en masa basándose en las metodologías propuestas por Lara (2007) y Sepúlveda (1998), ajustadas para áreas urbanas por Muñoz (2013) aplicada en sectores de las comunas de Viña del Mar y Casablanca (en la V región) y Coyhaique (XI región). La metodología se basa en la determinación de un índice de susceptibilidad (IS) a partir de la sumade puntajes y ponderación de distintos factores condicionantes. La metodología utilizada asigna un valor como ponderador para cada factor condicionante. Dentro de los condicionantes considerados se incluyeron aspectos geomorfológicos, tales como la pendiente de la ladera, altura y la forma que presenta; aspectos geológicos y geotécnicos, como la calidad geotécnica del macizo y cercanía a una falla mayor. Un tercer condicionante evaluado es la intervención antrópica, la cual adquiere mayor importancia en áreas urbanas. La presencia de obras de ingenierías robustas y bien proyectadas en laderas, puede reducir el valor de IS. Otros factores condicionantes evaluados son el clima, la vegetación y evidencias o antecedentes de remociones en masa anteriores declaradas en la ladera, los cuales se ajustaron en función de las condiciones y características particulares de cada área urbana estudiada. Los tipos de remociones evaluadas fueron caídas de roca, flujos, deslizamientos superficiales de suelo, deslizamientos traslacionales de roca y deslizamientos rotacionales de suelo o roca blanda. La aplicación de la metodología desarrollada, sugiere la división del área de estudio en unidades de análisis definidas a partir de criterios geológicos – geotécnicos, geomorfológicos y urbanos (como calles y componentes urbanos que podrían influir en el comportamiento de las remociones en masa). La escala de trabajo varió de 1:5.000 a 1:15.000 dependiendo del caso.

Los resultados en cada caso permiten identificar zonas susceptibles a remociones en masa a escala urbana, en ocasiones con bajos volúmenes involucrados pero que en su ocurrencia tienen alto impacto en la dinámica de las ciudades. Como resultados se presentan mapas de susceptibilidad para los distintos tipos de remociones en masa evaluadas en 5 sectores urbanos de Viña del Mar a escala 1:5.000; mapas de susceptibilidad para 9 localidades urbanas de la comuna de Casablanca a escala 1:5.000, a partir de los cuales se definieron áreas de riesgos en el contexto de Plan Regulador Comunal y mapas de susceptibilidad para la ciudad de Coyhaique a escala 1:15.000.

La discusión se centra en la utilidad de la metodología para estudios a escala urbana y de planificación territorial.

EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE ALUVIONES MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES APLICADAS A LA CUENCA DEL ESTERO SAN ALFONSO, SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE

Vicente E. Rojas ⁽¹⁾

(1) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Ingeniería y Tecnología, Universidad Mayor, Av. Manuel Montt 367, Santiago, Chile. E-mail: Vicente.rojasc@mayor.cl

Las remociones en masa son procesos geodinámicos y climáticos que, con reiterada periodicidad, provocan pérdidas humanas, daños económicos y sociales. Por tales motivos, el estudio de la peligrosidad de las amenazas naturales y sus posibles consecuencias, en conjunto con el análisis de vulnerabilidad y exposición, son la base para gestionar el riesgo y su mitigación.

Los estudios de peligrosidad se realizan principalmente con base en análisis cualitativos, los cuales se encuentran condicionados por el criterio técnico y la experiencia del profesional a cargo, de modo que, frente a una misma realidad, el resultado del análisis puede variar. Sumado a lo anterior, el aumento en la frecuencia de ocurrencia de estos eventos, urge la necesidad de optimizar la obtención de análisis de susceptibilidad, lo que se puede conseguir mediante la aplicación de una metodología cuantitativa como las Redes Neuronales Artificiales (RNA) la cual permitiría determinar los pesos de los factores condicionantes para realizar análisis de susceptibilidad para remociones en masa particulares de cualquier zona de estudio, disminuyendo así el sesgo y error humano.

Para este proyecto fue seleccionada la cuenca del estero San Alfonso en San José de Maipo debido a: (I) FACTOR HUMANO, los últimos años el Cajón del Maipo ha tenido dos cambios importantes, uno es su crecimiento demográfico, lo que significa un alza en la cantidad de personas expuestas a las amenazas naturales, y el otro es el cambio climático el cual ha producido un aumento en la frecuencia con que ocurren los fenómenos aluvionales, (II) GRADO DE CONOCIMIENTO, el Cajón del Maipo en general y en específico la cuenca del estero San Alfonso han sido estudiados y caracterizados en detalle, por varios autores, por lo que se cuenta con un gran registro geológico y de alta calidad, lo que permite validar de mejor forma los resultados, (III) REPLICABILIDAD, la posibilidad de que los resultados sean reproducibles en el resto de cuencas de Chile central debido a la similitud de condiciones geomorfológicas entre ellas.

Tras el desarrollo de este proyecto se espera poder generar un mapa de susceptibilidad de zonas de arranque de aluviones para la cuenca del estero San Alfonso el cual será comparado con los mapas realizados por SERNAGEOMIN, CIGIDEN y Muñoz (2018), con el fin de poder validar los resultados y el correcto funcionamiento de las RNA. Una vez finalizado el estudio se espera, en una siguiente fase, poder replicar la metodología en otras cuencas de Chile central con el fin de generar una guía de uso para esta metodología la cual facilitaría la realización de análisis de susceptibilidad y podría significar una optimización de tiempo y recursos para los estudios de peligro y riesgo en Chile central.

FLUJO DE DETRITOS EN LA CIUDAD DE TOCOPILLA, EFECTO DE MITIGACIÓN DE LOS ESTANQUES DE DECANTACIÓN ALUVIONAL

Lukas Denis-Lay⁽¹⁾ y Mario E. Pereira⁽¹⁾

(1) Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Av. Angamos 0610, Antofagasta, Chile. lukas.denislay@alumnos.ucn.cl

Los Flujos de Detritos (FD) que ocurren en la Cordillera de la Costa son escasos, sin embargo, tienen un gran impacto en la población situada al pie del escarpe costero, como, por ejemplo, la ciudad de Tocopilla, ubicada en el borde oeste del Desierto de Atacama. El último evento de FD ocurrido en Tocopilla el 09 de agosto de 2015, ocasionó 5 muertos, 3 desaparecidos, 5.000 personas damnificadas, 190 personas albergadas, 1000 viviendas con daños menores, 150 viviendas con daños mayores y 100 casas destruidas. Este trabajo tiene el propósito de estimar el efecto de los estanques aluvionales en la reducción de los daños ocasionados por un FD, en referencia a viviendas destruidas. Se consideró un análisis morfométrico, una modelación numérica y un análisis de la exposición y vulnerabilidad, del riesgo aluvional. El análisis morfométrico corresponde a la variante cuantitativa que analiza la forma, el relieve y los patrones de drenaje de una cuenca, que determinan la velocidad y caudal, entre otros parámetros y así, el comportamiento de los FD; se recurrió al software QGIS v.3.16.8 Desktop que contiene la aplicación GRASS GIS v.7.8.5 y SAGA GIS v.7.8.2.

La modelación numérica se realizó sobre el último evento ocurrido en agosto del 2015; se utilizó el software RAMMS: DEBRISFLOW v.1.7.0. que necesita una serie de datos tales como: información topográfica, densidad del flujo, el área de liberación o hidrograma, parámetros de fricción del flujo (μ y ξ) y los parámetros de erosión.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la simulación numérica mediante el software RAMMS, se analizó la exposición y la vulnerabilidad, con relación a las cuencas Barriles y Tres Puntas, haciendo uso del software QGIS, se accedió a información georreferenciada de la cantidad de habitantes por vivienda por cuadra, infraestructura crítica, calidad de la construcción de las viviendas por cuadra. Mediante las herramientas de QGIS, se analizan las viviendas, cantidad de habitantes y la infraestructura crítica, afectadas por el evento aluvional modelado en cada cuenca. Para la vulnerabilidad se procedió con las mismas herramientas de QGIS. Sin embargo, se considera la calidad de la construcción y las magnitudes de las características de los FD, es decir, si la construcción está hecha de hormigón, madera o adobe y cuál es la altura, fuerza y velocidad máxima del FD. Así, se pueden estimar los daños potenciales para cada vivienda. La comparación entre los daños reales como consecuencia de los aluviones de agosto de 2015, (sin estanques aluvionales) con los daños estimados a partir de la simulación de este trabajo (con estanques aluvionales) permite estimar una disminución de 35% de las viviendas destruidas, como efecto de los estanques aluvionales; respecto de las otras componentes de afectación, los datos no son comparables.

HACIA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE REMOCIONES GENERADAS POR LLUVIA EN LOS ANDES DEL SUR

Ivo J. Fustos-Toribio⁽¹⁾, Daniel Vasquez^(1,2), Nataly Manque⁽³⁾, Gonzalo Maragaño, Pierre-Yves Descote⁽⁴⁾ y Luis Felipe Robledo⁽⁴⁾

(1) Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad de La Frontera, Francisco Salazar 1145, Temuco, Chile. E-mail:ivo.fustos@ufrontera.cl.

(2) Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de La Frontera, Francisco Salazar 1145, Temuco, Chile.

(3) Universidad Adolfo Ibáñez, Diag. Las Torres 2640, Santiago, Chile.

(4) Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello, República 239, Santiago, Chile.

Los sistemas de alerta temprana ante deslizamientos de tierra inducidos por lluvia (RILEWS por sus siglas en inglés) son herramientas fundamentales para reducir/mitigar los daños económicos y sociales en un área determinada. A pesar de esta necesidad crítica, los Andes del Sur aún no cuentan con un sistema a escala operativa para apoyar a los tomadores de decisiones. El presente trabajo busca evaluar la factibilidad técnica para implementar un RILEWS a partir de datos públicamente disponibles junto con sistemas de modelización atmosférica en los Andes del Sur entre los 40°S a 42.5°S. Debido a la limitada cantidad de datos de remociones con fecha, se propone utilizar un enfoque estocástico mediante una variación de modelos logísticos. Los modelos fueron forzados por simulaciones de precipitación con corrección de sesgo condiciones geomorfológicas (pendientes). Se evaluó la precipitación utilizando el modelo Weather and Research Forecast (WRF) en una escala horaria en zonas sin información horaria a una resolución espacial de 1 Km entre los años 2014-2019. La precipitación se corrigió utilizando enfoques de corrección de sesgo con datos diarios de 12 estaciones meteorológicas. Luego se calibraron cuatro modelos logísticos y probabilísticos usando distribuciones Logit y Probit. El proceso de validación fue realizado mediante un análisis de curvas Receiver Operating Characteristic (ROC). Los principales resultados destacan que la distribución espacial de la precipitación no es capturada adecuadamente por el modelo WRF, lo que requiere una corrección de sesgo permanente para capturar su variabilidad espacial (principalmente asociado a la topografía). En este sentido, el método PP_M4a permite reducir la incertidumbre de la precipitación, entregando bajos valores de MAE y RMSE. Campos de precipitación espacial y temporalmente corregidos fueron forzados en los modelos logísticos con excelentes resultados para ser implementados como RILEWS. Finalmente, el RILEWS tuvo una alta capacidad de predicción con un AUC de 0.80 usando datos de precipitación diaria y pendiente. De lo anterior, se propone que la metodología desarrollada podría ser utilizada a nivel operativo en los Andes del Sur.

REMOCIÓN EN MASA RUTA 7 (BAHÍA MURTA, OCTUBRE 2021) Y SU RELACIÓN CON DESENCADENANTES HIDROMETEOROLÓGICOS DE TIPO RÍO ATMOSFÉRICO

Eleonora Muñoz Morales ⁽¹⁾ y Bernardo de Jesús Guajardo Avendaño ⁽²⁾

(1) Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia. Camino Coyhaique Alto, Km. 4. Coyhaique, Chile. E-mail: eleonora.munoz@uach.cl.

(2) Universidad de Oviedo, Oviedo, España, E-mail: UO287144@uniovi.es.

El 21 y 23 de octubre del año 2021, el Laboratorio Eco-Climático CIEP-UACH emitió alertas meteorológicas para la región de Aysén relacionadas con el paso de un río atmosférico categoría 4 entre los días 24 al 26 del mismo mes, con precipitaciones abundantes acumuladas y máximos esperados de hasta 80 a 100mm/24horas en zonas adyacentes al Parque Nacional Laguna San Rafael, entre los que se destaca el poblado de Bahía Murta, y anunciando la posibilidad que ocurrieran crecidas de ríos, aluviones, deslizamientos y cortes de ruta. A partir del acertado pronóstico, el día 26 de octubre se desencadenó una serie de remociones en masa en los alrededores de Bahía Murta. La mayor de ellas afectó la Ruta 7, vía principal de conexión de la región de Aysén, que sufrió un corte total a 4 km al norte del poblado producto de una remoción en masa de 370 metros de largo y que movilizó aproximadamente 1500 toneladas de lodo, vegetación, troncos de árboles y material rocoso. La remoción se generó en la ladera oeste del río Murta, cuyo amplio valle de origen glacial se encuentra rodeado por cadenas montañosas de la Cordillera Andina Patagónica con alturas que superan los 1000 metros e inclinadas laderas compuestas por rocas intrusivas cristalinas del Batolito Norpatagónico, de buena calidad geotécnica y que además están cubiertas por una cobertura variable de suelos y densa vegetación. Antecedentes de terreno permitieron identificar de manera preliminar que las remociones en masa desencadenadas con el evento meteorológico de octubre del 2021 son de tipo flujos (canalizados y no canalizados), que son eventos muy rápidos y en los que influye la saturación en los suelos por efectos de las precipitaciones, en este caso asociadas al paso y categoría del río atmosférico. Dadas las características geológicas y geomorfológicas del sector, eventos de este tipo podrían repetirse en muchos otros lugares con características similares. Para el evento de mayor magnitud que cortó la Ruta 7, si bien el desencadenante tiene directa relación con la saturación de los suelos por el evento hidrometeorológico, se pudo visualizar la influencia adicional asociada al trazado del camino, a la reducción de la plataforma por menor distancia de un meandro del río y, una geometría cóncava de la ladera en una curva de la ruta. El estudio conjunto de los detonantes y de zonas más susceptibles permitiría reducir el impacto de estos eventos.

REMOCIONES EN MASA TIPO FLUJO OCURRIDAS ENTRE EL 29 Y 31 DE ENERO DE 2021 EN LA COMUNA DE SAN JOSÉ DE MAIPO, CHILE

Antonio Muñoz ⁽¹⁾, Monica Marin⁽¹⁾, Javier Fernández⁽¹⁾, Natalia Sepúlveda⁽¹⁾, Valeska Farías⁽¹⁾, Leonardo Espinoza⁽¹⁾, Alejandro Alfaro⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. E-mail: antonio.munoz@sernageomin.cl.

A raíz del río atmosférico que se desarrolló entre el 29 y 31 de enero de 2021, ocurrieron diversos eventos de remociones en masa en la comuna de San José de Maipo, principalmente de tipo flujo (detríticos e hiperconcentrados). Los lugares donde los flujos tuvieron un mayor impacto son la población Victoria y el cerro Divisadero en el pueblo de San José de Maipo y las localidades de El Melocotón, San Alfonso, El Volcán y La Mercedita. En este trabajo se sintetiza la información levantada en estos sectores por profesionales del Sernageomin durante las campañas de terreno post-evento. Los resultados expuestos se centran en la descripción y delimitación de las áreas afectadas por las remociones en masa tipo flujo, mediante actividades complementarias entre las observaciones *in-situ* con productos fotogramétricos realizados con UAV (vehículo aéreo no tripulado). Asimismo, basado en la información anterior, se proponen áreas para el emplazamiento de campamentos de emergencia temporales con el objetivo de disponer de zonas que puedan ser consideradas para este propósito, en tanto se regularice la situación de habitabilidad y condiciones básicas durante la etapa de reconstrucción.

INFLUENCIA DE LA DESGLACIACIÓN EN GRANDES DESLIZAMIENTOS DE ROCA EN LOS ANDES DE CHILE CENTRAL Y PATAGONIA

Sergio A. Sepúlveda^(1,2,3), Felipe Ochoa⁽⁴⁾, Marisol Lara⁽²⁾, Shantal Palma⁽⁴⁾, Christian Tobar⁽²⁾ y Karla Burgos⁽⁴⁾

(1) Department of Earth Sciences, Simon Fraser University. 8888 University Drive, Burnaby, BC, Canada. E-mail: ssepulve@sfu.ca.

(2) Departamento de Geología, FCFM, Universidad de Chile. Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.

(3) Instituto de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de O'Higgins. Alameda 611, Rancagua, Chile.

(4) Departamento de Ingeniería Civil, FCFM, Universidad de Chile. Blanco Encalada 2002, Santiago, Chile.

Las mayores tasas de desglaciación en zona de altas montaña son características del proceso de cambio climático en las últimas décadas. El retroceso acelerado de glaciares se suma a la evolución previa de estos, dejando expuestas laderas de roca de alta pendiente y gran altura. En los últimos años se han presentado varios casos de grandes deslizamientos de roca en zonas cordilleranas afectas a desglaciación en diversas regiones del mundo como los Andes o la costa oeste de Canadá, los que tienden a evolucionar a avalanchas de roca y/o flujos de detritos altamente destructivos. En este trabajo se sintetizan estudios realizados en Chile central y los Andes Patagónicos, en que se investiga a través de análisis de terreno y modelamiento numérico el efecto de la descarga glacial en el estado tensional de las laderas y su posible influencia en la generación de daño en el macizo rocoso y falla progresiva, como factor preparatorio del deslizamiento. Se analizan los casos del deslizamiento del estero Parraguirre en 1987 en el valle del río Colorado, cuenca del río Maipo, y del deslizamiento en el estero Burritos que afectó la localidad de Villa Santa Lucía en la provincia de Palena en 2017. Ambos casos coinciden con la presencia de un glaciar en retroceso y la generación de un flujo de detritos con consecuencias catastróficas, aunque difieren en los factores desencadenantes de la remoción en masa. Los modelos 2D y 3D muestran cómo los procesos de carga y descarga glacial modifican los esfuerzos de cizalle en la superficie de las laderas, activan fallas en corte en las discontinuidades, así como la generación de grietas de tracción en la parte superior, y facilitan el desarrollo de una falla progresiva que deja la ladera en condiciones metaestables, pudiendo generarse el deslizamiento ante la acción de lluvias intensas, infiltración de agua por derretimiento de nieve o acción sísmica. El reconocimiento de estos factores preparatorios ligados a la desglaciación permitirá avanzar en investigaciones orientadas a la identificación de zonas potencialmente inestables en valles afectados por el retroceso glacial, aportando a la elaboración de mapas de peligro y medidas preventivas para la reducción de desastres en zonas cordilleranas.

Este trabajo fue financiado por proyecto ANID-Fondecyt 1201360 y Simon Fraser University Faculty Recruitment Grant.

DESLIZAMIENTOS EN BLOQUES CON CONTROL ESTRUCTURAL EN EL CERRO LA CRUZ, COMUNA DE LEBU, BIOBÍO

Natalia Sepúlveda Díaz ⁽¹⁾, Tomás Sepúlveda ^(2,3), Luis Astudillo ⁽⁴⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Oficina regional del Biobío, San Martín 1295, Concepción, Chile. E-mail: natalia.sepulveda@sernageomin.cl.

(2) Universidad de Concepción, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Concepción-Biobío, Chile.

(3) I. Municipalidad de Lebu. Secretaría comunal de Planificación. Lebu-Biobío, Chile.

(4) Millennium Nucleus The Seismic Cycle Along Subduction Zones (CYCLO), Valdivia, Chile.

En el Cerro La Cruz de Lebu, ubicado al sur de la comuna, un deslizamiento en bloque fue documentado el 03 de abril de 2022 a las 21:00 horas aproximadamente, provocando daños a viviendas, cortes de luz, la caída de un árbol y el bloqueo de la ruta de acceso. Los volúmenes de suelo y roca movilizados comprenden bloques de tamaños métricos en conjunto con una matriz de suelo y fragmentos de areniscas grises y arcillolita fina. En el plano de deslizamiento, se identifican fracturas que dan cuenta de una zona de falla, evidenciado por una trituración y alteración de la roca del talud. Dicha falla desplaza un nivel de areniscas finas y areniscas gruesas (Dip / Dip Direction: 68/189), en conjunto con múltiples fracturas asociadas. Como antecedente, durante el terremoto del 27 de febrero de 2010 se verificó la existencia de un juego de grietas de orientación aproximada E-W, las cuales exhibían aberturas máximas de entre 6 y 10 cm. Este juego de grietas se prolongó hacia el oeste ca. 100 m lo que provocó deformaciones y daños leves, sin afectaren forma significativa las viviendas cercanas. A partir de un modelo ALOS PALSAR (res. 12,5 m) se estimó que la zona de estudio presenta una pendiente entre 22.1-35° y sobre el deslizamiento, laderas con pendientes de hasta 15°, lo que se interpreta como una disminución de la pendiente debido al relleno coluvial. El escarpe identificado posee una orientación ca. N70W que separa dos superficies de baja pendiente y rugosidad, desarrolladas a ca. 180-200 m s.n.m. y ca 20 m s.n.m. Este escarpe se encuentra interrumpido por drenajes de primer orden, sin embargo es posible reconocerlo a lo largo del borde sur de la localidad de Lebu, así como aguas arriba del valle del río homónimo. Adicionalmente, cambios en el patrón de las redes de drenajes desarrolladas hacia el Este sugieren que este escarpe podría presentar una extensión de ca. 30 km. En dos perfiles topográficos realizados de manera perpendicular a este escarpe se observan quiebres en la pendiente, sugiriendo que el desarrollo de este fue progresivo en el tiempo. Por último, se identificó una terraza de menor extensión a ca. 120-140 m s.n.m. donde se ubica el mirador del Cerro La Cruz. Este hallazgo podría ser consecuencia de un importante efecto de factores geológicos y estructurales de carácter regional que no se tenían en consideración y cuya evaluación puede favorecer la seguridad de los habitantes de la localidad, así como mejorar la planificación urbana y la comprensión de dichos fenómenos.

REMOCIONES EN MASA EN LAS LADERAS DEL LAGO CALAFQUÉN, COMUNA DE PANGUIPULLI Y SU IMPACTO EN LAS RUTAS DE EVACUACIÓN DEL VN. VILLARRICA

Felipe Carrasco⁽¹⁾ y Paola Ramírez⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile. E-mail: felipe.carrasco@sernageomin.cl y ypaola.ramirez@sernageomin.cl.

Cerca de las 21:00 del 31 de mayo de 2021 y debido a las intensas precipitaciones, estimadas entorno a los 100 mm en 24 horas, varias remociones en masa descendieron por la ladera SO que bordea el lago Calafquén cortando temporalmente la ruta CH-201 que une las localidades de Coñaripe y Panguipulli. Un flujo de detritos y barro descendió más de un kilómetro hasta alcanzar el lago Calafquén, a su paso destruyó viviendas, dejó personas aisladas y cubrió con detritos, troncos y materia vegetal varios tramos de la ruta, algunas personas fueron rescatadas por bomberos que debieron cruzar por sobre la remoción activa; otras fueron rescatadas por vecinos vía lacustre mediante botes durante la tormenta. Varios equipos de emergencia lograron acceder debido a inundaciones de las rutas de acceso a Coñaripe.

La ladera, de más de 700 m de altura y que ha sido perfilada por la erosión glacial, está constituida principalmente por rocas volcánicas estratificadas del Pleistoceno inferior a medio que sobreyacen al batolito Futrono - Riñihue. Subordinadamente existen depósitos glaciogénicos del Pleistoceno, aluviales y volcánicos del Holoceno, a partir de los cuales se ha formado el suelo actual que alberga una densa cobertura vegetal. La pendiente de la ladera es en promedio de 35°, pero en varios tramos alcanza hasta los 80°. La ladera no había sido afectada por remociones en masa históricas, sin embargo, en el lugar existen numerosos depósitos de remociones en masa y en los mapas geológicos de SERNAGEOMIN se detallan los de mayor extensión.

La remoción en masa más importante se inició como un deslizamiento de suelo de unos 70 m de ancho en el tramo superior de la ladera, que luego de recorrer 700 m y perder energía, se transformó en un flujo de detritos encauzado por una quebrada hasta llegar al lago. Segundos después, parte del cuerpo y cola, con menor energía, se reencauzó por el estero que normalmente drena la ladera creando un segundo flujo paralelo que alcanzó el lago, ambos flujos aislaron a las familias en el interfluvio y causaron destrucción de infraestructura.

Durante una erupción del volcán Villarrica la ruta CH-201 corresponde a la principal vía de evacuación de la población de Coñaripe hacia la zona segura (Panguipulli). Por esta razón, la estabilidad y seguridad de la ruta son fundamentales, ante lo cual se requiere discutir de manera urgente la factibilidad de construir obras de mitigación para asegurar la conectividad en esta ruta, o bien, diseñar vías alternativas que permitan la evacuación efectiva.

Se propone para la evaluación social de proyectos viales dar prioridad a rutas de evacuación de zonas con alto peligro geológico, como Coñaripe, rutas que son claves para la supervivencia de las personas.

CATASTRO DE REMOCIONES EN MASA EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO, REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA

Enrique Opazo Castro ⁽¹⁾, Francisco Báez y Alejandro Alfaro ⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. E-mail: enrique.opazo@sernageomin.cl.

En este trabajo se elaboró un robusto catastro de remociones en masa en el área que comprende a la provincia de Tierra del Fuego de la región de Magallanes y Antártica Chilena, desde el límite con el Estrecho de Magallanes al norte y al oeste, con la provincia Antártica al sur y con la República de Argentina al este. Esta zona presenta territorios de relieve escarpado y valles glaciares de la cordillera de Darwin, morfoestructuras regionales en las cuales los procesos erosivos y de remociones en masa son activos. Además, la región de Magallanes y Antártica Chilena, en específico la provincia de Tierra del Fuego presenta registros de procesos de remoción en masa que han sido asociados a deslizamientos de gran volumen.

Se zonificaron 5.510 eventos, distribuidos en 4.243 flujos, 761 deslizamientos, 397 deformaciones de ladera y 109 caídas de roca. La metodología utilizada corresponde a la de un catastro geomorfológico a una escala de 1:5.000, en el que la fotointerpretación de imágenes es la herramienta más utilizada, complementada con la recopilación de registros históricos de eventos de remoción en masa y el trabajo de campo. Los eventos inventariados pudieron caracterizarse mediante su área de afectación, identificando sectores críticos con mayor densidad de remociones en masa. La mayor parte de estos procesos se distribuye en las comunas de Porvenir y Timaukel en los sectores de Altos de Boquerón y la Cordillera Darwin, respectivamente. Además, existe una alta distribución a lo largo de la costa del Estrecho de Magallanes, en especial en Primera y Segunda Angostura, así como a lo largo de la costa de las bahías Inútil y Gente Grande y el seno Almirantazgo.

Finalmente, se hace presente la importancia de profundizar en el análisis y elaboración de catastros detallados de remociones en masa, puesto que son un instrumento relevante para comprender la evolución del paisaje y la base para evaluar la amenaza asociada a este tipo de procesos. Por otra parte, es una herramienta de comunicación muy efectiva y de fácil entendimiento, tanto para geocientistas como para un público objetivo que no sea experto.

EL ROL DE LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN CHILE

María Belén Araneda⁽¹⁾, Cristina Bonilla⁽²⁾, María José Mejías⁽³⁾, Pía de Los Ángeles Navarrete⁽⁴⁾, Paula Olea-Encina⁽⁵⁾

(1) Asociación de Geógrafas Feministas de Chile, Santiago, Chile, mbaraneda@uc.cl

(2) Asociación de Geógrafas Feministas de Chile, Quilpué, Chile, bonilla.araya.cristina@gmail.com

(3) Asociación de Geógrafas Feministas de Chile, Santiago, Chile, mjmejias@uc.cl

(4) Asociación de Geógrafas Feministas de Chile, Santiago, Chile, pia.navarrete@ug.uchile.cl

(5) Asociación de Geógrafas Feministas de Chile, Santiago, Chile, piolea@gmail.com

El riesgo de desastres en Chile no se ve representado en la planificación territorial, ni desde los instrumentos de planificación territorial ni desde la labor de las autoridades competentes. El o los riesgos de desastres se ven desde una mirada mayoritariamente reactiva debido a varios factores, entre ellos la falta de recursos humanos y monetarios que se destinan a la prevención y mitigación de estos. Producto de la descoordinación institucional, la sociedad civil invisibiliza el riesgo por falta de educación y falta del traspaso de la información esencial, sumado a los tecnicismos que implican estos eventos, y por otro lado, las autoridades y los instrumentos o herramientas que se utilizan para su mitigación no siempre consideran el saber local y terminan invisibilizando también el riesgo. Es decir, existe una ruptura técnica entre los involucrados. Actualmente en Chile no se planifica desde una mirada integral y sinérgica los peligros ni menos el riesgo, solo son considerados algunas amenazas naturales en las zonificaciones dentro de los instrumentos de planificación territorial (IPT), ni integrar el riesgo a través de la multiplicación entre la vulnerabilidad (social), la amenaza (natural y/o social) y la exposición, mencionando también que existe una desigualdad entre la planificación urbana y rural. Además de la desconexión territorial del riesgo, existe una desconexión entre los organismos o instituciones encargadas de su gestión, provocando una mala comunicación y pérdida de información a la hora de tomar decisiones. El comportamiento de las comunidades ante la crisis y su capacidad de resiliencia va a depender de la gestión integrada de desastres. Por lo que es importante cuestionarnos: ¿Qué instituciones son las encargadas de ver el riesgo en Chile?

¿Qué instituciones tienen actualmente las capacidades de evaluar el riesgo en Chile? ¿Qué profesiones son necesarias para evaluar el riesgo? ¿Qué tipo de elementos se deben considerar para analizar el riesgo?

¿Cuál es la escala adecuada para analizar el riesgo? A través de un mapa de actores se dará a conocer cómo funciona la gestión del riesgo a través de las autoridades y cómo se ve reflejado en los IPT a nivel nacional, regional y local, para dar a conocer los problemas que enfrenta Chile y poder discutir soluciones desde una mirada territorial e integrada de la gestión del riesgo, valorizando las representaciones colectivas.

LOTEOS MASIVOS Y PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SUR DE CHILE, ESCASEZ DE UN ORDENAMIENTO TERRITORIAL ADECUADO

Paola Ramírez⁽¹⁾, Cristina Branttt⁽¹⁾ y Felipe Carrasco⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile. E-mail: paola.ramirez@sernageomin.cl; cristina.branttt@sernageomin.cl y felipe.carrasco@sernageomin.cl.

La creciente demanda y oferta de parcelaciones en sectores rurales a nivel nacional, principalmente en las regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén, ha provocado la urbanización explosiva y no planificada de muchos lugares, perjudicando el rol del estado relacionado a la ocupación estratégica y armónica del territorio, generando una serie de impactos: Fragmentación de ecosistemas, contaminación de aguas, estrés hídrico, erosión de suelo, deforestación, transformación de modos de vida de las comunidades, pérdida de biodiversidad y de suelos de alta productividad agrícola.

Muchas parcelaciones conllevan la ocupación de sectores no aptos para la construcción en zonas expuestas al peligro geológico, en otros casos, las obras de urbanización realizadas propician estos procesos, yendo en contra de las políticas públicas de reducción del riesgo de desastres. Muchos de estos lugares al no estar identificados en Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) actualizados, no pueden ser visibilizados y abordados preventivamente. Solamente en 5 regiones del país existen planos reguladores vigentes que incluyen la condición de peligro por remociones en masa, en las otras regiones esta falta de información provoca desconocimiento e irresponsabilidad en el proceso de compra y venta de lugares expuestos al peligro geológico.

Actualmente según el IPT correspondiente, se admite bajo ciertas condiciones la construcción en terrenos que corresponden a zonas susceptibles a ser afectadas por peligros geológicos. La legislación vigente (Art.2.1.17 OGUC) indica que, para regularizar un proyecto habitacional en áreas de peligro, un profesional especialista debe elaborar un informe que debe ser aprobado por el organismo competente. Este informe visado permite a la Dirección de Obras Municipales autorizar el proyecto y su construcción. En estos casos, existe una responsabilidad del estado y un conocimiento de los propietarios acerca de la condición de peligro geológico del predio, lo que permite generar medidas preventivas adecuadas.

SERNAGEOMIN recibió solicitudes de apoyo técnico por parte de las instituciones públicas con competencia en la aprobación de subdivisión de suelos, en las comunas de Valdivia y Puerto Varas. Durante el acompañamiento de estos procesos de fiscalización, se revisaron las parcelaciones y se constató su emplazamiento en zonas de alto peligro de remociones en masa, la desestabilización de laderas provocada por las excavaciones y rellenos para terraplenes, y la perforación de pozos para extracción de aguas subterráneas en desconocimiento de las características y capacidad de recarga de los acuíferos. Estos son solo algunos de los efectos de estas parcelaciones que atentan directamente con la conservación y sustentabilidad de los ecosistemas, en perjuicio de los habitantes de estas comunas. Estos terrenos subdivididos con una previa planificación del uso del territorio podrían resultar estratégicos para la resiliencia y adaptación en un contexto de cambio climático. Se hace urgente visibilizar esta problemática y mejorar los actuales IPT en estas regiones.

APOYO TÉCNICO DE SERNAGEOMIN EN EMERGENCIAS POR REMOCIONES EN MASA

Mónica Marín⁽¹⁾ y Antonio Muñoz Muñoz ⁽¹⁾

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. E-mail: monica.marin@sernageomin.cl

La Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030 publicada en el Diario Oficial de Chile el 22 de septiembre de 2020 destaca que, por sus características geográficas y geológicas, el territorio chileno está expuesto a diversas amenazas de origen natural, tales como: terremotos, tsunamis, marejadas, erupciones volcánicas y eventos hidrometeorológicos extremos que provocan a su vez inundaciones y remociones en masa. En este sentido el Sernageomin es el organismo técnico del Estado de Chile, encargado de apoyar asistencias técnicas a solicitud de autoridades nacionales, regionales y comunales en materias de peligros geológicos, tales como de origen volcánico y asociados a remociones en masa, entre otros. Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se abordan diferentes aspectos técnicos relacionados con la atención de la emergencia con miras en la gestión del riesgo de desastres por eventos de remociones en masa, principalmente de tipo flujo.

Sobre la base del trabajo elaborado por el Sernageomin durante las emergencias de los últimos 12 años, se presentan los casos del terremoto del Maule 2010 y los aluviones de Copiapó 2015, San José de Maipo 2017 y 2021 y Arica 2019, con el objetivo de mostrar cómo los insumos elaborados por profesionales del Departamento de Geología Aplicada, han contribuido en la toma de decisiones importantes por parte de autoridades locales y Onemi (Oficina Nacional de Emergencia) al momento de la evacuación o la priorización de zonas para estudios más detallados.

MESA DE TRABAJO EN REMOCIONES EN MASA EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS: COLABORACIÓN MULTISECTORIAL PARA LA ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO

Alejandra Serey⁽¹⁾, Tania Villaseñor⁽¹⁾, Josefina López⁽²⁾, Lucas Ruminot⁽³⁾, Rafael Gutiérrez⁽⁴⁾, Sebastián Flores⁽⁵⁾,
Francisco Rojas⁽⁴⁾

(1) Instituto de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de O'Higgins, Libertador Bernardo O'Higgins 611, Rancagua, Chile. Alejandra.serey@uoh.cl.

(2) Dirección Regional de O'Higgins, ONEMI, Pedro de Valdivia 150, Rancagua, Chile.

(3) Departamento Desarrollo Urbano. SEREMI de Vivienda y Urbanismo O'Higgins, Libertador Bernardo O'Higgins 176, Rancagua, Chile.

(4) Unidad de Fiscalización y Medio Ambiente, DGA-MOP, Cuevas 530, Rancagua, Chile.

(5) División de planificación y Desarrollo, GORE, Cuevas 450, Rancagua, Chile.

Las remociones en masa son un importante proceso de formación del paisaje, proporcionando el principal mecanismo para la liberación de sedimentos de las laderas. Al hacerlo, las remociones en masa pueden afectar directamente a los humanos. Desafortunadamente, las fatalidades y pérdidas materiales causadas por remociones en masa se concentran en áreas vulnerables, donde las poblaciones más marginadas son las más propensas a experimentar los efectos negativos de las remociones en masa. Las tendencias climáticas actuales y las proyecciones futuras muestran, además del aumento de la temperatura, una disminución de las precipitaciones invernales, un aumento de la frecuencia de las inundaciones, un aumento de las precipitaciones estivales y un aumento de la torrencialidad de las tormentas. Todas estas condiciones ambientales están correlacionadas con la actividad de deslizamientos en Chile Central. El ejemplo más reciente, el 30 de enero de 2021, una lluvia intensa y de corta duración, acompañada de granizo, afectó el valle central de Chile, produciendo flujos de detritos que afectaron a las comunas de Malloa, San Vicente y Coinco, en la Región de O'Higgins. Según informes oficiales emitidos por la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), resultaron 200 personas damnificadas, cinco viviendas destruidas, 63 con daños importantes y otras 52 con daños menores. A raíz de este evento la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI) de la región de O'Higgins tomó la iniciativa de liderar la formación de una mesa de trabajo multidisciplinaria, constituida por entidades públicas con interés en remociones en masa como la ONEMI, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Dirección General de Aguas, Gobierno Regional, Servicio Nacional de Geología y Minería y la Universidad de O'Higgins. Desde que se conformó la mesa de trabajo en abril de 2021, en el marco del desarrollo del Plan Regional de Remociones en Masa, se plantearon las diferentes problemáticas que afronta la región y cómo multidisciplinariamente podemos dar soluciones a corto, mediano y largo plazo. El primer desafío que se planteó fue desarrollar una zonificación regional ante el peligro de remociones en masa y capacitar sobre este peligro a funcionarios(as) municipales de la región. Este trabajo se ha realizado con el apoyo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Geológica de la Universidad de O'Higgins, quienes a través de 3 prácticas profesionales y 2 memorias de título están aportando a los objetivos planteados por la mesa de trabajo, como la elaboración de insumos de información geológica, geomorfológica e hidrológica en miras de la elaboración de un mapa de susceptibilidad de flujos de detritos, el estudio geotécnico de rocas que afloran en la región y la elaboración de un manual de capacitación y capacitación en terreno. Los resultados preliminares motivan a la mesa a continuar con su trabajo.

SANTA CRUZ DE LA SIERRA –BOLIVIA: UN CASO DE ESTUDIO EN EL ANTROPOCENO

Faisal Sadud ⁽¹⁾

(1) *Fasad ingeniería y servicios Santa Cruz de la Sierra Bolivia, faisalsadud17@gmail.com*

ANTROPOCENO, terminología propuesta por Eugene F. Stoermer y Paul J. Crutzen – posteriormente conocida como geología de la humanidad – para denominar una nueva época geológica en la que la intervención humana ha superado a la acción de la naturaleza.

La acción antropogénica en Santa Cruz de la Sierra, ubicada al este de Bolivia, de topografía semi plana y asentada sobre una cubierta cuaternaria en espesas secuencias sedimentarias, se transformó en apenas 70 años desde una pequeña población de 40000 habitantes, sin un metro cuadrado de pavimento, sin agua potable, sin edificios de más de dos plantas, con gran parte de su transporte con tracción animal, en una urbe en la que viven de más de tres millones de personas. Se explotan ocho millones de metros cúbicos de agua subterránea por día y generan tres mil toneladas de basura diarias. Para construir esta nueva ciudad que actualmente ocupa veintiocho mil hectáreas de terreno, se han movido millones de metros cúbicos de suelo en excavación y relleno, se desviaron cursos de agua, se cambió el ciclo hidrológico anulando la infiltración y otras acciones netamente humana y no de la naturaleza.

Basados en análisis comparativo de datos geológicos, planos reguladores formulados por el municipio, fotografías aéreas y satelitales de diferentes épocas y datos de infraestructura; hemos elaborado mapas de acciones del antropoceno, actuante en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, destacando sitios especiales de peligro de afectación geológica y ecológica.

Utilizamos los mapas para instar a las autoridades municipales encargadas de la regulación urbana y a los foros ciudadanos que se realizan sobre la temática, a que deben contemplar los aspectos geológicos antropocénicos en sus fundamentos de planificación.