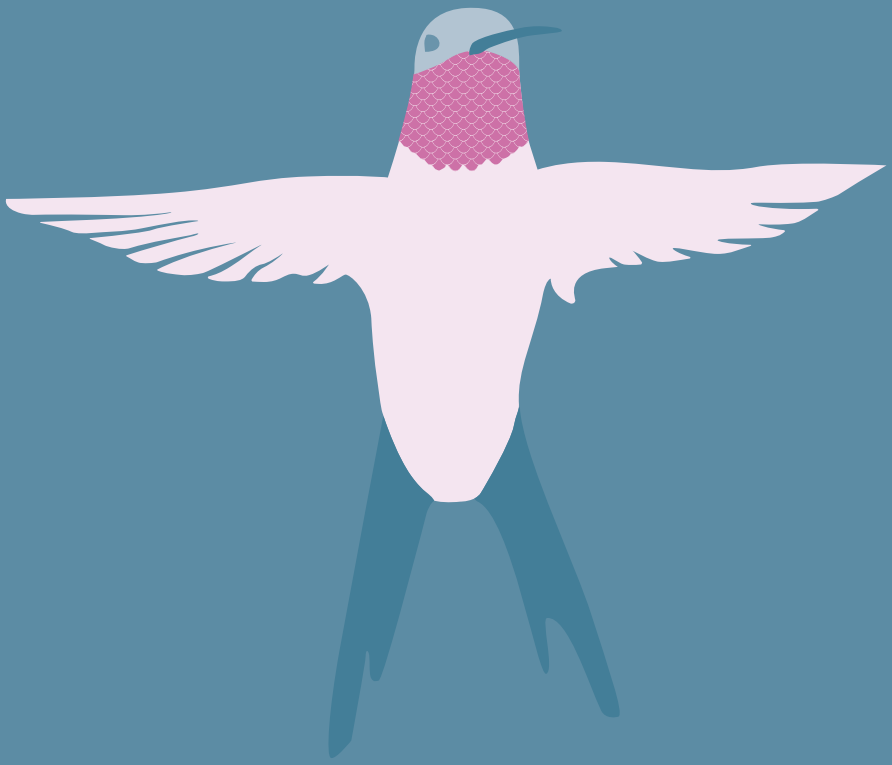


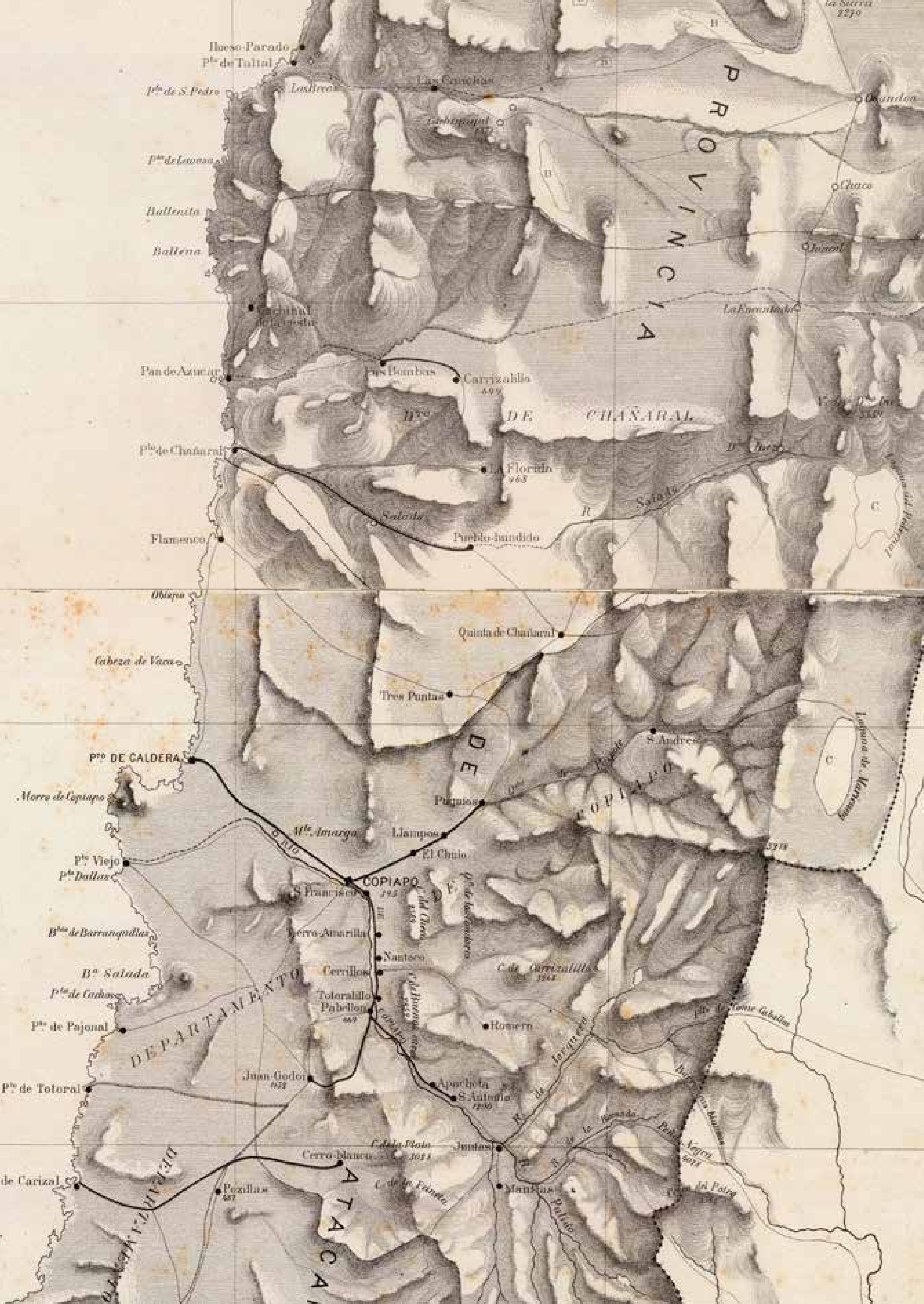
ALUVIONES Y RESILIENCIA EN ATACAMA

CONSTRUYENDO SABERES SOBRE RIESGOS Y DESASTRES

Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello y Paulina Aldunce Ide {editores}

Ennio Vivaldi Véjar – Gabriel Vargas Easton – Sonia Pérez Tello – Paulina Aldunce Ide – Fernanda Flores-Haverbeck – Cristina Ortega Caurapán – Roberto Rondanelli Rojas – José Rutllant Costa – Alejandra Molina Monje – Andrés Arriagada Pinto – Raúl Fuentes Lorca – Tatiana Izquierdo Labraca – Manuel Abad de los Santos – Brayan Araza Astudillo – Enrique Bernárdez Rodríguez – María Ester Arancibia Fernández – Carmen Paz Castro Correa – Vanessa Magallanes Luna – María Victoria Soto Bauerle – Mauricio Cartes Valdivia – Marisol Lara Castillo – Isel Cortés Nodarse – Andrei Tchernitchin Varlamov – Dante Cáceres Lillo – Karla Yohannessen Vásquez – Daniela Guzmán Sanhueza – María Cristina González Campos – María Alejandra Mora Castillo – Pía Honores Mundaca – Patricia Tello Rojas – Darleing Tirado Mena – Simonne Marín Sarria – Allison Martínez Pérez – Lised Tacán Bastidas – Daissy Burbano Fajardo – Nancy MacCann-Alfaro – Rayén Alday Yévenes – Valentina Astudillo Farías – Andrés Saavedra Castro – Dania Mena Maldonado – Gloria Lillo Ortega – Paulina Vergara Saavedra – Daniela Ejsmentewicz Cáceres – Juan Pablo Araya Orellana – Xenia Fuster Farfán – Ruth Carrizo Peña – Leonel Torres Carmona

SOCIAL–**EDICIONES**



Hueso-Parado
Pta de Taltal
Pta de S. Pedro
Las Conchas
PROVINCIA
Chaco
Ballenita
Ballena
Pan de Azucar
Carrizalillo
699
DE
CHAÑARAL
Pto de Chañaral
La Florida
968
Salado
R. Salado
Pueblo-hundido
Flamenco
Obispo
Quinta de Chañaral
Cabeza de Vaca
Tres Puntas
Pto DE CALDERA
Morro de Copiapo
DE
S. Andres
Puquios
COPIAPO
Llampos
El Chulo
Pto Viejo
Pta Dallas
COPIAPO
S. Francisco
Cerro-Amarillo
Nantoco
Cerrillos
C. de Carrizalillo
Bo Salada
Totoralillo
Pabellon
669
Pta de Pajonal
Romero
DEPARTAMENTO
Juan-Godoy
Apacheta
S. Antonio
1290
Pto de Totoral
Jorquera
Juntas
Cerro-blanco
de Carizal
Pozillas
Manflas
A T A C A

ALUVIONES Y RESILIENCIA EN ATACAMA

CONSTRUYENDO SABERES SOBRE RIESGOS Y DESASTRES

Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello
y Paulina Aldunce Ide (Editores)

AUTORES

Ennio Vivaldi Véjar – Gabriel Vargas Easton – Sonia Pérez Tello – Paulina Aldunce Ide – Fernanda Flores-Haverbeck – Cristina Ortega Caurapán – Roberto Rondanelli Rojas – José Rutllant Costa – Alejandra Molina Monje – Andrés Arriagada Pinto – Raúl Fuentes Lorca – Tatiana Izquierdo Labraca – Manuel Abad de los Santos – Brayan Araza Astudillo – Enrique Bernárdez Rodríguez – María Ester Arancibia Fernández – Carmen Paz Castro Correa – Vanessa Magallanes Luna – María Victoria Soto Bauerle – Mauricio Cartes Valdivia – Marisol Lara Castillo – Isel Cortés Nodarse – Andrei Tchernitchin Varlamov – Dante Cáceres Lillo – Karla Yohannessen Vásquez – Daniela Guzmán Sanhueza – María Cristina González Campos – María Alejandra Mora Castillo – Pía Honores Mundaca – Patricia Tello Rojas – Darleing Tirado Mena – Simonne Marín Sarria – Allison Martínez Pérez – Lised Tacán Bastidas – Daissy Burbano Fajardo – Nancy MacCann-Alfaro – Rayén Alday Yévenes – Valentina Astudillo Farías – Andrés Saavedra Castro – Dania Mena Maldonado – Gloria Lillo Ortega – Paulina Vergara Saavedra – Daniela Ejsmentewicz Cáceres – Juan Pablo Araya Orellana – Xenia Fuster Farfán – Ruth Carrizo Peña – Leonel Torres Carmona

Aluviones y resiliencia en Atacama. Construyendo saberes sobre riesgos y desastres / Vargas Easton, Gabriel ...[et al.]; editores Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello y Paulina Aldunce Ide. 1a ed. Santiago: Social-Ediciones, 2018.
360 p. :il.; 24x 17 cm.
ISBN 978-956-19-1115-4
ISBN Digital 978-956-19-1116-1
1. Aluviones - Chile -Tercera Región 2. Aluviones - Chile - Atacama 3. Resiliencia
4. Desastres naturales - Aspectos Sociales - Chile. I. Vargas Easton, Gabriel II. Aldunce Ide, Paulina, ed. III. Pérez Tello, Sonia, ed. IV. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales
CDD20 551.60983

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
UNIVERSIDAD DE CHILE

SOCIAL–EDICIONES

ALUVIONES Y RESILIENCIA EN ATACAMA.
CONSTRUYENDO SABERES SOBRE RIESGOS Y DESASTRES.

© 2018, Gabriel Vargas Easton
© Social-ediciones, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile.

www.socialediciones.facso.cl
Comité Editorial: Roberto Aceituno, María José Reyes, Svenska Arensburg, André Menard, Pablo Cottet, René Valenzuela.

Este libro fue sometido a un proceso de evaluación por pares y aprobado para su publicación.

Editores: Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello Y Paulina Aldunce Ide.
Asistente de Edición: Fernanda Flores-Haverbeck.
Producción Editorial: René Valenzuela y César Castillo.
Dirección de Arte: Pablo Rivas.
Catalogación: Ximena Montero y Orlando Muñoz.

ISBN Digital: 978-956-19-1116-1
RIP: 298.801

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia visite
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Santiago de Chile, Diciembre 2018.

ALUVIONES Y RESILIENCIA EN ATACAMA

CONSTRUYENDO SABERES SOBRE RIESGOS Y DESASTRES

Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello
y Paulina Aldunce Ide (Editores)

AUTORES

Ennio Vivaldi Véjar – Gabriel Vargas Easton – Sonia Pérez Tello – Paulina Aldunce Ide – Fernanda Flores-Haverbeck – Cristina Ortega Caurapán – Roberto Rondanelli Rojas – José Rutllant Costa – Alejandra Molina Monje – Andrés Arriagada Pinto – Raúl Fuentes Lorca – Tatiana Izquierdo Labraca – Manuel Abad de los Santos – Brayan Araza Astudillo – Enrique Bernárdez Rodríguez – María Ester Arancibia Fernández – Carmen Paz Castro Correa – Vanessa Magallanes Luna – María Victoria Soto Bauerle – Mauricio Cartes Valdivia – Marisol Lara Castillo – Isel Cortés Nodarse – Andrei Tchernitchin Varlamov – Dante Cáceres Lillo – Karla Yohannessen Vásquez – Daniela Guzmán Sanhueza – María Cristina González Campos – María Alejandra Mora Castillo – Pía Honores Mundaca – Patricia Tello Rojas – Darleing Tirado Mena – Simonne Marín Sarria – Allison Martínez Pérez – Lised Tacán Bastidas – Daissy Burbano Fajardo – Nancy MacCann-Alfaro – Rayén Alday Yévenes – Valentina Astudillo Farías – Andrés Saavedra Castro – Dania Mena Maldonado – Gloria Lillo Ortega – Paulina Vergara Saavedra – Daniela Ejsmentewicz Cáceres – Juan Pablo Araya Orellana – Xenia Fuster Farfán – Ruth Carrizo Peña – Leonel Torres Carmona

Índice

11 **Presentación**
Ennio Vivaldi Véjar

13 **Prólogo**
Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello y Paulina Aldunce Ide

21 **La Comisión Atacama y el trabajo transdisciplinario en torno al desastre del 25M**
Fernanda Flores-Haverbeck

24 **Una historia gráfica del aluvión del 25M en Chañaral**
Leonel Torres Carmona

35 **El aluvión de marzo de 2015, El Niño y los mayores episodios históricos en Chañaral de las Ánimas, Atacama**
Gabriel Vargas Easton y Cristina Ortega Caurapán

95 **Gatillantes oceánicos y atmosféricos de la tormenta de Atacama de marzo de 2015**
Roberto Rondanelli Rojas, José Rutllant Costa, Alejandra Molina Monje, Andrés Arriagada Pinto y Raúl Fuentes Lorca

117 **El evento hidrometeorológico del 25M en la ciudad de Copiapó: análisis de la inundación y los daños en el casco urbano**
Tatiana Izquierdo Labraca, Manuel Abad de los Santos, Brayan Justo Araza Astudillo, Enrique Bernárdez Rodríguez y María Ester Arancibia Fernández

135 **Riesgos socionaturales asociados a amenazas hidromorfológicas en la ciudad de Copiapó**
Carmen Paz Castro Correa, Vanessa Magallanes Luna y María-Victoria Soto Bauerle

151 **Comprensión de las geo-amenazas asociadas a eventos hidrometeorológicos en los valles de Atacama**
Mauricio Andrés Cartes Valdivia y Marisol Lara Castillo

181 **Metales y metaloides en muestras de polvo depositado en diferentes sectores de Atacama, afectados por los aluviones de marzo 2015**
Isel Cortés Nodarse y Andrei N. Tchernitchin Varlamov

201 **Material particulado, metales/metaloides en ambientes escolares de la ciudad de Chañaral: impacto en la calidad de aire y en la salud ambiental infantil**
Dante D. Cáceres Lillo y Karla Yohannessen Vásquez

237 **Experiencias comunitarias: desigualdad y oportunidades para la resiliencia de desastres**
Daniela Guzmán Sanhueza, M. Cristina González Campos, María Alejandra Mora Castillo, Pía Honores Mundaca, Patricia Tello Rojas, Darleing Tirado Mena, Simonne Marín Sarria y Allison Martínez Pérez

257 **Sastres para el desastre: la educación y la psicología como aportes a la recuperación de Copiapó**
Lised Evelin Tacán Bastidas, Daissy Andrea Burbano Fajardo y Nancy MacCann-Alfaro

275 **Capacidades educativas para la resiliencia frente a desastres. El caso las escuelas Diego Portales Palazuelos de Chañaral y Sara Cortés Cortés de Diego de Almagro**
Sonia Pérez Tello, Rayén Alday Yévenez, Valentina Astudillo Farías, Fernanda Flores-Haverbeck y Andrés Saavedra Castro

293 **Conocimientos e información como pilares para la construcción de resiliencia**
Paulina Aldunce Ide, Dania Mena Maldonado y Gloria Lillo Ortega

319 **Desafíos y propuestas de políticas públicas ante riesgos y desastres socionaturales**
Paulina Vergara Saavedra, Daniela Ejsmentewicz Cáceres, Juan Pablo Araya Orellana y Xenia Fuster Farfán

341 **Epílogo**
Profesora Ruth Carrizo Peña

353 **Autores**

Presentación

Ennio Vivaldi Véjar
Rector de la Universidad de Chile

Emociona presentar este libro. Impulsados por el imperativo de una ética solidaria, un grupo de académicos de nuestra Universidad comenzaron una tarea cuya primera intención fue, muy simplemente, salir en ayuda a las víctimas del aluvión que afectó a Atacama el 25 de marzo de 2015. Comienza así una concatenación de buenas intenciones, de mejores logros y de aún mejores reflexiones, conclusiones y proyecciones. En el camino se van conociendo entre sí personas de distintos saberes y afiliaciones. Entre ellas académicos de al menos dos universidades, la de Atacama y la de Chile; directivos, profesores y alumnos de establecimientos de enseñanza básica y media; ingenieros y profesionales de la salud de los lugares afectados. Y se culmina, si bien los autores enfáticamente declaran que este trabajo no ha terminado, cumpliendo con aquello que define a nuestra Universidad: por una parte, contribuir con pertinencia a la solución de los problemas del país; y, por otra, hacerlo con una exigencia intelectual que transforme esta experiencia local en una contribución al conocimiento universal. Por todo ello es que conmueve presentar este libro. Un libro muy bien logrado.

Quiero destacar dos elementos: uno es un lugar, el otro, una circunstancia. El lugar es la región de Atacama y la circunstancia es la ocurrencia de un desastre natural. Deseo invocar, correspondientemente, dos antecedentes históricos, uno involucra a Domeyko y el otro a Darwin.

Copiapó fue la ciudad donde Ignacio Domeyko llegó con la misión de contribuir desde las ciencias químicas y la ingeniería al desarrollo social y económico del país. Esta labor es el inicio de una forma de ver la relación entre academia y sociedad con la que él, como futuro Rector, contribuiría decisivamente para dar un sello a la Universidad de Chile. Domeyko influenció en la fundación de la Escuela de Minas, volcando la experiencia que traía desde su alma mater parisina. El edificio de esta hermosa obra puede verse con el agua hasta la cintura en la primera fotografía, la que data del aluvión de 1934 (aquí, la historia se repite, pero todas las veces como tragedia).

Inundación provocada en Copiapó por un aluvión ocurrido en 1934.

La segunda fotografía nos muestra una escena de Concepción tras el terremoto de 1835, cuya vivencia inspiró a Darwin para escribir reflexiones de hondo contenido humano, sobre Chile y sus habitantes. En ellas relataba su admiración por la capacidad de los chilenos para enfrentar colectivamente la adversidad. Notable es su observación en que enfatiza la diferencia entre una desgracia que afecta a un individuo y lo hunde en la depresión, en contraposición a una que afecta a todo un pueblo y le da fuerza y coraje para sobreponerse mancomunadamente.

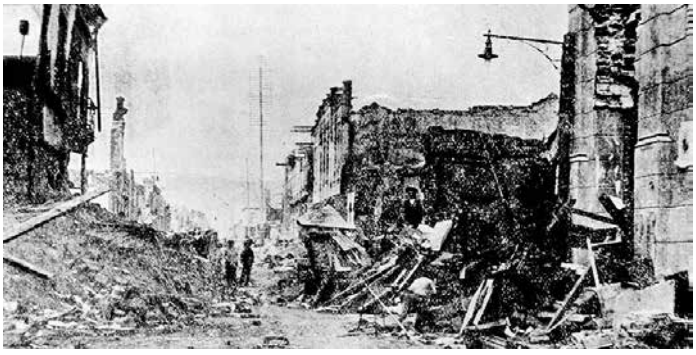
El trabajo que se presenta en este libro podría explicarse como una síntesis de esas dos vertientes: la pertinencia y compromiso de la universidad y el impulso colectivo a unirse para enfrentar solidariamente las adversidades.

El libro también es ejemplo de trabajo transdisciplinario, una absoluta necesidad para el mundo académico contemporáneo. En especial, la obvia pero tan relativizada premisa de que es imposible tener un impacto real en cualquier tarea con personas, sea en las áreas de las tecnologías o de la salud o de la educación, sin tener muy en cuenta el aporte de las ciencias sociales.

Hay en el libro un énfasis, quizás hoy más necesario que nunca, en la obligación de contar con políticas públicas y reclamar una preocupación del sistema estatal, incluyendo tanto los poderes ejecutivo y legislativo como sus universidades, para poder enfrentar los frecuentes desastres naturales y situaciones de emergencia que afectan a nuestro país.

Este proyecto ha sido un ejemplo de articulación y colaboración entre universidades. La vida académica progresa y se engrandece más, mientras más colaboramos y nos complementamos, no en la medida en que rivalicemos y compitamos como, tan equivocadamente y por tanto tiempo, en décadas recientes, se nos ha intentado persuadir.

No es sino la voluntad de ofrecer a la sociedad inteligencia, conocimientos y compromiso, lo que en definitiva motiva, impulsa y refuerza el quehacer de los integrantes de nuestras comunidades universitarias. Este libro constituye un cabal testimonio de esta entrega.



Edificios en ruinas luego del terremoto de Concepción en 1835.

Prólogo

Gabriel Vargas Easton, Sonia Pérez Tello y Paulina Aldunce Ide

La vida en Atacama ha sido históricamente habitada por movimientos. La relación entre la naturaleza y las comunidades, con su desierto y sueños de riqueza, con su cultura e historia, se tensiona delicadamente en un constante fluir entre ocupaciones y adaptaciones. Las características ambientales de la región son tan particulares y extremas, como lo son sus cualidades sociales, por lo que es imposible, para un análisis que pretenda rigurosidad, dejar de considerar alguno de ambos aspectos.

Atacama, el gran confín, la frontera del desierto absoluto, habitada desde hace milenios por culturas que se atrevieron a explorar sus extensas pampas y serranías, a asentarse en sus estrechos valles y su vasto litoral, se sitúa en la transición entre el clima semiárido que caracteriza al Norte Chico, y la aridez extrema del Norte Grande de nuestro país. Ya desde las primeras exploraciones de los conquistadores europeos en adelante, los fértiles, angostos y frágiles valles de Atacama constituyeron remansos desde donde se emprendieron las pesquisas de sus riquezas minerales, de oro y plata primero, cobre y hierro después, a la vez que puerto de embarque para la conquista de las desoladas pampas salitreras del desierto más árido de nuestro planeta, hacia el norte. Esta voluntad de persistir y sobreponerse a condiciones extremadamente desfavorables, muchas veces también a la indolencia de la administración central, es probablemente lo que más ha marcado la historia de Atacama, una "*voluntad de dominio sobre la naturaleza hostil que la rodea*, una voluntad de *vencer al desierto*"[1]. Una voluntad capaz de emprender y tornar productivos parajes descampados, a la vez que levantarse con sueños de libertad, participación y democracia, de horizontalidad y comunidad, tal como lo hiciera su pueblo contra el conservadurismo central en los albores de nuestra República, así como en otras ocasiones después.

Es esa misma voluntad, la que ha sido puesta a prueba numerosas veces a lo largo de su historia a raíz de las distintas catástrofes naturales que la han impactado. Es esa misma voluntad la que una vez más fue puesta a prueba el 25 de marzo de 2015 (25M), cuando severos aluviones causados por lluvias inusualmente intensas, bajaron por decenas de quebradas, y especialmente por los ríos Salado y Copiapó, causando la muerte o desaparición de cuarenta y siete personas, más de treinta y cinco mil damnificados, miles de viviendas destruidas o dañadas, perjuicios en la infraestructura pública y privada, colapso de la red vial básica y de servicios como la electricidad, el agua potable, la red de alcantarillado, el aislamiento de zonas pobladas y el inminente peligro de una crisis sanitaria[2]. Un episodio que vino a mostrar, una vez más, la condición de vulnerabilidad estructural de su población ante amenazas naturales propias de un desierto imperecedero pero dinámico, como el de Atacama.

Atacama posee también ciertas cualidades específicas en cuanto a la vulnerabilidad social de su población. De ser la tercera región del país con menor presencia histórica en pobreza de ingresos, su posición cambió radicalmente al considerar otras dimensiones como el trabajo y la

1 Edmundo Reyes, Visión panorámica de Atacama, en *Problemas Regionales de Atacama*, Universidad de Chile, 1957.

2 *Plan de Reconstrucción Atacama*, Gobierno de Chile, 2015.

seguridad social, la vivienda y el entorno, las redes y cohesión social, la educación y la salud. En efecto, la nueva medición realizada el mismo año del evento catastrófico, arrojó como resultado que cerca de un cuarto de la población se encuentra en situación de pobreza multidimensional, en comparación a las siete personas que por cada cien habitantes se encuentran en pobreza solo por ingresos económicos[3]. Esto quiere decir que la región y sus habitantes pueden gozar de ingresos económicos superiores, en promedio, a la línea de la pobreza, en más del noventa por ciento de sus hogares, pero que si se compara su situación en cuanto al apoyo y la participación social, los niveles de escolaridad, la atención en salud, la habitabilidad y la seguridad social, entre otros, pasa de ser la segunda región menos pobre del país, a ser la tercera región más pobre, según la medición multidimensional de la probreza actualmente implementada en Chile. Una condición que por cierto incrementa la exposición de su población ante riesgos de desastres socionaturales, como el del 25M; un tipo de desastre que se tornó especialmente severo en cuanto a la masividad del impacto causado.

En el contexto de un clima cambiante a escala global, es posible esperar que los eventos extremos se incrementen en ciertos periodos y en determinadas regiones, tanto en cuanto a su ocurrencia como en su magnitud, y que consecuentemente esta tendencia se exprese también en la severidad de los desastres provocados por los mismos. En este escenario, emerge la reflexión respecto a que el cambio climático no solo se despliega como un complejo desafío, sino también como una oportunidad para que la sociedad, tanto a nivel individual como en conjunto, se plantee cómo mirar el futuro basado en el comportamiento y lecciones aprendidas que emergen del pasado. Lo anterior, sobretodo considerando que *los desastres discriminan*, ya que las pérdidas tienden a concentrarse en las porciones más vulnerables de la población, como lo fue también el caso del 25M en Atacama.

La responsabilidad del incremento de la resiliencia ante desastres[4], se manifiesta entonces como la perentoriedad de hacer de la gestión del riesgo una prioridad a nivel del conjunto de la nación. Lo anterior, realzando el rol del Estado en el ámbito del diseño, aplicación y sostenibilidad de una política pública integral que recoja no sólo aspectos científicos o técnicos sino también sociales, incluyendo tanto la reducción de la pobreza material, el crecimiento espiritual de los individuos y las comunidades, su lugar en la sociedad, así como su relación con la naturaleza. Por ende, la gestión del riesgo pasa a ser también una responsabilidad de los distintos actores de la sociedad, en un esfuerzo mancomunado y horizontal, pero no por eso carente de liderazgo, entre las comunidades y el Estado. De ahí que resulta crucial reconocer, analizar, promover y materializar las distintas acciones en pos de la construcción de resiliencia ante desastres, que en Atacama involucra desde la necesaria y urgente planificación territorial, la implementación de sistemas de alerta temprana y monitoreo regional, la oportuna información y educación para una mejor preparación de la población, el fortalecimiento del tejido social, como también la generación de conocimiento científico transdisciplinar.

El conocimiento transdisciplinar es la piedra angular que permite la comprensión de un fenómeno tan complejo como el 25M. Complejo en la medida que sus causas y consecuencias se

3 CASEN, 2015.

4 Entendida como "las capacidades de un sistema, persona, comunidad o país, expuestos a una amenaza de origen natural para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, para lograr la preservación, restauración y mejoramiento de sus estructuras, funciones básicas e identidad" (Comisión Nacional para la Resiliencia Frente a Desastres de Origen Natural, CREDEN, Gobierno de Chile, 2016).

articulan en planos sociales, económicos, ambientales, culturales y políticos, por lo que el acercamiento científico es impelido de la misma manera a su articulación. Aún así, la relación entre distintos conocimientos disciplinares no es suficiente si cada uno alumbra solo parte del problema. La transdisciplina que precisa Atacama se refiere a una coordinación de conocimientos a nivel empírico, valórico, normativo y propositivo[5] que emerjan de un diálogo de saberes entre las comunidades con su historia, su cultura, su cosmovisión y el mundo científico con sus herramientas de análisis.

Por tanto, para comprender lo sucedido en la región de Atacama con los aluviones del 2015, se requiere ir más allá del mes de marzo y del contexto regional. Los estudios que se presentan en este libro articulan la situación actual con la precedente, para configurar la complejidad del fenómeno y sus impactos a partir de las señales entregadas por la historia. Tanto la sociedad como la naturaleza han manifestado sus desacoples y sus ajustes, por lo que el conocimiento científico que hemos generado busca también en ellos las explicaciones de lo ocurrido en la actualidad. Así, el análisis de las antiguas y nuevas amenazas se propone en este libro como la llave del conocimiento del riesgo al que se enfrenta la región, con la intención de retratar en el presente también el registro del pasado que lo conforma. Es esta profundidad la que nos permite pensar que la experiencia del desastre se convierta en una oportunidad de reconocernos colectivamente en sus características, evitando repetir los mismos errores y reinventar las mismas soluciones.

Desde una perspectiva filosófica, ciertos principios caracterizan a las comunidades andinas, cuales son, por ejemplo, la *complementariedad y reciprocidad*, la *concepción cíclica del tiempo*, la *correspondencia y transición entre el micro y el macrocosmos*, junto con la *conciencia natural*[6]. Estos principios dan cuenta de una cosmovisión, en el sentido de la manera de ver, interpretar y relacionarse con el mundo, en donde la presencia y las relaciones comunitarias de colaboración, apoyo y respeto mutuo, los ciclos y ritmos no-lineales de la naturaleza –muchas veces quieta, a veces particularmente activa-, la relación entre el todo y la más pequeña de sus partes, la coexistencia con otros seres, denotan una relación de afinidad entre lo humano y lo no-humano, así como una pertenencia a la naturaleza, a la tierra, junto con la relevancia de la comunidad por sobre o tanto como el individuo. El proceso de génesis de este libro de alguna manera se inspira también en estos principios. El derecho a un medio ambiente sano, es decir, seguro, limpio, ecológicamente equilibrado y sostenible, así como la responsabilidad que esto compete en cuanto a quienes componemos la sociedad[7], de alguna manera es transversal a los capítulos que constituyen la presente obra.

Luego del 25M, un grupo de académicos de distintas facultades de la Universidad de Chile conformó lo que se denominó como *Comisión Atacama*, una comisión que se planteó como propósito integrar los conocimientos generados por investigaciones ya realizadas en el territorio, con las necesidades de nuevo conocimiento que la región pudiera identificar para levantar estudios e intervenciones sociales pertinentes. A partir de su conformación, esta comisión buscó articular trabajo colaborativo y horizontal entre los propios académicos y académicas de la Universidad en conjunto con la Universidad de Atacama, así como con el resto de la comunidad, a

5 Max-Neef, *Fundamentos de la transdisciplinariedad*, 2004.

6 José Estermann y Antonio Peña, *Filosofía Andina*, Cuadernos de investigación en cultura y tecnología andina, IECTA-CIDSA, Iquique-Puno, 1997.

7 John H. Knox, *Principios Marco de Derechos Humanos y Medio Ambiente*, Informe del Relator Especial de las Naciones Unidas sobre Derechos Humanos y Medio Ambiente, 2018.

través de diálogos y otras actividades de carácter artístico, científico y cultural.

Este equipo, que encarnó una inédita forma de trabajo transdisciplinar y territorialmente situado, extendió su labor a través de un proyecto de redes académicas denominado *"Plataforma Universitaria para el Desarrollo de Atacama"*. Inspirados en la misión pública que le compete a las universidades del Estado, se recogió de la historia académica la necesidad de publicar un análisis de los problemas regionales con una visión compleja y transdisciplinar, que no respondiera a los objetivos de las investigaciones específicas, sino a los del desarrollo local, tal como se hiciera en 1957, cuando la Universidad de Chile, respondiendo a esa misma misión pública editara la obra *"Seminario de problemas regionales de Atacama"*[8].

Con este fin, se investigó y reflexionó respecto a las distintas dimensiones que convirtieron el fenómeno natural del 25M en un desastre social de gran magnitud, ofreciendo esta comprensión global tanto a la política pública como a la academia y a la sociedad. Todos ellos actores fundamentales en la reducción del riesgo en que se encuentran las comunidades ante episodios similares.

Es por esta razón que el proceso de generación de este libro involucró intensas reuniones de trabajo y diálogo académico transdisciplinario, realizadas a partir de la segunda mitad de 2016 y durante el transcurso de la primera mitad de 2017, en donde se analizó cada resultado desde la diversidad de áreas del conocimiento, integrando reflexiones y sugerencias colectivas en miras del desarrollo sostenible de la región.

El resultado es una compilación de doce capítulos, correspondientes cada uno de ellos a un ensayo académico en que se detallan las investigaciones realizadas desde el 2015, aportando de esta manera con rigurosidad científica a la comprensión disciplinar de cada componente del problema vivenciado por la región.

Los primeros cinco capítulos identifican y describen las amenazas y riesgos desde perspectivas geológicas, meteorológicas, geográficas e hidromorfológicas, evidenciando el registro histórico y el contexto climático de aluviones pasados, las condiciones meteorológicas específicas en las que se desarrollaron las tormentas, así como los impactos y daños causados por el aluvión del 25M. Estos primeros cinco capítulos muestran que los aluviones e inundaciones han sido parte de la historia de Atacama, cuya ocurrencia ha estado asociada a anomalías océano-climáticas a escala del Océano Pacífico, en la mayoría de los casos ligadas a episodios El Niño, siendo el de marzo de 2015 particularmente intenso y destructivo para las ciudades y localidades de la región. Se evidencia en ellos la necesidad de una urgente planificación territorial junto con medidas de mitigación que consideren el carácter esporádico –más allá de los escasos y cortos registros instrumentales– e intenso de estos fenómenos, en la perspectiva del cambio climático global y las proyecciones regionales.

Los capítulos sexto y séptimo concentran su análisis en las posibles implicancias para la salud de las personas que tuvo y ha tenido la removilización de sedimento con altas concentraciones de metales a través de las quebradas. Se evidencian las altas concentraciones de cobre y otros metales en muestras de polvo residual, dejado por los aluviones del 2015 luego de su impacto en distintas localidades de los ríos Salado y Copiapó, discutiendo su potencial nocividad para la salud humana. Se analiza con especial atención el caso de Chañaral, en que la removilización eólica de los sedimentos finos dejados por la acumulación de relaves mineros

8 *Seminario de problemas regionales de Atacama*. Organizado por la Universidad de Chile. Ediciones del Departamento de Extensión Cultural de la Universidad de Chile, 306 p.

durante décadas pasadas en su playa, ha generado una condición de exposición creciente a riesgos de la salud de su población, especialmente infantil. A partir de la lectura de ambos capítulos es evidente entonces la necesidad de medidas urgentes, así como una legislación ambiental pertinente en la materia.

En los capítulos octavo, noveno, décimo y undécimo se analizan los aspectos de vulnerabilidad social en cuanto a desigualdad de oportunidades, género, educación y acceso oportuno a información relevante para la reducción del riesgo de desastres. Se analizan experiencias comunitarias dede la perspectiva del territorio como un espacio físico y simbólico, relevándose la importancia del rol de las mujeres en el proceso de reconstrucción basado en la memoria histórica, así como el impacto del desplazamiento forzado de familias a causa del aluvión. Se realza el rol de las escuelas, la importancia de educadoras, profesores y la comunidad educativa en general, como elementos fundamentales, así como la necesidad de una educación orientada hacia la resiliencia de desastres. Se discute la necesidad de información oportuna y disponible respecto de las amenazas, así como distintos aspectos relacionados a la gestión del riesgo, tanto en las etapas de preparación como durante las emergencias, tendientes a reforzar la resiliencia de las comunidades. Se conoce y reconoce la importancia del conocimiento local y ancestral adquirido de las mismas.

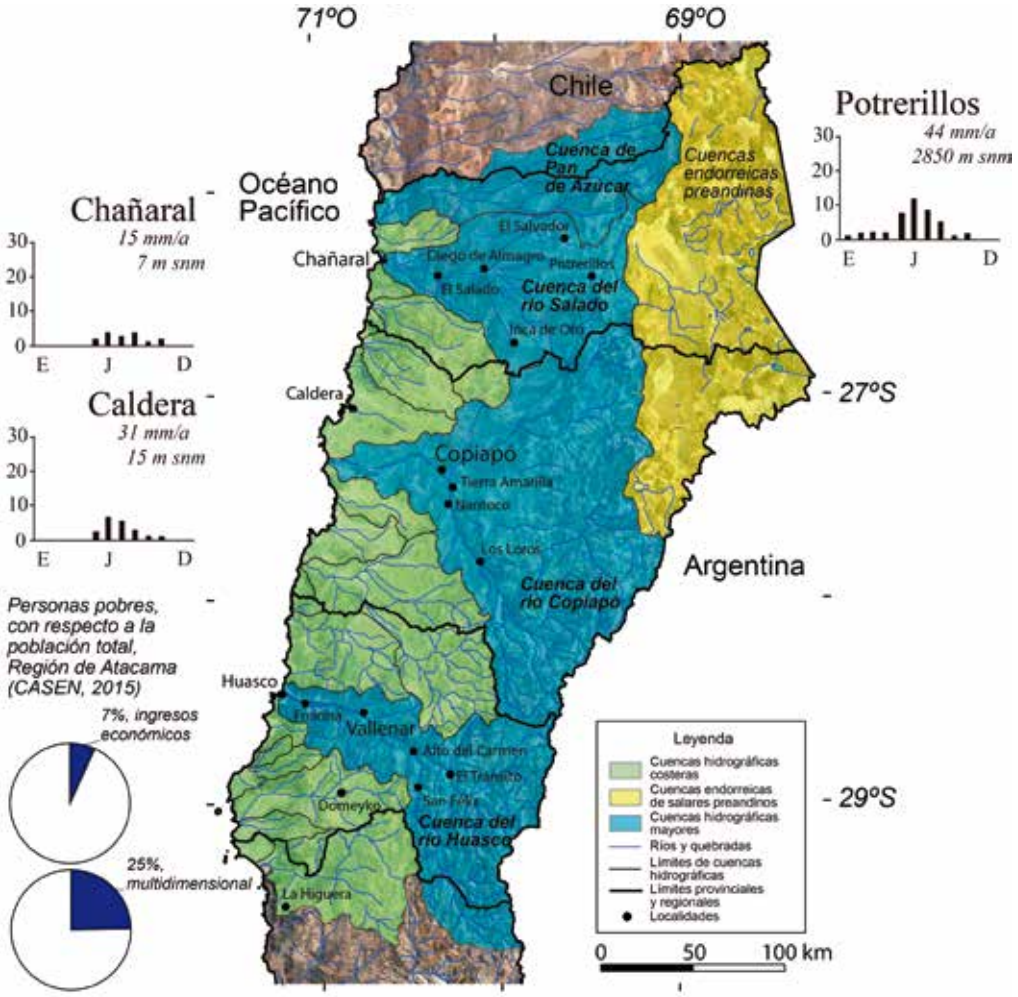
Con especial interés, el doceavo capítulo se construye a partir de una discusión colectiva, en donde las autoras y el autor discuten y recogen los desafíos que los resultados de los capítulos previos plantean a la política pública, con atención en la necesidad de una efectiva inclusión de las comunidades para enfrentar la reducción del riesgo de desastres socionaturales tanto en Atacama, en particular, como en nuestro país, en general.

Finalmente, el epílogo de este libro es redactado por una agente de la comunidad que hace dialogar el contenido del trabajo con el sentido social que éste pueda tener en las formas cotidianas de vida en el territorio. Una autoría que completa el valor público y transdisciplinar que esta obra se propone y que, a nuestro juicio, estampa la importancia del diálogo social, de conocimientos, experiencias y saberes, que requiere una comprensión compleja como la que aquí se pretende.

En mayo de 2017, lluvias torrenciales causaron nuevamente aluviones e inundaciones con un impacto importante en la población. En septiembre de ese mismo año, se inició uno de los episodios de florescencia más espectaculares de los útlimos tiempos, evidenciando una vez más la belleza de los contrastes de este Desierto de Atacama, el más árido del planeta. Pero esta belleza es a la vez magnífica y perecedera. Porque aquella belleza imperecedera, en cambio, no nace de una lluvia efímera, no. Ella es producto del viento, del rocío y sobretodo del tesón.

Esta obra está dedicada a la gente de Atacama.

Región de Atacama



Localidades, principales cuencas hídricas y climatología de Atacama a partir de las precipitaciones mensuales promedio en la región (Caldera, Chañaral, Potrerillos), y situación social expresada en términos del porcentaje de personas de la población total que se encuentran en situación de pobreza por ingresos económicos, como según la medición multidimensional implementada en la encuesta CASEN (2015). Desde una perspectiva climática, la Región de Atacama se sitúa en la transición entre el clima semiárido del Norte Chico, por el sur, y la aridez extrema del Norte Grande, por el norte.

(Fuente de datos: Dirección General de Aguas, Dirección Meteorológica de Chile; Figura de autoría propia, con la colaboración de José González-Alfaro).

La Comisión Atacama y el trabajo transdisciplinario en torno al desastre del 25M

Fernanda Flores-Haverbeck

Luego del aluvión del 25 de marzo de 2015 que afectó la zona norte de nuestro país, un grupo de académicos liderado y coordinado por la profesora Sonia Pérez Tello de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile, planteó la necesidad de dar respuestas a las problemáticas de la zona, para el territorio y sus habitantes, con el desarrollo de un trabajo que avizorara soluciones amplias y transversales ante la magnitud y complejidad del evento. La Comisión Atacama se conformó de modo autoconvocado a fines de marzo de ese mismo año, y luego, con el apoyo del Rector Ennio Vivaldi Véjar, fue formalizada a través de un decreto denominándose "Comisión Transdisciplinar de Apoyo al Desarrollo de Atacama". Este nuevo equipo estuvo constituido por académicos y académicas de diversas disciplinas y facultades quienes se propusieron como objetivo "Contribuir al desarrollo integral y sustentable de la Región de Atacama mediante una plataforma de cooperación y trabajo multidisciplinario".

La Comisión trabajó periódicamente durante un año, y entre sus acciones más relevantes estuvo el "I Coloquio Académico Transdisciplinar para el Desarrollo de Atacama" realizado en Copiapó el 21 de septiembre del 2015 entre profesionales de la Universidad de Atacama y la Universidad de Chile, instancia que permitió un diálogo en torno a las áreas de territorio, medioambiente, desarrollo productivo, educación y sociedad, bajo una mirada de colaboración estratégica, sostenibilidad y búsqueda de acciones concretas de investigación e intervención en la zona. Por otra parte, los equipos que se conformaron en dicha comisión postularon a fondos y desarrollaron diversos proyectos, entre los cuales se destacan los proyectos "Imagina Atacama" y "URedes UNIDA", que permitieron sustentar la continuidad del trabajo de la Comisión.

El proyecto "Imagina Atacama: Reviviendo el Medio Ambiente y Reconstruyendo el Tejido Social", fue obtenido en agosto del 2015 por académicas de la Universidad de Chile liderados por la profesora Paulina Vergara Saavedra del Instituto de Asuntos Públicos, luego de haber sido concursado en el Fondo Valentín Letelier de la Vicerrectoría de Extensión y Comunicaciones. Esta iniciativa planteó la necesidad del desarrollo de sujetos activos desde la identidad, la cultura y el patrimonio local, de modo tal que permitiera a las comunidades afectadas por la catástrofe ser protagonistas en la reconstrucción de sus propios proyectos de vida. Así, el trabajo del equipo se enfocó en cuatro comunidades afectadas por el 25M a saber, Chañaral, Diego de Almagro, Copiapó y Tierra Amarilla, y se desarrolló en dos fases. La primera fase, denominada "Reconstrucción y redes", comprendió talleres para fomentar la comprensión de los riesgos en los procesos de reconstrucción en sus aspectos territoriales, legales, administrativos y de política pública. La segunda fase, denominada "Saberes", buscó fortalecer las capacidades de trabajo colectivo y la reelaboración de la experiencia subjetiva través de talleres realizados en un establecimiento educativo por cada comunidad en torno a problemáticas territoriales, cuyos resultados fueron presentados a través de una obra de circo teatro callejero en jornadas de carácter artístico-cultural. Este proyecto integró un trabajo entre académicas, estudiantes

y profesionales de diversas disciplinas en distintos territorios junto con sus comunidades educativas, para potenciar así su resiliencia.

El proyecto "Red UNIDA, Plataforma Universitaria para el desarrollo de Atacama" concursado a través del fondo URedes de incentivo a la generación de redes de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, fue obtenido para la realización de una "plataforma de cooperación y trabajo transdisciplinario entre la Universidad de Chile y la Universidad de Atacama" (URedes #UR006/2015), constituyendo en la práctica la proyección del trabajo colaborativo iniciado por la Comisión. La postulación de este proyecto fue liderada por la profesora Paulina Aldunce Ide, del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Agronómicas, quien desde su inicio traspasó formalmente su dirección al profesor Gabriel Vargas Easton, del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Durante los años 2016 y 2017, La Red UNIDA concentró su trabajo en 3 actividades: la realización del "II Coloquio Académico Interuniversitario para el Desarrollo Sustentable de Atacama", realizado el 30 de septiembre de 2016, el que contó con la participación de autoridades, académicos y académicas de las Universidades de Chile y Atacama, el rodaje del documental "Anchallulac, aguas abajo", a través de un trabajo de campo que incluyó entrevistas tanto a miembros de la comunidad de Atacama como a investigadoras e investigadores, y el trabajo colaborativo y transdisciplinario necesario para la elaboración de la presente obra.

El documental "Anchallulac, aguas abajo", relatos del aluvión del 25 de marzo de 2015 en el río Salado, fue concebido como un espacio necesario para la preservación de la memoria histórica de la comunidad de Atacama, luego de tan devastador desastre, desde la perspectiva del diálogo entre sus habitantes, las ciencias de la tierra y las ciencias sociales. El rodaje incluyó jornadas de terreno agrupadas en tres campañas realizadas en Chañaral y sus alrededores, un recorrido por la quebrada del río Salado que permitiera tanto el reconocimiento de las zonas afectadas como el diálogo con sus habitantes, con el fin de entender las causas y el impacto local del aluvión del 25M, junto con registrar la experiencia y visión de la comunidad sobre este desastre y su territorio. En cada campaña de terreno se efectuaron actividades de diálogo con la comunidad, entre las cuales destacan la charla-foro social "El evento de marzo de 2015 en Chañaral; perspectiva histórica y cambio climático global", realizado en el auditorio del Liceo Federico Varela de Chañaral, el taller "Aprehendiendo claves geológicas para descifrar el paisaje en que vivimos", realizado en la Escuela Diego Portales Palazuelos de la misma ciudad, que contó con la participación 30 niños y niñas entre 11 y 13 años de establecimientos educacionales de la zona y un taller audiovisual "Cine con celular" que buscó entregar herramientas para que los estudiantes pudieran aproximarse a la creación audiovisual y contar así sus propias historias. El documental fue estrenado el 25 de marzo del año 2017 en el auditorio del Liceo Federico Varela, permitiendo una nueva instancia de reflexión con la comunidad, no tanto desde la perspectiva de la destrucción que generó este suceso, sino por sobre todo desde las capacidades que hacen resilientes a las comunidades de Atacama ante este y otros desastres. El documental "Anchallulac, aguas abajo" se encuentra disponible en plataformas digitales de libre acceso, incluyendo la Cineteca Virtual de la Universidad de Chile en su colección Cine Regional Chileno (www.cinetecavirtual.cl).

La presente obra constituye el trabajo culmine, por lo menos en una primera etapa, de aquel esfuerzo iniciado por la Comisión, el que en buena medida se nutre a su vez de todo el trabajo colaborativo, así como del trabajo específico realizado a lo largo de los casi tres años

que siguieron al desastre del 25M de 2015, todo lo cual se sumó a los esfuerzos que ya venían desarrollando las académicas y académicos de la Universidad de Atacama. Para su logro se realizaron específicamente cinco reuniones en donde participaron profesionales de las universidades de Atacama y de Chile, con el fin de aunar esfuerzos, así como los criterios necesarios para plasmar las recomendaciones, producto de las distintas investigaciones, en un capítulo en donde se abordaron los desafíos para el diseño y realización de políticas públicas que propendan a un desarrollo sostenible en materia de reducción del riesgo de desastres. Así, este libro es el resultado de una investigación y diálogo transdisciplinario, que buscó recoger lo mejor del conocimiento científico y de las prácticas académicas colaborativas posibles entre dos instituciones estatales y públicas.

La realización de todo lo anterior, proyectos, acciones y los productos descritos, solo fue posible gracias al trabajo y colaboración entre académicos, académicas, estudiantes, profesionales y los habitantes de Atacama en general y de Chañaral en particular. Quisiéramos agradecer a todos quienes participaron en las distintas iniciativas y actividades desarrolladas, tales como: Ennio Vivaldi (Rector de la Universidad de Chile), Celso Arias (Rector de la Universidad de Atacama), Flavio Salazar (Vicerrector de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile), Jorge Valdivia (Vicerrector Académico de la Universidad de Atacama), Patricio Aceituno y Francisco Martínez (Decanos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, entre 2014 y 2018, y a partir de 2018, respectivamente), Gabriel Vargas, Sonia Pérez, Paulina Aldunce, Daniela Ejsmentewicz, Paulina Vergara, Roberto Rondanelli, Andrei N. Tchernitchin, Carmen Paz Castro, Linda Daniele, Isel Cortés, Mauricio Cartes, María Victoria Soto, Sofía Rebolledo, Xenia Fuster, Sergio Trabucco, Luis Horta, Juan Chamorro, Pedro Sotomayor, Claudio Ramírez, Jorge Salgado, Nancy MacCann Alfaro, Daniela Guzmán, Manuel Abad, Tatiana Izquierdo, Gloria Lillo, Rayén Alday, Valentina Astudillo, Andrés Saavedra, Esteban Contreras, Dania Mena, Nicolás Rivadeneira, Camilo Fernández, Fernanda Flores, Paulina González, Fabiola González, Víctor Grijalba, José González, Carolina Valderas, Sergio Villagrán, Ruth Carrizo, Christian Palma, Cristian Cerda, Omar Monroy, Carlota Muñoz, Juan Tapia, Luis Morales, Pabla Ramos, Sonia Ovalle, Stella Ardiles (Tía Tella), Leonel Torres, estudiantes, profesores, profesoras y apoderados de las comunas de Chañaral y Diego de Almagro, feriantes de Chañaral y a los niños y niñas de las escuelas de Atacama. Agradecemos especialmente también al profesor Carlos Güida, Director del Programa para la Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid, de la Universidad de Chile, por su revisión crítica y constructivos comentarios que ayudaron a mejorar la versión final de esta obra.

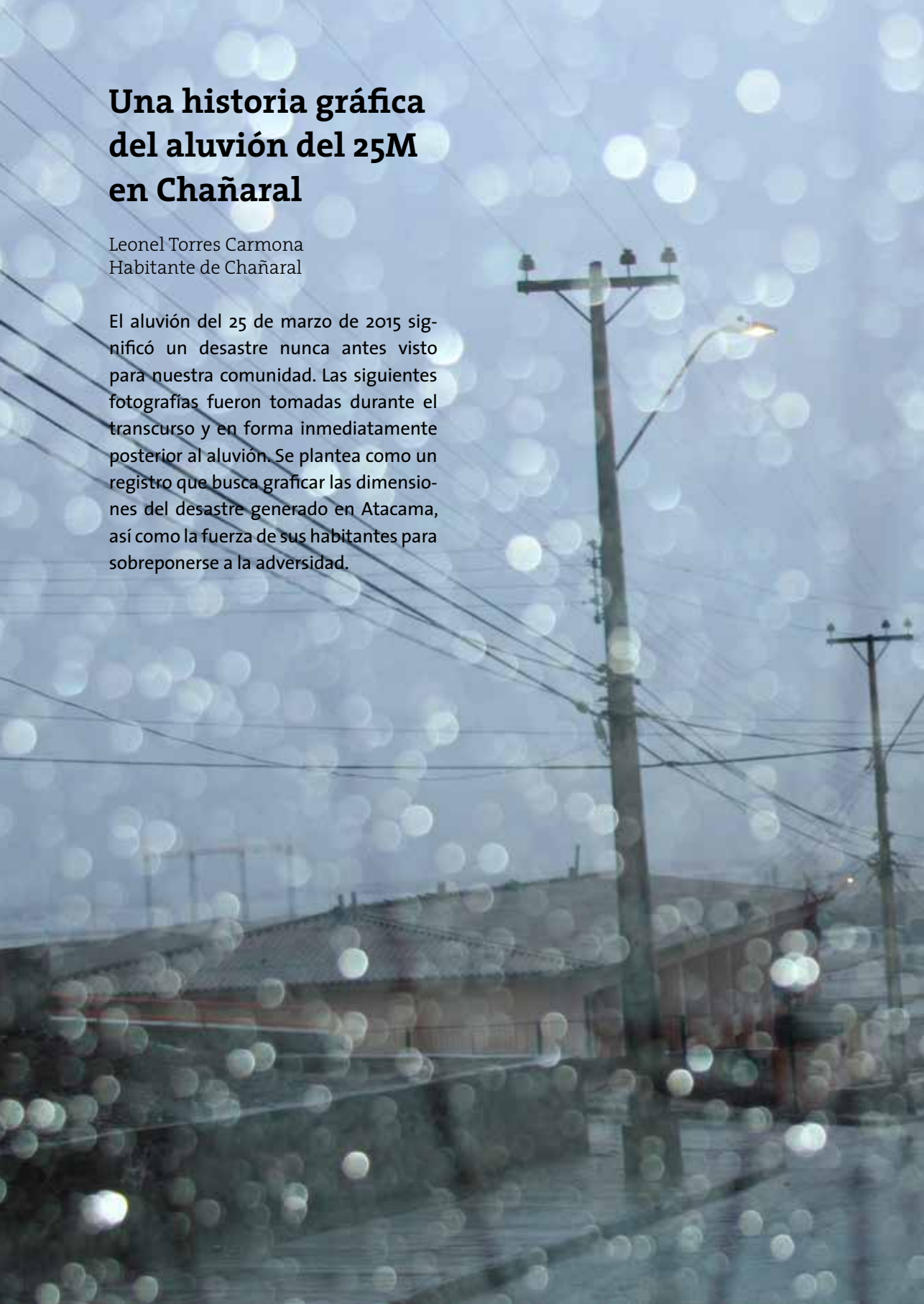
Este libro es producto del Fondo U-Redes #UR006/2015 de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, y su publicación fue posible gracias a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Santiago, octubre de 2018

Una historia gráfica del aluvión del 25M en Chañaral

Leonel Torres Carmona
Habitante de Chañaral

El aluvión del 25 de marzo de 2015 significó un desastre nunca antes visto para nuestra comunidad. Las siguientes fotografías fueron tomadas durante el transcurso y en forma inmediatamente posterior al aluvión. Se plantea como un registro que busca graficar las dimensiones del desastre generado en Atacama, así como la fuerza de sus habitantes para sobreponerse a la adversidad.



Fotografía tomada alrededor de 7:30 hrs. del 25 de marzo del 2015, desde la calle Zuleta, bajando hacia el centro. Evidencia las intensas lluvias en Chañaral.

Fotografía tomada a las 9:30 hrs. de la mañana del 25 de marzo, desde la ribera del río Salado. Muestra el gran caudal que pasaba bajo el puente que cruza este río a esa hora.

Fotografía tomada alrededor de las 11:45 hrs. del 25 de marzo, desde el sector Aeropuerto, fuera del juzgado. Muestra la primera bajada del aluvión, evidenciando la dimensión del caudal del flujo que bajaba por el río Salado.

Fotografía tomada alrededor de las 11:45 hrs. del 25 de marzo, desde el sector de la Ruta 5 Norte, cerca de las estaciones de servicio. Muestra el gran caudal del flujo, con todo lo que traía desde el interior de los pueblos por donde pasó el aluvión, como estanques, camionetas, departamentos, casas y escombros.

Fotografía tomada el 26 de marzo, el día siguiente del aluvión, a las 6:30 hrs., desde el camino a Pan de Azúcar. Muestra automóviles y escombros arrastrados por el aluvión.

Fotografía tomada el 26 de marzo, a las 7:00 hrs., desde el sector Cementerio. Muestra personas observando los destrozos causados por el aluvión, asombradas por lo acontecido. El aluvión dejó dividido el sector Aeropuerto, ubicado al norte del río Salado, del resto de la ciudad de Chañaral, ubicada al sur del mismo.

Fotografía tomada el 26 de marzo a las 8:00 hrs., desde el puente 21 de Mayo. Muestra personas desesperadas tratando de cruzar el río para llegar al sector Aeropuerto.

Fotografía tomada el 26 de marzo a las 21:00 hrs., desde el sector de la cárcel, Aeropuerto. Muestra maquinarias trabajando de noche, construyendo un acceso de conectividad entre este último sector con el resto de la ciudad de Chañaral.

El aluvión de marzo de 2015, El Niño y los mayores episodios históricos en Chañaral de las Ánimas, Atacama

Gabriel Vargas Easton y Cristina Ortega Caurapán

Resumen

El 25 de marzo de 2015 la región de Atacama, y especialmente las localidades de la quebrada del río Salado, fueron afectadas por un severo aluvión causado por lluvias torrenciales en el marco de la fase inicial de un evento El Niño/Oscilación del Sur. En este trabajo se revisan antecedentes basados en el estudio de ediciones de periódicos locales, para determinar los mayores episodios aluviales históricos en esta quebrada, como también su impacto en las comunidades ribereñas y especialmente en Chañaral de las Ánimas (~26,35°S), ubicada en el extremo sur de la costa hiperárida del Desierto de Atacama.

De acuerdo al registro histórico analizado, Chañaral y las localidades a lo largo del río Salado han sido afectadas por crecidas, inundaciones y aluviones en varias oportunidades. Desde el siglo XIX, los mayores episodios aluviales en el río Salado han sido los ocurridos en la temporada estival o hacia el final de la misma en 1972 y 2015, respectivamente, ambos caracterizados por lluvias intensas y altas temperaturas atmosféricas en la precordillera andina, siendo el de 2015 el más importante tanto por la magnitud del fenómeno, como por la devastación provocada. Durante el siglo XX, crecidas e inundaciones de distinta intensidad por esta quebrada se informan también para los años 1900, 1904, 1905, 1929, 1930, 1940, 1946, 1983, 1987, 1991, 1997 y 2017. Aluviones a partir de quebradas locales, que drenan la Cordillera de la Costa y desembocan en Chañaral, ocurrieron en 1905, 1930, 1938, 1991 y 2017. A lo anterior se añaden inundaciones, aunque sin necesariamente la ocurrencia de aluviones severos, en 1929, posiblemente en 1940, 1983, 1987 y 1997.

En la mayor parte de los casos, los eventos aluviales ocurrieron en la fase de desarrollo o durante un evento El Niño/Oscilación del Sur, de forma mayoritaria durante el otoño-invierno, concomitantemente con anomalías positivas de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico ecuatorial central o frente a las costas de América del Sur.

Además de la situación multiamenaza de peligros geológicos en la que se encuentra Chañaral, así como otras localidades a lo largo de la costa de Atacama, la condición de riesgo socionatural parece haber sido acrecentada por factores como (i) una escasa a nula planificación territorial pertinente en la materia, (ii) escasa disponibilidad de información adecuada y educación con acento local, (iii) vulnerabilidad de las instituciones encargadas de la emergencia, especialmente en materia de gobernanza, (iv) vulnerabilidad de infraestructura crítica para enfrentar la emergencia, y (v) ausencia de sistemas de monitoreo, alerta y prevención regional y local.

1. Introducción

La costa del Desierto de Atacama es uno de los lugares más áridos del planeta, en donde la precipitación puede ser nula o casi nula durante varios años, condición que es interrumpida por

episodios pluviales de carácter esporádico. El 24, 25 y 26 de marzo de 2015 la región de Atacama en general, y la cuenca hídrica del río Salado en particular, fueron afectadas por intensas precipitaciones que provocaron severas inundaciones y aluviones, resultando en un gran daño para la población (Codelco, 2015; Gobierno de Chile, 2015; Wilcox et al., 2016; Bozkurt et al., 2016; figuras 1 y 2). Este río es en realidad una quebrada con escorrentía esporádica, situada en el extremo sur del desierto hiperárido de Atacama, que drena una extensa área recibiendo aportes desde quebradas situadas en la Cordillera de la Costa hasta la precordillera andina.

Figura 1. Vista desde la costanera hacia la ciudad de Chañaral, luego del aluvión de marzo de 2015. Se aprecia la fuerte erosión causada por el aluvión que bajó desde la quebrada del río Salado. Se indica además la ubicación de las quebradas costeras de Conchuelas y Cabritos. Fuente: Gabriel Vargas

La escorrentía en los sistemas hídricos superficiales del Desierto de Atacama es principalmente y eminentemente esporádica, es decir, se activan asociados a lluvias torrenciales cuya ocurrencia es irregular a lo largo de los años, y cuya intensidad es variable. Lo anterior redunda en la posibilidad de crecidas e inundaciones de los ríos y quebradas, usualmente inactivas, o en aluviones propiamente tal, es decir, en el sentido de una mezcla rica en material sólido consistente en piedras, bloques, finos y agua, cuyo impacto en las localidades puede ser mucho mayor. Un ejemplo de lo anterior son los aluviones ocurridos durante el siglo XX en la costa hiperárida de Antofagasta (~23,3°S), entre los cuales destacan los importantes eventos de 1940 y 1991, siendo este último uno de los más devastadores ocurridos en la historia de esa ciudad y de nuestro país (Vargas et al., 2000).

La investigación consistió en una revisión crítica de ediciones de periódicos locales, en la perspectiva de diferenciar los procesos geológicos antes señalados, registrar su impacto en la población, así como aspectos relativos a la respuesta institucional en la gestión de las emergencias. Las fuentes consultadas correspondieron a los periódicos editados en Chañaral, *El Lábaro*, *El Progreso*, y *Las Noticias de Chañaral*. A partir de 1973, Chañaral no cuenta, o por lo menos no se encontraron, ediciones regulares de periódicos locales impresos, por lo cual a partir de ese año se consultó el periódico *Atacama*, editado hasta la actualidad en la ciudad de Copiapó. Lo anterior fue complementado con la información de precipitaciones disponible a partir de los Anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile. Se consultaron especialmente fechas señaladas en trabajos anteriores, en las cuales ocurrieron lluvias torrenciales que desencadenaron aluviones o

inundaciones en la costa de la región de Antofagasta (Vargas et al., 2000; 2006), ubicada inmediatamente al norte de la región de Atacama, el registro disponible para la región de Coquimbo, situada inmediatamente al sur (Ortega et al., 2012), y aquellos señalados más genéricamente como episodios de lluvias intensas en Chile central (Vicuña Mackenna, 1877; Urrutia y Lanza, 1993; Ortlieb, 1994). También se consideraron fuentes locales basadas en el conocimiento tradicional de Chañaral, así como estudios específicos recientemente realizados en el área (Grijalba, 2016; Monroy, 2017). De esta manera, el registro presentado aquí no pretende abordar la totalidad de los episodios pluviales ocurridos en la región del río Salado y Chañaral en particular, pero sí representar los mayores episodios aluviales históricos ocurridos hasta la actualidad, de modo tal de facilitar su comparación con el contexto océano-climático regional y global en los cuales se desarrollaron.

Fuente: Gabriel Vargas

Figura 2. Ejemplo del fuerte impacto causado por el aluvión del 25 de marzo de 2015 en la parte baja del casco histórico de la ciudad de Chañaral, una vez comenzadas las labores de limpieza.

2. Episodios aluviales históricos en Chañaral

Las observaciones se encuentran sistematizadas en la Tabla 1, señalándose la fecha de ocurrencia, la naturaleza del fenómeno, junto con su impacto en la población local, siempre desde la perspectiva de lo relatado en las crónicas de los periódicos locales. Para el siglo XIX la información es escasa, razón por la cual se consultaron los registros informados por Rodolfo Philippi (1860) y Benjamín Vicuña Mackenna (1877). Además de los anteriores, Monroy (2017) recoge información sobre inundaciones y aluviones que probablemente ocurrieron también en los inviernos de 1878, 1879 y 1883, transcribiendo textualmente lo señalado por Aracena (1884): *"han sido memorables los inviernos en aquellas regiones de 1878, 79 y 83, por los grandes estragos hechos por la torrentosa corriente del río Salado. En esos años ha inundado toda la parte norte de la población de Chañaral,*

es decir, en un espacio de unas tres o cuatro cuadras cuadradas". Además, en el trabajo de Monroy (2017) se entrega información a partir de la cual es posible deducir la ocurrencia de inundaciones de distinta intensidad en 1886, 1890, 1894, 1897, 1898, 1900 y 1904 (Tabla 1). Para 1888 Monroy (2017) señala la ocurrencia de intensas lluvias el 13 y 14 de agosto, principalmente en la provincia de Copiapó, pero también lluvias y desbordes del río Salado en Chañaral.

Para el siglo XX y el inicio del presente siglo XXI, periodo mejor cubierto por crónicas regulares de periódicos locales y regionales, se informan catorce episodios aluviales en forma de aluviones o inundaciones por la quebrada del río Salado (1900, 1904, 1905, 1929, 1930, 1940, 1946, 1972, 1983, 1987, 1991, 1997, 2015 y 2017), siendo los de 1972 y 2015 los más importantes tanto por la magnitud -y similitud- del fenómeno, como por su impacto en la población, pero destacándose también los aluviones de 1905 y 1930 (Tabla 1). En la recopilación de Monroy (2017), se señala que *"un violento aguacero dañó las obras del ferrocarril de Pueblo Hundido a Potrerillos"*, posiblemente por una lluvia que acumuló 16,1 mm en Caldera los días 22 y 23 de mayo de 1918, y además se señalan inundaciones en Copiapó y Chañaral por lluvias que acumularon 42 mm y 32,2 mm en cada ciudad, respectivamente, el 29 y 30 de junio de 1926. Aunque en ambos casos es posible suponer crecidas por el río Salado, no es claro su impacto en Chañaral. Para el 21 de mayo de 1946, en cambio, Monroy (2017) informa lluvias que acumularon 21 mm en Chañaral y 31 mm en Potrerillos, con *"bajadas de agua por la cuenca del Salado y por las quebradas de Conchuelas y Cabritos* –y que– *también escurrió agua por las quebradas de Ánimas y Flamenco"*. Para el 22 de agosto de 1969 Monroy (2017) señala que *"las comunicaciones telefónicas y telegráficas se cortaron y el camino entre Potrerillos y El Salvador quedó interrumpido"*, junto con *"4 familias damnificadas en El Salado y 25 en Chañaral"*, producto de lluvias que acumularon *"25,1 mm para el día 22 de agosto en Chañaral",* por lo que es posible suponer crecidas y bajadas por algunas quebradas, sin esclarecerse la magnitud de su impacto en Chañaral. En la recopilación de Monroy (2017) se señalan también fechas de lluvias en los años 1906, 1912, 1921, 1927 (causando crecidas en quebradas de Copiapó), 1928, 1931, 1934, 1936, 1938, 1943, 1949, 1953, 1957, 1962, 2005 y 2009, sin desprenderse crecidas o inundaciones severas por quebradas costeras o el río Salado, salvo en 1938.

Además, del registro se desprenden por lo menos cuatro episodios de aluviones -propiamente tal- (1905, 1930, 1991 y 2017; Tabla 1), a lo que se suman cuatro eventos de inundaciones –sin confirmarse la ocurrencia de aluviones– por las quebradas costeras que desembocan en Chañaral, como las de Conchuelas y Cabritos (1929, 1983, 1987 y 1997; Tabla 1). El registro evidencia también un aluvión en 1940, sin esclarecerse si se trató sólo del río Salado o también de las quebradas costeras (Tabla 1), a lo cual se suma un aluvión en 1938, en la quebrada Conchuelas, informado por un periódico de Taltal.

A partir de las crónicas se puede desprender también el fuerte impacto que han tenido estos eventos en la población, implicando la pérdida de vidas humanas, personas damnificadas, daño en la infraestructura, servicios básicos (agua, electricidad y últimamente telefonía móvil), así como una evidente vulnerabilidad de las instituciones encargadas de gestionar las emergencias y contradicciones en el manejo de la información. Se destaca el rol que sistemáticamente han realizado las escuelas y liceos como albergues para los damnificados, lo cual ha significado un desmedro tanto para la posibilidad de una rápida normalización de las actividades escolares, así como respecto del rol social que cumplen estos establecimientos para la población local.

Finalmente, los registros evidencian una urgente necesidad de implementar planes de desarrollo urbano para las localidades ribereñas del río Salado, que consideren la naturaleza del medio físico, es decir, la posibilidad de ocurrencia esporádica de aluviones severos por quebradas

cuya escorrentía tiende a ser nula el resto del tiempo, algo que había sido ya informado por Philippi en 1860 (Tabla 1). A lo anterior, se suma la necesidad de medidas de mitigación adecuadas para contener los aluviones por estas quebradas. En este último sentido, cabe destacar las medidas iniciadas luego del aluvión de 1972, durante el gobierno de Salvador Allende, que buscaban mitigar el impacto en Chañaral de los aluviones por la quebrada del río Salado, las cuales serían realizadas directamente por las instituciones del Estado, truncadas por la dictadura militar a partir de 1973, y retomadas parcialmente con posterioridad a este régimen. Por ejemplo, es importante señalar que si bien la quebrada del río Salado contaba con una canalización en el sector urbano de Chañaral el año 2015, ésta resultó totalmente colmatada y desbordada por las aguas y sedimentos del aluvión, tal como se constató en una visita a terreno realizada en la semana que siguió al evento (Figura 3). Lo anterior refuerza la necesidad de considerar no sólo modelaciones basadas en los registros hidrológicos o meteorológicos instrumentales, para sustentar los diseños de ingeniería con fines de mitigación, sino también la perentoriedad de incluir las evidencias del registro geológico e histórico.

Figura 3. Vista de la canalización de la quebrada del río Salado bajo la Carretera Panamericana, con desagües colmatados por sedimento (**a**) *Fuente: Gentileza de Cristián Cerda*, y el canal ya limpiado luego de haber extraído gran cantidad de sedimentos luego del aluvión del 25 de marzo de 2015 (b) *Fuente: Gabriel Vargas*.

Tabla 1. Observaciones históricas de inundaciones y aluviones en Chañaral, en particular, y en la región de Atacama, en general, a partir de crónicas de periódicos locales.

Mayo de 1848. Crecidas de los ríos Salado y Copiapó. La Finca de Chañaral es afectada por inundaciones del río Salado.

"Viage al Desierto de Atacama". Hecho de orden del Gobierno de Chile en el verano de 1853-54, por el Doctor Rudolph Amandus Philippi, 1860

"Pero es muy falso decir que no llueve nunca: el gran aguacero de mayo de 1848, que hizo correr el río Salado hasta el mar y que casi arrastró la habitación del mayordomo de la F inca de Chañaral, está en la memoria de todos y he anotado arriba que personas ancianas recuerdan que una gran corriente de agua bajó por la quebrada de Paipote y amenazó a la ciudad de Copiapó; he referido que se me ha asegurado que había llovido en Atacama hacía 18 meses; finalmente es sabido que cae a veces bastante nieve en la cordillera, principalmente en invierno. Ya lo sabía Herrera, y es muy sabido que Almagro, cuando quiso conquistar Chile, perdió una gran parte de su ejército por los hielos y las nevazones que encontró en la cordillera. Es cierto que la cantidad de lluvia y nieve que experimenté en el mes de febrero en la cordillera era insignificante, pero puede haber más en otros casos y un arroyo, el cual corre sólo unas pocas horas por efecto de un fuerte aguacero, hará surcos muy hondos en el ripio a consecuencia de la gran inclinación de todas las quebradas. La circunstancia de que todo el ripio es angular y de que no haya ninguna parte de cascajos redondos en el lecho seco de los arroyos, como los produce el continuo movimiento y frotamiento por las aguas corrientes, es una prueba evidente de que no corrieron nunca ríos continuos" (p. 142).

9 y 10 de julio de 1877. Copioso aguacero en las regiones de Atacama y Coquimbo. Crecida del río Salado. El fenómeno se repite cerca del 13 de julio y Chañaral es afectada por inundaciones.

"El Clima de Chile". Ensayo histórico (Desde los tiempos prehistóricos hasta el gran temporal de julio de 1877), por Benjamín Vicuña Mackenna, 1877

"Así el rio Salado, que es el rio típico del desierto, solo, ha corrido en dos ocasiones durante la memoria de las jeneraciones que hoi lo pasan diariamente en seco, esto es, en 1858, en que tres aguaceros produjeron 132 milímetros de agua, i en 1877, en que amenazó inundar con sus aguas el pueblo i puerto de Chañaral, situado en su embocadura" (p. 272).

"El aguacero comenzó en la ciudad de Copiapó a las 12 de la noche del 9 i se prolongó con fuerza hasta la una del día 10. Nuestras calles, decía un diario de aquella ciudad, en esa mañana se empaparon, i en algunas el agua corría con mas fuerza que lo que acostumbra hacerlo en la acequia que nosotros tenemos la fantasía en llamar río"... "La mayor intensidad del aguacero había tenido lugar a las 7 de la mañana, en que cayó una apretada manga, pero su duración fue en realidad de 13 horas... El agua caída en el pluviómetro del liceo de Copiapó había subido a 17.5 milímetros".

"Pero lo que constituye la más notable peculiaridad del aguacero del 10 de julio en Atacama, no es que lloviese en esas rejiones cuando en el sur había escampado totalmente, ni que durase mas de doce horas cada uno de sus aguaceros, sino que su marcha fuera inversa, de norte a sur, como si su núcleo jenerador hubiese estado en el desierto, es decir, en latitudes donde jamás llueve" (pp. 452-454).

"Siguióse a esas ajitaciones de la costa terrestre –dos temblores que ocurren justo antes, el 10 y el 13 de julio- *un copioso e inusitado aguacero de 15 horas en el desierto de Atacama, que hizo correr el tradicio-*

nal rio Salado, inundando algunas habitaciones i establecimientos industriales del pueblo de Chañaral, situado en su embocadura. La jente se salvaba de sus chozas con el agua a la rodilla. No se había visto nada semejante desde hacía 30 años, cuando esa población minera era solo una esparcida ranchería. El aguacero duró 15 horas".

"El 23 de julio volvió a llover en el valle de Copiapó con abundancia" (p. 458).

31 de mayo de 1886. Inundaciones por el río Salado y la quebrada Conchuelas.

La Justicia de Chañaral, 31 de mayo de 1886 (citado en Monroy, 2017)

Lunes, 31 de mayo de 1886: "El domingo 30 principió como a las 5 P.M. una llovizna, para unos presagio de un serio aguacero... Nuevamente el aguacero volvió a la carga allá como a las cuatro de la mañana, precedido de un verdadero temporal de viento que puso a todos en alarma. A la misma hora, poco más o menos, el agua bajaba en abundancia a la población por la quebrada del Salado, casi en mayor cantidad que otros años. Como a las 9 A.M., del día 31, la quebrada de Conchuela, lo que nunca se había visto, según se decía, venía llena de agua, invadiendo unas cuantas casas, y haciendo perjuicios de consideración. Los caminos interiores han quedado intransitables, y se trabaja activamente en ver manera de componerlos".

"En Caldera precipitó 18,3 mm, y en Copiapó, 13,3 mm" (Monroy, 2017).

14 de junio de 1890. Inundación por el río Salado.

La Voz de Chañaral, 15 de junio de 1890 (citado en Monroy, 2017)

Domingo 15 de junio de 1890: *"Amaneció lloviznando y fuertes goterones caían sobre los techos de las casas. En el resto del día y en la noche arreció la lluvia, sucediéndose gruesas mangas con intervalos de algunos minutos. El viento silbaba con ímpetu, y a las doce de la noche bajó el río Salado inundando parte de la población. Los perjuicios ocasionados por la inundación son muchos... La atmósfera sigue encapotada y el mar un tanto agitado".*

"En Copiapó, meteorología indicó que el día 14 de junio, el agua caída fue de 21,5 mm...el 3 de julio de 12 mm" (Monroy, 2017).

20 de julio y 15 de julio de 1894. Inundaciones por el río Salado.

El Constitucional, 26 de julio de 1894 (citado en Monroy, 2017)

Jueves 26 de julio de 1894: *"El martes último en la noche se repitió la lluvia en El Salado, aunqe no en las grandes proporciones con que se presentó el viernes pasado.*

Con laudable actividad se están reparando los enormes perjuicios que originó el aguacero del viernes, en las líneas férreas de Ánimas y El Salado; pues ambas vías, así como las huellas carreteras del Departamento, han sido obstruidas y destruidas en gran parte, circunstancia que demandará brazos, tiempo y dinero para dejarlas cómodamente transitables".

En una edición anterior se señala el episodio de la lluvia del 15 de julio: *"Hemos tenido un constante aguacero como no habíamos presenciado otro igual en este Departamento, donde en el año 1888, cuando el agua del río Salado inundó todo el barrio cercano a la Estación del Ferrocarril. La lluvia principió el sábado a las 2 A.M. y sin interrupción hasta las 3 P.M. del mismo. El agua que ha lavado bien los edificios y los cerros, promete una fecunda y abundante primavera. Debido a los perjuicios que el aguacero ocasionó en nuestro Taller, no se dio a luz "El Constitucional" del sábado último, e ignoramos el tiempo que tendremos que ocupar para obviar los inconvenientes y darle su verdadero formato. La comunicación*

telegráfica, del sur y norte de Chañaral, ha estado interrumpido durante tres días en la semana anterior. En Taltal, el aguacero ha causado enormes perjuicios: destruyó la línea férrea y el agua que bajó por la quebrada inundó la población.

Viajeros que han venido del interior, nos dicen que la nieve en la cordillera tiene un metro de espesor. La gran nevazón se ha extendido hasta Chañarcito, las sierras de Tres Puntas, del Pingo, Caballo Muerto, Vicuña, Potrerillos y Doña Inés, se ostentan blancas de nieve".

"El 15 de julio cae una lluvia de 13,8 mm en Caldera, según la estación meteorológica instalada en ese puerto. La estación de Copiapó registra 26,1 mm en esa ciudad, pero el día 20 de julio..." (Monroy, 2017).

19 de junio de 1897. Inundación por el río Salado y también -con posible aluvión- en la quebrada Conchuelas.

El Constitucional, 26 de junio de 1897 (citado en Monroy, 2017)

Sábado 26 de junio de 1897: *"Chañaral ha sido visitado por un abundante y copioso aguacero, como no había presenciado otro igual desde muchos años en estas latitudes.*

Desde el sábado hasta el domingo a las 11 P.M., con pequeñas interrupciones, llovió con una fuerza extraordinaria. La abundante lluvia y la gran nevada prometen una hermosa primavera para este departamento.

El benévolo aguacero ha causado algunos perjuicios: el agua que ha bajado de Ánimas y Salado convirtió en lodazal a varias calles principales y embancó la línea férrea en distintas partes, ocasionando esto atraso y alteración en el itinerario de los trenes.

El agua gredosa y torrentosa que bajó de la quebrada de Conchuelas en la madrugada del lunes, ahogó al trabajador Tomás Sapian que no tuvo tiempo de ponerse a salvo y causó aniegos y perjuicios de consideración en el vecindario de la calle Conchuelas.

Durante la lluvia una lancha se fue al garete, pero al día siguiente fue recuperada. Después de la lluvia y compuesto el tiempo, tres buques arribaron a este puerto poco menos que simultáneamente".

"Los diarios y la estación meteorológica situada en Copiapó, informan que el 19 de junio cayó una briosa lluvia de 31,6 mm en la ciudad. No hay registros pluviométricos para Chañaral..." (Monroy, 2017).

23 de mayo de 1898. Inundación por el río Salado y también en la quebrada Conchuelas.

El Constitucional, 28 de mayo 1898 (citado en Monroy, 2017)

Sábado 28 de mayo de 1898: *"La lluvia del lunes ocasionó una pequeña interrupción en el tráfico de los trenes del ferrocarril, por obstrucción y descompostura de la línea en varias partes, perjuicios que fueron luego reparados, dejando expedito el tráfico.*

La línea que ha sufrido más deterioros ha sido la de Ánimas; la del Salado quedó intacta y la de Pueblo Hundido habría sido destruida si se prolonga la lluvia y aumenta el caudal de agua en la quebrada, hasta la altura de la línea, sin terraplenes, sin puentes ni defensa alguna.

El aguacero ha causado incalculables perjuicios en la población, muchas casas y sitios han sido anegados e inundados por la lluvia y la gredosa agua que en abundancia bajó de las quebradas del Salado y Conchuelas.
Entre los damnificados por estas circunstancias, es el vecindario de las calles de Merino Jarpa, Salado, Conchuelas, Pinto y Varela".

"El lunes, desde las primeras horas de la madrugada, Chañaral, fue visitado por una copiosa y abundante lluvia, que se prolongó por espacio de cinco horas sin interrupción, tiempo suficiente para que se asearan los edificios de la población; para que se regaran nuestras calles, para que bajara agua en abundancia por las quebradas de Conchuelas y Salado y para que el campo se apreste para presentarnos una hermosa y agradable primavera".

"El Instituto Meteorológico y Geofísico de Chile, informó que la cantidad de agua caída en la lluvia del 23 de mayo en Copiapó, fue de 10,4 mm, sin entregar antecedentes del registro pluviométrico en otras ciudades de la región" (Monroy, 2017).

18 de julio de 1900. Inundación por el río Salado.

El Constitucional, 11 de agosto 1900 (citado en Monroy, 2017)

Sábado 11 de agosto de 1900: Se señalan *"daños en las línea férrea en los tramos Chañaral-El Salado-Diego de Almagro y en el ramal hacia Las Ánimas. Además, se da cuenta de insignificantes daños en la proyectada línea de Los Pozos.*

La crecida de las aguas por el río Salado inundó las casas del entorno de la quebrada, las calles principales, la Estación del Ferrocarril y las aceras de la calle Merino Jarpa".

Sábado 25 de agosto de 1900: Se indica un nuevo episodio: *"Con el último aguacero, las reparaciones practicadas con la línea férrea de Chañaral a Pueblo Hundido, han vuelto a ser destruidas en gran parte, ocasionando con esto más atrasos y mayores perjuicios a la industria minera y a la empresa del Ferrocarril.*

Debido al mismo aguacero, las reparaciones y composteras en la línea de Ánimas, no podrán terminarse antes de 10 días más".

"En agosto se registró una lluvia de 42 mm en Copiapó, desconociéndose lo ocurrido más al norte..." (Monroy, 2017).

31 de julio de 1904. Inundaciones por el río Salado.

El Constitucional, 20 de agosto 1904 (citado en Monroy, 2017)

Sábado 20 de agosto de 1904: Se señala que *"todos los caminos y huellas carreteras han quedado obstruidos. Muchas faenas mineras han paralizado o reducido sus trabajos por falta de víveres y de medios de acarreo. La línea telegráfica está interrumpida. En la laguna de Pedernales se helaron cuatro hombres chinchilleros. Se trabaja con empeño para que los hornos de fundición reanuden sus trabajos en la semana próxima. La industria del Departamento está paralizado casi por completo. La ruina y la calamidad es general, sólo se ve pobreza y miseria.*

Urge que el Gobierno y las autoridades locales adopten medidas perentorias y salvadoras, para remover los males y evitar el hambre y la desnudez de tanto desgraciado que ha quedado sin pan y sin hogar".

"Se deduce que la lluvia ocurrió el 31 de julio en Chañaral. En la oportunidad hubo daños en el pueblo y mineral de Las Ánimas, El Salado, Chañarcito y Pueblo Hundido" (Monroy, 2017).

"El Instituto de Meteorológico y Geofísico de Chile, registró una voluminosa lluvia el 16 de julio en Copiapó. El agua caída fue de 26,6 mm. Por su parte, el Servicio Meteorológico del Territorio Marítimo, indicó en su anuario una cantidad de 13,8 mm para Caldera (15 de julio). No se dan registros para ciudades más al norte. Al interior de Copiapó hubo nevadas" (Monroy, 2017).

21 de mayo de 1905. Crecida e inundación del río Copiapó, por temporal en el Norte Chico. En El Lábaro no se reportan inundaciones o anegamientos en Chañaral.
El Lábaro, Chañaral, 18, 24 y 31 de mayo de 1905; Urrutia y Lanza (1993)

Jueves 18, miércoles 24 y miércoles 31 de mayo de 1905: No se encontró información relativa a inundaciones o anegamientos en Chañaral ni en el río Salado.

Urrutia y Lanza (1993): *"Crecida de río Copiapó destruye gran parte del la línea del ferrocarril entre Tres Puentes y San Antonio... temporal en el Norte Chico que afectó principalmente a Vicuña y sus alrededores, por los desbordes de los ríos y canales".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1905*:* No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante mayo en Punta Tortuga (112,6 mm, 17 de mayo). Precipitación mensual en Puerto de Antofagasta (0 mm), Faro Caldera (0 mm), Punta Tortuga (176 mm).

13-14 de julio de 1905. Crecida, inundación y aluvión por el río Salado y también por las quebradas costeras (14 de julio). Chañaral y El Salado son fuertemente afectados.
El Lábaro, Chañaral, 19 de julio de 1905

Miércoles 19 de julio: La lluvia comienza el jueves 13, con *"poca fuerza"* entre las 12-17 hrs, *"copiosa"* entre las 20 hrs PM y las 3 hrs AM del viernes 14. Como una *"avalancha torrencial"* bajó por las quebradas Conchuelas, Salado y Animas, *"inundando la ciudad en el barrio comprendido entre la calle los Baños hasta el cementerio, arrastrando a su paso: habitaciones, moviliario, rieles i postes telegráficos, dejando muchos edificios minados i con montañas de piedra i arena"*.

"No hai precedente de la magnitud de los perjuicios que ocasiona ese aguacero".

"Más de 60 familias quedan desnudas i sin hogar".

Deterioro y perjuicio en el Salado. *"En* –la quebrada- *Animas, el aluvión barrió con todo"* (la estación de ferrocarril).

"Las líneas férreas del interior han sido destruidas en gran parte, especialmente la de Animas, la urbana de Chañaral, la que no está sepultada bajo 3 m de piedra i arena, se encuentra en el aire sobre anchos i profundos canales trabajados por la corriente de las aguas. La maestranza, oficinas i habitaciones de los empleados están en ruina i calamitoso estado".

"La fundición de la Compañía Inglesa ha sido inundada por completo e interrumpida sus tareas por tiempo indeterminado con pérdidas incalculables".

"El movimiento de la industria minera, que es la vida de Chañaral, no tiene cuando rehabilitarse si el Gobierno –único responsable de la calamidad que gravita sobre la población, puesto q' desde el 75, época en que se inauguró este ferrocarril, le venimos pidiendo preserve a la ciudad de Chañaral de las inundaciones que anualmente nos obsequian las quebradas del Salado i Conchuelas- no acude con liberalidad, tino i rectitud que son indispensables para minorar los efectos del mal que tomará incalculables proporciones a medida que se prolongue la paralización con sus desastrosas consecuencias".

"Durante el temporal el mar estuvo embravecido i una lancha se fue a pique".

"En Taltal, la lluvia destruyó la línea férrea, los muelles i 20 lanchas se fueron a pique, la mayor parte con mercaderías".

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1905: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitaciones diarias en Punta Tortuga: 22,4 mm (13 de julio), 0,9 mm (14 de julio). Precipi-

taciones mensuales en Puerto de Antofagasta (0 mm), Punta Tortuga (74,6 mm), Faro Caldera (0mm).

Enero de 1906. Desborde de los ríos por deshielos en la cordillera; inundaciones en Copiapó, Vallenar y Huasco. No se reportan inundaciones o anegamientos en Chañaral.
El Lábaro, Chañaral, 31 de enero de 1906; Urrutia y Lanza (1993)

Miércoles 31 de enero de 1906: *"El Gobierno ha sido autorizado para invertir hasta la suma de 100 mil pesos en la construcción de obras –de- defensas contra los desbordes de los ríos Copiapó i Huasco; i, para hacer mas viable la realización de esas obras, ha dado la orden para que el transporte nacional "Rancagua" venga a llevar rieles viejos que tenga disponible el ferrocarril de Chañaral"*. No se encontró información relativa a inundaciones o anegamientos en Chañaral ni en el río Salado en las ediciones de enero de 1906.

Urrutia y Lanza (1993): *"Los desbordes de los ríos Copiapó y Huasco, durante todo el mes de enero de 1906, a consecuencia de los deshielos en la cordillera, afectaron principalmente a la provincia de Atacama, paralizando las industrias, el comercio, inundando los campos y asientos mineros. El desbordamiento de los ríos se fue produciendo paulatina y constantemente, hora a hora y día a día, llegando las aguas a las localidades, pueblos y ciudades. En Copiapó, el agua subió más de un metro y medio, casi todo el comercio de los sectores anegados cerró sus puertas. Familias enteras quedaron desamparadas, las que fueron ayudadas por la policía y los bomberos. Las casas se derrumbaron con el ímpetu de las aguas. Los valles y los mejores sembrados, principalmente en Copiapó y Vallenar, se inundaron completamente; la línea férrea se destruyó en varias partes; los puentes, las obras de defensa, los pies de cabra y las empalizadas fueron totalmente arrasados. Tierra Amarilla, Cerrillos, Mal Paso, Totoralillo y Nantoco fueron algunas de las localidades que sufrieron con la inundación, quedando totalmente devastadas. San Antonio de Atacama quedó aislada y la población amenazada de padecer hambre. En Vallenar las calles quedaron anegadas, los puentes derribados, el comercio paralizado, las comunicaciones cortadas con la costa y con el interior, la vía férrea removida y cubierta de agua en varias partes. En Tierra Amarilla, las pérdidas en propiedades y mercaderías fueron del orden de los cuarenta mil pesos.*

El ministro de Industrias y Obras Públicas visitó los lugares devastados, para imponerse personalmente de los daños y determinar las primeras medidas que era necesario tomar para detener la obra destructora de las aguas y aliviar, en parte, la situación en que habían quedado los damnificados. Destinó veinte mil pesos a Copiapó, de los cuales diez mil fueron para ayudar a las familias de la ciudad de Copiapó y los otros diez mil para las de Vallenar. En Caldera y en Santiago se hicieron erogaciones, con el mismo fin".

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1906: No hay datos de precipitación diaria o mensual de Chañaral. Precipitaciones mensuales en Antofagasta (0 mm), Caldera (2,9 mm), Copiapó (0 mm), Punta Tortuga (0 mm).

3-4 de julio de 1925. Persistente lluvia desde las 12 hrs del 3 hasta las 3 de la madrugada del 4 de julio, pero sin perjuicios mayores; llueve también en el interior.
El Progreso de Chañaral, 4 de julio de 1925

Sábado 4 de julio: Tupida garúa desde temprano el 3 de julio, *"la que después de las 12 hrs se convirtió en una verdadera lluvia que duró hasta las 3 de la madrugada de hoy". "En el interior ha llovido con fuerza; pero sin causar daño alguno" "... en Copiapó también ha caído un regular aguacero".*

No se reportan daños mayores, salvo *"perjuicios a la construcción de los edificios"* que *"no está hecha para soportarlas* –las lluvias–, *ni menos en la actual situación".*

Falta de agua potable: *"Es de estrañarse que este puerto, tenga tan poca protección gubernativa, que ninguno de sus servicios pertenecientes a la administración pública, marchen con la debida corrección que a su categoría pertenecen. Chañaral está falto de agua potable, está falto de autoridades que conozcan los deberes que les pertenecen a su mandato, i mas que todo está falto de la capacidad de los representantes del Gobierno".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1925: No hay datos de precipitación diaria o mensual de Chañaral. Precipitación diaria máxima durante julio en Tocopilla (3,9 mm, 4 de julio), Antofagasta (16,3, 3 de julio), Copiapó (5,2 mm, 3 de julio), Vallenar (2,0 mm, 3 de julio), La Pampa (5 mm, 3 de julio), La Serena (3,2 mm, 3 de julio), Punta Tortuga (3,4 mm, 4 de julio), Coquimbo (4,5 mm, 3 de julio).

19 y 21 de junio de 1929. Fuerte temporal de lluvia y viento. Inundación y posible aluvión en la quebrada Conchuelas, e inundaciones por crecida y desborde del río Salado, con efectos en Chañaral.

El Progreso de Chañaral, 20 y 22 de junio de 1929

Jueves 20 de junio: *"Desde las 3 de la madrugada, se desencadenó un fuerte temporal de viento y lluvia, el que continuó hasta cerca de las 9 horas causando perjuicios en numerosos barrios de la población.*

Varios tabiques se desplomaron, como también varios techos fueron volados por el viento huracanado, que causaba pavor entre los habitantes.

Numerosas habitaciones se han inundado con la lluvia, recibiendo perjuicios de consideración.

En la bahía los trabajos se han tenido que paralizar por la fuerte corriente que existe.

Varias lanchas fueron arrastradas por el fuerte viento, mar afuera, teniendo que salir un remolcador de la Andes Copper en su búsqueda.

En el interior llueve con fuerza y en Potrerillos está nevando desde la madrugada.

Hasta el momento que escribimos sigue la lluvia a intervalos con poca fuerza".

Sábado 22 de junio de 1929: *"Los efectos de la lluvia y del temporal de viento. La lluvia continuó el jueves, hasta las 9 horas de ayer, causando graves perjuicios en la población.*

La quebrada Conchuelas, alcanzó a arrastrar gran caudal de agua, poniendo en grave peligro a los pobladores de la calle del mismo nombre.

El río Salado aumentó su caudal de agua, destruyendo la línea férrea en varias partes, quedando paralizado el servicio de trenes al Interior, al Norte y al Sur del país, y el de Potrerillos. De la Estación de los Ferrocarriles se nos comunica que aún no se puede saber si habrá servicio de trenes el Lunes próximo. Cuadrillas de operarios trabajan activamente para dejar pronto espedita la via férrea.

Las líneas telegráficas están aún interrumpidas al Norte y al Sur del país.

Los perjuicios en los edificios han sido también bastantes.

Los reos de la Sección Cárcel fueron trasladados al Cuartel de Carabineros de Barquito, por el mal estado del edificio".

No se informa de lluvias antes, en la edición del 18 de junio.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1929: Precipitación diaria en Chañaral (7 mm y 31 mm, 19 y 21 de junio). Precipitación diaria en Taltal (9 mm y 20 mm, 18 y 19 de junio), Potrerillos (14,8 mm, 21 de junio), Caldera (7 mm, 43 mm y 2 mm, 18, 19 y 20 de junio), Copiapó (10,3 mm y 51,5 mm, 20 y 21 de junio), Vallenar (39,9 y 22,2 mm, 20 y 21 de junio), La Pampa (45 mm y 47 mm, 20 y 21 de junio), La Serena

(60,8 mm, 20 de junio), Punta Tortuga (9,4 mm, 64,5 mm y 1,3 mm, 18, 19 y 20 de junio), Coquimbo (39 mm, 30,5 mm y 0,8 mm, 20, 21 y 22 de junio).

18, 19 y 20 de agosto de 1930. Llueve tenuemente primero y luego en forma torrencial. Aluviones por la quebrada Conchuelas, en Chañaral, e inundación por crecida del río Salado.

El Progreso de Chañaral, 19 y 21 de agosto de 1930

Martes 19 de agosto: Llueve con poca fuerza desde las 23 hrs del lunes, *"haciéndose más intensa en la madrugada de hoy, hasta cerca de las 10 hrs"*. La lluvia *"no ha causado perjuicios de ninguna especie, solamente que las habitaciones se han llovido en su mayoría, debido al mal estado de los edificios"*.

Jueves 21 de agosto: La lluvia *"poco intensa"* del lunes cesó el martes a mediodía, *"para reanudarse como a las 21:30 hrs y hacerse torrencial momentos más tarde hasta cerca de las 3 de la madrugada, hora en que escampó, siguiendo sólo una que otra garúa hasta las primeras horas del día"*.

Inundación y aluvión por la quebrada Conchuelas en Chañaral, *"que siempre ha sido peligrosa"*, inundando y arrastrando barro hacia el barrio del mismo nombre, con varias casas con *"enormes perjuicios"*.

"El río Salado arrastró también gran cantidad de agua, destruyendo la línea férrea en varias partes interrumpiendo el servicio de trenes en todo el Departamento... En el interior el río causó también algunos perjuicios, principalmente en Pueblo Hundido, que inundó algunas propiedades".

El gobernador, el juez subrogante, el capitán de carabineros, secretarios de la gobernación y de la municipalidad, i el director de la escuela, junto a otras personas, *"visitaron el barrio de Conchuelas en las primeras horas, procediéndose a distribuir algunos alimentos a los damnificados, que ascendieron a 61 entre familias y personas solas lo que estuvo a cargo del Director* -de la escuela- *señor Ubilla"*.

"Los perjuicios son considerables, en toda la población, debido a que los edificios en este puerto no son apropiados para las lluvias".

"Sabemos que solo el domingo o lunes se rehabilitarán los servicios de trenes, llegando solo hasta Pueblo Hundido del Sur i Norte del país".

Urrutia y Lanza (1993): Informan de *"temporal de viento y lluvias en el norte, ocasionando daños en Calama, Antofagasta, Taltal y Chañaral"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1930: Precipitación diaria en Chañaral (5 mm y 39 mm, 19 y 20 de agosto). Precipitación diaria en Antofagasta (27,1 mm, 19 de agosto), Taltal (1,2 mm, 38 mm y 1,5 mm, 18 a 20 agosto), Potrerillos (27,4 mm, 21 de agosto), Caldera (14 mm y 30 mm, 18 y 21 de agosto), Copiapó (24,7 mm, 19 de agosto), Vallenar (2,7 mm, 31 mm, 1,3 mm, 18 a 20 de agosto), La Pampa (7 mm y 50 mm, 18 y 19 de agosto), La Serena (2,8 mm y 16 mm, 18 y 19 de agosto), Punta Tortuga (2,2 mm y16,8 mm, 17 y 18 de agosto), Coquimbo (3,6 mm y 18,2 mm, 19 y 10 de agosto). Según la DMC, el 31 de agosto llovió nuevamente acumulándose 37 mm en Chañaral.

30 de junio y 1 de julio de 1932. Llueve en Chañaral y nieva en Potrerillos. No se reportan inundaciones o anegamientos en Chañaral.

El Progreso de Chañaral, 2 de julio de 1932; Urrutia y Lanza (1993)

Sábado 2 de julio de 1932: *"La lluvia del jueves. Desde las 16 horas empezó nuevamente la lluvia, la cual sin interrupción, duró hasta después de las 2 de la madrugada de ayer Viernes. Un sol esplendoroso, he-*

mos tenido ayer i hoi. La lluvia fue jeneral en todo el Departamento, cayendo en Potrerillos una buena nevada.

Debido a la lluvia el tren del Sur, sufrió un atraso de cerca de 4 horas".

No se informa de lluvias antes, en las ediciones del 21, 23, 25, 28 ni del 30 de junio.

Urrutia y Lanza (1993): Informan de *"precipitaciones en Chañaral. Durante el evento del 24 de junio cayó más agua en las regiones de Atacama y Coquimbo. El frente cubrió casi todo el sur de Chile, sin embargo, las lluvias se concentraron desde Constitución al norte."*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1932: Precipitación diaria en Chañaral (21 mm, 30 de junio). Precipitación diaria en Antofagasta (11 mm, 30 de junio), Taltal (24,5 mm, 1 de julio), Potrerillos (22 mm, 1 de julio), Caldera (17 mm y 7 mm, 30 de junio y 1 de julio), Copiapó (7,5 mm y 7,5 mm, 30 de junio y 1 de julio), Vallenar (18,5 mm y 0,7 mm, 1 y 2 de julio), La Pampa (27 mm, 30 de junio), La Serena (0,4 mm, 30 de junio), Punta Tortuga (omm), Coquimbo (0,6 mm 30 de junio).

18-21 de mayo de 1934. 19-21 de mayo, lluvia tenue en Chañaral, causa anegamientos y daños en techumbres de las viviendas. Llueve más intensamente hacia la parte alta y hacia el sur de Atacama.

El Progreso de Chañaral, 23 de mayo de 1934; Urrutia y Lanza (1993)

Miércoles 23 de mayo de 1934: En *"El Amigo del País"* de Copiapó (reproducido en *El Progreso*), se afirmaba que *"el Sábado último el fuerte temporal de agua viento i nieve, que azotaba a las provincias de Santiago i Aconcagua, se había jeneralizado en nuestro país, desde la provincia de Coquimbo hasta Chiloé...*

Agregamos que... a la una de la tarde del Sábado había comenzado a lloviznar en la ciudad de Vallenar, mientras que en el interior del Valle de Copiapó ya se había desencadenado la lluvia...

Pero este mal tiempo arreció, durante toda la noche del Sábado i madrugada de ayer Domingo, desencadenándose la lluvia poco antes de las 8 horas de la mañana, hasta las primeras horas de la madrugada del día de hoi, sufriendo sólo meras interrupciones... El agua caída con cierta cantidad, ha logrado formar inmensos barriales en las calles de nuestra ciudad... En las primeras horas de la madrugada de hoi, hemos tenido la oportunidad de imponernos personalmente que, la mayoría de las casas de nuestra ciudad, han sufrido las consecuencias de la primera lluvia del año, es decir, el agua ha traspasado las techumbres...

Tierra Amarilla a punto de ser arrasada por la quebrada Cerrillos... esta localidad se halla completamente dividida i aislada, a causa de un aluvión que la ha azotado... la quebrada de Cerrillos, la que se ha vaciado sobre la población de Tierra Amarilla... ha ocasionado dos víctimas...

En Punta del Cobre ha perecido ahogado un niño como de 12 años... los perjuicios son incalculables, pues los habitantes –de Tierra Amarilla- en su mayoría, han tenido que escapar con las prendas de vestir y útiles de casa a medida que sus circunstancias se lo permitieron...

Como la vez anterior, ahora fue el personal del Grupo de Injenieros, al mando de su Comandante, señor Bertose, a construir la defensa a favor de Tierra Amarilla y de Copiapó...".

No se informa de lluvias antes, en las ediciones del 17 y 19 de mayo.

Urrutia y Lanza (1993): Informan de un temporal entre el 18-21 mayo, con *"...sucesivos frentes de mal tiempo que se iniciaron el 17 de mayo y se prolongaron hasta el 4 de junio de 1934, azotando desde Copiapó a Magallanes... En la provincia de Atacama, Tierra Amarilla y Copiapó fueron las más afecta-*

das. El río anegó los sectores llamados La Chinita y La Chimba, en Copiapó, llegando el agua a más de cincuenta centímetros dentro de las casas... Tierra Amarilla se inundó totalmente... el río arrastró con los muebles, camas y enseres y anegó las viviendas... En los alrededores de Vicuña, La Unión y otros sectores también hubo desbordes del río... La vía férrea sufrió destrozos a la altura de La Serena y de Chañaral".

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1934: Precipitación diaria en Chañaral (0 mm). Precipitación diaria en Antofagasta (0 mm), Potrerillos (47 mm, 20 de mayo), Caldera (2,2 mm y 0,1 mm, 20 y 21 de mayo), Copiapó (24,4 mm, 21 de mayo), Loros (86,4 mm, 20 de mayo), Vallenar (9,5 mm y 30 mm, 20 y 21 de mayo), La Pampa (2 mm, 13,5, 103 mm y 21,5 mm, 18 a 21 de mayo), La Serena (0,2 mm, 12,7 mm, 49 mm y 18,7 mm, 17 a 20 de mayo), Punta Tortuga (0,3 mm, 11 mm, 33,3 mm y 17 mm, 17 a 20 de mayo.

7 de junio. Fuerte lluvia desde temprano en Chañaral.

El Progreso de Chañaral, 8 de junio de 1940

Sábado 8 de junio: *"Desde temprano ayer, nos visitó una fuerte lluvia con viento... El pésimo estado de las viviendas, hizo más molesta esta primera lluvia"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1940: Precipitación diaria en Chañaral (9 mm, 7 de junio). Precipitación diaria en Antofagasta (1,4 mm, 7 de junio), Potrerillos (38 mm y 18 mm, 7 y 8 de junio), Caldera (17,6 mm, 7 de junio), Copiapó (18 mm, 7 de junio),Los Loros (24,1 mm, 7 de junio,) Freirina (23 mm, 7 de junio),El Tránsito (20 mm, 7 de junio), La Pampa (24 mm, 7 de junio), La Serena (4,6 mm y 23,9 mm, 6 y 7 de junio).

12, 14 y 15 de junio. Intenso temporal de viento y lluvia. Inundaciones y anegamientos en Atacama. Aluvión en Taltal y también en Chañaral.

El Progreso de Chañaral, 15 de junio de 1940; Urrutia y Lanza (1993)

Sábado 15 de junio: *"Desde las quince treinta de ayer se desencadenó sobre nuestro pueblo un temporal de viento y lluvia que duró hasta las primeras horas de la madrugada de hoy"*. Impacto en los hogares *"debido al pésimo estado de nuestras viviendas"*. Se hundió una lancha en la bahía y varias estuvieron a punto de zozobrar. Comunicaciones telegráficas cortadas. Caminos terrestres afectados, incluyendo el camino entre Chañaral y Potrerillos, y perjuicios en pueblos y centros mineros del interior; *"Inca de Oro, después del temporal de viento y lluvia, fue sorprendido por una gran nevazón, causando los perjuicios consiguientes"*.

"La línea férrea en Copiapó se encuentra interrumpida; se estima que las reparaciones demorarán una semana.

El pueblo de Taltal se halla sin agua y sin luz. El temporal causó la destrucción de gran parte del pueblo... más de cien familias han quedado sin hogar. El Gobernador y el Alcalde han pedido ayuda al Gobierno.

En Antofagasta los perjuicios son enormes, principalmente en las oficinas salitreras. El viento arrancó los árboles de la plaza.

Gatico se encuentra aislado, no hay agua ni víveres".

Urrutia y Lanza (1993): Señalan que *"...otro violento temporal afectó a la zona norte, acentuando su efecto destructor en el pueblo de Taltal. El mar embravecido, las lluvias torrenciales y aluvión, juntaron sus fuerzas para descargarse sobre la región. El aluvión se produjo a altas horas de la noche, dejando por lo menos dos muertos y decenas de heridos que debieron ser sacados de debajo de los escombros para trasladarlos al hospital. Varias casas fueron arrancadas de cuajo, otras quedaron totalmente destruidas, las calles llenas de escombros y los pequeños negocios con las mercaderías tapadas de barro"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1940: Precipitación diaria en Chañaral (29 mm, 12 de junio). Precipitación diaria en Antofagasta (38 mm, 12 de junio), Potrerillos (55 mm de granizo o nieve, 12 junio), Caldera (44 mm y 0,1 mm, 12 y 13 de junio), Copiapó (33,5 mm, 12 de junio), Los Loros (44,2 mm, 12 de junio), Freirina (39 mm, 12 de junio), El Tránsito (35mm, 12 de junio), La Pampa (48 mm, 13 de junio), La Serena (1 mm y 27,7 mm, 11 y 12 de junio).

25 de julio. Lluvia torrencial en Tocopilla. Inundaciones y aluviones en la costa de la región de Antofagasta.

El Progreso de Chañaral, 25 de julio de 1940; Urrutia y Lanza (1993)

Jueves 25 de julio: *"En Tocopilla llueve desde la media noche torrencialmente. Varias casas están inundadas, centenares de familias han quedado sin hogar..."*.

"Las comunicaciones terrestres a María Elena, Antofagasta y Gatico están cortadas como también la línea de alta tensión a Tocopilla".

Urrutia y Lanza (1993): Informan que *"se formó un aluvión en un salto de agua de más de doscientos metros, por la quebrada Tocopilla, la que con el barro y las piedras que encontró en su camino formó una verdadera avalancha que arrasó con la población obrera La Manchuria, con parte de la población El Salto y parte del centro de la ciudad. También se destruyó el campamento minero de La Despreciada, el poblado de Gatico y la estación Reverso.*

El torrente arrasó con el noventa por ciento de las casas de la población La Manchuria; se contabilizaron dieciséis desaparecidos. El hospital nuevo de Tocopilla que había costado cuatro millones de pesos recibió el impacto de las aguas que destruyeron los muros de cemento armado, inundó el primer piso, destruyó el muro del extremo opuesto, vaciándose sobre el colectivo de la Caja de Seguro. La avalancha se llevó también bodegas, maquinarias y estanques de la Beneficiadora de Tocopilla, que estaba paralizada hacía algunos años, e invadió las calles céntricas de la ciudad que quedaron cubiertas de lodo. La población El Salto fue arrasada en parte, quedando algunos desaparecidos y varios muertos. La línea férrea sufrió deterioros con el agua y el barro.

La mina La Despreciada, ubicada a cuatro kilómetros de Tocopilla, que tenía un campamento obrero de doscientas casas, instalaciones de extracción y elaboración de metales fue totalmente arrasada. Se encontraron más de treinta y tres cadáveres, otros tantos desaparecieron y hubo alrededor de treinta heridos. Los muebles, enseres y vehículos quedaron sepultados bajo el lodo. El retén de Carabineros que había en la mina se derrumbó estruendosamente, salvándose el personal y sus familias; la potencia del agua arrastró al ganado hasta Tocopilla.

En la caleta Gatico hubo cuatro muertos y ciento ochenta y dos personas quedaron sin hogar. La estación Reverso quedó bajo el agua; el cambiador puso salvarse, pero toda su familia pereció.

En total quedaron más de mil quinientos damnificados, por lo menos cuarenta muertos, otros tantos desaparecidos, medio ciento de heridos y daños del orden de veinte millones de pesos. Tanto el intendente, como los funcionarios de la intendencia, Carabineros y particulares ayudaron a los damnificados, concurrieron a los funerales de las víctimas que enlutaron a la región, e incluso el comercio entornó sus puertas".

Se reportan derrumbes e inundaciones también en las minas Tolva y Laura.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1940: Precipitación diaria en Chañaral (0 mm). Precipitación diaria en Antofagasta (17 mm, 24 de julio), Potrerillos (2 mm y 3 mm, 24 y 35 de julio),

Caldera (1 mm y 8,4 mm, 23 y 24 de julio), Copiapó (14 mm, 24 de julio), Los Loros (9,5 mm, 25 de julio), Freirina (5 mm, 24 de julio), El Tránsito (0 mm), La Pampa (0 mm), La Serena (2 mm y 2,9 mm, 23 y 24 de julio).

23 de junio de 1943. Lluvia en Chañaral; no se encontró información de inundaciones o aluviones.

El Progreso de Chañaral, 23 de junio de 1943

Miércoles 23 de junio de 1943: *"Con la entrada del Invierno, el Domingo en la noche, nos visitó una pequeña lluvia, la que a intervalos, se prolongó hasta las 7 horas de ayer Lunes, habiendo después un tiempo esplendoroso".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1943: No hay datos de precipitación diaria o mensual de Chañaral. Precipitación diaria máxima durante junio en Antofagasta (0 mm), Potrerillos (7,1 mm, 28 de junio), Caldera (51,3 mm, 29 de junio), Vallenar (25, 4 mm, 28 de junio), La Serena (8,1 mm, 21 de junio).

14 de febrero de 1954. Aluvión en Copiapó. No se encontró información de inundaciones o aluviones en Chañaral.

El Progreso de Chañaral, 16 de febrero de 1954; Urrutia y Lanza (1993)

Martes 16 de febrero de 1954: *"Aluvión en Copiapó arrasó con 10 kilómetros de la línea del ferrocarril... El Domingo 14 cerca de las 6 y media de la tarde el aluvión que venía del norte llegaba a Paipote pero felizmente resistió la defensa que ahí existe.*

Gran cantidad de agua sobre la que flotaban postes y durmientes pasaban rápidamente hacia el rio.

Un tren que había salido de Copiapó a Pueblo Hundido... quedó detenido al llegar a la Estación ferroviaria de Juan Godoy por el aluvión que corría junto a la línea quedando bloqueado... Los terraplenes fueron arrasados...

Ingeniero de vialidad de Copiapó... camino está cortado por el lado norte desde el kilómetro treinta hacia Copiapó...".

El 18 de febrero de 1954, en El Progreso, se señala que *"el Ministerio de Obras Públicas instruye la reparación del camino cortado por el aluvión".*

Urrutia y Lanza (1993): *Se indica el 12 de febrero, "Crecida del río Copiapó cortó camino a Caldera, las líneas telegráficas y obstruyó la ferrovía entre Juan Godoy y Paipote... Un aluvión se produjo en Guatacondo, al interior de Iquique. Mamiña y otros poblados de la región de Tarapacá quedaron aislados y cubiertos de barro".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1954: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante febrero en Antofagasta (0 mm), Potrerillos (33,2 mm, 14 de febrero), Caldera (0,1 mm, 27 de febrero), Copiapó (0 mm), La Serena (0 mm).

11, 13 de agosto de 1965. Fuertes marejadas en Chañaral y en la región en general por temporal desde el sur. Llueve sobre Antofagasta el 13 de agosto. No se informa de inundaciones o aluviones en Chañaral.

Las Noticias de Chañaral, 12 y 14 de agosto de 1965; Urrutia y Lanza (1993)

Jueves 12 de agosto de 1965: *"A las 2 de la madrugada del Martes último, a raíz de los fuertes temporales*

que azotan la Zona Sur del país una brusca marejada se dejó sentir en las costas de Chañaral, produciendo numerosos daños materiales en las instalaciones de la Compañía Minera Santa Fé, donde destruyó el muelle de acceso al puerto mecanizado arrasándolo completamente... Destruyó además, las instalaciones de la bomba extractora de agua salada para los servicios higiénicos cuya máquina fue arrastrada al mar.

En el puerto de Barquito cortó el cable de anclaje de una boya arrastrándola mar adentro, dejando varada en la arena la lancha N°8 de la Andes Copper Mining Co. que estaba cargada con 80 toneladas de planchas de cobre, y destrozando otras embarcaciones menores, arrojando después los restos de maderas y otros materiales a todo lo ancho de la playa de Chañaral... Sufrieron los embates del mar humildes viviendas cercanas a el, las que debieron ser evacuadas durante la noche por voluntarios del Cuerpo de Bomberos...

Recrudecen temporales desde Arica hasta Aisen. Viento de 40 nudos azotan todo el litoral... Por tercer día consecutivo, el violento temporal de viento y lluvia que azota al país, se mantuvo con sus catastróficas consecuencias... Hasta el lunes, el temporal había concentrado su furia entre Chiloé y Los Vilos, pero ayer sus efectos se dejaron sentir desde Punta Arenas a la idílica Arica, sembrando el terror y la destrucción a su paso... el mar ha llegado con sus embravecidas olas hasta varias cuadras adentro de muchos puertos, como en el caso de Valparaíso... El temporal no ha dejado de lado al norte del país. Lo viene azotando con inaudita violencia desde hace tres días... En Taltal, gigantescas olas han ocasionado daños cuantiosos en el muelle fiscal..."

Sábado 14 de agosto de 1965: *"Paralización de las minas del hierro en el Departamento podrían ser los resultados de los temporales que azotaron al litoral..."* asociado a *"los grandes destrozos -en el- puerto mecanizado -de la- Compañía Santa Fé..."*

"Treinta y cinco son las víctimas del temporal" principalmente en la zona centro sur, en donde causó *"daños superiores a los que causó el terremoto del 28 de marzo pasado"*. Se informa que *"nuevas avalanchas de tierra cerraron los pasos cordilleranos"* entre Los Andes y río Blanco.

"Llueve en Antofagasta... En las últimas horas de la tarde de ayer, se desencadenó una lluvia sobre esta zona, la que causó preocupación en los habitantes, considerando las graves consecuencias de los temporales y lluvia que han azotado a más del noventa por ciento del territorio nacional. Poco después de haberse precipitado la lluvia comenzaron los apagones del servicio eléctrico, lo que aumentó el pánico en la población".

Urrutia y Lanza (1993): Informan de un temporal el 9-11 Agosto, *"90% del país sufrió daños por la tormenta... El nuevo temporal se desencadenó el día 11 de agosto, abarcando desde Antofagasta hasta Chiloé"*. Informan de inundaciones y deslizamientos en la región de Coquimbo. Rutas de conexión y puentes cortados por inundaciones. Graves daños en los puertos producto de marejadas desde Los Vilos a Antofagasta.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1965: Precipitación diaria en Chañaral (0 mm). Precipitación diaria máxima durante agosto en Pica (0,3 mm, 29 de agosto), Calama (0 mm), Antofagasta (0,1 mm, 16 de agosto), Potrerillos (0 mm), Caldera (0 mm), Copiapó (0 mm), Vallenar (10 mm, 10 agosto), La Serena (36,5 mm, 10 de agosto).

22 de agosto de 1969. Intensa lluvia sobre Atacama, también sobre el Departamento de Chañaral, nevazón en Potrerillos. Anegamientos en Chañaral, El Salado y también en Copiapó; "bajada" de la quebrada Juan Godoy en Los Loros, aluvión en la quebrada Monardez al interior de Vallenar. No se explicita información sobre inundaciones severas o aluviones en Chañaral.

Las Noticias de Chañaral, 23, 25 y 26 de agosto de 1969

Sábado 23 de agosto de 1969: *"Llovió en todo el Departamento. Poco después de las 3 de la madrugada de ayer comenzó a llover en todo el Departamento de Chañaral, lluvia que se hizo copiosa después del mediodía con intervalos durante la tarde hasta las primeras horas de la noche... hasta las 16 horas llovió torrencialmente en El Salado, Pueblo Hundido, El Salvador e Inca de Oro. En Potrerillos y Mina Vieja comenzó a nevar desde temprano. El agua caída en Pueblo Hundido era de 12,6 milímetros y en Inca de Oro de 19 milímetros a las 17:30 horas.*

En El Salado a esa hora se registraban cuatro familias damnificadas y en Chañaral Puerto 25.

Se adoptaron medidas de emergencia, evacuando estas familias a la Escuela vieja en nuestro puerto. Colaboraron en esta tarea personal de la Municipalidad, Bomberos y Carabineros.

El camino entre Potrerillos y El Salvador está interrumpido...".

En Copiapó, *"aproximadamente a las 4:10 horas de la madrugada de ayer, los habitantes de nuestra ciudad fueron súbitamente despertados por una intensa lluvia que se dejó caer a lo largo de la Provincia.*

Los agricultores con esta lluvia se sintieron felices, y los que vieron el negro porvenir acercarse fueron las numerosas familias de las poblaciones ubicadas en la periferia.

Según antecedentes... el fenómeno climático abarcó las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama, ya que llovió desde la ciudad de Arica a Vallenar.

Los Regidores de la Ilustre Municipalidad comenzaron a recorrer, casi en su totalidad las poblaciones de la periferia de la ciudad... serían unas 500 familias las que se encontraban afectadas por las inundaciones... las casas en su mayoría tienen techo de totora y fonolitas... En la tarde de ayer se reunió en la Intendencia de Atacama y presidida por el Intendente de la Provincia don Luis Fuente-Alba Zúñiga, el Comité de Emergencia compuesto por las distintas instituciones fiscales y privadas para planificar las medidas de emergencia que el caso requiere".

Se señala que producto de un *"corto circuito motivado por la humedad... poco después de las 10:30 horas de ayer y cuando la persistente lluvia no dejaba de caer",* se declara un *"amago de incendio en una de las secciones del añoso edificio del Hospital"* de Copiapó, generando *"bastante pánico".*

De acuerdo a *"antecedentes proporcionados por el Servicio Agrícola y Ganadero de Copiapó, el promedio de agua caída en nuestra ciudad desde 1962, es el siguiente:*

1962-29,4 milímetros

1963-12,8 milímetros

1964-2,6 milímetros

1965-22,7 milímetros

1966-5,5 milímetros

1967-17,6 milímetros

1968-0,0 milímetros

1969 (hasta las 14 horas de ayer) 11,3 milímetros. Había este año un registro de 1 milímetro.

Cabe notar que en los últimos 50 años el promedio anual fue de 23 milímetros y, en los últimos 7 años de 13 milímetros".

Lunes 25 de agosto de 1969: Se informa que *"29 milímetros de agua cayeron en Los Loros. Sólo bajó la quebrada Juan Godoy",* y que *"se evacuaron 19 familias."*

"A las 23 horas del viernes recién pasado cesó de llover a lo largo de toda la provincia... el agua caída en las localidades de los cuatro departamentos es la siguiente:

Departamento de Chañaral: Potrerillos, 6 milímetros; El Salvador, 9; Llanta, 7; Pueblo Hundido, 17; El salado, 12; Inca de Oro, 24,8; Chañaral Puerto, 13,4.

Departamento de Copiapó: Caldera, 7,5; Copiapó, 19,4; Paipote, 18, Tierra Amarilla, 19; Los Loros, 29.

Departamento de Huasco: Conay, 4; El Tránsito, 7; San Félix, 19,5; Alto del Carmen, 8; Ventanas, 9; Domeyko, 7; Huasco Puerto, 13; Vallenar, 9.

Departamento de Freirina: Freirina, 12".

En Copiapó, *"El Comité de Emergencia que trabajó hasta después de las 4 de la madrugada del sábado informó que las familias evacuadas habían sido 19 con un total aproximado de 140 personas... instalados en el Estadio Techado Municipal, Grupo Escolar, Sindicato Sali Hochschild y en varias Escuelas... entre los damnificados se repartieron hasta después de la medianoche del viernes: entre fonolitas y pizarreño 1.422 unidades, Colchones 63; Frazadas 127; víveres y medicamentos".*

Martes 26 de agosto de 1969: Se informa de un *"alud de agua, barro y piedras"* ocurrido *"aproximadamente a las 21 horas del viernes, por la quebrada Monardez, ubicada 26 kilómetros al interior de Vallenar",* que se llevó a su paso una choza y dos personas. Además *"caminos cortados en Alto del Carmen".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1969: Precipitación diaria máxima anual en Chañaral (25,1 mm, 22 de agosto). Precipitación diaria máxima anual en Tocopilla (4 mm, 21 de agosto),Calama (0 mm), Cerro Moreno FACH Antofagasta (3,7 mm, 22 de agosto), Pueblo Hundido (17,3 mm, 22 de agosto), Potrerillos (4 mm, 22 de agosto), Caldera (5,7 mm, 22 de agosto), Copiapó FACH (17,8 mm, 22 de agosto), Vallenar FACH (9,5 mm, 22 de agosto), La Serena FACH (4,9 mm, 22 de agosto).

6 de enero de 1972. Lluvias torrenciales por "Invierno Boliviano". Desborde de ríos e inundaciones en Tarapacá.

Las Noticias de Chañaral, 6 de enero de 1972

Jueves 6 de enero: *"Lluvias torrenciales por invierno Boliviano. Aluviones cortan caminos y se aproximan a Oficina Victoria"*. Intensas lluvias en la alta cordillera producen desborde de ríos *"cortando los caminos del sector de Guatacondo, Capatiri, Chumiza, Chiapa, Cariquiña, quebrada de Mamiña, Apamilca y Camiña".* Inundación por la quebrada Guatacondo produce corte de la carretera Panamericana cerca de la Oficina Victoria.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1972*:* No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante enero en Parinacota (22 mm, 1 de enero), Arica (0 mm), Iquique (0 mm), Calama (6,8 mm, 2 de enero), Antofagasta (0 mm), Potrerillos (0 mm), Copiapó (0 mm).

Conflicto por escasez y abastecimiento de agua en Chañaral y Caldera, previo a intenso aluvión en febrero.

Las Noticias de Chañaral, 14, 18, y 26 de enero de 1972

Viernes 14 de enero: *"Chañaral mandó agua a Caldera".*

Martes 18 de enero: *"Se torna dura la batalla por el agua en Chañaral".* Escasez y falta de abastecimiento de agua, a través de camiones aljibe, en Chañaral y Caldera.

Miércoles 26 de enero: *"No somos nosotros los que negamos el agua a Chañaral, dicen sindicatos de trabajadores de Cobresal"*. Gobernador aclara que *"no son ellos los que están impidiendo que la Compañía entregue una mayor cuota de agua para Chañaral y los pueblos de el Departamento... mientras tanto se nos está entregando solamente tres litros y medio del líquido elemento que no alcanza para cubrir la más mínima necesidad de los chañaralinos".*

9, 10, 11 de febrero de 1972. Intensas lluvias y aluviones en Atacama. Crecida, inundaciones y aluvión por el río Salado (11 de febrero). Chañaral, El Salado y Pueblo Hundido son fuertemente afectados.

Las Noticias de Chañaral, 10-12, 14-19, 22-25 y 28 de febrero, 2,4,6-10, 17, 20 y 24 de marzo de 1972

Jueves 10 de febrero: *"En el transcurso de las primeras horas de ayer, se precipitó un aluvión procedente de la quebrada Barrancas... El torrente de aguas arrastró piedras y lodo a su paso, llegando el caudal hasta la Carretera Panamericana"*. Caminos interiores dañados y aislamiento de localidades mineras al nororiente de Vallenar, *"en donde trabajan 320 obreros aproximadamente"*.

"Con motivo de la lluvia y nieve caída el martes último en la pre cordillera, se produjo un aluvión en la quebrada La Totora frente al poblado Chanchoquín, distante 75 kilómetros de Vallenar... El torrente de aguas que bajó desde dicha quebrada arrastró piedras y arrancó árboles, ocasionando daños de consideración en numerosas viñas y frutales".

"El aluvión declinó su furia a las tres de la madrugada de ayer, desapareciendo el peligro".

Viernes 11 de febrero: *"Llovió en Chimberos. Aluvión cortó un kilómetro de vía férrea entre Chimberos e Inca de Oro"* (Copiapó). Llueve con viento desde Inca de Oro hasta Chimberos, vía férrea cortada, a las 17 horas de ayer comenzaron a bajar las aguas desde las quebradas aledañas.

"Violento temporal azota a Potrerillos y El Salvador. Crece río Salado. A las 14 hrs de ayer se desencadenó una lluvia torrencial en el mineral de Potrerillos, que por momentos arrecia con fuerte viento, la que se extiende hasta El Salvador". Caminos entre Potrerillos, El Salvador y Llanta cortados por *"los torrentes de aguas que están bajando por las numerosas quebradas"*. Vía férrea cortada por derrumbes.

"río Salado crece peligrosamente", se anuncia desde "el Departamento de Relaciones Públicas de la Compañía de Cobre Salvador, *"a consecuencia del violento temporal que azota la zona desde las 15 horas".*

Sábado 12 de febrero: *"Muy pocos creyeron en la crecida del río Salado".* Lluvias en el sector cordillerano a partir del día jueves, en la noche *"el caudal del río Salado había aumentado considerablemente. En efecto, la altura que presentaba el caudal de agua era de un metro ochenta"... "A la medianoche... se constató que el caso era extremadamente serio y las autoridades comenzaron a tomar las providencias correspondientes"... "Las aguas sobrepasaron los bordes del cauce y se precipitaron hacia la calle Salado, Avda. Costanera, Población Municipal y calle Merino Jarpa, llegando por esta última hasta las proximi-*

dades de la calle Templo".... *"Un apreciable número de casas de la calle Salado quedaron en muy malas condiciones por el aluvión".*

"Ayer viernes a las 2,40 horas de la madrugada llegó al puerto la crecida del caudal del río Salado, arrastrando con fuerza una mezcla de agua y barro, inundando las partes bajas de la ciudad"... "Los moradores de la Avda. Costanera se vieron obligados a hacer abandono de sus domicilios... numerosas familias no tuvieron tiempo para arrancar llevando consigo ropas y los enseres más indispensables... la mayoría hubo de refugiarse en las dependencias de la Escuela N°8 Donatila Fernández". Viviendas de las calles El Salado, Merino Jarpa y Avda. Costanera son las más afectadas.

"No obstante haberse adoptado algunas medidas para evacuar a los habitantes de aquellos sectores que presentaban más peligro, los daños han resultado muy fuertes porque las aguas demoraron aproximadamente una hora para llegar a la parte baja de nuestro puerto"... "En la Avda. Costanera...".

Se destaca la labor y abnegación de bomberos y carabineros en labores de salvamento.

Línea férrea entre Empalme e Inca de Oro cortada por unos 20 km. Pueblo Hundido afectada por la crecida del río Salado *"en un costado"... "las poblaciones más afectadas fueron: Manuel Rodríguez, Comandante Guevara y 11 de marzo"*.

"La crecida del río Salado destruyó la totalidad de las plantas –de relave– *instaladas a lo largo de su trayecto, provocando los consiguientes daños a sus dueños, que han venido sosteniendo una dura lucha, tanto para recuperar las piritas de cobre, como asimismo para que su producción fuera comprada por la Empresa Nacional de Minería".*

"Planta de radio de Chañaral arrasada por el aluvión"... "alrededor de las 4 de la madrugada de ayer, el torrente arrasó con la planta de alimentación"...

1.150 personas damnificadas en el Departamento de Chañaral; 700 en el puerto de Chañaral, 400 en El Salado y el resto en Inca de Oro.

"En el día de ayer aterrizó en el puerto aéreo de Chamonate un avión de la Fuerza Aérea de Chile"... con ayuda para los damnificados... *"enviada por el Servicio Social de Emergencia de la Presidencia de la República"*.

"Bajaron las aguas de las quebradas Puquios, Cerrillos y Paipote" (Copiapó)... *"En horas de la madrugada de ayer bajaron las aguas de las quebradas Cerrillos y Paipote, sin consecuencias... Antes del mediodía también estaban bajando las aguas de la quebrada Púquios"*.

El Intendente de la Provincia solicita camiones aljibes para llevar agua potable a los habitantes de los poblados afectados por los aluviones.

Interrumpido el trayecto de los trenes al sur y norte.

"Aluvión de quebrada El Tablón –San Félix, al interior de Vallenar– *deja treinta damnificados"*. Aluvión de agua y barro se produjo en la *"madrugada de ayer"*.

"Población de Inca de Oro está aislada y sin agua" producto de los aluviones, que *"arrasaron con viviendas e instalaciones de la Dirección de Obras Sanitarias de La F inca",* que suministra de agua a Inca de Oro y Pueblo Hundido.

"El Salado sepultado con un metro de lodo", 400 damnificados, *"un 80 por ciento de las viviendas está afectado por las duras consecuencias del aluvión"*. Destruidas instalaciones que suministran de agua a Llanta.

Lunes 14 de febrero: *"Subsecretario de Obras Públicas vino a Chañaral"*, visita Chañaral y El Salado.

Provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama declaradas zona de catástrofe, fondos para auxilios; se enviaron 200 mil escudos a cada uno de los Intendentes de las provincias afectadas, se pondrá a disposición 19 millones de escudos con cargo al dos por ciento constitucional, por calamidad pública.

Martes 15 de febrero: *"Intendente de la Provincia visita Chañaral, El Salado y Pueblo Hundido".*

"Falsa alarma de una nueva crecida del río Salado. Camino internacional cortado en 16 partes".

Miércoles 16 de febrero: Ministro de Obras Públicas visita la zona. *"Se ordenó requisar todas las frazadas en el comercio para los damnificados".*

Jueves 17 de febrero: *"Presidente Allende no viene a Chañaral".*

"Cuantiosas son las pérdidas de los agricultores del Huasco".

Viernes 18 de febrero: *"Viene comisión técnica a planificar, organizar y ejecutar trabajos de rehabilitación".*

"Ministro Pacual Barraza llegó con tres ingenieros. Comienzan a llegar las media-aguas".

Sábado 19 de febrero: *"Los daños en la municipalidad, 2.900.000 de escudos".*

"5 camiones con ayudas para los damnificados de Chañaral completó ayer Copiapó".

Martes 22 de febrero: *"El Presidente Allende será invitado a visitar Chañaral y Pueblo Hundido".*

Miércoles 23 de febrero: *"El Presidente Salvador Allende postergó su viaje a Antofagasta".*

"Ayer llegó a nuestro puerto un camión con ayudas para los damnificados del aluvión, anviado por la Ilustre Municipalidad de Tierra Amarilla".

"Hoy viene Intendente Turres".

Jueves 24 de febrero: *"Los comerciantes minoristas solicitan préstamos especiales para damnificados. También la condonación de impuestos".* Se solicita a las autoridades interceder ante el Banco Estado.

Intendente Turres ordenó racionamiento de agua en Inca de Oro.

Viernes 25 de febrero: *"Cooperativas mineras de Tierra Amarilla envían ayudas"...* mercadería y ropas para los damnificados por el aluvión en Chañaral.

"El alcalde de Taltal trajo ayudas para damnificados".

"Entrega de agua para Caldera y Chañaral por partes iguales".

Lunes 28 de febrero: El Intendente Turres solicita maquinarias para encauzar el río Salado.

Jueves 2 de marzo: *"Irán a invitar al Presidente Allende para que venga a imponerse de la catástrofe"...* la comisión está formada por el gobernador, el alcalde y un representante de cada partido político.

Sábado 4 de marzo: "*Presidente Allende vendrá a Chañaral, pero no ha fijado fecha".*

Aún no hay pronunciamiento del Banco Estado para préstamos a comerciantes damnificados por el aluvión.

"Todos los damnificados a una sola escuela... a fin de que el lunes próximo se inicien las actividades en esos planteles educacionales sin dificultades".

"234 mediaguas han llegado al Departamento".

Lunes 6 de marzo: *"El Presidente Allende llegaría mañana".*

"Por ningún motivo se podrán iniciar las clases antes del 13 de marzo en las Escuelas de Inca de Oro, Pueblo Hundido, El Salado y Chañaral"... señala el Gobernador.

Martes 7 de marzo: *"Allende arriba hoy. No irá a El Salado ni a Pueblo Hundido".*

"Ministro de Minería va a El Salvador". Ministro de Minería visita Copiapó.

Miércoles 8 de marzo: *"Presidente Dr. Salvador Allende conoció nuestra desgracia"*. Visitó Chañaral y luego voló en helicóptero a Taltal, se excusó por no poder visitar El Salado ni Pueblo Hundido.

Jueves 9 de marzo: *"Allende ofreció remodelación de Chañaral".* 300 casas para Chañaral, para El Salado y Pueblo Hundido 150 casas.

Viernes 10 de marzo: *"Con la bandera chilena flameando las mujeres se tomaron los aljibes"*. Se produjo el *"lunes recién pasado"*, en plena calle Merino Jarpa, alrededor de las 13 hrs.

"Técnicos viene a estudiar la remodelación de Chañaral". Se espera una comisión de técnicos la próxima semana *"quienes vendrán a realizar los estudios correspondientes a la remodelación que necesita Chañaral"*.

Viernes 17 de marzo: *"Se construye la red que llevará el agua potable para Chañaral"*. Comienza la *"construcción de la aducción de agua potable de Copiapó a Caldera, cuyos pozos de producción se encuentran listos"*.

Lunes 20 de marzo: *"Allende cumple su palabra con Chañaral"*. Llega comisión de técnicos encabezado por el Director del Departamento de Arquitectura de la Dirección de Obras Públicas, para iniciar los estudios de remodelación de Chañaral, y posteriormente El Salado y Pueblo Hundido.

Viernes 24 de marzo: *"Para contener los aluviones. Se construirán defensas fluviales en Chañaral, El Salado y Pueblo Hundido"*. La medida es anunciada por el ingeniero señor Bravo del Ministerio de Obras Públicas, al gobernador.

"También el señor Bravo revisa los trabajos que se están efectuando para la desviación del Canal de Relaves". Se anuncia que "*en la próxima semana se traerán las máquinas*" para *"abrir zanjas para que en cualquier nueva emergencia, como la vivida por la población en Febrero último, se logre desviarlas hacia el norte y hacia el mar recuperando los terrenos que actualmente se encuentran perdidos por el aluvión para destinarlos a la construcción de casas habitacionales".*

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1972: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación mensual en Calama (0 mm), Antofagasta (0 mm), Potrerillos (4,5 mm), El Tránsito (2 mm), Copiapó (0 mm), Vallenar (0 mm), La Serena (0 mm).

6 de abril de 1980. Persistente e intensa lluvia en la precordillera produce aluvión en Copiapó, anegamientos e inundaciones en la región. Crecida súbita del río Salado produce inundaciones y emergencia en Diego de Almagro y El Salado. No se informa de inundaciones severas o aluviones en Chañaral.

Atacama, 7 y 8 de abril de 1980; Urrutia y Lanza (1993)

Lunes 7 de abril de 1980: *"Fuerte aluvión afectó ayer al valle de Copiapó"*. Se señala que *"se vinieron quebradas y el cauce del río alcanzó a los 200 m de ancho en algunas partes... a raíz del sustancial aumento registrado ayer cuando una persistente lluvia hacia el interior de la cordillera desencadenó en la bajada de las quebradas... Algunas familias fueron evacuadas preventivamente desde sus casas ubicadas cerca del río hasta la Escuela de Nantoco, ante la inminencia de que sus viviendas se anegaran".* También en Tierra Amarilla. Se indica un total de 20 personas, 11 adultos y 9 menores evacuados. *"Por tres quebradas había caído el agua hasta anoche en Tierra Amarilla, en tanto los vecinos del lugar señalaban su intranquilidad por la posible venida de la quebrada de Cerrillos, considerada como la más*

peligrosa". Se indica que el camino internacional de Copiapó se encuentra cortado por avalanchas en las quebradas Chañarcillo, San Miguel y Puquios.... Agricultores señalan que la causa del desborde del río tiene que haber sido la caída de lluvia y los deshielos en la zona precordillerana.

El Intendente Regional, *"Teniente Coronel Jaime P. Nuñez Cabrera"*, señaló que en Chañaral, *"la situación estaba controlada, en Diego de Almagro no había problemas..."*.

Martes 8 de abril: *"Tres poblaciones se inundaron en Diego. El río Salado aumentó su cauce desbordándose, también cortó el camino que fue habilitado por máquinas de vialidad... La inundación dejó más o menos 30 familias damnificadas que se desglosan en 95 menores y 55 adultos, los que fueron albergados en las dependencias de la Escuela E N°4"*. Se señala que según el Ministerio de Obras públicas, *"las personas que fueron evacuadas alcanzaban a más o menos 600"*.

Se indica que *"desde hacía algunas horas en la noche del domingo, una fuerte lluvia caía sobre la localidad de Diego de Almagro... Eran aproximadamente las 2 de la madrugada, cuando la sirena del Cuerpo de Bomberos de Diego de Almagro hizo un llamado general con el objeto que los voluntarios concurrieran a colaborar en la evacuación de numerosas familias... la emergencia se produjo súbitamente cuando aumentó el cauce del río Salado, provocando el corte en algunos caminos en una extensión de 9 kilómetros... a consecuencia de la lluvia y el desborde el cauce del río Salado, la carretera que une Chañaral con El Salvador se cortó a la altura de Diego de Almagro... Es importante dejar constancia que en la emergencia que vivieron los habitantes de Diego de Almagro, colaboraron intensamente personal de carabineros, bomberos, Endesa, Vialidad, Sendos, Codelco y Juntas de Vecinos... no se registraron desgracias personales"*. Llueve *"de Chimberos a Inca de Oro"*, caminos cortados al interior del Huasco. Temporal *"dejó lluvia y nieve en Salvador y Potrerillos"*.

Urrutia y Lanza (1993): *"Sistema frontal se extendió desde la III a la VIII región, con un saldo de treinta y cuatro muertos..."*. Informan personas damnificadas desde La Serena a Curicó. El episodio del 6 de abril produjo corte de caminos en la región de Atacama, y aluvión en Copiapó. Flujos de barro, inundaciones y cortes de la carretera en la región de Coquimbo.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1980. Precipitación mensual en Chañaral (0 mm). Precipitación diaria máxima durante abril en Calama (0 mm), Antofagasta (0 mm), El Salvador (7 mm, sin fecha exacta), Potrerillos (16 mm, sin fecha exacta), Inca de Oro Reten (20 mm, sin fecha exacta), Copiapó (2,4 mm, 11 de abril), El Tránsito (59,2 mm, sin fecha exacta), Vallenar (14 mm, 11 de abril), La Pampa El Parral (81,5 mm, sin fecha exacta), La Serena (23,3 mm, 10 de abril).

1 de julio de 1983. Lluvias torrenciales en Atacama. Inundaciones y anegamientos en diversas localidades de la región de Atacama. Crecida e inundación -contenida- en el río Salado.

Atacama, 2, 4 5, 6 y 8 de julio de 1983

Sábado 2 de julio: *"Temporal causó estragos en Atacama. Muchos damnificados y caminos interrumpidos por lluvias de ayer"*. *"Temporal de viento y lluvia comenzó a las 5:30 hrs de la madrugada. Más de 25 milímetros de agua caída registraron los pluviómetros. Cifras de damnificados superan 1.200 personas, en Copiapó 813"*. Posteriormente, el 4 de julio, se señala la caída de 30 mm de agua por más de diez horas sobre Copiapó.

"Cuantiosos estragos y múltiples daños materiales provocó el violento e inusitado temporal de lluvia y viento que afectó ayer a la ciudad de Copiapó y a la Región de Atacama en general, fenómeno climático que hacía muchos años que no se registraba en esta zona, cuya intensidad y prolongación rebasó todos

los límites imaginables".

"Numerosas familias damnificadas por aniego de sus viviendas, caminos y carreteras interrumpidas, como también vías férreas, terraplenes totalmente destruidos y otros daños".

"Además de la lluvia caída en Potrerillos y El Salvador, esta se transformó en nevazones en ambas localidades...", como también en otras de la parte alta de la región... *"Heladas afectaron cultivos en la Provincia de Huasco".*

"En Chañaral la lluvia comenzó a las 8:05 hrs de ayer, en tanto que en Diego de Almagro el aguacero fue precedido por fuertes vientos, ocasionando daños menores en techumbres de algunas viviendas".

Según Informe de la Intendencia Regional, la situación es la siguiente: *"Copiapó: 20,1 mm de agua caída hasta las 12 hrs, 150 familias damnificadas, en su totalidad se encuentran albergadas... en 7 escuelas básicas; Tierra Amarilla: 21 mm, 21 familias damnificadas, 80 personas, en el sector urbano, 44 familias damnificadas, 200 personas, en el sector rural, en su totalidad se encuentran albergadas en cuatro escuelas básicas; Caldera: 19 familias damnificadas, 60 personas, se habilitó como albergue Gimnasio Cubierto de la Comuna; Chañaral: 11,9 mm de agua caída, 14 familias damnificadas, 66 personas, en su totalidad se encuentran albergados en el Hogar Estudiantil de Chañaral, se efectuaron trabajos de talud para evitar el desborde del río Salado, en el radio urbano, carretera entre Chañaral y Diego de Almagro cortada en el km 28; Diego de Almagro: 20,6 mm de agua caída, no hay damnificados en el sector urbano, 5 familias, 19 personas damnificadas en Inca de Oro, albergadas en la escuela de Inca de Oro, camino Diego de Almagro-Inca de Oro intransitable; Huasco: 4,9 mm de agua caída en Vallenar, 8,5 mm en Domeyko, 1,0 mm en Huasco, 1,0 mm en Freirina, 8 mm en Alto del Carmen, 27 mm en El Tránsito, 25 mm en Conay, 15 mm en San Félix, no hay damnificados y carreteras sin novedad.*

Total regional: 253 familias, 1125 personas damnificadas".

El Intendente visita las zonas afectadas... *"841 millones de pesos se invertirán en* –la- *Región* –de- *Atacama, en el segundo semestre de 1983; la noticia impactante proporcionada por el Intendente Regional* –Coronel Alejandro González Samohod- *producto de su reciente viaje a Santiago".* Se anuncia inversión en obras de construcción, repavimentación, asfaltaje, ripiadura o despeje de caminos, reposición de puentes, encauzamiento del río Huasco, obras portuarias, obras sanitarias de agua potable, e infraestructura deportiva para gimnasios.

El Intendente Regional revisa serios daños del hospital de Copiapó, como producto de las fuertes lluvias.

Lunes 4 de julio: *"Hoy no habrá clases en los colegios que son albergues".* Comunicado de la Intendencia: *"Controlada la situación producida por la lluvia".* Se listan una serie de *"acciones en desarrollo: continúa asistencia en alimentos, abrigo, asistencias médicas en establecimientos especialmente habilitados al efecto... se iniciará la operación techo para recuperar las viviendas... se evalúan en terreno los problemas existentes... la Seremi de Obras Públicas continúa con el despeje de quebradas... la Seremi de Agricultura evalúa daños... se reconocen zonas mineras en condiciones de asilamiento... se evalúan daños por parte de las municipalidades... el Comité de Ayuda a la Comunidad continúa su trabajo de apoyo... se entregan colchonetas, frazadas y pizarreños... se normaliza la situación del hospital de Copiapó... las Fuerzas Armadas y de Orden colaboran con la protección de la población... todos los servicios públicos se encuentran en actividad... se evalúan los daños en infraestructura pública".*

"Hospital fue construido sin criterio de lluvia... Nuestras construcciones no fueron realizadas para enfrentar lluvias del tipo que vivimos en forma tan dramática el viernes pasado, eso se desprende de la vi-

sita que realizara la primera autoridad de la Región, coronel Alejandro González, al Hospital Regional...". Según el director del hospital, doctor Manuel Vidal: "...se nos llovió el quinto piso y se inundó, tuvimos que evacuar a los enfermos de ahí hacia otros pisos y los que estaban en condiciones de irse a sus casas, siempre que no tuvieran problemas en ella, naturalmente que se les permitió que se fueran".

"Comité de Ayuda y CEMA se desvelaron por damnificados... Intensa actividad han desplegado las voluntarias del Comité de Ayuda a la Comunidad y Cema, en la distribución, entrega y recolección de ayuda a un significativo número de personas damnificadas en la comuna de Copiapó".

Se anuncia la suspensión de clases en *"los colegios que son albergues"*, y que *"éstas se reanudarán mañana martes ya que los damnificados están regresando a sus domicilios, a los que se les está prestando ayuda y apoyo material"*.

Martes 5 de julio: *"30 mineros fueron rescatados desde la quebrada San Miguel"*. Intendente realiza reconocimiento aéreo sobre la región para *"evaluar la situación por temporal de lluvia"*. Se destaca *"el macizo andino totalmente nevado... torrentes de agua en los ríos... daños en sectores agrícolas... y* –particularmente- *el daño que está causando el humo de la fundición Paipote a la población de Tierra Amarilla y la agricultura de dicho sector. Esto trajo una nota simpática por parte del piloto del avión, ya que dijo que nosotros éramos una ciudad desarrollada ya que también teníamos smog... Tierra Amarilla estaba a medio tapar por este humo tóxico, sobre esto alguien tendrá que hacer algo... En resumen, el reconocimiento aéreo efectuado por el Intendente Regional el día sábado fue positivo".*

Se señala que *"hoy vuelven a clases las escuelas que fueron albergues... porque los albergados que quedan fueron trasladados a la Unidad de Servicios Traspasados, en el ex Grupo Escolar"*. Se trataba de ocho escuelas y un jardín infantil.

El alcalde Eugenio Gross pide *"paciencia a los inscritos para recibir los materiales de la operación techo y mediaguas... todos los que están inscritos recibirán lo prometido..."*. Se señala la entrega de alimentos: *"Hemos entregado 6.750 raciones alimenticias"*, según el alcalde, además de 255 colchonetas y 487 frazadas.

Miércoles 6 de julio: Se señala la pérdida del *"90 por ciento de los caminos mineros"* destruidos por la lluvia en la provincia de Copiapó, implicando *"pérdidas tanto a los mineros, plantas y a la Región en general"*.

"En la zona de El Salado existe otro problema serio, donde el 90 por ciento de las plantas están aterradas, porque el río se desbordó, cambió de curso y destruyó muchas plantas... alrededor de 600 personas paralizadas, el 90% de las plantas paralizadas y el 10% restante destruidas en su infraestructura...".

Se señala la visita del Ministro del Interior para mediados de julio.

Viernes 8 de julio: Intendente Regional anuncia la *"construcción de 214 nuevas viviendas en Atacama"*, durante el segundo semestre.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1983: Precipitación diaria máxima anual en Chañaral (11,5 mm, 1 de julio). Precipitación diaria máxima anual en Antofagasta (0,6 mm, 1 de julio), Copiapó (25,8 mm 1 de julio), Vallenar (26,5 mm, 8 de julio), La Serena (69,5 mm, 7 de julio).

9 de julio de 1983. Intenso temporal de lluvia sobre Huasco. No se informa sobre aluviones o inundaciones en Chañaral.

Atacama, 9 y 12 de julio de 1983

Sábado 9 de julio: *"Intenso temporal de lluvia azota la provincia de Huasco"*. Agua caída, "*Vallenar: 30*

mm; Huasco: 62 mm; Freirina: 42 mm; Alto del Carmen: 46 mm; Domeyko: 32 mm; El Tránsito: 53,9 mm; Conay: 52 mm con 10 cm de nieve; San Félix: 82 mm".

"108 familias damnificadas en la Provincia de Huasco, 260 adultos y 279 menores; 25 familias en Vallenar, 30 adultos y 64 menores; 9 familias en Freirina, 18 adultos y 19 menores; 41 familias en Huasco, 120 adultos y 94 menores; 23 familias en San Félix, 75 adultos y 76 menores; 10 familias en Conay, 12 adultos y 26 menores". "72 personas aisladas al interior de Valeriano". Alcalde de Vallenar señala la entrega de ayuda en forma de pizarreño, palos, colchonetas y raciones alimenticias.

"El Gobernador Provincial, comandante (C) Julio Santa María, puso a disposición del municipio, una partida de material proveniente de la Intendencia de Atacama, en Copiapó, para ser distribuida en toda la provincia del Huasco".

Se indica 199 personas distribuidas en tres albergues.

Martes 12 de julio: *"Brote de meningitis fue totalmente controlada, población no debe alarmarse".* Se indica también que se *"solucionan problemas en los caminos mineros...",* siendo la mayoría *"transitables".* Se señala el rescate de *"76 personas aisladas* –a causa de la nieve- *en zona Conay".*

"Anticipadas oficialmente las vacaciones de invierno... desde el 11 al 22 de julio...".

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1983: Precipitación mensual en Chañaral (11,7 mm). Precipitación mensual en Antofagasta (0,6 mm), Copiapó Particular(37,7 mm), Los Loros Reten Sacram (72 mm), Freirina (25,5 mm), El Tránsito (95,3 mm), Vallenar (42,1 mm), La Serena (129 mm).

2-5 de julio, 8-10 de julio de 1984. Temporal con lluvias intensas afectan sobretodo las provincias de Huasco y Copiapó, causando inundaciones y aluviones. No se informa de crecida o inundaciones en el río Salado ni en Chañaral.

Atacama, 3, 4, 5, 6, 7, 10 y 11 de julio de 1984; Urrutia y Lanza (1993)

Martes 3 de julio: *"Intensa lluvia en prov. de Copiapó y Huasco. Municipalidad de Copiapó está en turno permanente... -por- la lluvia que se dejó caer sobre nuestra zona después de las 15:30 de ayer...".* Se señalan 14 milímetros que causaron *"calamidades"* con *"enormes lagunas y grandes porciones de agua rodeadas de barro en las poblaciones altas".*

"Hasta las 18 horas de ayer, en Vallenar habían caído 23,5 milímetros de aguay a raíz de las lluvias resultaron damnificadas 5 familias, con 8 adultos y 13 menores, las que fueron albergadas en las Escuelas D-53 y D-71, siendo atendidas por el Comité de Emergencia y autoridades.

En Huasco se registraron 22 milímetros de agua caída y resultaron 16 familias damnificadas, con 31 adultos y 17 menores. En Freirina, se controlaron 19 milímetros pero el daño fue mayor, ya que hubo 32 familias damnificadas con un total de 71 adultos y 80 menores, los que fueron albergados en los colegios.

En Alto del Carmen cayeron 31 mm; en Conay 25,5 mm; en El Tránsito 30,2; en Domeyko 7,5 y en San Félix, 35 milímetros, no registrándose damnificados".

En Tierra Amarilla 5 mm, una familia damnificada con 2 adultos y 2 menores; en Caldera 1 mm; Los Loros 17 mm, con dos familias damnificadas, 7 adultos y 5 menores; en Copiapó, *"hasta las 21 horas",* 14 mm.

Miércoles 4 de julio: *"Comunicado oficial: 378 damnificados en la Tercera Región con las últimas lluvias".* Se informa sobre los damnificados en Copiapó: 21 familias, 51 personas adultas y 52 menores; Tierra Amarilla: 11 familias, 18 personas adultas y 25 menores de edad; Los Loros: 2 familias, 7 personas adultas y 5 menores; Vallenar: 4 familias, 8 adultos y 13 personas menores; de edad Huasco: 16 familias, 31

personas adultas y 17 menores; Alto del Carmen, El Tránsito, Domeyko, San Félix y Caldera, "*no hubo damnificados*". Agua caída: Copiapó, 16 mm; Vallenar, 32,5; Huasco, 45,3; Freirina, 22 mm; Alto del Carmen, 43,2 mm; Conay, 39 mm; El Tránsito, 42,6 mm; Domeyko, 14 mm; San Félix, 61 mm; Tierra Amarilla, 4 mm; Caldera, 1 mm y Los Loros, 17 mm. Daños en la carretera Panamericana al sur de Copiapó.

Jueves 5 de julio de 1984: Se informa que *"lluvia afectó a caminos mineros"* en las provincias de Huasco y Copiapó. Se informa de *"gran cantidad de lodo producto de las crecidas de las quebradas cercanas",* en sectores de la carretera.

Se informa que se reunió el Comité Técnico de Emergencia *"durante la mañana de ayer",* y que estuvieron presentes *"el representante de la Asociación Minera, la Dirección de Vialidad, Dirección de Aguas, Sernageomin, Serplac... y analizó los principales problemas que se están suscitando en el sector...",* y que se está solicitando información *"para tener un cuadro total de cómo afectó la lluvia a lo sectores mineros"*.

Viernes 6 de julio: *"¡Diluvio se desencadenó en provincia del Huasco".* Se informa que *"con la bajada de las quebradas se destrozaron las bermas en varios puntos pero Vialidad realizó excelente trabajo dejando la vía expedita en horas de la tarde".*

"Mientras ayer en la mañana cayeron algunas lloviznas en la ciudad de Copiapó, desde la Cuesta Cardones hacia el sur el panorama era completamente diferente".

"Cerca de las 11 de la mañana de ayer, un tibio sol asomaba sobre las nubes en la capital regional y sólo amenazadoras nubes en el horizonte hacían pensar en que el temporal que afecta a la mayor parte del país seguiría en Copiapó, pero no sucedió así... a partir del kilómetro 740 –hacia el sur- observamos gran cantidad de pozas de agua en el asfalto, lodo y piedras en diversos sectores mientras la lluvia arreciaba".

"Pese a los problemas la situación está controlada", señaló el Gobernador del Huasco, Teniente Coronel de Carabineros Mauricio Arce Gangas. "La provincia del Huasco ha sido una de las más afectadas con los temporales que azotan a gran parte de nuestro territorio...", las que continuaban *"hasta las 20:30 horas"* de ayer, *"...hasta ayer en la mañana, por ejemplo, teníamos en Vallenar 32,5 milímetros de agua y de ayer, desde las 19 horas hasta ahora -13 horas-, hemos llegado a 17,3 mm más; hasta ayer teníamos 9 familias damnificadas y hoy nos subió más o menos al doble".*

"610 personas damnificadas en la Provincia de Huasco. Hasta las 20:30 horas de ayer el siguiente era el cuadro de agua caída y damnificados:..." Vallenar: 23,3 mm, 32 familias damnificadas, 93 personas adultas y 109 menores; Freirina: 30 mm, 23 familias, 51 personas adultas y 75 menores de edad; Huasco: 24,2 mm, 18 familias, 37 personas adultas y 25 menores; Alto del Carmen: 36 mm, 8 familias, 14 personas adultas y 18 menores; Domeyko: 20,2 mm; San Félix: 69,2 mm, 11 familias, 26 personas adultas y 36 menores de edad; El Tránsito: 60,2 mm; Conay: 43,5 mm, 6 familias, 10 personas adultas y 10 menores. *"Hasta las 20:30 horas de ayer una suave lluvia caía sobre Vallenar y la provincia del Huasco...".*

Sábado 7 de julio: *"Huasco y Freirina están sin agua potable, hasta mañana", se señala que es "debido a las lluvias"*, por *"la bajada de la quebrada Maitencillo –que- arrastró 70 metros la cañería de aducción en el sector Los Chorros"*.

Se señala que el agua caída "*hasta las 0 horas de ayer, cuando cesó de llover"*, fue en Vallenar: 30,6 mm; Huasco: 24,2 mm; Freirina: 30 mm; Domeyko: 28,2 mm; Alto del Carmen: 37,5 mm; El Tránsito: 104,3 mm; Conay: 109 mm y San Félix: 72,2 mm.

"De acuerdo a informes oficiales, en Vallenar resultaron" 40 familias damnificadas, 105 adultos y 123 menores; 140 casas dañadas, principalmente por problemas de techo y 14 con derrumbes; en Huasco

23 familias damnificadas, 63 adultos y 78 menores, 20 casas dañadas; en Freirina 23 familias, 51 adultos y 75 menores, con 17 casas dañadas.

Martes 10 de julio: *"¡Temporales han dejado a la Región desconectada del sur!"*. Se señala que *"cortes en la Carretera Panamericana en la Cuarta Región, tienen a la Región de Atacama sin contacto terrestre con el sur del país, a consecuencias del implacable temporal que azota por varios días la zona central..."*

"Huasco, desde las 22:50 horas del domingo registró 9,1 milímetros; Freirina, desde las 23:30 horas, 9 mm y Vallenar, desde las 01:30 horas, registró 4,8 mm; Domeyko, 6 mm; Alto del Carmen 22 mm; San Félix, 38; El Tránsito, 10 y Conay 10. Al cierre de este despacho Vallenar mostraba cielos limpios".

Miércoles 11 de julio: "¡Temporal causa nuevos daños en la Provincia de Huasco". Se informa que *"un nuevo frente de mal tiempo afecta a la Región de Atacama, especialmente en la provincias de Huasco y Copiapó, con fuertes vientos de hasta 40 nudos, lo que ha provocado un incremento en el número de familias damnificadas, voladuras parciales de las techumbres, caída de árboles, corte de las comunicaciones telefónicas, anegamiento de caminos secundarios y la imposibilidad total de que cualquier tipo de vehículo pueda continuar viaje al sur del país..."*. Se informa de vientos de hasta 80 km por hora en la provincia de Huasco, y que *"la lluvia afectó a esta provincia desde las 11:30 horas de ayer, anoche continuaba en forma intensa... En Copiapó, las primeras precipitaciones se registraron cerca de las 21 horas, sin causar mayores daños"*.

"Temporal sigue arreciando implacablemente. Daños a la minería son los más graves en medio siglo". Se indican *"mil mineros paralizados en la Cuarta Región... 62.074 personas damnificadas en el país, las regiones más afectadas son: Cuarta, Quinta y Metropolitana"*.

Miércoles 18 de julio: Se señala que en las *"provincias de Huasco y Copiapó"* se estiman *"sesenta millones –de pesos- en pérdidas en sector minero por lluvias, 2.130 mineros afectados, 450 faenas mineras y trapiches paralizados, 600 kilómetros de caminos dañados"*.

Urrutia y Lanza (1993): Señalan que el temporal afectó a gran parte de Chile, desde Punta Arenas a Copiapó, con más de 35 mil damnificados en la región de Coquimbo, *"...la IV región resultó la más perjudicada por la destrucción casi total de bocatomas, canales de regadío e inundación de plantaciones"*. La tormenta alcanzó la zona sur de la región de Atacama (Copiapó en la costa, El Tránsito en la cordillera). Carreteras cortadas e inundaciones, nieve en la cordillera.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1984: Precipitación diaria máxima durante julio en Chañaral (8,8 mm). Precipitación diaria máxima durante julio en Antofagasta (0 mm), Copiapó (12,8 mm, 10 de julio), Los Loros (38 mm, sin fecha exacta), Freirina (40 mm, sin fecha exacta), El Tránsito (43,7 mm, sin fecha exacta), Vallenar (32,5 mm, 2 de julio), La Pampa El Parral (34 mm, sin fecha exacta), La Serena (62,8 mm, 1 de julio).

6-7 de mayo de 1987. Intensas lluvias en Atacama. Aluviones en quebradas de Vallenar. No se informa sobre aluviones o inundaciones en Chañaral.

Atacama, 7 de mayo de 1987

Jueves 7 de mayo: *"155 damnificados por la lluvia. Huasco recibió precipitaciones abundantes"*. Lluvias se iniciaron a las 22 horas del miércoles y amainó *"después de las 3 de la madrugada"*, acompañada de una fuerte tempestad eléctrica. Según informe de las estaciones pluviométricas y carabineros, se registraron en *"Vallenar: 20,5 mm; Huasco Puerto: 25 mm; Domeyko: 9,5 mm; Freirina: 12,5 mm; Alto del Carmen: 20,5 mm; San Félix: 17,8 mm; El Tránsito: 27,5 mm; Carrizal: 10 mm; Conay: 21,6 mm. En esta última localidad cayeron además 3 cm de nieve"*. 64 adultos y 75 menores damnificados.

En Vallenar, *"se registraron numerosas bajadas de quebradas, las que arrastraron tras de sí lodo y piedras que fueron a dar al plano de la ciudad"*.

"La precipitación fue de Oeste a Este... con una intensidad inusitada para la zona".

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1987. No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante mayo en Antofagasta (0 mm), El Salvador (0 mm), Inca de Oro (0 mm), Los Loros (0 mm), Copiapó (0 mm), Huasco (25 mm, sin fecha exacta), El Tránsito (27,5 mm, sin fecha exacta), Vallenar (20,7 mm, 5 de mayo), La Pampa El Parral (19,7 mm, sin fecha exacta), La Serena (12,7 mm, 5 de mayo).

13-14, 19 de junio 1987. Ondas de frío en Atacama.

Atacama, 16, 19 de junio de 1987

Martes 16 de Junio: *"Temperaturas bajas la noche del sábado al domingo... 1,2° a las 7:50 de la mañana... en sectores aledaños del río Copiapó y otros de la ciudad"*. El frío se siente en las casas *"frágiles y livianas"* de las poblaciones altas de la ciudad.

Intenso frío estaría dañando la producción –minera- en sectores cercanos a la cordillera.

Viernes 19 de junio: *"El frío daña la agricultura"*... en el interior de los valles de Atacama. Se espera alza de precios de los productos del agro

22 de julio de 1987. Lluvias e inundaciones en sectores de Copiapó y en la precordillera del río Salado. No se informa sobre aluviones o inundaciones en Chañaral.

Atacama, 24 de julio de 1987

Viernes 24 de julio: *"99 familias damnificadas en comuna de Copiapó"*... de ellas, *"32 familias damnificadas en el sector de la población Balmaceda Norte y Ampliación de la misma"*...según informe de Carabineros, como producto de lluvias en los días previos.

Según el informe policial: *"99 familias afectadas, 186 adultos y 203 menores... principalmente del campamento Balmaceda Norte, con casas construidas en cartón, carpas y mediaguas... pobladores rechazaron ser albergados en la Escuela N°18"*.

"En El Salvador hubo lluvias el martes por la noche... 4 mm de agua", 3 cm de nieve en la cordillera. *"En Potrerillos... 2 mm de agua el martes por la noche, nevando en los alrededores (8 cm)"*. 2 mm de agua en Llanta.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1987: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante julio en Antofagasta (4,3 mm, 28 de julio), El Salvador (28 mm, sin fecha exacta),Inca de Oro (45 mm, sin fecha exacta), Copiapó (25 mm, 24 de julio), Huasco (55,2 mm, sin fecha exacta), El Tránsito (91,8 mm, sin fecha exacta), Vallenar (53 mm, 24 de julio), La Pampa El Parral (146 mm, sin fecha exacta), La Serena (104,7 mm, 24 de julio).

25-28 de julio de 1987. Intensas lluvias y nevazones en Atacama. Chañaral es la ciudad más afectada; inundaciones y aluviones, especialmente por quebradas costeras entre ellas la quebrada Conchuelas de Chañaral, y también por crecida, desborde e inundaciones del río Salado (25 de julio).

Atacama, 28-31 de julio, 1° de agosto de 1987; Urrutia y Lanza (1993)

Martes 28 de julio: *"4.796 damnificados hay en la Región"*.

El "río Copiapó se salió de su cauce... creció más de diez veces su caudal normal, y causó daños en puentes y arrasó con sus turbias aguas lo que encontró a su paso... la crecida se registró alrededor de las 11 hrs... el domingo el caudal había bajado en forma considerable, llegando las aguas turbias casi hasta su cauce normal".

"Totalmente cubierta de barro quedaron las salas de la Escuela E-18 de la población Pedro León Gallo".

"40 casas destruidas en Ampliación Prat", de Copiapó... "el agua acumulada llegó a la altura de las ventanas de las casas en su mayoría levantadas con adobe".

2.207 personas correspondientes a 474 familias damnificadas en Copiapó fueron trasladadas a cuatro escuelas habilitadas como albergues, además del Estadio Municipal.

"La situación de aislamiento también comprometía las partes altas del valle de Copiapó".

"Cien Damnificados en Tierra Amarilla"... "los damnificados son ubicados en el Estadio Techado y sede de la Secretaría de la Juventud".

"La comuna de Alto del Carmen permanece totalmente aislada". Caminos cortados a San Félix y El Tránsito".

"Serios problemas en Chañaral...la crecida del río Salado causó enormes deterioros a los planteros". Según informe oficial: *"Sector urbano de Chañaral, intransitable en calle Merino Jarpa, Costanera, Sector Cerro Corazón y Población Aeropuerto".*

Panamericana Norte intransitable, cortada en varios puntos de la región. Caminos mineros *"bastante afectados"* y cortados hacia varias localidades.

Las clases se suspenden *"hasta el próximo jueves 30, a raíz de que se encuentran ocupadas algunas escuelas con familias damnificadas".*

"...Pinochet envió avión con ayuda... se trata de 1400 frazadas, 700 kilos de arroz, 10 cajas de aceite de medio litro de 30 unidades por caja, 40 cajas de pañales y 365 colchonetas".

Miércoles 29 de julio: *"90% caminos mineros destruidos"...* en la región, destruidos en forma parcial o total.

"Después de 70 años... para muchos copiapinos, estos días de intensa lluvia, la que por decenios no se observaba, les hizo recordar aquella del año 1927, en que nuestro valle aún no contaba con el Tranque Lautaro... aguas desbordadas".

Se anuncia el aporte de *"quince millones de pesos entregados por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, para ser destinados a los arreglos de pavimentos deteriorados por el temporal".*

"Serios problemas ha causado la nieve en los importantes centros mineros de El Salvador y Potrerillos, como asimismo en la zona cordillerana donde la totalidad de los caminos se encuentran bloqueados".

"Parronales sin daños... según informe referido a la situación de los parronales del valle de Copiapó".

Jueves 30 de julio: *"Más de 16 mil mineros de para. 700 millones costará reparación de caminos. ENAMI anticipa el 50% de dinero por entregas minerales... del promedio de entrega de los últimos dos meses... en vista de la grave emergencia que está viviendo la minería".*

"Con alza en algunos casos desmesuradas amanecieron el domingo las verduras y frutas en las ferias de la provincia". Se asocia el mayor precio por una parte al desastre, como también a productores, intermediarios y comerciantes medianos y detallistas.

Se denuncia falta de atención médica a más de 700 trabajadores en los parronales de la provincia de

Copiapó.

"Grave situación en Provincia de Chañaral" (Omar Monroy). *"El temporal de lluvia, viento y nieve que azotó a la provincia de Chañaral en los últimos días, dejó un total de 1300 damnificados y 370 albergados. En Chañaral, los damnificados fueron 1053 y 288 albergados. La lluvia tuvo una duración intermitente de doce horas con 45 mm. El fuerte viento alcanzó velocidades superiores a 70 kilómetros por hora y arrancó árboles, techos y daños a la antena repetidora de TV. La nieve caída en Potrerillos alcanzó los 50 cm y los daños más graves los produjo el desbordamiento del río Salado y las bajadas de varias quebradas, entre ellas, la de Conchuelas que anegó calles, casas y avenidas del sector central bajo de Chañaral... el caudal del río destruyó Salado destruyó todas las plantas de los tomeros que trabajan a lo largo del río; levantó la línea férrea en varios sectores... Por efectos de la bajada de la quebrada de Conchuelas, arrasó partes de las casas del sector bajo de la quebrada y destruyó la calzada hasta llegar a la Costanera... La racionalización de agua se mantiene en Chañaral y Diego de Almagro... Las fuertes marejadas con olas de 10 m de altura, ocasionó daños de consideración en el muelle-molo de Codelco-Chile, División El Salvador en su cuarto gavión; el hundimiento de un lanchón de 90 ton. De cobre, y un remolcador de la firma Trabucco... La escuela de Barquito resultó con 40 cm de lodo en sus dependencias por consecuencia de la bajada de agua por la quebrada de Barquito".*

Viernes 31 de julio: *"Chañaral es la más afectada en la Región... Chañaral puerto es el más afectado en toda la Región, está damnificado un porcentaje importante de la ciudad... donde confluyeron las aguas de superficie y subterráneas, hay algunos problemas de estructuras que obligó a las autoridades a colocar toneladas de tierra en cada una de las bocacalles para impedir que se inundara la ciudad".*

Se reportan mineros aislados en Santa Inecita, sector norte de Pedernales. Además *"un total de 37 personas se encontrarían aisladas en varios sectores de nuestra zona, como consecuencia de las intensas nevazones que han caído sobre la parte cordillerana de Atacama".*

Se decretó suspensión de clases hasta el 3 de agosto.

Sábado 1º de agosto: *"Más de 2000 damnificados en comuna de Chañaral. Dos veces en menos de cuatro días esta ciudad se ha visto azotada por persistentes lluvias en un fenómeno inusual para esta zona... Desde el sábado 25 y hasta el martes 28 de julio el total de agua caída era de 62,8 mm y en lo que va corrido del año alcanza a 64,6 mm, cifra que no se registraba desde hace unos veinte años... Las intensas lluvias se convirtieron prontamente en agua barrosa bajando a través de varias quebradillas y quebradas. La más espectacular fue la bajada de la quebrada Conchuelas que costó la inundación de todo el sector del mismo nombre y el anegamiento de la Avenida Costanera y gran parte de la calle Merino Jarpa afectando a residencias, oficinas públicas y casa comerciales... Por segunda vez consecutiva bajaba el río Salado; ahora con una acción más devastadora... Hasta las 17:30 hrs del martes el número de damnificados era de 2060 personas, casi el 20% de la población de Chañaral. Gran parte de ellos permanece en albergues".*

"400 mediaguas para los damnificados"... en la Tercera Región, por *"la suma de 36 millones de pesos... Copiapó 140 mediaguas; Chañaral 100; Tierra Amarilla 45; Vallenar 40; Caldera 15; Huasco 15; Freirina 15; Diego de Almagro 10 y Alto del Carmen 20".* Además, *"Ministerio de Vivienda y Urbanismo dispuso al Serviu de la Región de Atacama la inversión de 20 millones de pesos para reparar pavimentos, rellenos en la zona urbana...y 5 millones de pesos para la compra de pizarreños y materiales de construcción".*

Se informa destitución y dos nuevos alcaldes para Chañaral y Caldera.

Según informe oficial: *"2045 kms de caminos mineros están dañados... la inversión total asciende a 66 millones 196 mil 500 pesos en repararlos".*

Gobernador de la Provincia de Huasco informó que *"luego de las intensas lluvias en la zona, la situación en la provincia está totalmente superada y controlada"*. Se reporta situación de agricultores dramática en el Valle El Tránsito, al interior de Vallenar.

Urrutia y Lanza (1993): *"Los primeros días de agosto de 1987 continuaba lloviendo entre la II y la X región, sumándose, el 11 de agosto otro sistema frontal. El resultado fue de ciento setenta mil cincuenta y cinco damnificados.... La mayoría de los ríos se desbordaron, perjudicando a la agricultura. En el altiplano chileno, el violento temporal de lluvia y viento causó la muerte de mil camélidos y bovinos, al interior de Arica y se voló el techo de la iglesia de Parinacota"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1987: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria máxima durante agosto en Antofagasta (0 mm), El Salvador (0 mm), Inca de Oro (0 mm), Copiapó (0 mm), Huasco (0 mm), El Tránsito (25,4 mm, sin fecha exacta), Vallenar (0,3 mm, 2 de agosto), La Pampa El Parral (45 mm, sin fecha exacta), La Serena (3,8 mm, 11 de agosto).

17-19 de junio de 1991. Intensas lluvias causan grave aluvión en Antofagasta, nevazones, inundaciones y aluviones en quebradas de Atacama (18 de junio). Chañaral afectada por inundaciones y aluviones en quebradas costeras, además de crecida e inundaciones por el río Salado.

Atacama, 19-21, 23 de junio de 1991

Miércoles 19 de junio: Aluvión grave en Antofagasta causa decenas de personas fallecidas bajo el barro. "*La ciudad quedó aislada... el fenómeno no se registraba desde 1940, cuando una situación similar se precipitó sobre Tocopilla, abarcó desde Calama por el norte, hasta Taltal por el sur"*. Subsecretario del Interior informa de *"un total de 63 personas fallecidas,4 mil viviendas afectadas y 20 mil damnificados"*.

"Temporal causó gran pánico en Atacama... 450 familias damnificadas dejó temporal en Atacama... 1700 personas son las afectadas. Copiapó: 98 familias damnificadas, 146 adultos y 243 menores, refugiados en cinco albergues; Tierra Amarilla: 12 familias, 38 adultos y 19 menores; Caldera: 60 familias, 113 adultos y 110 menores; Paipote: 16 familias, 36 adultos y 33 menores; Los Loros: 2 familias, 3 adultos y 3 menores; Vallenar: 87 familias, 147 adultos y 189 menores; Huasco: 18 familias, 37 adultos y 30 menores; Freirina: 10 familias, 23 adultos y 29 menores; Domeyko: 15 familias, 28 adultos y 30 menores; Alto del Carmen: 4 familias, 10 adultos y 14 menores; El Tránsito: 9 familias, 18 adultos y 27 menores; Conay: 5 familias, 10 adultos y 21 menores; San Félix: 4 familias, 8 adultos y 15 menores; Chañaral: 147 personas damnificadas entre adultos y menores; Diego de Almagro: 123 damnificados; Inca de Oro: 18 personas damnificadas".

Se reporta situación dramática en la provincia del Huasco, *"en las comunas de Vallenar, Huasco, Freirina y Alto del Carmen... por las intensas lluvias desde el pasado domingo... Hasta las 08:00 hrs de ayer, el agua caída solamente en la ciudad de Vallenar ya superaba los 100 mm, mientras que en algunas localidades cordilleranas de la zona se producían intensas nevadas... superando los 20 cm... El agua caída hasta las 12 hrs de ayer alcanzaba a los 110 mm en Vallenar, Huasco, 110, Freirina, 75, Alto del Carmen, 98,5 (nevando), Domeyko, 74, San Félix, 115 (nevando), El Tránsito, 82,5 mm y sin comunicación, Conay, 84,7 con 15 cm de nieve, Las Breas, 92 mm de agua y 20 cm de nieve (nevando), y Juntas de Valeriano, 97 mm de agua y 25 cm de nieve"*.

"El agua caída en la comuna de Copiapó, hasta las 16 hrs de ayer, alcanzó a 50,3 mm, lo que establece un verdadero récord en la zona... San Félix registró la mayor cantidad de agua caída en la III Región, alcanzando a 124,9 mm".

Corte de caminos y mineros aislados en los valles interiores. Se anuncia ayuda de ONEMI: "*importante cantidad de pizarreño, 50 cajas de raciones y otras tantas con ropa de abrigo*".

"300 faenas mineras se encuentran paralizadas... su aislamiento no permite acercamiento por tierra". Se anuncia que ENAMI entregará anticipos a pequeños mineros dañados. *"Suspendidas las faenas de la División El Salvador por el intenso temporal de lluvia, viento y nieve. Los caminos están intransitables. Cien trabajadores del turno nocturno esperan ser evacuados. Los caminos a Diego de Almagro están cortados, pero no hay damnificados. También Potrerillos se encuentra aislado"*.

"Suspendidas las clases en toda la III Región... muchos colegios han servido de albergue y otros tantos han resultado afectados por las lluvias o las inundaciones".

Jueves 20 de junio: *"Chañaral"* (Omar Monroy). *"La torrencial lluvia en Chañaral, desde las 20:00 hrs del lunes pasado, dejó innumerables perjuicios en propiedades públicas y particulares, como asimismo un número de 2650 personas damnificadas en la provincia y 610 viviendas dañadas... hasta las 8:00 hrs del martes se habían registrado 42,6 mm de agua caída, aumentando con el paso de las horas a 45,5 mm, la que fue acompañada de una inusual granizada, a las 14:40 hrs... La fuerte bajada de aguas por las quebradas de Conchuelas, Cabrito y El Salado, inundó la parte baja del puerto, haciendo insostenible la situación para varias viviendas y locales comerciales que fueron arrasados por el barro y agua... En la quebrada El Salado, varios vecinos lucharon contra el torrente de agua... una casa resultó destruida... avenida Costanera totalmente inundada"*. Se reportan varios cortes en el ducto de agua Copiapó-Chañaral, *"siendo el problema más grave que enfrenta la comunidad, por cuanto se espera una solución para el día lunes"*. Preocupación por los centros mineros.

En Vallenar, las familias damnificadas continúan en albergues, se recibe ayuda en víveres, frazadas y colchonetas a personas damnificadas. Se reportan 162 mineros aislados *"hasta el día de ayer en diversos sectores de la provincia"*. Alto del Carmen y otras localidades interiores continúan aisladas.

Presidente Aylwin visita Antofagasta y *"se interioriza de la catástrofe*".

Viernes 21 de junio: *"Se esperan dos camiones con ayuda desde la capital de Chile... Por intermedio de la Intendencia se entregaron colchonetas y frazadas... No alcanza para todos... Se espera con ansias la llegada de los camiones para hoy... Son muchas las visitas inspectivas pero poca la operatividad para entregar ayuda. Se observa falta de expedición en este tipo de situaciones que puede ser justificada por la falta de costumbre en las emergencias... Se lamentan de la poca asistencia médica. Hay enfermos, especialmente niños... En tres días solamente un médico los ha visitado"*.

"139 mineros rescatados por aire y tierra en Inca de Oro... Las condiciones de aislamiento son graves... la postación eléctrica está dañada... El pueblo está cubierto de nieve... El agua está racionada y la mayoría de las viviendas modestas y de material ligero tienen daños fuertes por el peso de la nieve... Es urgente la ayuda solidaria en alimentos, ropa, colchonetas, frazadas y todo elemento necesario para poder soportar el frío bajo cero".

Aluviones causaron *"graves daños"* a aducciones del agua en toda la región.

En Segunda, Tercera y Cuarta Regiones... *"Unos 6,4 millones de dólares en pérdidas ha significado para la gran minería, la última ola de mal tiempo que ha afectado al país... deben agregarse unos 120 mil dólares diarios de perjuicio para la pequeña y mediana minería"*, en las mismas regiones. *"Las pérdidas más importantes se han producido en El Salvador (1,4 millones de dólares), La Escondida (4,5 millones de dólares) y Carolina de Michilla (500 mil dólares)... Codelco y Enami trabajan en la rehabilitación de rutas y en faenas en las minas, anegadas de lluvias, y en el rescate de personas aisladas"*.

"El Subsecretario del Interior, Belisario Velasco, negó categóricamente que ese ministerio o la Onemi hayan sido advertidos de un frente de mal tiempo en la II Región". Balance en Antofagasta: *"74 muertos y 76 desaparecidos, con una población total afectada que abarca las 25 mil personas y aproximadamente 7 mil viviendas"*. Cifras entregadas por el Ejército: *"71 muertos y 51 personas desaparecidas, 700 heridos y 71000 damnificados"*.

ONEMI: *"Problema más grave es el agua potable"*, por corte en el acceso norte de Antofagasta. *"El fenómeno consistió en aluviones provocados por la lluvia de 19 mm, acompañada de vientos huracanados, que dejó más de un metro y medio de barro en los sectores más afectados y 20 cms en las calles céntricas... Las áreas más dañadas son quebrada Baquedano, Paraguay-México y sectores de la Población Bonilla. Las últimas cifras recopiladas indican que en Antofagasta el número de muertos asciende a 72 personas, de las cuales 48 son menores; los desaparecidos alcanzan a 58 y los heridos suman 140. Los damnificados llegan a 25 mil personas, en tanto que 2 mil 983 personas se encuentran en 64 albergues"*.

Domingo 23 de junio: *"3 ministros y 4 subsecretarios acompañarán a Patricio Aylwin, en su visita a la IIda Región"*. Se trata de los Ministros de Obras Públicas, Vivienda y Minería, junto a los subsecretarios de Interior, Salud, Minería y Bienes Nacionales.

Meteorólogo -Luis Gutiérrez- de la Dirección Meteorológica de Chile, señala que *"el fenómeno del norte fue pronosticado con tres días de anticipación, pero sólo se habló de probables precipitaciones... no se pensó que iba a tener tanta actividad... Habitualmente estos frentes sólo llegan hasta La Serena o Copiapó. Lo ocurrido ahora... es comparable a un temporal del año '40 con grandes destrucciones en Tocopilla"*.

Información posterior en relación al aluvión en Antofagasta señala 91 personas fallecidas, 19 desaparecidas, 70 mil personas damnificadas y 6 mil casas destruidas, con pérdidas económicas estimadas en US$80.000.000.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1991: Precipitación diaria máxima durante junio en Chañaral (41,6 mm, sin fecha exacta). Precipitación diaria máxima durante junio en Antofagasta Cerro Moreno (14,1 mm, 17 de junio), Antofagasta Universidad de Norte (42 mm, sin fecha exacta), El Salvador (25 mm, sin fecha exacta), Potrerillos (0 mm), Inca de Oro (5 mm, sin fecha exacta), Copiapó Particular (50,8 mm, sin fecha exacta), Los Loros (50 mm, sin fecha exacta), Pto. Huasco Subcomisaría (84,2 mm, sin fecha exacta), Vallenar (69,5 mm, sin fecha exacta), La Pampa El Parral (50 mm, sin fecha exacta), La Serena (42,9 mm, 17 de junio).

27-28 de mayo, 7-8 de junio de 1992.Temporal e intensas lluvias causan inundaciones y anegamientos en las provincias de Copiapó y Huasco, nevazón en la cordillera. No se informa de crecidas e inundaciones en el río Salado ni en Chañaral.

Atacama, 28 y 29 de mayo, 8 de junio de 1992; Urrutia y Lanza (1993)

Jueves 28 de mayo: *"Cientos de damnificados deja la torrencial lluvia"*. Se señala también que *"12 personas están perdidas en la nieve... en plena cordillera con 50 cms. de nieve"*. Se señalan *"280 damnificados por lluvias en la región, según los datos oficiales entregados a las 19 horas de ayer... Hasta alrededor de las 10 horas de ayer los damnificados de la provincia de Copiapó eran 50 en Tierra Amarilla, 40 en Copiapó y 20 en Caldera. Los albergues en Copiapó se ubicaron en las Escuelas D-15 y F-29"*.

"El frente de mal tiempo se concentró en la provincia de Copiapó, comenzando en la mañana de ayer por Caldera y precipitándose a las 10 horas en la capital regional, donde no dejó de llover hasta alrededor del mediodía. Media hora después la lluvia arreció... alrededor de las 20:30 horas continuaba

lloviendo en Copiapó. Suspendidas las clases en –la– región". El agua caída *"hasta las 19 horas"* era: Los Loros: 28 mm; Lautaro: 22; Manflas: 20; Copiapó: 14; Caldera: 9; Alto del Carmen: 7; El Tránsito: 6; Vallenar: 4,9; Huasco: 2,3; Freirina: 2,2; Totoral: 1,2; San Félix: 1,0 y Chañaral: 0,9 mm. El aeródromo Chamonate informa de 15,8 mm de agua caída en Copiapó hasta las 20:00 hrs.

"800 personas fueron afectadas por la lluvia en Copiapó... 42 albergadas hasta las 20 horas de ayer".

Viernes 29 de mayo: Se informa de *"192 albergados en los refugios habilitados en dos escuelas de la comuna, sin embargo existe una gran cantidad de damnificados que necesitan ayuda".*

Se informa *"nevazón en Potrerillos y localidad de Inca de Oro... -y- fuerte lluvia en Diego de Almagro".*

Se informa de *"lluvias y damnificados en la I y II regiones...",* con anegamientos y albergados en Iquique y Antofagasta.

Lunes 8 de junio: *"Frente de mal tiempo azota a la Provincia de Huasco".* Se señala que *"hasta el mediodía... el agua caída en la ciudad de Vallenar alcanzaba los 20 milímetros. También se registraban precipitaciones en las localidades de Conay, El Tránsito, Alto del Carmen, Huasco, San Félix y Freirina... extraoficialmente en Domeyko... 30 milímetros".* Según la *"oficina meteorológica de la Fuerza Aérea de esta ciudad, en un informe emitido a las 12:00 horas de ayer, daba cuenta que el frente de mal tiempo se extendería durante todo el día".*

Urrutia y Lanza (1993): "*Desde los últimos días de mayo hasta los primeros días de junio, el temporal se extendió entre Puerto Montt y Arica"*. Hacia el norte, *"quinientos mineros quedaron aislados al interior de la II región"*. 150 mineros aislados en Pelambres. Inundaciones y fuerte viento en Coquimbo. Carretera cortada entre Antofagasta y Tocopilla. Tormentas afectaron desde Puerto Montt a Arica durante los últimos días de mayo hasta los primeros días de junio.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1992: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Antofagasta Cerro Moreno (4,6 mm, 28 de mayo; 0,2 mm, 5 de junio), Antofagasta Universidad del Norte (2,8 mm, 28 de mayo), Copiapó (0 mm), La Serena (1,9 mm, 27 de mayo; 40,9 mm, 29,9 mm, 59,4 mm, 3 mm, 5 al 8 de junio).

4 y 5 de junio de 1997. Fuertes lluvias especialmente en El Huasco y luego en Copiapó, generan inundaciones y anegamientos. No se informa de crecidas e inundaciones en el río Salado ni en Chañaral.

Atacama, 4, 5 de junio de 1997

Miércoles 4 de junio: *"Probable lluvia alerta a Región. Oficina Regional de Emergencia llamó a la comunidad a estar preparada"*. La Oremi (Oficina Regional de Emergencia) afirma que los *"comités de emergencias están alertas por lluvias"*. Se esperan lluvias para el miércoles y jueves: *"la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) indica que el frente de mal tiempo que afecta al centro y sur del país llegó al sector cordillerano de Atacama registrándose precipitaciones y nevazones en la cordillera..."*. La Directora de la Oremi, Silvana Araya, señala que *"es importante que la gente que vive en sectores que cuentan con riesgos y quebradas también asuman la responsabilidad de autoprotección en el sentido de que si ocurre una lluvia no cabe duda que se inundarán, ya que se sitúan en lugares que presentan constantes amenazas en sus entornos"*. Llama a los dirigentes vecinales a organizarse, y además se indica que los albergues serán *"fundamentalmente los establecimientos educacionales"*.

"Fuertes lluvias en la Provincia del Huasco", acompañadas de tempestad eléctrica, se registraron desde la noche anterior especialmente en Alto del Carmen, San Félix, El Tránsito, como también en Do-

meyko, Freirina, caleta Chañaral y Carrizalillo.

El municipio de Copiapó señala que *"está preparado para afrontar una emergencia en caso de que una eventual lluvia provoque trastornos en el sector alto de nuestra ciudad especialmente... se han revisado los desagües y alcantarillas existentes en algunos sectores centrales... se recomienda estar atentos a lo que puedan ser crecidas de agua en la parte alta..."*.

Jueves 5 de junio: *"Lluvia deja miles de damnificados"*. Se señalan *"más de 2.500 damnificados por lluvias... accidentes de tránsito, niños con bronconeumonia, casas anegadas con agua y zonas mineras y rurales aisladas..."*.

Se indican 2.000 personas damnificadas en la comuna de Copiapó; anegamientos en quebradas del sector alto de la ciudad. *"El problema mayor se presentó en los terrenos tomados ilegalmente por los pobladores en el sector alto y quebradas de Copiapó"*.

Se indica que el Hospital Regional de Copiapó *"vivió momentos de emergencia a raíz de la lluvia que afectó ayer a la ciudad... por el corte de suministro de energía eléctrica..."*.

"La lluvia en la ciudad capital de la Región de Atacama –Copiapó- comenzó a caer a las 04:30 horas de la madrugada de ayer, cuyas precipitaciones intermitentes acompañadas de leves vientos se disiparon a eso del mediodía". Se informa que en Chañaral *"llovía en forma intermitente... Caldera: 1,5 mm de agua caída; Copiapó: 3,7 mm; Vallenar: 14 mm; Huasco: 0,5 mm; Embalse Santa Juana: 16,5 mm; Embalse Lautaro: 16 mm; Alto del Carmen: 24 mm; El Tránsito: 34 mm; San Félix: 35 mm; Conay: 55 mm; Domeyko: 12 mm y Freirina: 9,5 mm. Nieve caída en Campo Marte: 50 cm, Potrerillos: 30 cm; Valeriano y El Corral: 20 cm"*.

El Intendente, Eduardo Morales, visita Tierra Amarilla junto a la directora de la Oremi, para "*realizar un recorrido por los sectores más afectados por las lluvias"*.

Se espera otro frente de mal tiempo, según la Dirección Meteorológica de Antofagasta, que *"esta vez viene del norte del país y que afectará a la segunda y Tercera Regiones..."*.

Viernes 6 de junio: *"Todo normal en la Región. Los sectores poblacionales afectados por las últimas lluvias habían superado totalmente la emergencia"*.

Luego, se indica que *"anegamientos amenazan salud y seguridad de los pobladores... en varios lugares de nuestra ciudad";* se menciona el anegamiento de la población Manuel Rodríguez.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1997: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Antofagasta Cerro Moreno (0 mm), La Serena (15,5 mm y 0,7 mm, 3 y 4 de junio). Precipitación mensual en Copiapó (68 mm), La Serena (104,9 mm).

12 de junio de 1997. Intensas lluvias torrenciales en Atacama. Crecidas e inundaciones severas en el río Copiapó y quebradas afluentes. Inundación por el río Salado afecta a Chañaral.

Atacama, 13, 14, 15 y 17 de junio de 1997

Viernes 13 de junio: *"Impresionante crecida del río"* –Copiapó-. El río crece en forma *"impresionante y altamente riesgosa a raíz de las fuertes lluvias* –ocurridas el día 12 de junio-*... cerca de las 19:00 horas el agua del río ya estaba alcanzando los dos puentes... más de cincuenta hombres desplegaban intensos y arduos trabajos para prevenir una tragedia"*.

Se señala que *"hasta ayer pasada las 18:30 horas en la ciudad de Copiapó se alcanzó una cifra récord en materia de precipitaciones, ya que los registros indicaron 70 mm de agua caída, mientras que en la*

provincia de Huasco, dicha cifra alcanzaría a los 100 mm". En la provincia de Chañaral *"sólo se inició la lluvia pasada las 14 horas",* mientras que en Copiapó "*las precipitaciones comenzaron a las 06 horas de ayer... en casi más de 14 horas de intensa lluvia"*. El total de agua caída en Copiapó (70 mm) *"supera todos los cálculos y registros hasta hace más de 40 años"*. En la provincia de Huasco *"la lluvia se inició cerca de las 03 de la madrugada"*.

"El río Copiapó creció al máximo de su nivel ribereño en horas de la tarde de ayer...". Según especialistas del Ministerio de Obras Públicas, *"el río incrementó su caudal luego de que su cauce fue alimentado por el agua que escurría en la parte alta de la cordillera, a lo que se sumó el agua de las quebradas en el sector de Paipote y luego de las quebradas en la ciudad de Copiapó"*.

Cinco conscriptos son arrastrados y fallecen en el río a causa del *"aumento repentino de su caudal"*, mientras cruzaban el río en vehículo realizando una operación de rescate; fallece también una mujer que intentaban rescatar.

Se indican *"más de mil damnificados en provincia del Huasco"*, además de caminos cortados. *"En la comuna de Freirina el agua caída había alcanzado los 56 mm, produciéndose además la bajada de quebrada de Maitencillo"*.

Se menciona cien damnificados en Caldera, con 20 mm de agua caída hasta las 17:00 horas. Los damnificados fueron trasladados al albergue en el Centro Deportivo Municipal, y a otro habilitado en el Centro Palomita; sin embargo, *"muchas personas, a pesar de tener sus viviendas dañadas se negaron a abandonarla porque en algunos casos fueron víctimas de robo"*. Se señalan cortes parciales de energía eléctrica y caída de postes. Se indica el cierre del puerto por vientos de 15 a 25 nudos.

El Consultorio de Santa Elvira en María Elena debió interrumpir las atenciones médicas debido a que *"diversas dependencias del establecimiento resultaron anegadas"*.

En Chañaral, se señala que *"una seria emergencia ha vivido el puerto de Chañaral a raíz de la intensa lluvia que lo afectó desde las 14:00 horas"*. La situación más grave *"se registró en la población Aeropuerto, donde varias casas se vieron afectadas a raíz de la salida de las aguas del río Salado..."*, anegando las casas y los muebles. Se señala que *"las autoridades están adoptando algunas medidas de urgencia por probable escurrimiento de las quebradas de Conchuelas y Cabritos, temiéndose un aluvión"*. Se indican *"fuertes marejadas que acompañan la intensa lluvia, lo que provocó el hundimiento de una embarcación menor"*. El suministro de agua potable está suspendido; se hace entrega *"parcelada del vital elemento"*.

En Diego de Almagro *"no se registraron lluvias, pero el informe meteorológico indica que en la precordillera y cordillera se registrarían fuertes nevazones"*.

"Damnificados de Tierra Amarilla claman por atención médica". Se señala que el cien por ciento de las casas están *"dañadas en Tierra Amarilla"*.

Se señala la visita del Presidente Eduardo Frei a Copiapó y Vallenar.

Sábado 14 de junio: Se indican ocho personas fallecidas y más de 25 mil damnificados en la región. En Copiapó, 20.000, en Tierra Amarilla 3.600, en Vallenar 1.500, 200 en Caldera, 332 en Chañaral, 600 en Huasco, 100 en Freirina, 300 en Alto del Carmen.

Según Comité de Emergencia del Municipio de Copiapó *"veinte mil serían los pobladores afectados por temporal de lluvia... mas de mil personas afectadas fueron albergadas en Copiapó"*. Los albergues habilitados son *"Liceo Tecnológico... en avenida Balmaceda; Escuela F-29 de Estación Paipote; Escuela F-27 en los Carrera 2999 y Escuela D-15 en Alameda 260"*. Se indican cuadros críticos de bronquitis en

albergues.

Se señala que el agua acumulada en Copiapó *"en los días 12 y 13 fue de 72,5 mm"*, y que *"en el centro hubo un anegamiento general de calles con daños a las casas habitaciones hasta donde escurrió el agua con barro"*. Agua caída en *"Chañaral: 34,0 mm; en Caldera: 35,0 mm; Vallenar: 82,0 mm; Los loros: 83,0 mm; embalse Lautaro: 83,0 mm; Manflas: 87,5 mm y 10 cm de nieve"*.

En Chañaral, el Comité de Emergencia Provincial informa que *"dos poblaciones de Diego de Almagro resultaron totalmente anegadas"* (las poblaciones Carrera y Los Héroes). Se mencionan 223 personas albergadas en Chañaral (147) , El Salado (20), Diego de Almagro (50) e Inca de Oro (6). Se precisa que el agua caída en Chañaral fue finalmente de *"35,2 mm, de acuerdo al informe de la estación meteorológica del aeródromo"*. Tres roturas importantes en la aducción de agua potable entre Caldera y Chañaral, significó la interrupción del suministro para este último puerto.

Presidente Frei visita albergues y barrios afectados en Copiapó, llama a la *"calma y confianza"*, y señala que *"las condiciones están dadas para superar la emergencia... a través de los canales regulares instituidos por el Gobierno"*. En la población Rosario de Copiapó *"apedrearon comitiva"* –Presidencial-.

El Jefe del Departamento Provincial de Educación señala que los colegios –escuelas y liceos municipales de las comunas de Copiapó y tierra Amarilla- *"inician vacaciones el lunes"*.

Domingo 15 de junio: Según balance de la Onemi, precisa que las personas damnificadas en la región son 18.189 personas, 257 viviendas con graves daños estructurales y otras 1.695 con daños leves. Las personas albergadas bordean los 1.735, *"las cuales se encuentran en 23 recintos habilitados"*. Caminos de la región, especialmente los interiores, se encuentranfuertemente afectados. El Gobierno autorizó la inversión de 82 millones de pesos para frazadas (2.290), colchonetas (1.135), fonolitas (1.000), planchas de pizarreño (9.500), paquetes de alimentos (550), piezas de emergencia (242), calaminas (200), y palos de 2"x2" (6.400). *"A estos recursos debe sumarse un monto de 6 millones de pesos dispuestos anteriormente por la autoridad e invertidos en material de apoyo que se está entregando a los municipios de la región"*.

Se señala que *"Enami dispuso programa de ayuda a mineros"*, consistente en *"una serie de flexibilizaciones y medidas"*.

El Intendente de la región de Atacama, Eduardo Morales, señala la llegada el lunes de *"una cantidad de viviendas de emergencia, alrededor de 200, de las cuales un porcentaje nos va a corresponder"*.

Martes 17 de junio: El último balance señala 800 personas damnificadas en Chañaral, *"570 son menores y 230 adultos"*, 60 viviendas *"dañadas e irrecuperables, y otras 100 con serios problemas de techumbre. Debido a la persistente lluvia, se dispuso de cierre de calle Conchuelas, a la altura de Merino Jarpa, y la misma calle Merino Jarpa, a la altura de Copec... por la eventual crecida de las quebradas Cabritos, Conchuelas y El Salado"*.

Dirigentes de la Asociación Minera de Copiapó ratificaron señalan que *"el 95 por ciento de las faenas mineras de la región está prácticamente paralizada, debido a los problemas de anegamiento"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1997: No hay dato de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Antofagasta Cerro Moreno (0 mm), La Serena (1,7 mm, 26 mm, 32,2 mm, 10 al 12 de junio). Precipitación diaria máxima durante junio en Copiapó (58,6 mm, 12 de junio). Precipitación mensual en Copiapó (68 mm), La Serena (104,9 mm).

18 de junio de 1997. Lluvias de menor intensidad afectan a la región y alertan a la población de Atacama. No se informa sobre efectos en el río Salado ni en Chañaral.
Atacama, 18 de junio de 1997

Miércoles 18 de junio: *"¡Llaman a salir de quebradas!"*. Anuncian la llegada de un nuevo frente de mal tiempo y la Oremi alerta a la población. *"La Oremi llamó a la población a estar preparada frente a posibles precipitaciones, ya que...* -se anuncia- *un sistema frontal para hoy...* -pero que- *serán menores a las ocurridas el jueves"*. Sivana Araya, directora de la Oremi, señaló que se esperan *"del orden de 10 a 20 mm* –de precipitaciones líquidas- *desarrolladas en un ambiente de alta temperatura... las que se concentrarán en los valles y en la precordillera"*. Se enfatiza en la importancia de salir de zonas de riesgo y especialmente de las quebradas. Alcalde de Copiapó llama *"a la calma ante posibles nuevas precipitaciones... no llovería más de 12 mm en forma intermitente durante doce horas"*.

La directora de Oremi señala que *"hemos sido sobrepasados porque la situación no es la que estamos acostumbrados a enfrentar"*, en relación a los efectos del temporal del 12 de junio. Se destaca *"situación caótica"* por parte del alcalde de Tierra Amarilla.

A raíz del temporal e inundaciones del jueves 12 de junio pasado, la Universidad de Atacama resultó inundada con pérdidas por daños estimados en 300 millones de pesos.

Se indica que las niñas y niños comienzan a sufrir enfermedades respiratorias en los albergues.

Se señala que el Hospital de Copiapó no sufrió daños y *"está preparado para emergencias"*.

Ministro Ricardo Lagos (de Obras Públicas) visita Copiapó y *"dispuso de medidas inmediatas ante catástrofe"*. Decreta ejecución de obras relacionadas con suministro de agua potable y mitigación del impacto de inundaciones en Copiapó.

Vecinos de poblaciones de Copiapó, como la Juan Pablo II, critican falta de apoyo por escasa o ninguna ayuda del Gobierno Regional.

Se anuncia también la llegada del Subsecretario de Interior, así como la visita de los ministros de Salud y Vivienda.

Jueves 19 de junio: Subsecretario Belisario Velasco recorre las poblaciones más afectadas y *"anunció 800 millones de pesos más para la emergencia local en la región"*.

Alcalde de Copiapó anuncia que la construcción de *"defensas y muros de contención* –de aluviones e inundaciones– *priorizarán en poblaciones nuevas"*.

El director regional de riego revela que *"canales de regadío se encuentran embancados y con daños en muros"*.

El municipio solicita ropa de abrigo para niños damnificados por el temporal del 12 de junio.

Viernes 20 de junio: Ministro de Salud, Alex Figueroa, recorrió varios lugares de Copiapó y Vallenar y llamó a prevenir brotes epidémicos de enfermedades respiratorias e infecciones digestivas.

La directora de Oremi anuncia que aún permanecen albergadas 215 personas, con 142 en Copiapó.

Ministro de la Vivienda y Urbanismo, Edmundo Hermosilla, tras conocer los efectos del temporal de lluvia que asoló la región, anuncia *"plan para superar emergencia habitacional"*, consistente en agilizar la construcción de planes habitacionales, designación de casas a damnificados, recuperación de viviendas, y más recursos para recuperación y limpieza de calles y encauzamiento de quebradas. *"En principio se dispone de 198 millones de pesos"*, entre otros se anuncian casas nuevas (200), casetas sanitarias (200) y casas de emergencia (400); se priorizará en *"familias que tienen sus viviendas des-*

truidas o para aquellas que se encuentran en situaciones muy riesgosas". Se anuncia la realización de estudios de ingeniería para *"controlar las aguas de lluvias, las cuales serán encauzadas por las calles colectoras, para que no salgan a la parte baja de la ciudad y disipar así el agua"*.

Llega un avión de la Fuerza Aérea peruana con ayuda a Copiapó (250 frazadas, 40 carpas, y 260 cajas de atún enlatado).

Organizaciones ecológicas destaca el peligro que implica para la población el polvo en suspensión, luego de la inundación en Copiapó.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1997: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Antofagasta Cerro Moreno (0 mm), La Serena (0,2 mm, 0,7 mm, 10,3 mm, del 16 al 18 de junio; 0,1 mm y 17,5 mm, 20 y 21 de junio)

Precipitación mensual en El Salvador (38,1 mm), Copiapó Particular (75,8 mm), Los Loros (0 mm), Vallenar (98,6 mm), San Félix Fundo (0 mm), La Pampa El Parral (125 mm), La Serena (104,9 mm).

18 de agosto de 1997.Temporal con fuertes lluvias afecta a Atacama. Crecidas e inundaciones por ríos y quebradas de la región. No se registra o menciona aluvión o inundación en Chañaral.

Atacama, 18 de agosto de 1997

Lunes 18 de agosto: *"Violento temporal de lluvia y viento, con un saldo de* -personas fallecidas y- *miles de damnificados, cortes en diversos puntos de la ruta Cinco Norte y varias zonas aisladas. Al igual que en la catástrofe del 12 de junio, las persistentes lluvias anegaron amplios sectores de céntricas calles de la región"*.

"El informe de las 21:00 horas registró más de -30 mm- *en Copiapó; Freirina: más de 90 mm; Alto del Carmen: más de 50 mm; Domeyko: 85 mm; Vallenar: 60 mm; Huasco: más de 78 mm"*.

Piscinas decantadoras, que comenzaron a construirse inmediatamente después del temporal del 12 de junio, evitaron aluviones desde las quebradas altas en Copiapó.

Las clases son suspendidas en la región.

Martes 19 de agosto: La Seremi de Educación, Viviana Ireland, señaló, en relación a la suspensión de clases, que *"esa repartición optó por dejar en manos de cada sostenedor la decisión de suspender las clases... debido a que no existe comunicación con todas las comunas de la región, por lo tanto, no se conoce la realidad que está viviendo cada una de ellas"*.

La Oremi precisa que son *"cinco las víctimas fatales del temporal, miles de personas damnificadas, 775 albergadas* -183 en Copiapó, 20 en totoral, 12 en San Pedro, 7 en Estación Paipote, 29 en Tierra Amarilla, 21 en Los Loros, 49 en caldera, 123 en Vallenar, 27 en Domeyko, 80 en Huasco, 80 en Freirina y 144 en Alto del Carmen-, *1.517 viviendas dañadas y millonarios destrozos en caminos, como asimismo una serie de estragos en la zona urbana"*. El agua caída fue en Copiapó: 67,2 mm; Caldera: 34 mm; Vallenar: 86 mm; Domeyko: 136 mm; Huasco y Freirina: 107 mm; Alto del Carmen: 130 mm; San Félix: 134 mm; El Tránsito: 94 mm; Conay: 157 mm; Chañaral: 66,8 mm. *"Las situaciones de mayor emergencia se registraron en los ríos Copiapó y Huasco, ya que ambos en distintos sectores se desbordaron."* Se señala que *"este temporal de lluvia, segundo en el año, es también catalogado como uno de los frentes de mal tiempo más catastrófico en Atacama durante el último siglo"*.

Miércoles 20 de agosto: Víctimas fatales del último temporal aumentan a seis. Se señala que *"Huasco, Freirina y Chañaral se encuentran sin agua hasta el viernes",* por roturas de las aducciones de agua

potable.

Se informa de 16 embarcaciones pesqueras hundidas en Caldera, a causa del temporal de fuertes vientos y lluvia.

Se reportan fallas en el suministro de electricidad.

Jueves 21 de agosto: Seremi de Economía señala que las pérdidas asociadas al último temporal son mayores que las provocadas por el anterior del 12 de junio, que ya alcanzaban los 250 mil dólares en daños públicos.

El director de la Oficina Nacional de Emergencia, doctor Alberto Maturana, durante su visita a Copiapó, señaló que *"Onemi evalúa daños en Atacama con técnicas aerofotogramétricas... es muy interesante, porque no solamente permite efectuar una evaluación de los daños y las necesidades más urgentes, sino que también tiene la posibilidad de adquirir una mayor documentación"*.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 1997: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Antofagasta Cerro Moreno (0 mm), La Serena (38,9 mm, 19 mm y 5 mm, 16 al 18 de agosto). Precipitación diaria máxima durante agosto en Copiapó (56,6 mm, 17 de agosto), El Salvador (2,5 mm, sin fecha exacta), Los Loros Retén (105,5 mm, sin fecha exacta), Vallenar (32 mm, sin fecha exacta), San Félix Fundo (150, 2 mm, sin fecha exacta), La Pampa El Parral (30 mm, sin fecha exacta). Precipitación mensual en Copiapó (60,6 mm), La Serena (63,4 mm).

24, 25 y 26 de marzo de 2015. Lluvia moderada el 24 que se transforma a torrencial el 25 de marzo y finaliza el 26 de marzo. Severos aluviones e inundaciones en toda la región de Atacama el 25 de marzo. Crecida, desborde y fuertes aluviones por los ríos Salado y Copiapó. Fuerte impacto en Chañaral.

Atacama, 25, 26, 27 de marzo de 2015

Miércoles 25 de marzo: *"Volvió el río y centenares de copiapinos se emocionaron. Las lluvias de ayer que cayeron en todo el valle de Copiapó hicieron que el lecho volviera a tener agua tras 4 años... la crecida del caudal llegó al parque Kauraki alrededor de las 17 horas... se esperan más precipitaciones y las clases permanecen suspendidas"*.

En los sectores altos de Tierra Amarilla *"...el río cerca de las siete de la mañana comenzó a bajar"*.

Se indican 29 personas damnificadas en Copiapó y Tierra Amarilla. Caída de rayo *"dejó a más de 10 mil clientes"* sin energía eléctrica.

Seis viviendas afectadas y 24 damnificados en Alto del Carmen; se reportan aludes/aluviones y rodados en caminos interiores. Aluvión en Las Pircas *"provocó la pérdida de 6 viviendas"*.

Jueves 26 de marzo: "*Estado de catástrofe. Feroces crecidas del río Copiapó y de la quebrada de Paipote inundaron la capital regional"*. Se informa de 6 a 10 desaparecidos. *"El río Salado experimentó una crecida histórica y arrasó con el pueblo del mismo nombre y con Chañaral. Centenares de albergados y miles de familias afectadas dejó el fuerte temporal que hasta anoche seguía afectando a la región... habría entre 6 y 10 desaparecidos"*.

"Más de 500 albergados, los servicios de comunicaciones interrumpidos, inundaciones en villas, condominios y poblaciones y la interrupción de las actividades comerciales y de servicios es parte del balance inicial que arroja el paso del núcleo frío en altura que desde la madrugada del martes y hasta la noche azotó con precipitaciones a Copiapó y al resto de la región". Se describe *"un primer episodio de lluvias la madrugada del martes... con alrededor de 7 mm en Copiapó"... "alrededor de las 23 horas del*

martes, después de una jornada de sol y calor, nuevamente comenzó a precipitar de manera persistente y casi durante toda la noche, en Copiapó y en el valle, lo que provocó que alrededor de las 4 de la madrugada la quebrada Paipote bajara con toda su furia y arrojara... lodo, basura troncos e incluso enseres...". El desborde del río *"arrasó con precarias moradas... que viven en la ribera...".* A las 14 horas, el agua desbordó y llegaba hasta los estacionamientos *"del flamante mall Plaza Copiapó".*

"En Copiapó, las redes móviles y de internet fallaron... el primer desborde provocó serios daños en la red de fibra óptica lo que hizo que prácticamente todo el norte quedara incomunicado".

"Ministerio de Desarrollo Social dispuso que se prepare la aplicación de la Encuesta Familiar Única de Emergencia (EFU)...".

"En el centro el agua que bajó desde los sectores altos y por Los Carrera desde la quebrada de Paipote, inundó todas las calles...".

Se informa de dos albergues dispuestos por la Municipalidad de Copiapó, *"en las escuelas de Paipote y Bernardo O'Higgins, hasta donde llegaron 600 personas. En Tierra Amarilla los albergados sumaban más de 210, 12 en Chañaral y tres en Caldera..."*, más 150 personas albergadas en la provincia del Huasco.

Mahmud Aleuy, Subsecretario del Interior, señala que *"se ha extendido hasta la madrugada de mañana (hoy) el núcleo frío de la zona norte".*

La Presidenta Michelle Bachelet señala que *"estamos tomando todas las medidas para que sus vidas retomen la normalidad lo antes posible".* Se señala que *"El control territorial de Atacama lo asumieron las Fuerzas Armadas y la Presidenta Bachelet..."*. Se anuncia la llegada de la Presidenta Bachelet para *"coordinar el apoyo del Gobierno a los afectados".* Se anuncia que se declara zona de catástrofe en Tierra Amarilla, Copiapó y en Alto del Carmen.

"En la zona se registran 600 damnificados y 539 albergados... el corte de suministro eléctrico afecta a 38.500 clientes y el de agua potable a 48.500 clientes en las zonas afectadas".

"El fenómeno provocó el desborde de los ríos Copiapó y El Salado. Las autoridades paralizaron las clases y declararon alerta sanitaria en Copiapó, Tierra Amarilla, Alto del Carmen y Diego de Almagro".

Las aguas del río Copiapó *"alcanzaron hasta el Hospital Regional San José del Carmen, que terminó inundado en su primer piso y en el menos uno".*

Se indica que la Onemi *"esperaba 30 mm de agua en la Región de Coquimbo, Atacama y Antofagasta durante toda la noche".*

El estadio y las calles del centro de la ciudad de Copiapó resultaron anegadas.

En Chañaral: *"Alud arrasó El Salado y Chañaral: pobladores se salvaron en los techos. La riada dejó al menos 13 casas destruidas. El escurrimiento de agua provocó que se ordenara evacuar el centro de Chañaral...".*

Se indica *que "el desborde del río El Salado afectó a la localidad* –de Chañaral-*... aumentó su caudal y llegó mezclado con barro a las viviendas emplazadas en la población 26 de Octubre".*

"A las 13 horas se dio una orden de evacuación principalmente en la parte céntrica de Chañaral, ya que podría existir un segundo aluvión...". "Nunca se pensó la magnitud con la que venía", dijo el alcalde a radio Biobío".

"El río pasó por el medio de El Salado y se trajo a algunas personas... hay gente agarrada de unos rieles", señala el alcalde. *"El aluvión se llevó casas y jardines infantiles, agregó Volta"* (alcalde de Chañaral).

El centro de Chañaral fue severamente afectado por la inundación y el aluvión que desbordó desde el río Salado.

El pueblo de El Salado *"está dividido en dos... desapareció con el aluvión, todo el centro desapareció..."*.

El desborde del río Copiapó dejó al menos 350 damnificados en Tierra Amarilla, donde se señala además que el Consultorio *"quedó con 1,5 m de agua"*.

Viernes 27 de marzo: *"Atacama vive una de sus peores tragedias"*. Se señala que en Copiapó cayeron *"cerca de 80 milímetros. Hay varios sectores que están prácticamente bajo agua y barro"*. El temporal *"es el más destructivo en el país"*.

"Siete personas perdieron la vida en la región". Tres de ellas en Copiapó, incluyendo el hallazgo de un cuerpo entre el lodo en la Universidad de Atacama. En Chañaral la cifra podría aumentar *"puesto que los vecinos de Chañaral, El Salado y Diego de Almagro aseguran que hay muchas personas desaparecidas"*.

Rige toque de queda *"desde anoche hasta las 6 horas de hoy"*. Según el Gobierno, *"hay 1.650 albergados"*. Atacameños *"reclaman por sobreprecio de agua en bidón"*, y se señalan algunas dificultades en los supermercados. Panorama "*desolador*" en Los Carrera, a la altura del Hospital Regional, *"no sólo en el recinto asistencial que estaba lleno de agua, sino que también en las casas del frente* –donde– *un metro y medio de barro hacían imposible el desplazamiento a pie..."*.

"Experto asegura que no se trata del fenómeno del Niño". Se asegura que *"un núcleo frío en altura habría sido la razón de las fuertes lluvias en Atacama... y no –como algunos lo atribuyen– por causa del fenómeno del Niño",* según Marta Caneo y Omar Cuevas, meteorólogos de la Universidad de Valparaíso... *"las tendencias que ha habido hasta ahora son débiles"*. Se señala que el evento es anómalo, debido al ingreso de un núcleo frío a unos 5 a 6 mil metros de altura, que se encontró con masas de aire muy cálidas, generándose un fenómeno muy intenso que normalmente ocurre en los sectores altos de la cordillera.

Chañaral se encuentra fuertemente afectado por inundación y severo aluvión por el río Salado que cortó la carretera Cinco Norte, llevándose el puente y que además *"dividió en dos a la ciudad"*, dejando también el sector céntrico y poblaciones fuertemente afectadas por el agua y barro, *"80 centímetros en algunas calles"*. Varias personas aisladas y otras desaparecidas, 19 según el informe oficial, lo que podría aumentar. Personal de las Fuerzas Armadas trabaja en el rescate de personas aisladas. Se señala que *"400* –personas– *estaban albergadas en la comuna",* en el liceo Federico Varela. Según una habitante de Chañaral, Dolores Carvajal: *"en los años en que estoy viva jamás había visto algo tan desesperante..."*. Se informa de *"robos en locales comerciales"*. Desde Caldera *"llegaron varios camiones con ayuda y víveres..."*. Se señala que la Presidenta Bachelet *"visitó ayer el liceo Federico Varela, donde se encuentran* –los– *albergados",* recorre la zona y *"mantiene un extenso diálogo con los habitantes de Chañaral"*.

Se indica que la localidad de El Salado se encuentra *"arrasada en un 80%"*.

Se informa que *"La región normaliza sus servicios en medio de la grave contingencia"... "24 horas estimaba el Subsecretario del Interior que se demorarían el Ejército y el MOP en reponer el tránsito"... "20 mil clientes se encontraban sin suministro eléctrico en Copiapó, Chañaral, Inca de Oro y Alto del Carmen"*. Luego se informa de *"27 mil clientes sin luz"*, e *"interrupción de la telefonía móvil en Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo"*.

"La comunicación también fue afectada por la catástrofe que paralizó Atacama. Durante gran parte

de la tarde del miércoles los celulares dejaron de recibir señal y en algunas comunas como Chañaral las líneas permanecen cortadas o con dificultad de transmisión".

Se informa que *"la situación del agua potable en Atacama se encuentra en proceso de regularización"*... La empresa sanitaria Aguas Chañar, informa que *"se registran cortes y bajas presiones en Paipote y Tierra Amarilla"*... *"En Huaco y Freirina el servicio de agua potable y alcantarillado se presentarían con normalidad. En Diego de Almagro personal de la empresa se encuentra realizando maniobras para evitar cortes generalizados... en Chañaral estaría repuesto el 75% del suministro y el 35% restante sería del sector Aeropuerto, uno de los más afectados por el alud"*.

Se anuncia que el *"Campus Cordillera de la UDA es habilitado para atención médica"*. Lo anterior, por la concurrencia de estudiantes de enfermería, nutricionistas y kinesiología de esa Casa de Estudios.

Se informa de comercio cerrado, largas filas en supermercados y especulación por artículos y alimentos de primera necesidad en Copiapó.

La presidenta de los productores y exportadores del valle de Copiapó señaló que los daños en el valle *"son muy grandes, incalculables"*, debido al daño generado por el agua y el barro en su paso por las zonas productivas.

Se señala que *"la minería regional paralizó sus operaciones"*.

Se señala que *"un total de 19 personas seguían ayer desaparecidas en las regiones de Antofagasta y Atacama"*... *"760 damnificados –la mayoría en la Región de Atacama- y 5.560 albergados según un informe entregado por el Subsecretario del Interior, Mahmud Aleuy, junto a la Onemi"*, y que *"el Gobierno dispuso de 18 helicópteros para evacuar... a las personas afectadas en la región"*.

El ministro del Interior, Rodrigo Peñailillo, señala que *"desde el primer momento la situación fue informada"*, y que *"el Estado tiene toda la capacidad para movilizarse"*.

"Las clases se encuentran suspendidas en las regiones de Antofagasta y Atacama; y en las comunas de Vicuña, La Serena, La Higuera, Paihuano y Coquimbo, en la Región de Coquimbo".

Se informa que *"entre 5 mil y 6 mil viviendas en total resultaron con daños de distinta magnitud"*.

"La Onemi y Meteorología polemizan por informes sobre las precipitaciones... Meteorólogo aseguró que la primera advertencia se hizo el sábado", mientras que la *"Onemi dijo que se actuó de inmediato"*. Según el meteorólogo Luis Salazar, el primer reporte –enviado el sábado- pronosticaba *"precipitaciones entre las regiones de Antofagasta y Atacama desde el martes 24 y hasta el jueves 26 de marzo, se registrarán chubascos en costas, valles y cordillera en tramo sur de Antofagasta y Atacama"*. Según el periódico, el meteorólogo agregó que "a las 19:15 del domingo se emitió otra alerta con el título *"Precipitaciones moderadas en las regiones de Antofagasta y Atacama"*, en donde se estableció que *"entre el martes y el jueves se registrarían lluvias tipo chubascos en costas y valles, y nevadas en cordillera. En Antofagasta se pronosticaban hasta ocho milímetros de agua y hasta 20 centímetros de nieve, mientras que en los valles de Atacama hasta 20 milímetros de agua y en la cordillera hasta 30 centímetros de nieve"*. Se señala que *"en comunicado de la Onemi se aseguró que después de recibir las advertencias, la oficina declaró el domingo alerta temprana preventiva en Atacama. A ello se sumó, el lunes 23, una ampliación de la alerta para las regiones de Coquimbo y Antofagasta"*. El Subsecretario del Interior Mahmud Aleuy, acusó que se entregaron dos informes contradictorios... *"El informe de las 11:30 establecía que íbamos a tener una baja de precipitaciones a partir de las 17:00. El informe de las 13:30 o 14:30 dijo que las precipitaciones iban a aumentar en el transcurso de la tarde y de la noche y a raíz de eso declaramos estado de excepción"*. El Director de la Onemi, Ricardo Toro, calificó como

"desafortunadas" las palabras del meteorólogo Luis Salazar, y llamó a los técnicos a que opinen *"con prudencia porque se generan dinámicas comunicacionales complejas"*.

Sábado 28 de marzo: Se indica que *"víctimas suben a 9"*, aunque la Onemi reconoce *"que podría elevarse la cantidad de muertos"*. La Onemi *"registra también 19 desaparecidos y 5.400 desplazados"*.

La Presidenta Michelle Bachelet permanece en la zona *"para coordinar la ayuda a comunas y poblados, aún complicados por falta de agua y víveres básicos"*.

Se indica que el "Gobierno entrega $1.120 millones para reconstrucción", y que *"la ayuda es parte de una primera etapa de asistencia"*. El Subsecretario del Interior, Mahmud Aleuy, enfrenta críticas de la oposición frente al manejo de la catástrofe, señalando *"cierta intencionalidad política"*, respecto de declaraciones realizadas a través de la prensa.

Se señala que las lluvias comienzan a amainar y que no se esperan nuevas precipitaciones el fin de semana.

El 8 de abril el Ministerio del Interior dio a conocer la nómina con los nombres de los 26 fallecidos por los temporales y aluviones en el norte del país, de los cuales 23 personas correspondían a Atacama, y 9 de ellas a Chañaral, siendo la comuna con más pérdidas de vidas. Se informa que los fallecidos son en Copiapó: 8 personas; Diego de Almagro: 4; Chañaral: 9, Vallenar: 2; Antofagasta: 2 y Calama: 1 persona. El 5 de abril, la Onemi informa además de 125 personas desaparecidas, 29.741 damnificados de los cuales 2.607 se encuentran en albergues, 2.071 viviendas destruidas y 6.254 con serios daños; agrega que *"se han enviado a las zonas afectadas más de 2 mil toneladas de ayuda, y que se han repartido 140 mil dosis de vacunas contra la influenza, 100 mil contra la hepatitis A, 42 mil contra el tétano y dos mil contra la rabia"* (www.radio.uchile.cl).

En el documento *"Plan de Reconstrucción de Atacama"*, del Gobierno de Chile (noviembre de 2015), se menciona que *"la intensidad de las precipitaciones fue de tal magnitud que provocó aluviones en 190 quebradas y con ello el desborde de las cuencas de los ríos Copiapó y El Salado"*, y se indica que las personas fallecidas fueron 31, 16 desaparecidas, 35.086 damnificadas, 2.071 viviendas destruidas, 6.251 con daño mayor y 11.460 con daño menor, además de destrucción en la infraestructura pública y privada. Se informa sobre las acciones desplegadas por el Gobierno durante la emergencia, y se indican una serie de medidas para la reconstrucción.

Según el *"Informe Evento Meteorológico 24-25-26 marzo 2015"*, de Codelco (abril de 2015), en la cuenca hídrica del río Salado las precipitaciones registradas por las estaciones meteorológicas en los tres días, aunque concentradas principalmente durante el 25 de marzo, fueron, desde oeste a este, Capitanía de Puerto: 19,7 mm, Aeropuerto: 24,3 mm; Pampa Austral Norte: 41,5 mm; Pampa Austral Sur: 44 mm; Cobresal: 76 mm; Cine Inca: 77,4 mm; Intelec: 92,5 mm; La Ola (Salar de Pedernales): 64,6 mm y quebrada Los Arroyos extremo sur del Salar de Pedernales): 35,6 mm.

Dirección Meteorológica de Chile, anuario 2015: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Calama (3 mm, 9,9 mm y 4,2 mm, 24 a 26 de marzo), Antofagasta Cerro Moreno (0,6 mm y 23,6 mm, 24 y 25 de marzo), Desierto de Atacama Caldera (1,2 mm, 3,2 mm y 4,8 mm, 23 a 25 de marzo), La Serena (9,8 mm y 3,6 mm, 24 y 25 de marzo). Precipitación diaria máxima durante marzo en Taltal (0 mm), Los Nichos (30,1 mm, sin fecha exacta), Hurtado (22,9 mm, sin fecha exacta). Precipitación mensual en Calama (17,1 mm), Antofagasta (24,2 mm), Taltal (0 mm), Los Nichos (53,5 mm), Desierto de Atacama (9,6 mm), Hurtado (43,9 mm), La Serena (13,6 mm).

12 y 13 de mayo de 2017. Lluvias torrenciales sobre Atacama. Se activan numerosas

quebradas, aluviones en las quebradas Cabritos y Conchuelas e inundación por el río Salado, Chañaral resulta fuertemente afectada.

Atacama, 13 de mayo de 2017

Sábado 13 de mayo: *"Sistema frontal activó 18 quebradas en Atacama"*. Se señala que *"durante la tarde de ayer el sistema frontal que se pronosticaba hace una semana se hizo sentir con fuerza en la región de Atacama. Las precipitaciones generaron la activación de 18 quebradas en las comunas de Alto del Carmen, Freirina y Tierra Amarilla"*. Se han registrado 15 mm en Vallenar y más de 20 mm en la comuna de Alto del Carmen, *"30 milímetros se esperaban que cayeran en las costas"*. Se señala que *"la autoridad –el Intendente Miguel Vargas- detalló que hay un total de 169 personas albergadas en Vallenar, Alto del Carmen y Tierra Amarilla"*, y que *"a lo anterior se suma problemas de conectividad por cortes de caminos..."*. Se indica que *"en Copiapó tenemos una especial preocupación por los campamentos como las 800 familias que están en Villa Arauco, Juan Pablo Segundo, Colonias Extranjeras y también en Paipote"*.

El *"embalse Santa Juana está en una capacidad de 99%..."*, y se descarta la posibilidad de colapso *"como ocurrió en la región de Coquimbo"*.

Domingo 14 de mayo: *"Chañaral revive una pesadilla y se divide en dos"*. Se indica que la *"crecida del río –Salado- motivo evacuación de unos 500 pobladores, entre ellos pacientes del hospital"*, y que *"hay 150 casas dañadas y decenas de afectados que lo habían perdido todo en el 25M"*. Se señala que *"los habitantes de sectores cercanos a la(s) quebrada(s) Conchuela y Cabritos evacuaron en horas de la noche del viernes. Ayer a las 8 horas el río El Salado tomó su cauce natural y llegó hasta el centro de la comuna"*. Se informa de barro y agua en viviendas y calles de Chañaral; las áreas afectadas son las que se encuentran en el eje de las quebradas Conchuelas y Cabritos, por donde bajaron aluviones, y la parte baja del casco histórico inundada por la crecida del río Salado.

"A las 23 horas del viernes, el sonido de las sirenas en medio de la lluvia alertó a los vecinos para que evacuaran el sector cercano a dos quebradas en Chañaral" –Cabritos y Conchuelas-. Estas quebradas *"inundaron decenas de viviendas... la piscina decantadora que estaba detrás de las viviendas no pudo contener la cantidad de lluvia y arrasó con algunas casas... poco después, los pacientes y profesionales que estaban en el hospital de Chañaral debieron evacuar, debido a que el recinto se estaba inundando con agua y lodo por la acción de la quebrada Conchuela... la quebrada Conchuela y la quebrada Cabrito no se activaban hace años, su paso dejó unas 150 casas dañadas y el municipio en horas de la mañana de ayer contabilizaba un total de 330 albergados"*.

Se señala que *"el paso de las aguas llegó a la ciudad –desde el río Salado- la que quedó dividida. A las 8:05 horas, ingresó la ola por lo menos con dos metros y medio de altura"*. Respecto de la inundación, se indica que *"su trayecto volvía a ser el mismo que tomó para el 25M, un desvío hacia la calle Merino Jarpa, lo que acumuló el lodo en las calles"*, dejando *"el centro de la ciudad con graves daños"*. Dueños de locales señalan pérdidas similares a las del 25M en 2015, e indican la necesidad de realizar medidas y obras de mitigación.

Se informa de la llegada de del Vicepresidente Mario Fernández en visita a Chañaral, y se descartó decretar estado de catástrofe en la zona.

Se señala que hasta el cierre de la edición, *"el sistema frontal que afectó a la región de Atacama dejó... 1.464 personas albergadas, 763 damnificados, 194 viviendas con daño mayor y otras con daños en evaluación... 9.155 personas sin suministro eléctrico... 40.300 clientes se encuentran sin servicio de agua potable, concentrado en las comunas de Chañaral y Copiapó"*. Se informa también de la suspensión de

clases hasta el 16 de mayo.

Se informa también el desborde del río Copiapó y de la quebrada de Paipote, y *"cuatro casas arrastradas en Tierra Amarilla",* en donde *"son cerca de 200 los damnificados, los cuales se encuentran albergados en los colegios de Tierra Amarilla y Los Loros"*. Se señala además que el *Mall* Plaza, la Universidad Santo Tomás y la Universidad de Atacama (UDA) se encuentran *"anegadas y cerradas tras sistema frontal"*. Se informa que la *"UDA suspende las clases hasta el 26 de mayo"*, y que *"la medida fue tomada tras verse inundadas las dependencias"*.

El embalse Lautaro *"se encuentra casi al 100% de su capacidad tras paso de sistema frontal en la región"*.

Lunes 15 de mayo: El Gobierno aplica zona de catástrofe, *"A las 20 horas de ayer la mesa técnica encabezada por el ministro del interior (s) Mahmud Aleuy, decidió aplicar la zona de catástrofe legal para la provincia de Chañaral y las comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Alto del Carmen, debido a los efectos causados por el paso del sistema frontal... los principales daños se encuentran en las comunas de Chañaral, Diego de Almagro y Alto del Carmen, dejando a más de 4 mil personas aisladas producto de los cortes de camino"*. Se informa que *"un total de cinco ministros llegaron a recorrer la zona afectada por el sistema frontal"*, los titulares de Obras Públicas, Alberto Undurraga; Defensa, José Antonio Gómez; Sernameg, Claudia Pascual; Desarrollo Social, Marcos Barraza y Vivienda, Paulina Saball.

Según el balance entregado por la Onemi, en la región de Atacama... *"se contabilizaba un total de 4 mil 254 personas aisladas*... 920 albergados", a lo cual se suman *"1.100 clientes sin acceso al suministro eléctrico ... según los datos entregados por la empresa Emelat"*.

Según la empresa de agua potable Aguas Chañar, *"el 40% del recurso hídrico en Chañaral estaría repuesto, mientras que el 60% en Copiapó"*. La situación es variable en otras localidades.

Se informa que el agua caída en la región fue de cerca de 50 mm en el Huasco, 56,4 mm en Copiapó entre la noche del viernes y la jornada del sábado, 23,8 mm en el mismo lapso en Chañaral, y 37,9 mm en Vallenar.

Martes 16 de mayo: *"El Gobierno determinó la ampliación de la zona de catástrofe a toda la región de Atacama",* y se anuncia *"$1 millón en bono enseres que entregará el gobierno para afectados por la emergencia en la región"*.

Se informa de 24.323 clientes sin suministro de agua potable en la región, y 913 clientes sin servicio eléctrico.

"Se señala que el hospital de Chañaral vuelve a la normalidad y recibe a pacientes".

Exautoridades y candidatos cuestionan la pertinencia de las obras de mitigación, así como el tiempo de su realización por parte del Gobierno; este último responde que no se puede llevar a cabo en tan poco tiempo lo que no ha sido realizado durante décadas.

Dirección Meteorológica de Chile, 2017: No hay datos de precipitación diaria o mensual en Chañaral. Precipitación diaria en Calama (0,1 mm y 0,2 mm, 24 y 25 de mayo), Antofagasta Cerro Moreno (0 mm), Desierto de Atacama Caldera (12,6 mm, 12 de mayo), La Serena (19,8 mm, 71,4 mm y 17,4 mm, 10 a 12 de mayo). Precipitación mensual en Calama (17,1 mm), Antofagasta (0 mm, Desierto de Atacama (12,6 mm), La Serena (116,6 mm).

3. Episodios aluviales en Chañaral y eventos El Niño/Oscilación del Sur

El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur constituye uno de los modos de variabilidad acoplada océano-atmósfera de escala interanual más relevantes del planeta, el cual, si bien tiene su origen principalmente en el Océano Pacífico ecuatorial y subtropical, sus impactos se dejan sentir ampliamente en el mundo entero (Bjerkness, 1969; Cane, 2005). La mayoría de los episodios aluviales en Chañaral han ocurrido al inicio, en la fase de desarrollo o durante condiciones El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). La Oscilación del Sur es un fenómeno océano-climático, asociado al contraste de las temperaturas superficiales del mar y la presión atmosférica entre el Pacífico ecuatorial oriental, caracterizado normalmente por aguas más frías frente a las costas de Sudamérica, y occidental, caracterizado por aguas más cálidas frente a las costas de Indonesia (Bjerkness, 1969; Cane, 2005). Un episodio El Niño se caracteriza por el calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial central-oriental, asociado al debilitamiento de los vientos alisios -que soplan de este a oeste- y a un debilitamiento de los anticiclones subtropicales del Pacífico este (Bjerkness, 1969; Cane, 2005). Al contrario, un episodio La Niña se caracteriza por vientos alisios reforzados a lo largo del Pacífico ecuatorial, lo que conlleva también mayores contrastes en la temperatura superficial del mar, con aguas anormalmente frías en el Pacífico central-oriental y anticiciclones subtropicales reforzados frente a las costas de América (Bjerkness, 1969; Cane, 2005).

Durante los últimos años se ha planteado un nuevo tipo de fenómeno característico del Pacífico tropical llamado El Niño Modoki, Pseudo El Niño, El Niño Central o El Niño Pacífico Central, cuyos eventos se diferencian de El Niño convencional, porque el aumento de la temperatura oceánica superficial en el Pacífico central está limitado por el enfriamiento anómalo al este y al oeste, asociado a distintos patrones de convección atmosférica (Ashok y Yamagata, 2009; Yu y Giese, 2013). En marzo de 2017, a propósito del peor desastre aluvional ocurrido en Perú en los últimos 20 años, se denominó como Niño Costero al fenómeno caracterizado por un océano muy cálido frente a la costa de Ecuador y Perú, pero con temperaturas neutras a frías en el Pacífico ecuatorial central (Fraser, 2017).

Para caracterizar y cuantificar las fluctuaciones de ENOS existen diversos índices océano-climáticos, entre ellos la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) frente a Ecuador y norte de Perú (o región Niño 1+2), la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial central (o región Niño 3.4), el Índice de El Niño Oceánico, el Índice de Oscilación del Sur (IOS) que correspondiente a la diferencia normalizada de presión atmosférica entre Tahití y Darwin, y la Oscilación Decenal del Pacífico más conocida como PDO (*Pacific Decadal Oscillation*; Tabla 2).

Una anomalía de temperatura se define como la diferencia de temperatura respecto a una temperatura media observada a largo plazo. En el caso de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4, éstas corresponden a un valor mensual calculado respecto de la temperatura media observada entre los años 1951 y 2000 (Rayner et al., 2003). El Índice de El Niño Oceánico corresponde a la media móvil de tres meses sobre la anomalía superficial del mar en la región Niño 3.4, dicha anomalía se calcula respecto de un período de 30 años que se actualiza cada 5 años. Episodios cálidos y fríos de ENOS son definidos sobre un umbral de +/- 0,5°C *(NOAA/NationalWeatherService)*.

El Índice de Oscilación del Sur (IOS), corresponde a la diferencia de presión, normalizada

a nivel del mar, entre Tahití, en la Polinesia Francesa, y Darwin, en Australia. Este índice corresponde a una medida de las fluctuaciones a gran escala de la presión atmosférica, asociada a los anticiclones subtropicales, que ocurren entre el Pacífico ecuatorial oriental y occidental durante episodios El Niño y La Niña. Períodos prolongados con valores negativos de este índice coinciden con aguas anormalmente cálidas en el Pacífico ecuatorial oriental, características típicas de episodios de El Niño convencional (Ropelewski y Jones, 1987; Allan et al., 1991; Ko"nnen, et al., 1998).

La Oscilación Decenal del Pacífico, corresponde a un patrón de variabilidad sobre gran parte del Océano Pacífico pero a escala de varias decenas de años, cuyo impacto sobre el clima es similar o puede amplificar el impacto de los episodios ENOS de escala interanual (Mantua et al., 1997; Zhang et al., 1997; Garreaud y Battisti, 1999). El cálculo del índice mensual de esta oscilación se basa en las anomalías de temperatura superficial del océano al sur de los 20°N de la cuenca del Pacífico. Se ha mostrado que esta oscilación ha presentado dos periodicidades generales durante el siglo XX, una de 15 a 25 años y otra de 50 a 70 años (Minobe, 1997). Valores persistentemente positivos/negativos de este índice apuntan a fases cálidas/frías de esta oscilación, que señalan condiciones tipo-El Niño/tipo-La Niña, respectivamente. A partir del análisis de los registros meteorológicos y oceánicos instrumentales, se puede decir que condiciones tipo-El Niño a escala decenal, con valores del índice del PDO consistentemente positivos, prevalecieron entre 1925-1942 y desde 1976-77 hasta 1997-98 (Zhang et al., 1997; Garreaud y Batisti, 1999). Lo anterior es consistente con registros paleoceanográficos de alta resolución temporal de la costa del Norte Grande de Chile (23°S), que sugieren además que condiciones tipo-El Niño prevalecieron también durante las últimas décadas del siglo XIX e inicios del siglo XX, superpuesto a un cambio regional en las condiciones océano-climáticas desde 1877-78 en adelante (Vargas et al., 2007). Finalmente, el índice PDO muestra valores significativa y consistentemente altos a partir del 2015, lo que sugiere la posibilidad del inicio de un nuevo periodo decenal tipo-El Niño, pero para lo cual no se dispone aún de suficientes observaciones.

La comparación del registro histórico con los índices de variabilidad El Niño, muestra que la mayoría de los episodios aluviales en Chañaral y la cuenca del río Salado en general (aluviones o inundaciones), han ocurrido concomitantemente con condiciones El Niño a escala interanual, a excepción de los episodios de 1929 y 2017 (Tabla 2), y con condiciones tipo-El Niño a escala decenal. Lo último se verifica para los eventos ocurridos en las últimas décadas del siglo XIX e inicios del siglo XX, así como para aquellos concentrados entre los periodos 1925-42, 1977-98 y desde 2015 (Figura 4).

La mayor parte de los casos de aluviones o inundaciones en Chañaral han ocurrido concomitantemente con anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, ya sea en el pacífico ecuatorial central (ATSM Niño 3.4) o más cerca de las costas de Sudamérica (ATSM Niño 1+2), sugiriendo la importancia del rol del océano en la intensidad de las tormentas que pueden afectar finalmente a la región de Atacama (Figura 4). Las mayores temperaturas superficiales en el Pacífico ecuatorial central favorecen la ocurrencia de una teleconexión atmosférica tropical-extratropical que genera un anticiclón cálido, o también llamado de bloqueo, al oeste de la Península Antártica desviando la trayectoria de las tormentas hacia latitudes menores que las habituales, permitiendo que frentes de mal tiempo alcancen la zona central e incluso el norte de nuestro país (Rutllant y Fuenzalida, 1991; Garreaud y Rutllant, 1996; Montecinos y Aceituno, 2003; Vargas et al., 2000; 2006; Ortega et al., 2012). Estas condiciones estuvieron presentes durante el evento de marzo 2015, concomitantemente con una anomalía positiva de la temperatura superficial del mar frente a la costa de Perú durante la segunda quincena de marzo, lo que habría

contribuido a una mayor humedad disponible en la atmósfera aumentando el agua precipitada durante el evento (Bozkurt et al, 2016). Solo los eventos de 1972 y 1983 ocurrieron bajo condiciones levemente más frías en el Pacifico ecuatorial central (ATSM Niño 3.4; Tabla 2), sin embargo, las mayores temperaturas superficiales del océano frente a las costas de Ecuador y del norte de Perú probablemente contribuyeron a la humedad disponible en la atmósfera durante la fase inicial y de desarrollo de El Niño, respectivamente (ATSM Niño 1+2; Tabla 2). Si bien el último evento que afectó a los habitantes de Chañaral, en mayo del año 2017, así como también el evento del año 1929, ocurrieron durante una fase levemente fría de la Oscilación del Sur (valores positivos del IOS), las temperaturas superficiales del océano tanto en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2 fueron positivas, lo que probablemente favoreció la ocurrencia e intensidad de las tormentas (Figura 4).

Tabla 2. Episodios aluviales y eventos El Niño durante el siglo XX y XXI, según índices de variabilidad océano-climática. Se agrega el episodio de 1877 por su relevancia global*.

Aluviones históricos en Chañaral	Anomalía TSM Niño 1+2	Anomalía TSM Niño 3.4	Índice el Niño Oceánico	Índice de Oscilación del Sur	Oscilación Decenal del Pacífico
1877, julio	0,77	1,42		-0,96	
1900, julio	0,42	0,75		1,02	0,95
1904, julio	0,51	0,75		-0,87	-1,58
1905, julio	1,12	0,82		-2,11	0,85
1929, junio	0,48	0,13		0,06	0,50
1930, agosto	0,97	0,68		-0,39	-0,53
1940, junio	0,53	0,55		-2,49	2,43
1946, mayo	-0,17	-0,39		-1,19	0,50
1972, febrero	0,41	-0,22	-0,4	0,67	-1,83
1983, julio	3,93	-0,11	0,3	-0,70	3,51
1987, julio	1,19	1,34	1,4	-1,82	2,01
1991, junio	0,24	0,65	0,6	-0,79	-1,47
1997, junio	3,17	1,15	1,0	-3,02	2,76
2015, marzo	-0,01	0,48	0,6	-1,40	2,00
2017, mayo	0,25	0,30	0,4	0,23	0,88

*Fuente de datos: https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Finalmente, si se acepta la relación histórica mostrada antes, entre condiciones oceánicas caracterizadas por anomalías positivas de la temperatura superficial del mar frente a América del Sur, y ocurrencia de aluviones o inundaciones asociadas a lluvias intensas en la cuenca hídrica del río Salado, sería posible esperar un recrudecimiento de la frecuencia e intensidad de estos fenómenos en el marco del calentamiento sostenido del océano global (Figura 4). Lo anterior, a pesar que registros instrumentales y paleoceanográficos muestran un enfriamiento de las aguas costeras durante el siglo XX, asociado más bien a una intensificación de los vientos y de la surgencia costera, pero consistente con el calentamiento de gran escala del Pacífico, a lo cual se superpone la variabilidad océano-climática de escala decenal (Vargas et al., 2007).

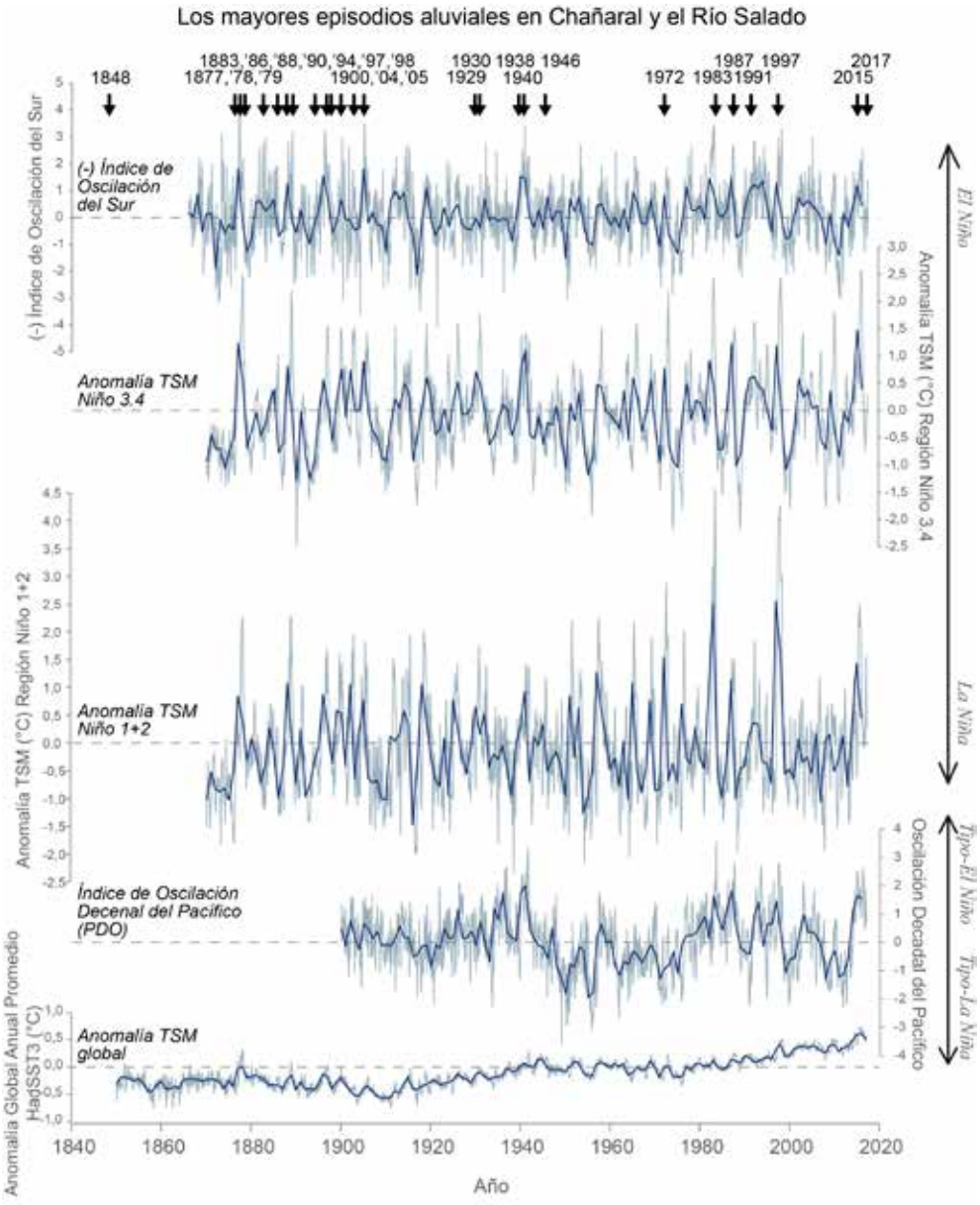


Figura 4. Comparación de los episodios aluviales históricos más importantes en Chañaral y los índices de variabilidad océano-climática asociados a El Niño (ver Tabla 2). La mayoría de los episodios han ocurrido concomitantemente a la fase de desarrollo o durante un evento El Niño, con anomalías positivas de temperaturas superficiales del mar frente a las costas de América del Sur, y favorecidos por condiciones decenales tipo-El Niño (ver texto y Tabla 2).

4. Conclusiones

Chañaral ha sido afectada varias veces por inundaciones y aluviones, registrados desde el siglo XIX, periodo en el cual las crónicas son más escasas, y especialmente desde el siglo XX hasta inicios del presente siglo XXI, cuando ya se tiene una fuente de información en forma de crónicas más regulares a partir de las ediciones de los periódicos locales y regionales. La mayoría de los episodios de inundación o aluvión han ocurrido durante la época de otoño-invierno, a excepción de aquellos ocurridos durante y hacia fines de la temporada estival, como en 1972 y 2015, respectivamente. Estos dos últimos casos estuvieron además asociados a fuertes precipitaciones y altas temperaturas atmosféricas en la precordillera, lo que generó crecidas y aluviones inusualmente intensos por el río Salado, siendo el de 2015 el episodio más severo y devastador de toda su historia. Durante la segunda mitad del siglo XIX, se destaca la ocurrencia de un episodio aluvial importante en 1877, concomitantemente con uno de los eventos El Niño más intensos del registro histórico global, al cual habrían seguido una serie de episodios aluviales con crecidas e inundaciones de distinta magnitud a lo largo del río Salado en 1878, '79, '83, '86, '88, '90, '94, '97 y '98. Durante el siglo XX, crecidas e inundaciones de distinta intensidad por este río, con cantidades variables de arrastre de piedras y lodo, aunque menores que en 2015, se informan también para los años 1900, 1904, 1905, 1929, 1930, 1940, 1946, 1983, 1987, 1991, 1997 y 2017.

El registro evidencia que Chañaral, así como otras localidades de la región de Atacama, está amenazada tanto por crecidas, inundaciones y aluviones desde el río Salado, como también a partir de las quebradas costeras que drenan la Cordillera de la Costa inmediatamente aledaña, principalmente las de Conchuelas y Cabritos, las cuales, durante el siglo XX, han generado aluviones claramente en 1905, 1930, 1991 y 2017, e inundaciones, o por lo menos algún grado de escorrentía aunque no necesariamente un aluvión, en 1929, posiblemente en 1940, 1983, 1987 y 1997.

La comparación con los índices de variabilidad océano-climática a escala del Océano Pacífico, muestra que casi todos los eventos, a excepción del año 1929, ocurrieron concomitantemente con condiciones El Niño a escala interanual, ya sea al inicio o en su fase de desarrollo, y la mayor parte durante condiciones tipo-El Niño a escala decenal. En casi todos los casos las lluvias intensas que generaron los episodios aluviales ocurrieron concomitantemente con temperaturas más altas que el promedio en la superficie del océano frente a América del Sur, lo que favorece la convección y el desarrollo de las tormentas. Dado lo anterior, y en el marco del calentamiento sostenido que ha experimentado el océano global durante el siglo XX e inicios del XXI, sería posible esperar un recrudecimiento de este tipo de eventos en la cuenca del río Salado y en Atacama en general.

A partir del registro histórico, junto con el reconocimiento de campo realizado en forma inmediatamente posterior a los episodios de 2015 y 2017, en particular, es posible desprender aspectos más allá de los puramente meteorológicos y geológicos, en cuanto al impacto, desarrollo y manejo de las emergencias, que se pueden resumir en los siguientes:

- Las zonas afectadas parecen ser las mismas, es decir, principalmente el eje y las riberas cercanas al río Salado y la parte baja del casco histórico de la ciudad de Chañaral, en particular la calle Merino Jarpa y la costanera hacia el sur e inmediatamente al norte de la desembocadura de esta quebrada, así como la desembocadura y hacia aguas abajo de las quebradas costeras de Cabritos y Conchuelas. Lo anterior evidencia una consistente,

necesaria y urgente planificación territorial, que junto con obras de infraestructura diseñadas y ejecutadas en forma adecuada, puedan mitigar, tanto desde el punto de vista hidrológico como geológico, el impacto de las inundaciones y aluviones.

- Una alta vulnerabilidad en suministros cruciales como agua potable, pero también en electricidad, y últimamente señal de telefonía móvil.
- Vulnerabilidad de infraestructura crítica como hospitales, consultorios, servicios municipales, policías y bomberos, estos últimos situados en zonas de amenaza.
- Una alta vulnerabilidad del sistema escolar, debido a que las escuelas y liceos han sido sistemáticamente usados como albergues, muchas veces durante días o inclusive semanas con posterioridad a cada evento.
- Problemas asociados al desconocimiento, por falta de memoria –colectiva- u omisión en los planes de educación, así como desinformación de la población en cuanto a su situación de riesgo y planes de acción durante la emergencia. Esto probablemente evidencia una falta o insuficiencia de planes de educación con acento local en materia de la prevención del impacto de este tipo de eventos.
- Problemas de descoordinación entre los distintos organismos e instituciones a cargo de la gestión de la emergencia, tal como ocurrió en marzo de 2015, debido a contradicciones en la información entregada previamente al evento por la Dirección Meteorológica de Chile respecto de lo comunicado por la Onemi.
- Un marcado asistencialismo por parte de las autoridades del Estado en la búsqueda de soluciones rápidas, por cierto necesarias durante la emergencia, pero con escasas medidas de planificación en el largo plazo. Destacables en este sentido son las medidas iniciadas posteriormente a los aluviones de 1972 por el Presidente Salvador Allende en Chañaral, las cuales fueron cercenadas por la dictadura que siguió a 1973, así como algunas obras iniciadas en 1997 durante el gobierno del Presidente Eduardo Frei en algunas quebradas de las partes altas de Copiapó, las cuales ayudaron a mitigar el impacto asociado a un temporal que ocurrió posteriormente ese mismo año. También se menciona la realización de estudios y la planificación de obras posteriores al episodio de 2015 en Chañaral, durante el gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet, en el marco del Plan de Reconstrucción de Atacama (2015), las cuales se encuentran aún en proceso.
- Un marcado sesgo y sensacionalismo en la información entregada por los medios de prensa, especialmente desde la década de 1980 hasta la actualidad. Adicionalmente, en la mayor parte de los casos registrados se destaca una urgencia, por parte de la autoridad, de comunicar la rápida normalización de las actividades y funcionamiento en general de la región, aún cuando esta información conlleva a notables contradicciones respecto de otras emitidas en las mismas ediciones de los periódicos. Esto se nota especialmente, aunque no exclusivamente, en el registro de los episodios de 1980, 1983 y 1987. Desde los eventos ocurridos en la década de 1980, se detecta también un rezago en la comunicación de los efectos de los episodios aluviales en Chañaral, respecto del resto de la región de Atacama, debido probablemente a un centralismo –regional- de la información por la escasez de medios locales.

En resumen, se puede concluir que la ciudad de Chañaral, así como Copiapó, se encuentran amenazadas por la posibilidad de aluviones e inundaciones tanto por las quebradas de los ríos mayores Salado y Copiapó, respectivamente, que drenan amplias cuencas hídricas que reciben

precipitaciones líquidas y torrenciales en todo el territorio desde la costa hasta la precordillera, a lo cual se suma la posibilidad de descargas desde las quebradas afluentes, tributarias, durante precipitaciones torrenciales en la zona costera.

La situación de riesgo parece conformarse además por (i) una escasa a nula planificación territorial que considere tanto la ocupación y habitabilidad del territorio, como medidas de mitigación diseñadas en forma adecuada para, por lo menos, hacerse cargo de la magnitud de los aluviones ocurridos en tiempos históricos, no sólo desde una perspectiva hidrológica sino también geológica, (ii) una educación con insuficiente acento local y escasa disponibilidad de información adecuada, basada en conocimiento científico comunicado oportunamente y retroalimentado con conocimiento tradicional de la comunidad, de modo tal que permita a sus habitantes participar efectivamente y apoyar decisiones oportunas en cuanto a la planificación del desarrollo sostenible de su ciudad, (iii) una vulnerabilidad de las instituciones encargadas de la emergencia, en cuanto a la gobernanza de la misma, (iv) vulnerabilidad de infraestructura crítica para enfrentar la emergencia y también la etapa inmediatamente posterior, y (v) una necesidad de implementar un sistema de monitoreo y alerta regional, desde el punto de vista instrumental e institucional, que a su vez contribuya también a la educación, información, diálogo y preparación de la comunidad.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al programa de Hidrogeología del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Los autores agradecen el apoyo en terreno de Fernanda Flores, Linda Daniele, Victor Grijalba, Fabiola González, José González, Carolina Valderas, Sergio Villagrán y especialmente a Tella Ardiles, Cristian Cerda, Omar Monroy y la comunidad de Chañaral.

Referencias

Allan, R.J., Nicholls, N., Jones, P.D., Butterworth, I.J. (1991). A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early SOI results and Darwin pressure. *J. Climate* 4, 743-749.

Aracena, Francisco M. (1884). *Apuntes de viaje. La industria del cobre en las Provincias de Atacama y Coquimbo, los grandes y valiosos depósitos carboníferos de Lota y Coronel en la Provincia de Concepción*, 1ed. 1884, 2ed. 2011, Dibam, Santiago, 2011.

Ashok, K.,Yamagata, T., (2009). The El Niño with a difference. *Nature* 461, 481–484.

Bjerkness, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review 97*, 163–172.

Bozkurt, D., Rondanelli, R., Garreaud, R., Arriagada, A. (2016). Impact of Warmer Eastern Tropical Pacific SST on the March 2015 Atacama Floods. *Monthly Weather Review, 144*: 4441-4460, DOI: 10.1175/MWR-D-16-0041.1.

Cane, M.A. (2005). The evolution of El Niño, past and future. *Earth and Planetary Science Letters 230,* 227-240.

Codelco. (2015*). Informe evento meteorológico 24-25-26 marzo 2015*. Gerencia de Sustentabilidad, Seguridad y Salud Ocupacional, División Salvador, Codelco, abril de 2015, 30 pp.

Fraser, B. (2017). Surprise El Niño causes devastation but offers lessons for ecologists: Nature News & Comment. *Nature 544,* 405-406. doi:10.1038/544405a.

Garreaud, R.D., Battisti, D.S. (1999). Interannual (ENSO) and interdecadal (ENSO-like) variability in the Southern Hemisphere tropospheric circulation. *Journal of Climate 12,* 2113– 2123.

Garreaud, R., Rutllant, J. (1996). Análisis meteorológico de los aluviones de Antofagasta y Santiago de Chile en el periodo 1991-1993. *Atmósfera 9*, 251-271.

Gobierno de Chile (2015). *Plan de Reconstrucción Atacama.*

Grijalba, V. (2016). *Geología y análisis histórico-meteorológico del aluvión de marzo de 2015 en Chañaral, Atacama*. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile.

Ko"nnen, G.P., Jones, P.D., Kaltofen, M.H., Allan, R.J. (1998). Pre-1866 extensions of the Southern Oscillation Index using early Indonesian and Tahitian meteorological readings. *J. Climate* 11, 2325-2339.

Mackenna, V. (1877). *Ensayo histórico sobre el Clima de Chile* (Desde los tiempos prehistóricos hasta el gran temporal de julio de 1877). Imprenta del Mercurio, Valparaíso, 465 pp.

Mantua, N.J., Hare, S.R., Zhang, Y., Wallace, J.M., Francis, R.C., (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of the American Meteorological Society 78, 1069–1079.Minobe, S., 1997. A 50-70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America. *Geophysical Research Letters 24,* 683–686.

Montecinos, A., Aceituno, P. (2003). Seasonality of the ENSO-Related Rainfall Variability in Central Chile and Associated Circulation Anomalies. *Journal of Climate 16*, 281-296.

Monroy, O. (2017). Aluviones e inundaciones en la historia de la provincia de Chañaral. Siglos XIX, XX y XXI. Gráfica Pamela Díaz Castro, Santiago, *en prensa*.

Ortega, C., Vargas, G., Rutllant, J. A., Jackson, D., and Mendez, C., (2012). Major hydrological regime change along the semiarid western coast of South America during the early Holocene. *Quaternary Research*, v. 78, no. 3, p. 513-527.

Ortlieb, L. (1994). Las mayores precipitaciones históricas en Chile central y la cronología de even-

tos ENOS en los siglos XVI-XIX. *Revista Chilena de Historia Natural, 67*: 463-485.
Philippi, R., (1860). *Viage al Desierto de Atacama hecho de orden del Gobierno de Chile en el verano 1853-54*. Librería de Eduardo Anton.
Rayner, N. A., Parker, D. E., Horton, E. B., Folland, C. K., Alexander, L. V., Rowell, D. P., Kent, E. C., Kaplan, A. (2003). Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J. Geophys. Res*., 108 (D14), 4407, doi:10.1029/2002JD002670, 2003.
Ropelewski, C.F., Jones, P.D. (1987). An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index. *Monthly Weather Review 115*, 2161-2165.
Rutllant, J., Fuenzalida H. (1991). Synoptics aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology 111*, 63-76.
Urrutia de Hazbun, R., Lanza, C. (1993). *Catástrofes en Chile 1541-1992*. Editorial la Noria, Santiago, 440 pp.
Yu, J.-Y., Giese, B. (2013). ENSO diversity observations. *U.S. CLIVAR 11*, N°2, 1–5.
Vargas, G., Pantoja, S., Rutllant, J. A., Lange, C. B., and Ortlieb, L. (2007). Enhancement of coastal upwelling and interdecadal ENSO-like variability in the Peru-Chile Current since late 19th century: *Geophysical Research Letters,* v. 34, no. 13.
Vargas, G., Rutllant, J., and Ortlieb, L. (2006). ENSO tropical-extratropical climate teleconnections and mechanisms for Holocene debris flows along the hyperarid coast of western South America (17-24°S): *Earth and Planetary Science Letters*, v. 249, no. 3-4, p. 467-483.
Vargas, G., Ortlieb L, Rutllant J. (2000). Aluviones históricos en Antofagasta, Chile, y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur. *Revista Geológica de Chile (Andean Geology),* Vol.27, No.2, 157-176.
Wilcox, A. C., Escauriaza, C., Agredano, R., Mignot, E., Zuazo, V., Otárola, S., Castro, L., Gironás, J., Cienfuegos, R., Mao, L. (2016). An integrated analysis of thecMarch 2015 Atacama floods, *Geophysical Research Letters, 43*, 8035–8043, doi:10.1002/2016GL069751.
Zhang, Y., Wallace, J.M., Battisti, D.S. (1997). ENSO-like interdecadal variability: 1900– 93. *Journal of Climate 10*, 1004–1020.

Gatillantes oceánicos y atmosféricos de la tormenta de Atacama de marzo de 2015

Roberto Rondanelli Rojas, José Rutllant Costa, Alejandra Molina Monje, Andrés Arriagada Pinto y Raúl Fuentes Lorca

Resumen

En el presente capítulo, se caracterizan los rasgos más relevantes de la meteorología del evento extremo de precipitación que ocurrió entre el 24 y el 26 de marzo de 2015 en la zona de Antofagasta y Atacama, y que también afectó con precipitación y tormentas convectivas las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O´Higgins y el Maule. La tormenta estuvo asociada a una configuración sinóptica conocida como baja segregada en conjunto con una anomalía cálida de temperatura superficial del mar ubicada frente a las costas de Perú y Ecuador. Esta condición anómala de la Temperatura Superficial del Mar coincide con el inicio del intenso episodio de El Niño 2015 y coincide también con una anomalía de Temperatura Superficial del Mar significativa en la región 3.4 del Pacífico central. La humedad asociada a la correspondiente anomalía positiva de vapor de agua en la costa pacífica de Perú y Ecuador fue transportada por el flujo del noroeste en la parte delantera de una baja segregada hacia la costa del norte de Chile, con valores extremos de agua precipitable cercanos a los 45 mm (Barrett et al., 2016; Bozkurt et al., 2016). Estos valores extremos del transporte meridional de vapor de agua son los más altos desde que se tiene registro a partir de los datos de variables meteorológicas de altura en Antofagasta (1957 a 2015). El análisis de 37 estaciones que disponen de una serie larga de datos de precipitación (1980-2015) muestra que esta tormenta presentó la mayor extensión espacial de todos los sistemas de precipitación que han afectado al norte de Chile en ese periodo con valores extremos del contenido total de vapor de agua, así como de inestabilidad en la tropósfera media y baja. Simulaciones numéricas realizadas con modelos de mesoescala muestran un buen acuerdo con las observaciones de precipitación disponibles. Por otro lado los productos satelitales de precipitación generados por distintos centros mundiales, resultan en general, inadecuados para caracterizar la precipitación de la tormenta. Los modelos numéricos de pronóstico fueron capaces de adelantar con precisión la extensión espacial, duración y montos totales de precipitación durante el evento.

1. Descripción de las condiciones de gran escala

Las condiciones de gran escala durante el desarrollo de la tormenta se describen en base a la distribución de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región del Pacífico y sus anomalías (Figura 1). La importancia de la TSM en regiones remotas del Pacífico tropical, radica en la correlación que se ha establecido entre el régimen de precipitación en Chile y las anomalías de la TSM observadas en este sector oceánico (Rutllant and Fuenzalida, 1991; Montecinos and Aceituno, 2003), en particular durante la fase cálida de ENSO. Aunque esta relación es más clara para Chile Central y para los meses de invierno, el mecanismo físico que relaciona estas anomalías de TSM con cambios en la circulación atmosférica en Sudamérica puede en principio presentarse en

cualquier época del año. Recientemente la teleconexión tropical ha sido sugerida como posible explicación de la relación entre una mayor precipitación en la zona centro norte de Chile durante las fases 7 y 8 de la oscilación de Madden y Julian (Juliá et al., 2012; Barrett et al., 2012).

En particular, para marzo de 2015 el rasgo más notable de esta distribución de temperaturas es la gran anomalía positiva en el Pacífico central, centrada en la linea de cambio de fecha y al Oeste de la región del Niño 3.4[9], donde se alcanzaron temperaturas superiores a los 30°C con escalas horizontales de 3000 km en ambas direcciones. La anomalía de TSM en la región del Niño 3.4 se encontraba cercana a los 0.5°C, y en retrospectiva, luego de marzo de 2015, la TSM comienza a aumentar en esta zona gatillando la intensa fase cálida de ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) que se experimentó hasta principios de 2016. El evento de marzo de 2015 coincide con el inicio de la propagación de un pulso oceánico conocido como onda de Kelvin. La fase subsidente de esta onda de Kelvin que se propaga hacia el Este, propicia el aumento de la TSM en las regiones del Pacífico central y oriental, propagándose luego como ondas atrapadas a las costas occidentales de Sudamérica.

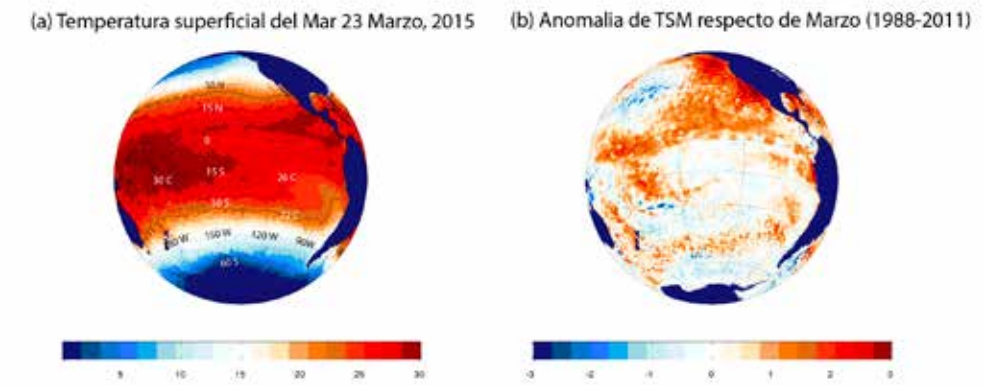


Figura 1. (a) Distribución de la temperatura superficial del mar para el día 23 de marzo de 2015 (datos infrarrojos, NOAA High-resolution Blended Analysis: Daily Values using AVHRR only). (b) Anomalías de Temperarura Superficial del Mar respecto de la climatología de marzo (1988-2011).

El mecanismo físico que explica la relación entre la temperatura superficial del mar Pacífico central y la precipitación en la zona central de Chile tiene relación con el modo de teleconexión del Pacífico Sud-América (PSA) (Mo and Higgins, 1998). Este modo de teleconexión es más intenso cuando la convección tropical se encuentra desplazada desde la zona de la poza cálida en el Pacífico occidental hacia la región del Pacífico central. La teleconexión atmosférica es la respuesta a este calentamiento anómalo de la superficie que se manifiesta en tormentas convectivas, ascenso en niveles medios de la atmósfera y que finalmente lleva a la producción de divergencia en altura que a su vez excita ondas planetarias de gran escala (onda de Rossby) que se propagan hacia el este y hacia el sur. En los periodos en que la teleconexión está activa, la onda se manifiesta como un anticiclón de bloqueo en la parte oeste de la Península Antártica "desviando" los sistemas de mal tiempo hacia el Norte.

9 La región del Niño 3.4 corresponde a una caja entre los 5°N y 5°S y los 170°W y 120°W

De la Figura 2, podemos notar la gran cantidad de vapor de agua precipitable (esto es la integración en la vertical de la concentración de vapor de agua expresada en mm de agua líquida) en la zona donde se ubica la anomalía de TSM en el Pacífico central. Esto no es sorprendente pues la convección tropical suele ocurrir en aquellas zonas que concentran máximos relativos de la TSM. La posición de las anomalías de vapor de agua del Pacífico central, mayores a 10 o 15 mm, coincide aproximadamente con la posición de la anomalía de TSM en esa región.

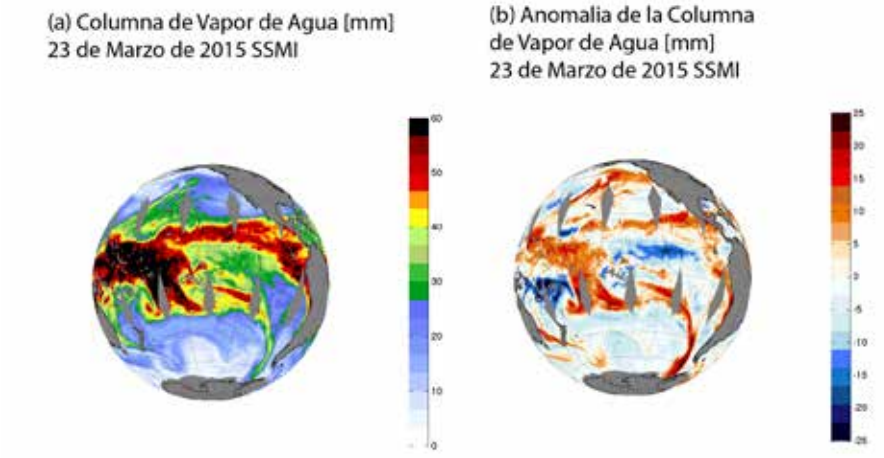


Figura 2. (a) Distribución del agua precipitable para el día 23 de marzo de 2015 (datos infrarrojos SSMI). (b) Anomalías del agua precipitable respecto de la climatología de marzo (1988-2011).

La Figura 3 muestra las anomalías de radiación infrarroja emergente (OLR por sus siglas en Inglés), que caracterizan las zonas de convección profunda, que coexisten con las anomalías de TSM y vapor de agua, durante un periodo de 5 días de duración y 5 días antes de la tormenta. En este caso, los valores negativos de la anomalía de OLR evidencian la mayor actividad convectiva en esa zona, en la misma posición que las anomalías de TSM y vapor de agua ya descritas. De acuerdo a la teoría de la propagación de ondas de gran escala, el calentamiento de la tropósfera por la convección profunda, conduce a la generación y posterior propagación de ondas de Rossby desde la fuente original de convección. En este caso la velocidad de propagación de las ondas coincide con la evolución de las anomalías de altura geopotencial en el Pacífico y por lo tanto se sugiere que este evento de convección anómala en el Pacífico central dio origen a la baja segregada a través de un evento de teleconexión (Rondanelli et al., 2018). El patrón de anomalías de geopotencial que se presenta en la Figura 3 asemeja un estado intermedio entre los modos PSA 1 y PSA 2 de acuerdo a como están descritos por Mo and Higgins (1998). Un aspecto relevante de la teleconexión es la marcada circulación anticiclónica anómala en la zona centrada en 90°W y entre 45°S y 80°S.

Hasta el momento la discusión respecto de la circulación de gran escala se ha centrado en la descripción de la anomalía de TSM en el Pacífico central. Igualmente importante es la anomalía de temperatura superficial del mar que se manifiesta cerca costa occidental de Sudamérica entre 0 y 15°S. Esta anomalía de TSM ocurre simultáneamente al máximo estacional de la TSM y, por lo tanto, se traduce en un alto valor absoluto de la TSM con regiones mayores a 27 e incluso

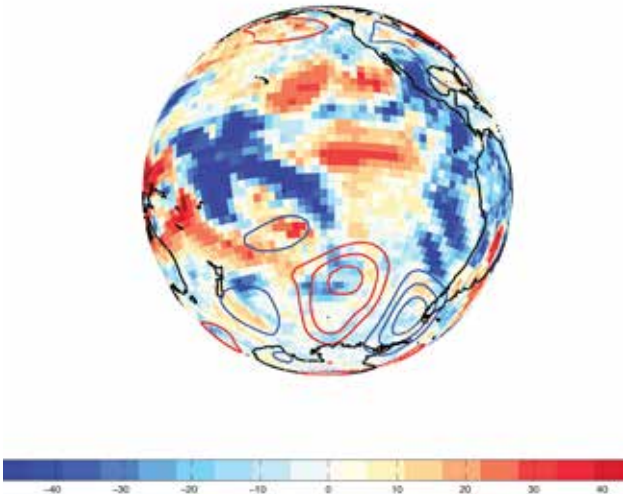


Figura 3. Distribución de la anomalía de la radiación infrarroja emergente y de la anomalía de geopotencial en 200 hPa, una semana previo al inicio de la tormenta de Atacama. Radiación en W/m².

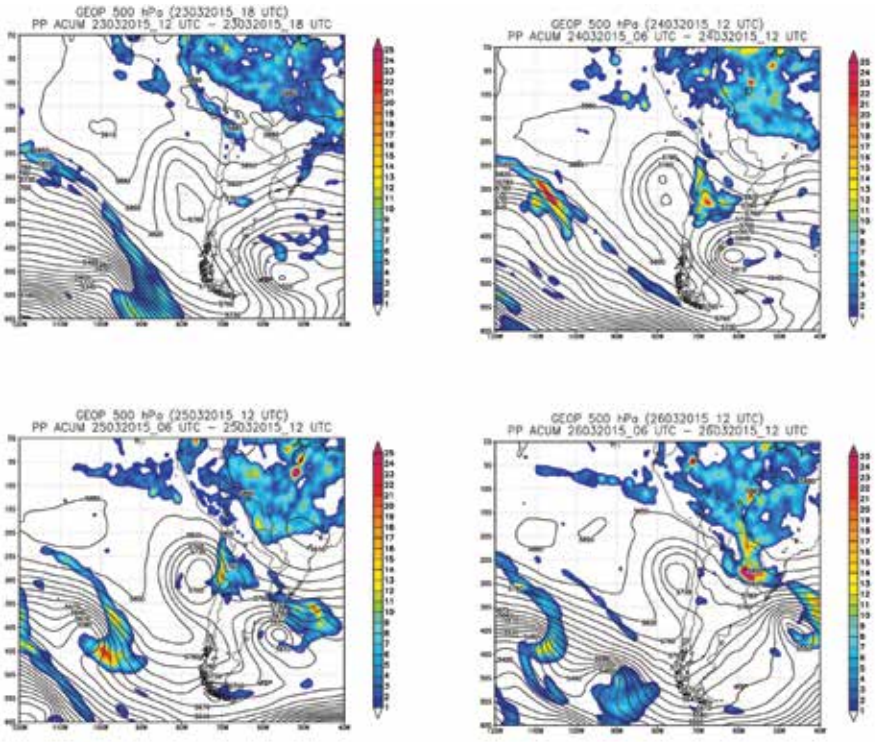
cercana a los 30°C. Esta anomalía cercana a 3°C, es también responsable del relativo aumento de la cantidad de agua precipitable en la columna y de la anomalía que se observa en la cantidad de vapor de agua, también en la Figura 2.b cerca de la costa. Esta anomalía de vapor de agua se extiende a lo largo de la costa sudamericana llegando a Chile central por el sur, a regiones cuya TSM no es necesariamente anómala como consecuencia de la circulación sinóptica con viento del noroeste asociada a la circulación troposférica inducida por la baja segregada. Simulaciones numéricas efectuadas por Bozkurt et al. (2016) muestran el carácter fundamental de la anomalía en la zona cercana al Niño 1.2 para explicar la precipitación que se registró en la zona árida e hiperárida del Desierto de Atacama. Al remover la anomalía cálida frente a la costa de Perú, la precipitación en la zona hiperárida desaparece y disminuye notablemente en el resto de Atacama. La simulación también confirma que la dinámica seca de la baja segregada no sufre mayores alteraciones en los experimentos en que se remueve la anomalía cálida, lo que confirma el control termodinámico de la precipitación mediante el transporte de humedad desde el norte.

En resumen, la circulación de gran escala en la atmósfera y en el océano desempeña al menos dos papeles importantes en la generación de la tormenta. El primero es dinámico: la anomalía de convección en el Pacífico central genera un patrón de teleconexión que es conducente a la formación de un bloqueo de la ruta de tormentas en el hemisferio sur. Al mismo tiempo la intensa circulación anticiclónica al oeste del Cabo de Hornos, y el quiebre de la ondas de Rossby, también parecen conectados a la formación de la baja segregada que terminará afectando el norte de Chile en los días siguientes al máximo de OLR (como se discutirá en la siguiente sección). Un segundo aspecto importante, es que la anomalía de TSM cerca de la costa de Perú, provee de vapor de agua para alimentar a la tormenta. Dado que el vapor de agua en la capa límite marina está íntimamente relacionado a la TSM a través de la ley de Clausius-Clapeyron, los máximos estacionales de TSM ayudados por la anomalía dan como resultado una cantidad de vapor de agua inusual en la región de estudio que prácticamente duplica el vapor climatológico a lo largo de la costa árida del norte de Chile.

2. Descripción sinóptica del evento

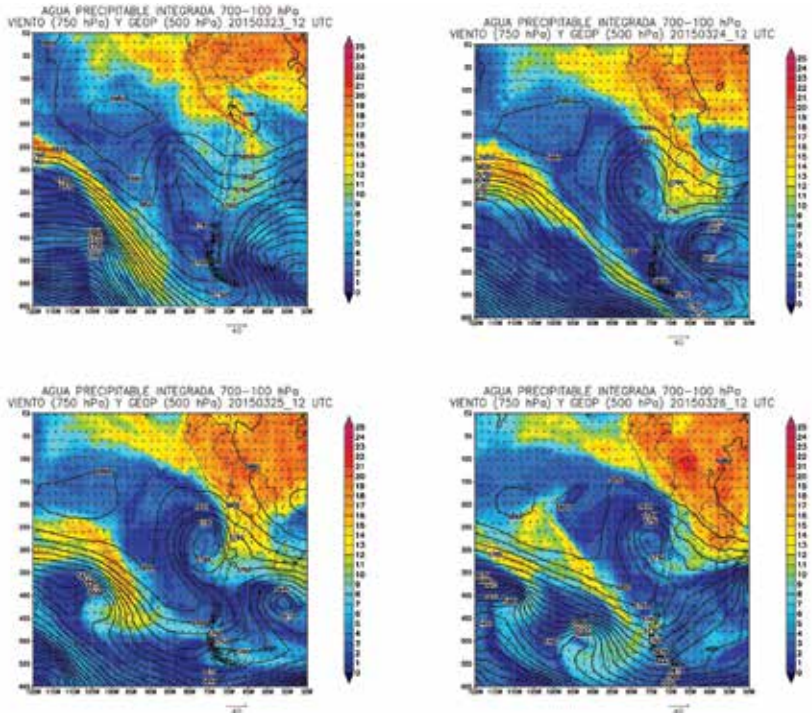
Las condiciones sinópticas del evento se ilustran con ayuda de las figuras de la distribución de altura geopotencial en 500 hPa, precipitación, agua precipitable y vientos en 750 hPa (Figuras 4, 5, 6). La distribución de geopotencial muestra el día 23 de marzo una vaguada orientada en la dirección noroeste- sureste y una dorsal profunda llegando a la zona austral de Sudamérica. Como se discutió en relación con los mecanismos de gran escala que ayudaron a la formación de la tormenta, esta dorsal profunda es una manifestación de una teleconexión con el Pacífico tropical central. Durante el día 23 de marzo se observa una circulación ciclónica cerrada en 500 hPa centrada cerca de 35°S y que a medida que transcurre el evento se profundiza y desplaza hacia el norte llegando a un mínimo central de 5700 m el día 25 de marzo a las 06 UTC ubicado frente a la latitud de 27°S. Este patrón es característico de los eventos de bajas segregadas que explican una fracción importante del total de la precipitación en la zona norte de Chile (Barahona, 2016). De acuerdo a la descripción provista por los campos de reanálisis, la baja segregada concentra la precipitación en su parte delantera. En este caso la máxima precipitación ocurre en el periodo entre las 00 y 06 UTC del día 25 de marzo, en que el modelo muestra magnitudes de 10 a 20 mm en 6 horas. Se aprecia también en esta figura, que la circulación ciclónica permanece sobre el norte de Chile durante los días siguientes al evento de precipitación.

Figura 4. Altura geopotencial en 500 hPa y precipitación acumulada en 6 horas de acuerdo a los renálisis CFSR.



La Figura 5 muestra la distribución de la humedad atmosférica por sobre los 700 hPa en la atmósfera y nos permite seguir la evolución del vapor de agua que dio lugar al evento de precipitación. En las figuras de vapor de agua se distinguen dos elementos importantes: en el océano y ayudado por vientos del noroeste se aprecia un río atmosférico que transporta vapor de agua hacia las latitudes polares en la parte trasera de la dorsal ya descrita en 500 hPa. Este vapor de agua no produce precipitación en el continente sudamericano, pero si tiene un efecto importante en el calentamiento de la península antártica durante esos días y que es estudiado en mayor profundidad por Bozkurt et al. (2018). Una segunda fuente de vapor de agua se concentra en la zona de la Amazonia y sobre el continente sudamericano y el océano tropical adyacente. Los valores de agua precipitable sobre 700 hPa en el borde costero de Sudamérica superan los 20 mm en muchas zonas, valores mayores al promedio climatológico de agua precipitable sobre toda la columna atmosférica en Antofagasta. A medida que la baja segregada se profundiza hacia el día 24, el vapor de agua se organiza en la parte delantera de la baja y forma un río atmosférico. Esta circulación del norte en niveles bajos no está del todo conectada con la baja segregada, como se aprecia en el mapa del día 23 a las 12 UTC, la circulación del norte está presente en niveles bajos por delante de la baja en 500 hPa lo que permite suponer que hay desarrollo baroclínico durante el evento. Para el día 24 a las 12 UTC la circulación ciclónica alcanza los 20°S con una altura geopotencial de 5850 m. Aún al norte del ciclón en superficie, alrededor de los 15°S la circulación en niveles bajos es desde el norte y conducente al transporte de vapor de agua de la costa subtropical de Sudamérica, quizás debido al gradiente de presión que se establece y la presencia de

Figura 5. Vapor de agua precipitable entre 700 hPa y 100 hPa, Viento en 750 hPa y geopotencial en 500 hPa.

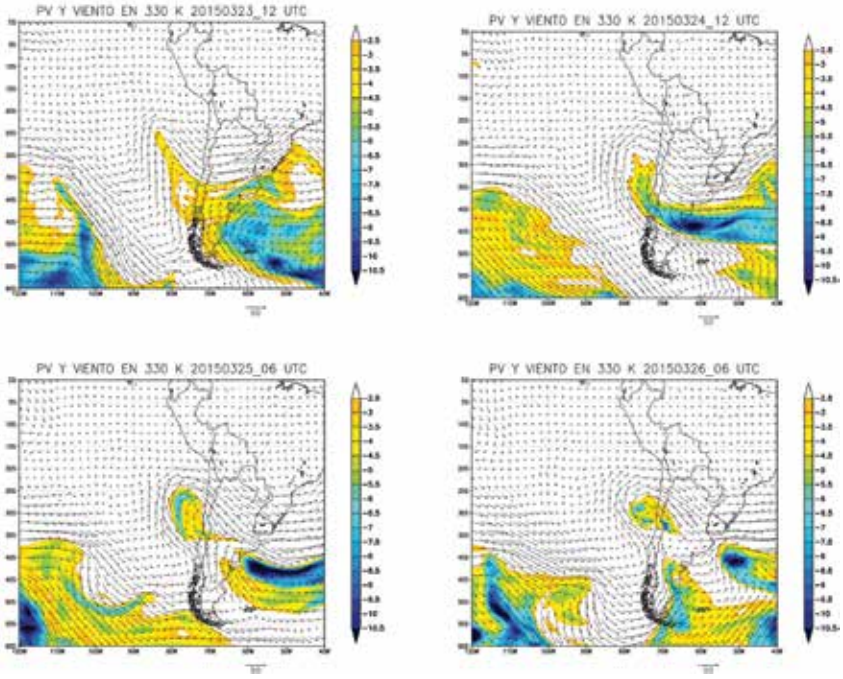


los Andes conducente a un posible efecto de chorro de barrera (Kalthoff et al., 2002). Para el día 24 a las 12 UTC es evidente que el sistema ha sido capaz de transportar aire con alto contenido de vapor de agua, incluso a latitudes cercanas a los 40°S. A esta altura de la evolución del sistema, la circulación ciclónica en niveles bajos está solo levemente desplazada respecto de la vaguada en altura.

La Figura 6 muestra la distribución de vorticidad potencial de Ertel en una superficie isentrópica de 330 K y el viento proyectado en la misma superficie. La vorticidad potencial es una variable conservativa en movimientos sin fricción y adiabáticos. Puede ser entendida como un trazador del flujo y es un diagnóstico usual para ilustrar la segregación de una baja. En este caso, el día 23 a las 12 UTC todavía se aprecia una dorsal conectada a una fuente de aire con alta vorticidad potencial (valores negativos y altos).

El día 24, la mayor parte de la fuente de aire con altos valores de vorticidad potencial ha sido advectada hacia el oeste, aun cuando la baja aún no se segrega del aire polar. Durante el día 25 se produce la segregación en esta superficie isentrópica y la baja se desconecta completamente de su fuente polar de vorticidad potencial.

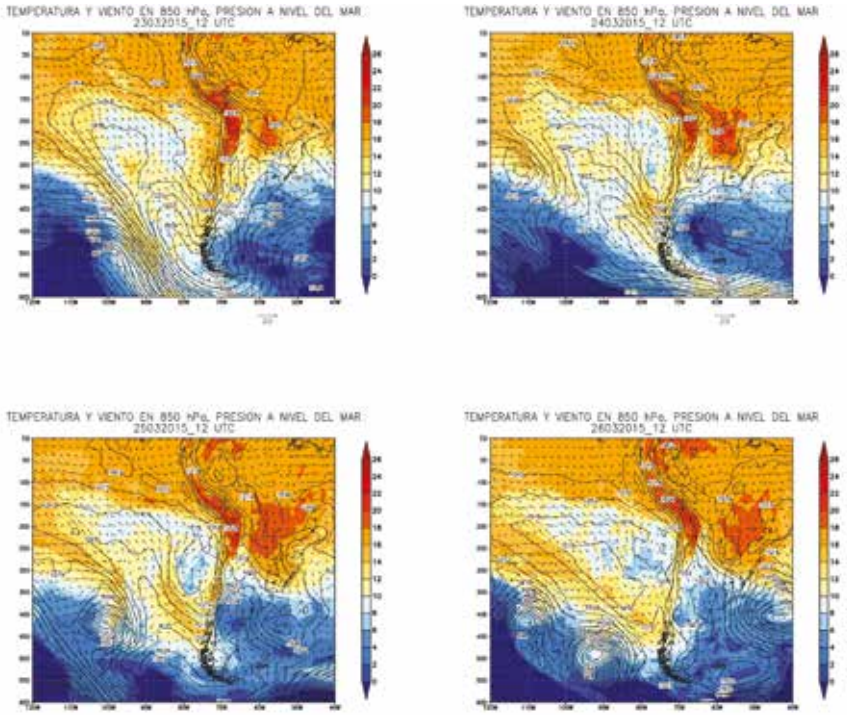
Figura 6. Vorticidad Potential y viento en la superficie de 330 K.



El campo de presión a nivel del mar en la Figura 7 muestra un anticiclón debilitado frente a la costa Norte de Chile, y el paso de una alta presión superficial migratoria en el extremo austral de Sudamérica durante el día 23 a las 12 UTC. El campo de viento de 850 hPa (a una altura geométrica de aproximadamente 2000 m) muestra evidencia de una circulación ciclónica centrada alrededor de los 30°S y que advecta no solo altos valores de vapor de agua desde la costa de

Perú y Ecuador, sino que también altas temperaturas a lo largo de Chile continental. Se observan temperaturas entre los 16 y 20°C a 2000 m, con lo cual se estima el nivel de la isoterma cero está cerca de los 5000 m en la zona de Atacama. Esto es refrendado por los datos del radiosondeo de Antofagasta durante el periodo de la tormenta.

Figura 7. Temperatura y viento en 850 hPa, presión a nivel del mar.



3. Simulaciones numéricas

Para efectos de una mejor compresión del fenómeno y de su distribución espacial y temporal, se realizaron simulaciones numéricas, cuyo principal resultado se muestra en la Figura 8. Las simulaciones numéricas fueron hechas con el modelo WRF a una resolución espacial de 2 km y muestran la precipitación acumulada durante los 3 días del evento desde el 24 al 26 de marzo de 2015. Se aprecia que la precipitación es máxima en la zona precordillerana y cordillerana de las regiones de Antofagasta y Atacama. El modelo muestra valores acumulados de precipitación mayores a 90 mm en una amplia zona de estas regiones. En general, se aprecia una disminución de la precipitación hacia la costa. El modelo captura la mayor parte de los rasgos de mesoscala de la precipitación y en general hay un buen acuerdo con los datos totales de precipitación acumulados durante el evento. El carácter de la precipitación es convectivo y con abundante actividad eléctrica tanto el día 24 como el día 25 de marzo. El mismo carácter convectivo de la precipitación hace difícil la comparación de la precipitación punto a punto con el modelo. A dife-

rencia de la precipitación frontal, la precipitación convectiva es menos predecible y su escala de coherencia espacial mucho menor. Sin embargo muchos rasgos de mesoescala evidentes de la distribución observada de la precipitación son evidentes en las simulaciones:

- El máximo relativo de precipitación en la región de Antofagasta se ubica en la Cordillera y Pre-Cordillera de Doymeko cerca de 24°S. Este máximo ocurre en una zona mayormente desprovista de pluviómetros. Existe una marcada disminución del máximo observado en Socaire, hacia el noroeste que está presente tanto en las observaciones como en el modelo.
- El máximo de precipitación a lo largo de la costa se ubica en la zona de Taltal, al sur de Antofagasta, donde las observaciones y simulaciones muestran valores locales máximos cercanos a 60 mm. Hacia el interior valores más altos de la precipitación ocurren en una franja de orientación noroeste-sureste que cruza la latitud 26 S. El máximo costero de precipitación también es capturado por una pasada del radar a bordo del satélite TRMM como se muestra en detalle en Bozkurt et al. (2016).
- A lo largo de la cuenca del río Salado la precipitación muestra un marcado gradiente, con el máximo ubicado a lo largo del meridiano 69°W y con una importante reducción de la precipitación hacia la costa y también hacia la alta cordillera.

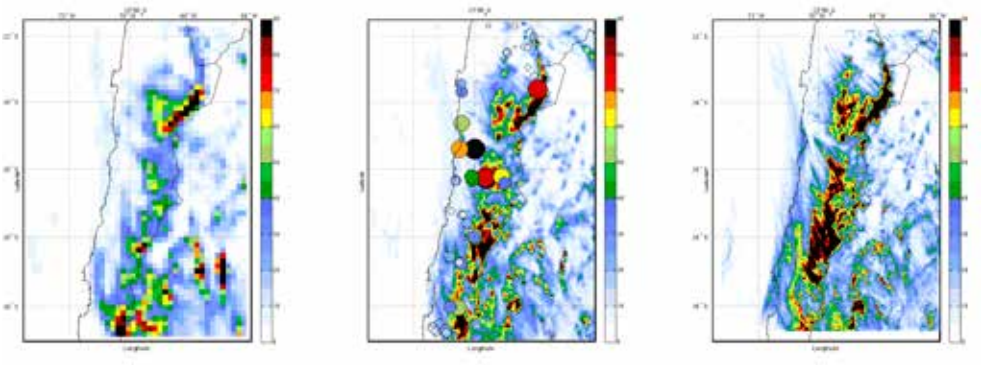


Figura 8. Simulaciones numéricas usando las condiciones de borde del reanálisis CFSR. Precipitación acumulada desde el día 24 de marzo de 2015 hasta el 26 de marzo 2015, 18 UTC. Los paneles muestran la distribución de precipitación en base a las 3 distintas resoluciones espaciales (18, 6 y 2 km respectivamente) de las simulaciones numéricas disponibles. El panel central muestra en la misma escala con círculos llenos la precipitación acumulada en las distintas estaciones disponibles.

4. Productos Satelitales de Precipitación

Como posible complemento a las simulaciones de mesoscala de la tormenta se evaluaron distintos productos satelitales disponibles durante el periodo de la tormenta, respecto de la precipitación total acumulada. Los productos satelitales de precipitación son información generada por medio de algoritmos aplicados a observaciones remotas tomadas por instrumentos a bordo de satélites infrarrojos y microondas. La ventaja de estos productos es que la estimación es realizada a nivel global, proveyendo información de precipitación en regiones donde no hay mediciones in-situ y que carecen de pluviómetros o radares meteorológicos.

En Chile, existen investigaciones que han utilizado datos de productos satelitales de precipitación (Falvey and Garreaud, 2007; Barrett et al., 2011), sin embargo, su aplicación ha sido principalmente en estudios de sistemas frontales en la zona centro-sur de Chile, por lo tanto, es necesario evaluar detalladamente el desempeño de los productos en la zona norte de Chile para casos de Núcleos Fríos o Bajas Segregadas y en la escala de tiempo de pocos días. Los productos satelitales en general tienen su origen en datos tomados por satélites geoestacionarios con instrumentos pasivos de radiación. A diferencia de los datos de los satélites con sensores activos (como TRMM- PR o GPM), las estimaciones de precipitación ocurren de manera indirecta usando en general la temperatura de brillo del tope de la nubosidad.

En esta sección se evalúa el desempeño de cuatro productos de precipitación: 1) PERSIANN-CDR, 2) TRMM-3B42, 3) GSMaP MVK, y 4) CMORPH para esta tormenta en particular. Todos los productos abarcan todo el planeta, con una resolución horizontal que varía entre 0.1° y 0.25°, y temporal entre 1 hora y 1 día. La evaluación consiste en comparar el acumulado total del evento (medido) con lo estimado por el producto satelital en cada punto donde se disponen observaciones. Los datos de precipitación observados provienen de diversas instituciones públicas y privadas, tales como: Dirección General de Aguas (DGA), Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Observatorio Astronómico Paranal, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) División Salvador y Red Agroclimática Nacional (AGROMET). Esta última red integra datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Red Meteorológica de Vinos de Chile (METEOVID) y Fundación para el desarrollo Frutícola (FDF).

Como se aprecia en la Figura 9 todos los productos satelitales subestiman gruesamente la precipitación en la zona de Antofagasta y Atacama. Por ejemplo, ningún producto es capaz de estimar correctamente la precipitación en la zona costera de Antofagasta, de forma notable CMORPH, GSMap MVK y PERSIANN CDR no muestran siquiera precipitación. Algunos, en particular CMORPH y GSMaP MVK capturan correctamente la precipitación acumulada en la zona de la región de Coquimbo. Una posible explicación a la ausencia de precipitación en la zona hiperárida y en la región de Atacama por parte de los productos satélites es la elevada temperatura (y por tanto elevada temperatura de brillo del tope de la nubosidad) durante el evento de precipitación. Los algoritmos de precipitación infrarroja en general dependen de la temperatura de brillo del tope de la nubosidad. Al ser esta temperatura muy alta tienden a subestimar la cantidad de precipitación, aun cuando la convección profunda ocurra en una atmósfera de varios kilómetros de espesor. La consecuencia práctica es que se desaconseja el uso de estos productos para el posterior estudio de la tormenta. Como se mostró en secciones anteriores, el modelo de mesoescala representa de manera más fiel el campo de precipitación respecto de las observaciones de pluviómetros.

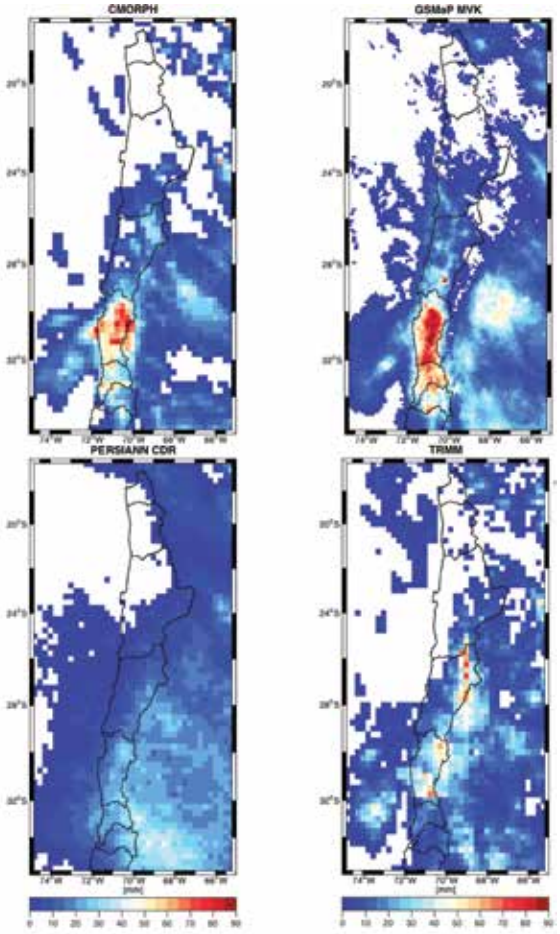


Figura 9. Precipitación acumulada en el periodo del evento 24-26, de acuerdo a cuatro productos satelitales.

5. Análisis de la tormenta en base a datos meteorológicos históricos

Existen pocos registros de tormentas en el norte que hayan causado el nivel de destrucción que ocasionó la tormenta de marzo de 2015. Es de interés nacional y científico conocer la distribución de parámetros de la tormenta respecto de una serie larga de datos meteorológicos de altura y superficie, de manera de poner esta tormenta extrema en contexto. Una tormenta extrema se forma cuando una serie de condiciones meteorológicas ocurren de forma simultánea. Se muestra en esta sección la frecuencia de ocurrencia de las condiciones meteorológicas que ocasionaron la tormenta de marzo de 2015, comparando dichas condiciones con los valores registrados de esas variables en el pasado. Las características relevantes fueron:

- Eventos de precipitación en las regiones de Antofagasta y Atacama
- Paso de bajas segregadas al norte de 30° de latitud Sur
- Temperatura y estabilidad de la tropósfera
- Campo de altura geopotencial flujo meridional de vapor de agua

5.1. Bases de Datos

Para conocer los valores típicos de las distintas variables en estudio se utilizarán datos provenientes de reanálisis meteorológicos NCEP-NCAR generados por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos, los reanálisis meteorológicos ERA-INTERIM generados por el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), los radiosondeos de Antofagasta de la Dirección Meteorológica de Chile y las bases de datos de precipitación de la Dirección General de Aguas y de la Dirección Meteorológica de Chile. Los reanálisis son los resultados de un modelo meteorológico global que asimila la información de la red mundial de observaciones meteorológicas. Estas bases de datos permiten conocer múltiples variables meteorológicas en todo el planeta, incluso donde no existen mediciones. Las características de las distintas bases de datos se detallan a continuación:

- Reanálisis NCEP-NCAR Resolución horizontal 2.5° Resolución vertical 17 niveles Período de datos 1948 - 2015 Resolución temporal 6 horas.
- Reanálisis ERA-INTERIM Resolución horizontal 0.75° Resolución vertical 37 niveles Período de datos 1979- 2015 Resolución temporal 6 horas.
- Radiosondeos de Antofagasta Resolución vertical variable Período de datos 1957-2015 Resolución temporal 24 horas.
- Datos de precipitación DGA y DMC Número de estaciones 10 Período de datos 1957-2015 Resolución temporal 24 horas.

5.2. Análisis de variables meteorológicas

Bajas segregadas

Como se explicó en la descripción sinóptica del evento, la tormenta de marzo de 2015 fue ocasionada por el paso de una baja segregada cuyo centro alcanzó los 27° de latitud sur. Se ha analizado la frecuencia de ocurrencias de bajas segregadas que han circulado frente a la costa de Chile al norte de 30° de latitud sur desde el año 1979 hasta marzo del 2015 (Barahona, 2016). Específicamente se han buscado las bajas segregadas cuyo centro haya pasado en algún momento por la caja limitada por 10°S y 30°S y entre 65°W y 80°W. Se ha contabilizado una sola vez cada baja segregada independientemente de la duración del evento.

Utilizando los datos de reanálisis NCEP-NCAR, primero, en el nivel de los 300 hPa se procedió a la identificación de mínimos locales de altura geopotencial dentro del dominio antes señalado, que deben cumplir la condición de tener un gradiente mínimo de 40 mgp respecto a los 8 píxeles que lo rodean. La segunda condición es que exista un mínimo de temperatura, asociado al mínimo de altura geopotencial, en la capa 300-600 hPa, condición necesaria para identificar sistemas de latitudes medias con centro frío, de manera de descartar perturbaciones de origen tropical tales como los ciclones tropicales y subtropicales. Por último, la perturbación debe escapar de la posición de los vientos máximos de los oestes, de manera de satisfacer la definición de un sistema de baja segregada, el cual debe escapar hacia latitudes más bajas, a partir de una vaguada que se estrangula por factores principalmente dinámicos, quedando en una zona de latitudes más bajas y un ambiente más cálido. Para esto se utilizó el campo de viento zonal en los 300 hPa.

Con el algoritmo anteriormente descrito se identificaron 59 bajas segregadas en el período 1979 a 2015, que corresponde a una frecuencia de ocurrencia de 1.7 bajas segregadas por año

(Figura 10). Las bajas segregadas ocurren en cualquier mes del año, pero con mayor frecuencia durante el invierno (Figura 11), habiéndose registrado 4 bajas segregadas en el mes de marzo entre esos años.

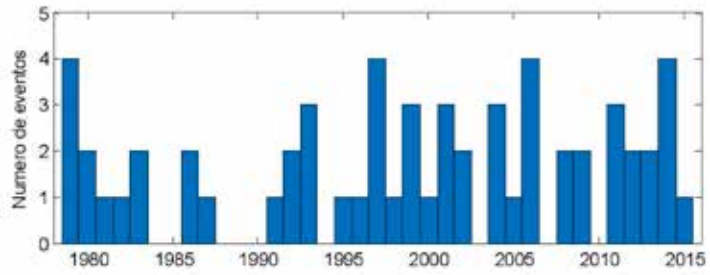


Figura 10. Número de ocurrencias de bajas segregadas por año, entre 1979 y 2015, en el sector comprendido entre 10° y 30° de latitud Sur y entre 65° y 80° de longitud oeste. Cada baja segregada se ha contabilizado una sola vez, aunque haya permanecido en la zona por más de un día.

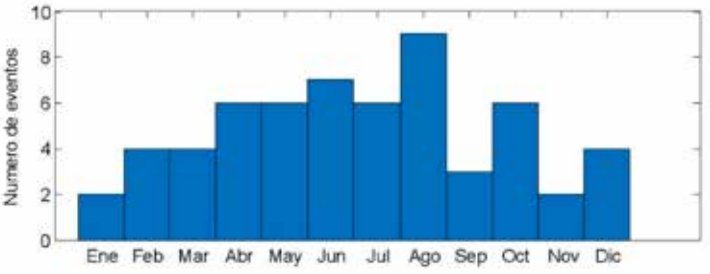


Figura 11. Distribución de bajas segregadas por mes, entre 1979 y 2015, en el sector comprendido entre 10°S y 30°S y entre 65°W y 80°W. Cada baja segregada se ha contabilizado una sola vez, aunque haya permanecido en la zona por más de un día.

Temperatura

Las bajas segregadas son masas de aire polares que viajan hacia latitudes más ecuatoriales y por lo tanto se caracterizan por tener una temperatura inferior a la temperatura normal respecto de la latitud donde se encuentran. Se han analizado los perfiles de temperatura medidos por los radiosondeos de Antofagasta los días 24, 25 y 26 de marzo y se han comparado con el perfil de temperatura promedio en Antofagasta. Durante la tormenta la temperatura fue cercana al promedio de todas las bajas segregadas en los niveles entre 800 y 700 hPa, mientras que en superficie las temperaturas fueron significativamente mayores que lo normal (Figura 12). Un rasgo distintivo es que durante la tormenta no se generó la capa de inversión térmica típica de la zona entre 900 y 800 hPa, que si está presente en el perfil vertical promedio de todas las bajas segregadas.

Es esperable entonces que en altura las temperaturas sean menores a la climatología de la zona, pero al comparar con los perfiles de temperatura en los 111 días con bajas segregadas entre -20° y -30° de latitud, entre los años 1979 y 2012, las temperaturas registradas durante la tormenta son más altas que el promedio (Figura 12) y en particular la temperatura superficial los días 24, 25 y 26 de marzo son las más altas registradas de todas las bajas segregadas en la zona. Y la sexta temperatura más alta entre los niveles de 400 y 450 hPa el día 25 de marzo. Estas altas

temperaturas en altura explican la ausencia de precipitación sólida en niveles menores a 4500 m s.n.m.

Otro rasgo a analizar es la estabilidad del perfil vertical de temperatura. La estabilidad corresponde a la tasa de enfriamiento de la atmósfera con la altura (dT /dz). Mientras menor es la estabilidad en la atmósfera, es decir, mientras más rápido disminuye la temperatura con la altura, se facilitan los movimientos ascendentes que dan lugar a la precipitación.

Se ha calculado para la zona entre -20° y -30° de latitud y -70° y -80° la estabilidad de la tropósfera alta (entre 700 y 300 hPa) y de la tropósfera baja (entre 900 y 500 hPa) con los datos de reanálisis ERA-INTERIM. Se ha considerado como índice de estabilidad la mínima estabilidad encontrada en dicha área. Los días de la tormenta muestran un índice de estabilidad menor al promedio para la troposfera alta, pero con valores que ocurren sobre el 5 % del tiempo y por lo tanto sin ser extremos (Figura 13). Sin embargo, en la tropósfera baja el índice de estabilidad el día 26 de marzo ha sido el quinto más bajo registrado durante los meses de marzo en el período entre 1979 y el presente (Figura 14). Esto se debe en gran medida a la alta temperatura superficial y la desaparición de la capa de inversión térmica que es un rasgo característico de la climatología de la zona.

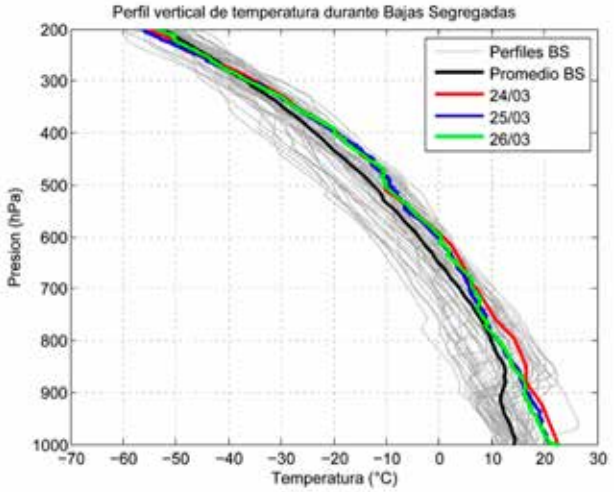


Figura 12 . Perfiles de temperatura en Antofagasta medidos con radiosondeos a las 12 UTC. En negro el promedio de todos los perfiles entre 1957 y 2012. En colores los perfiles de temperatura los días de la tormenta (24, 25 y 26 de marzo de 2015). En gris se muestran los perfiles de todas las bajas segregadas encontradas durante el periodo.

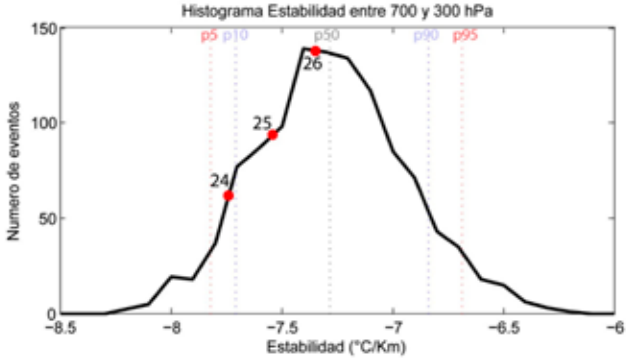


Figura 13. Histograma del índice de estabilidad de la tropósfera alta (línea negra), entre los niveles de presión de 700 y 300 hPa para el mes de marzo. Los círculos rojos muestran la estabilidad entre esos mismos niveles los días de la tormenta. Se han marcado con líneas punteadas los percentiles 5, 10, 50, 90 y 95 de la distribución de estabilidad.

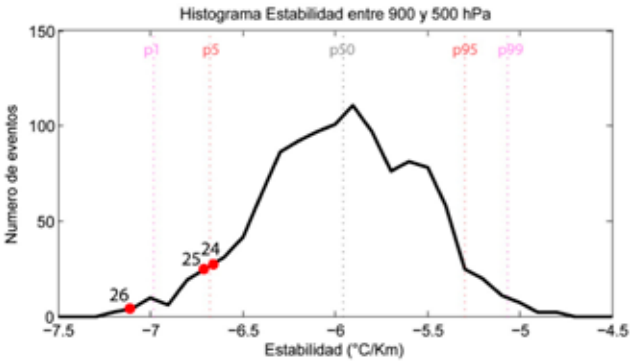


Figura 14. Histograma del índice de estabilidad de la tropósfera baja (línea negra), entre los niveles de presión de 900 y 500 hPa, para el mes de marzo. Los círculos rojos muestran la estabilidad entre esos mismos niveles los días de la tormenta. Se han marcado con líneas punteadas los percentiles 1, 5, 50, 95 y 99 de la distribución de estabilidad.

Altura geopotencial

El campo de altura geopotencial tiene un marcado ciclo anual y una característica variación latitudinal (disminuye de norte a sur). Se ha calculado la anomalía de altura geopotencial para cada pixel y cada día en el nivel de 300 hPa, usando los datos de los reanálisis ERA-INTERIM, como el valor de la altura geopotencial de ese píxel y ese día menos el valor del promedio climatológico en el mes correspondiente a ese tiempo en ese mismo sitio. Durante los días de la tormenta se observa que existe una zona de anomalías negativas en el sector entre 25°S y 35°S frente a la costa chilena. Esta anomalía responde a la presencia de la baja segregada, la cual alcanza su máximo desarrollo el día 26 de marzo. Sin embargo, el rasgo más llamativo es la presencia de altas anomalías positivas de altura geopotencial al sur de los 50° de latitud (Figura 15). Para analizar la frecuencia de ocurrencia de estos valores de anomalía de altura geopotencial comparando con los valores de todo el período de los reanálisis ERA-INTERIM. Para esto se han definido los índices: mínima anomalía de altura geopotencial, como el mínimo valor para cada día en la zona entre 15°S y 30°S y entre 60°S y 80°S; máxima anomalía de altura geopotencial, como el máximo valor para cada día en la zona entre 45°S y 65°S y entre 60°W y 80°W. En la zona norte, las mínimas anomalías de altura geopotencial registradas durante la tormenta no corresponden a una situación particularmente anómala para la zona, presentándose valores similares al ocurrido el 26 de marzo (día del máximo desarrollo de la baja segregada) cerca del 3% del tiempo (Figura 16). Sin embargo, la máxima anomalía de altura geopotencial en la zona austral el día 24 de marzo es la segunda más alta registrada desde el año 1979. Y los valores para los días 23 y 25 de marzo tienen una frecuencia de ocurrencia menor al 0.1% y 1% del tiempo respectivamente (Figura 17). Esta anomalía de geopotencial, corresponde a la anomalía relacionada con el anticiclón de bloqueo que se produjo al menos en parte, como consecuencia de la teleconexión descrita como parte de las condiciones de gran escala.

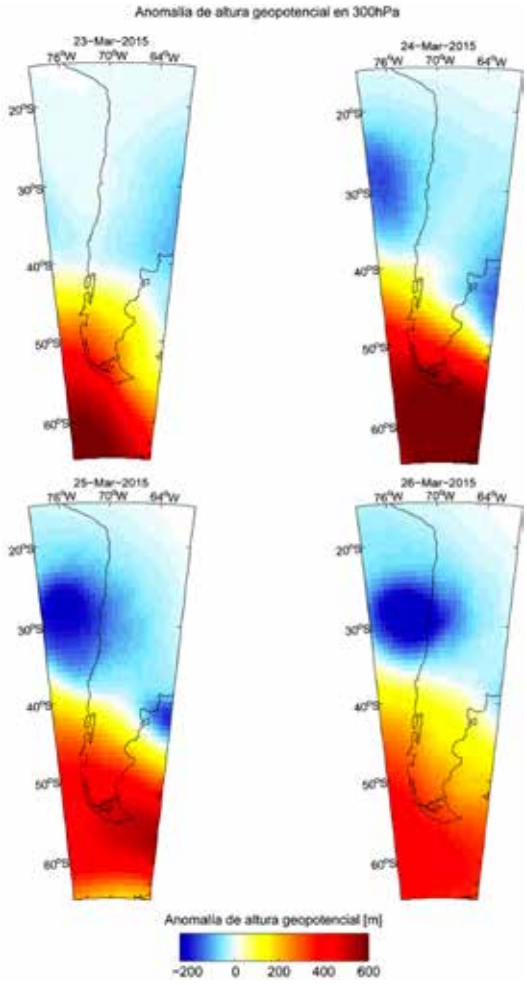


Figura 15. Campos de anomalía de altura geopotencial los días de tormenta en el nivel de presión de 300 hPa, respecto a la climatología del mes de marzo de la altura geopotencial en 300 hPa.

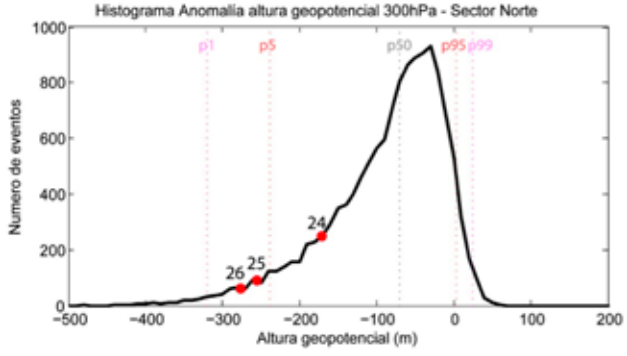


Figura 16. Distribución del mínimo de la anomalía de altura geopotencial en 300 hPa en marzo en el sector entre 10° y 30° de latitud sur y entre 60° y 80° de longitud oeste (línea negra). Los círculos rojos muestran el valor de esta variable los días de la tormenta. Se han marcado con líneas punteadas los percentiles 1, 5, 50, 95 y 99 de la distribución de anomalía de altura geopotencial.

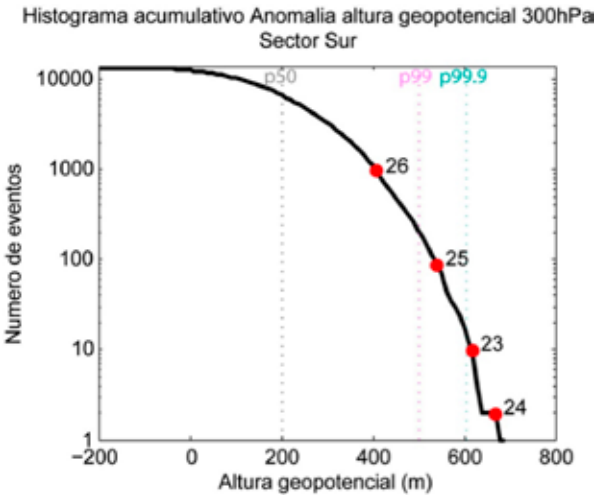


Figura 17. Histograma acumulativo del máximo de la anomalía de altura geopotencial en 300 hPa en marzo en el sector entre 45° y 65° de latitud sur y entre 60° y 80° de longitud oeste (línea negra). Los círculos rojos muestran el valor de esta variable los días de la tormenta. Se han marcado con líneas punteadas los percentiles 50, 99 y 99.9 de la distribución de anomalía de altura geopotencial. El eje de las abscisas está en escala logarítmica para destacar la baja probabilidad de ocurrencia de valores sobre 600 metros, como ocurrió los días 23 y 24 de marzo de 2015.

Flujo de vapor de agua

La ocurrencia de precipitación en la zona norte, debido a la hiperaridez del desierto de Atacama, está sujeta al transporte de agua desde otras zonas del planeta. Este transporte ocurre sólo de manera excepcional. En particular, durante la tormenta de marzo de 2015 el vapor de agua provino desde la zona de convergencia intertropical transportado por una circulación desde el noreste, como se discutió en la sección relativa a la descripción sinóptica.

El transporte de vapor de agua se puede cuantificar como la humedad específica multiplicada por el viento, a esto se le llama flujo de vapor de agua. Los días 23 y 24 de marzo el flujo de vapor de agua fue significativamente mayor que el flujo promedio en la zona (Figuras 18 y 19). Si bien tanto el viento como la humedad específica fueron altos esos días en casi todos los niveles, los valores no corresponden a máximos en la zona. Sin embargo, la combinación de ambas variables es la que genera un flujo extremo de vapor de agua al comienzo de esta tormenta (Figura 18).

Al sumar el flujo de vapor de agua en toda la columna (entre 1000 y 200 hPa) usando los radiosondeos de Antofagasta se encuentra que el día 24 de marzo es el segundo caso más extremo de transporte de vapor (Figura 19).

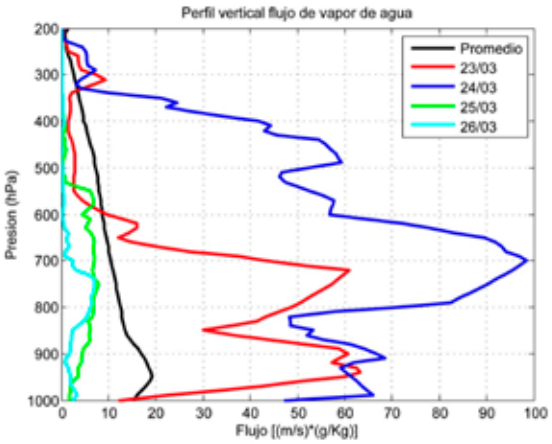


Figura 18. Flujo de vapor (viento por humedad específica) por nivel de presión, calculados con radiosondeos de Antofagasta, en promedio para todo el período con datos (línea negra) y en los días de la tormenta (23-03: rojo; 24-03: azul; 25-03: verde; 26-03: celeste).

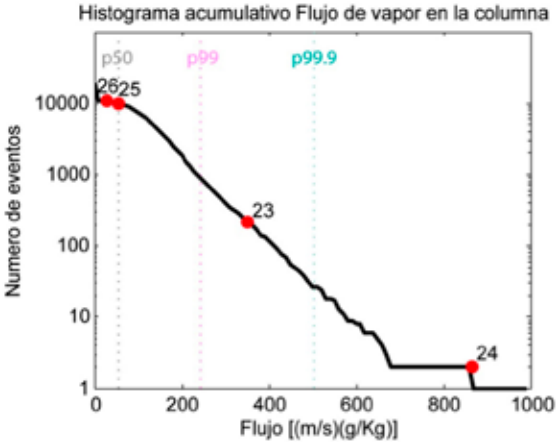


Figura 19. Histograma acumulativo de la suma vertical de flujo de vapor de agua (línea negra). Los círculos rojos muestran el valor de esta variable los días de la tormenta. Se han marcado con líneas punteadas los percentiles 50, 99 y 99.9 de la distribución de flujo de vapor de agua integrado. El eje de las abscisas está en escala logarítmica para destacar la baja probabilidad de ocurrencia de valores como los ocurridos los días 23 y 24 de marzo de 2015.

Datos de precipitación

La Figura 20 muestra la precipitación total acumulada en 37 estaciones desde 1980 hasta la fecha. El evento de marzo se aprecia como el más importante en esta medida desde al menos 2002, pero con bastantes casos que muestran mayor precipitación especialmente durante 1997 en el evento de El Niño. Este estadístico debe ser usado con cuidado pues una estación con mucha precipitación puede producir un gran sesgo en los resultados. Como se trata de estaciones históricas no están incluidas en este análisis las estaciones de Codelco El Salvador que muestran la mayor precipitación durante este episodio.

En el panel inferior de la Figura 20 se muestra el porcentaje de estaciones que presentaron precipitación durante la tormenta. En este caso, la tormenta de marzo de 2015 aparece como la de mayor extensión en el registro analizado pues en cerca de un 90 % de las estaciones se registró precipitación, lo que da cuenta del carácter extremo de este episodio.

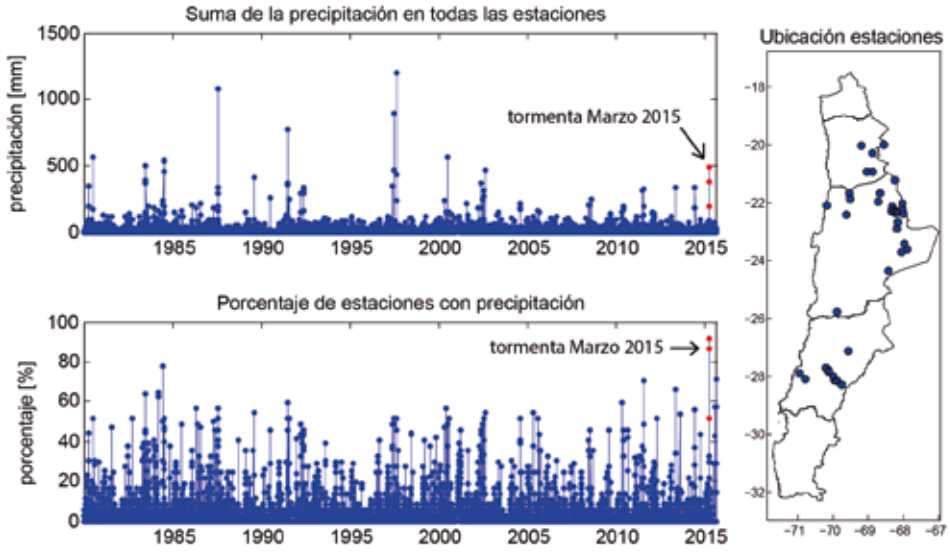


Figura 20. Datos de precipitación de las 37 estaciones entre 20 y 30 S que poseen datos durante más del 95 % del tiempo desde 1980.

6. Conclusiones

El evento de precipitación de marzo de 2015 reviste las características de extremo, tanto por las anomalías y patrones de circulación de gran escala que le dieron origen, así como por sus efectos locales. La generación de un evento extremo de esta magnitud requiere de una escalera larga y varias cortitas. En esta analogía, la escalera larga es la temperatura en el océano próximo, con anomalías de unos pocos grados. Asimismo, el momento de ocurrencia de la tormenta coincide con el máximo de la temperatura durante el ciclo estacional. Las anomalías de gran escala por otro lado eran las propicias para la generación de una circulación ciclónica como la baja segregada que caracterizó la circulación durante el episodio.

Durante el 2017 retornaron a la costa del Perú las condiciones anómalas de temperatura similares a las observadas durante 2015, aunque sin la presencia de las intensas anomalías de temperatura del mar en el Pacífico central. A fines de Febrero de 2017 una circulación ciclónica débil, ubicada cerca de los 33°S logró transportar vapor de agua en forma de una lengua pegada a la costa de manera similar a lo ocurrido en marzo de 2015. Este transporte consiguió elevar el contenido de agua precipitable por sobre los 40 mm (cerca del triple de su valor climatológico) a lo largo de la costa entre el sur de Perú y hasta Santiago (a una latitud de 33°S). Una serie de tormentas cálidas durante el día 25 produjeron aluviones cuyo origen está todavía en disputa pues también parece haber un aporte de vapor de agua desde el Atlántico como es típico de las tormentas de verano en los Andes subtropicales (Viale and Garreaud, 2014). Sin embargo, los altísimos valores de agua precipitable a lo largo de la costa y la simultaneidad de las tormentas

en una extensa franja andina hacen sospechar nuevamente que la mano del aporte de vapor de agua desde la costa de Perú estuvo presente, si no como la causa próxima al menos como un factor catalizador de la convección sobre los Andes en estos episodios que causaron la suspensión del suministro de agua para millones de personas en el centro de Chile. Finalmente, en mayo de 2017, una nueva tormenta produjo inundaciones en Chañaral y otros pueblos del norte de Chile, nuevamente con el aporte del vapor de agua desde la costa del Perú, combinado también con el aporte de vapor de agua desde el Pacífico tropical.

Referencias

Barahona, C. (2016). *Precipitación asociada a bajas segregadas en el hemisferio sur* (Tesis de Magister). Universidad de Chile.

Barrett, B. S., D. B. Krieger, and C. P. Barlow. (2011). Multiday circulation and precipitation climatology during winter rain events of differing intensities in central chile. *Journal of Hydrometeorology, 12* (5), 1071–1085.

Barrett, B. S., J. F. Carrasco, and A. P. Testino. (2012). Madden–Julian oscillation (MJO) modulation of atmospheric circulation and Chilean winter precipi- tation. *Journal of Climate, 25* (5), 1678–1688.

Barrett, B. S., D. A. Campos, J. V. Veloso, and R. Rondanelli. (2016). Extreme temperature and precipitation events in march 2015 in central and northern chile. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 121* (9), 4563–4580.

Bozkurt, D., R. Rondanelli, R. Garreaud, and A. Arriagada. (2016). Impact of warmer eastern tropical pacific sst on the march 2015 atacama floods. *Monthly Weather Review, 144* (11), 4441–4460.

Bozkurt, D., Rondanelli, R., Marin, J. C., & Garreaud, R. (2018). Foehn event triggered by an atmospheric river underlies record-setting temperature along continental Antarctica. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 123*, 3871–3892. https://doi.org/10.1002/2017JD027796

Falvey, M., and R. Garreaud, Wintertime precipitation episodes in central chile: Associated meteorological conditions and orographic influences. *Journal of Hydrometeorology, 8* (2), 171–193, 2007.

Juliá, C., D. A. Rahn, and J. A. Rutllant. (2012). Assessing the influence of the mjo on strong precipitation events in subtropical, semi-arid north-central chile (30 s). *Journal of Climate, 25* (20), 7003–7013.

Kalthoff, N., et al. (2002). Mesoscale Wind Regimes in Chile at 30°S. *Journal of Applied Meteorology, 41*, 953–970, doi:10.1175/1520-0450(2002)041.

Mo, K. C., and R. W. Higgins. (1998). The pacific-south american modes and tro- pical convection during the southern hemisphere Winter. *Monthly Weather Review, 126* (6), 1581–1596.

Montecinos, A., and P. Aceituno. (2003). Seasonality of the ENSO-related rainfall variability in central Chile and associated circulation anomalies. *Journal of Climate, 16* (2), 281–296.

Rondanelli, R., Rutllant J., Bozkurt D., Garreaud R., Hatchett B., Extreme tropical forcing at the onset of El Niño: Extreme Atacama rainfall and warmth in Antarctica, submitted, 2018.

Rutllant, J., and H. Fuenzalida. (1991). Synoptic aspects of the central chile rainfall variability associated with the southern oscillation. *International Journal of Climatology, 11* (1), 63–76.

Viale, M., and R. Garreaud. (2014). Summer precipitation events over the western slope of the subtropical andes. *Monthly Weather Review, 142* (3), 1074– 1092.

El evento hidrometeorológico del 25M en la ciudad de Copiapó: análisis de la inundación y los daños en el casco urbano

Tatiana Izquierdo Labraca, Manuel Abad de los Santos, Brayan Justo Araza Astudillo, Enrique Bernárdez Rodríguez y María Ester Arancibia Fernández

Resumen

Durante el evento hidro-meteorológico extremo de marzo de 2015 precipitaron en la Región de Atacama entre 10 mm en la costa y más de 85 mm en Cordillera. Las intensas lluvias causaron inundaciones en varias ciudades de la Región de Atacama incluida la ciudad de Copiapó. El proceso involucró un flujo de fango muy rápido de alta densidad y viscosidad que arrastró un gran volumen de arena y limos y enterró la ciudad bajo una capa de sedimentos de 31 cm de espesor medio (2,2 millones m^3). Un área total de 12,2 km^2 se inundó (72% de la zona urbana), con cuatro sectores en los que se superaron los 2 m de inundación. Aproximadamente el 25% de las viviendas afectadas sufrieron daños moderados o mayores. El evento tuvo además efectos secundarios de tipo ambiental debido a la cantidad de material particulado que fue movilizado por la acción eólica dentro de la ciudad y que afectó a la población durante los meses siguientes a la catástrofe. Este evento pone de manifiesto la necesidad de elaborar mapas de peligrosidad que, combinados con análisis de vulnerabilidad, permitan evaluar el riesgo de inundación de la ciudad para un correcto ordenamiento territorial.

1. Introducción

Las inundaciones causadas por flujos de derrubios y fango constituyen un riesgo a escala global, especialmente relevante en zonas de grandes desniveles y contextos climáticos áridos. En los Andes Centrales, caracterizados por un relieve joven, una abrupta topografía y elevadas pendientes, se producen precipitaciones muy intensas que originan este tipo de flujos y que alcanzan regiones de menor altitud (Moreiras y Sepúlveda, 2013). La precipitación en la Región de Atacama (24°-27°S, Figura 1) varía considerablemente con la topografía debido al efecto orográfico (Valdés-Pineda et al., 2014) y, aunque todo el Desierto de Atacama posee un clima hiperárido, existen algunos ríos perennes como el Copiapó. La precipitación media anual disminuye desde los 300 mm/año a 5.000 m s.n.m. a los 20 mm/año a 2.300 m s.n.m., y es inferior a 20 mm/año a la altura del nivel de mar (Houston, 2006; Guerrero, 2016). El fenómeno del Niño Oscilación Sur (ENSO) se ha vinculado directamente a crecidas de ríos y riesgos de remociones en masa en esta región (Sepúlveda *et al*., 2015) y, más concretamente, se ha comprobado que la anomalía existente en la temperatura superficial del mar (SST) provocada por El Niño fue fundamental para el evento de precipitación extrema ocurrido en Atacama en marzo de 2015 (Bozkurt *et al*., 2016).

Durante este evento hidro-meteorológico extremo, que ocurrió entre el martes 24 y el jueves 26 en marzo de 2015, un núcleo frío en altura se ubicó sobre las coordenadas 30°S 75°W, al mismo tiempo que una borrasca a menor altitud atrajo aire cálido y húmedo desde el Pacífico tropical hacia el norte de Chile (Jordan et al., 2015; Barret et al., 2016). La precipitación asociada

Figura 1. Localización de la ciudad de Copiapó en la cuenca hidrográfica del río Copiapó, Región de Atacama.

varió entre 10 mm de la costa y los >85 mm en zonas de alta montaña. Estas lluvias causaron avenidas torrenciales en 17 quebradas de la Región Atacama que afectaron a 7 municipios. Los mayores daños tuvieron lugar en las ciudades de Chañaral y Copiapó (Figura 1) y las consecuencias del evento en la Región de Atacama incluyen 31 muertos, 16 desaparecidos y 35.000 damnificados. Además, más de 2.000 casas fueron completamente destruidas y más de 1.500 sufrieron daños de diversa consideración. En Copiapó, hasta 160.000 m de alcantarillado se colmataron y más del 50% de las casas quedaron sin sistema de alcantarillado. El agua circuló por las calles más de 2 semanas tras las lluvias y la ciudad estuvo prácticamente paralizada durante un mes, lo que generó un impacto económico superior a 46 millones USD.

La ciudad de Copiapó (~160.000 habitantes) es la capital administrativa de la Región de Atacama y se localiza en la llanura aluvial desarrollada en la confluencia de la quebrada Paipote y el río Copiapó. Debido a su localización geomorfológica, el área de estudio experimenta frecuentemente inundaciones por flujos de fangos, como se indica en numerosas crónicas de la ciudad (Tabla 1) y queda recogido en el registro geológico cuaternario sobre la que está construida. Las principales geoformas que aparecen en este sector, aisladas y elevadas en el paisaje, son los abanicos aluviales y las terrazas fluviales que registran el nacimiento de la presente red de drenaje y el levantamiento de sus relieves circundantes durante el Neógeno. En áreas anexas al actual cauce del río Copiapó los escalones morfológicos definidos por sus terrazas fluviales constituyen las evidencias más recientes de la dinámica fluvial que ha prevalecido en esta zona durante los últimos miles de años. Sus depósitos están formados principalmente por limoli-

tas depositadas durante eventos aluvionales y areniscas de origen eólico, con conglomerados fluviales menos abundantes. Esta sucesión cuaternaria registra largos periodos de inactividad fluvial, acompañados por el desarrollo de mantos eólicos, que fueron interrumpidos en varias ocasiones por inundaciones y flujos en masa.

Tabla 1. Resumen de las principales inundaciones históricas en la ciudad de Copiapó previas a 2015. Fuentes: [1]Ortlieb, 1994; [2]Sayago, 1874; [3]Heraldo de Madrid (2 de marzo de 1906); [4]La Vanguardia (14 de agosto 1969); [5]DGA (2017).

Fecha[Fuente]	Descripción
1544[1]	En el invierno 1544 se produjeron "lluvias y tempestades, que fue cosa monstruosa, y como es toda esta tierra llana, pensamos de nos ahogar. Y dicen los indios que nunca tal que en tiempo de sus abuelos hizo así otro han visto, pero que oyeron a sus padres año".
1655[2]	Contiguo a este paraje, que más tarde se llamó Potrero Grande, había un cenagal que impedía el paso, haciéndose este por las laderas de los cerros y cuyos charcales arrastró una gran avenida del rio ocurrida en 1655, que dejó el terreno que dejó el terreno enjuto y abonado donde brotó la brea con toda lozanía.
1796[2]	(...) una lluvia ocurrida en el mes de junio hizo bajar por la quebrada de Paipote una considerable avenida que amenazó inundar toda la villa (...).
1827[2]	(...) durante el invierno de 1827 cayeron tan copiosas lluvias que engrosado enormemente el caudal del rio y desbarrancándose las aguas de la quebrada de Paipote, la villa se vio seriamente amenazada corriendo el turbión por las calles, espeso de barro y basuras y arrastrando algunos ranchos.
1848[1]	Frente de mal tiempo en el Norte Chico, con crecida del río Salado e inundaciones en Copiapó, en mayo 1848.
1877[1]	Las mayores precipitaciones caídas en las provincias de Atacama y de Coquimbo incluyeron los aguaceros de los días 23 y 31 de julio.
1888[1]	Desborde del río Copiapó entre otros que afectó a la ciudad de Copiapó.
1906[3]	Las inundaciones han causado inmensos perjuicios en las provincias de Atacama y Coquimbo. (...) En Copiapó no ha quedado nada en pie (...).
1969[4]	(...) En Copiapó el temporal de lluvia y viento produjo verdaderos estragos, especialmente en la localidad de Las Barridas, destruyéndose numerosas viviendas de construcción ligera. (...)
1991[5]	Precipitaciones de 31,7 mm en 24 horas en Copiapó que causaron inundaciones en las calles y viviendas de la ciudad.
19975	Las precipitaciones más altas de los últimos tiempos (148,7 mm) afectaron Copiapó y la Región Atacama. Flujos de detritos y barro ocurridos en la ciudad de Copiapó provocaron la muerte de 7 personas y severos daños en la zona urbana.

El río Copiapó presenta un régimen de caudales alimentado por lluvia y deshielo, con un caudal medio de la serie temporal 1974 – 2005 de 2,4 m^3/s. Durante los últimos 10 años el cauce del río, a su paso por Copiapó, ha discurrido seco debido a la captación de aguas arriba de la ciudad, principalmente para riego. Su cuenca hidrográfica (18.400 km^2) puede dividirse en 3 zonas: (1) el curso alto (7.412 km^2) formado por 3 subcuencas (Jorquera, Manflas y Pulido), que confluyen en el Embalse Lautaro (40 Hm^3); (2) el curso medio formado por dos subcuencas que se unen

en la ciudad de Copiapó, río Copiapó medio (2.943 km^2) y quebrada Paipote (6.689 km^2); y, por último,(3) el curso bajo en el que no existe ningún afluente importante (1.356 km^2) (Figura 1). La mayor parte de la escorrentía generada en el evento de marzo de 2015 en el curso alto quedó almacenada en el Embalse Lautaro (Figura 1). Sin embargo, la quebrada Paipote, que se encuentra seca bajo condiciones climáticas normales, se activó durante este evento y transportó un gran volumen de sedimentos y agua hasta su desembocadura, situada en el extremo SO de la ciudad de Copiapó. Naranjo y Olea (2015) estiman un caudal punta para el río Copiapó de ~110 m^3/s antes de su confluencia con quebrada Paipote y de ~600 m^3/s después.

2. El evento del 25M en la zona urbana de Copiapó

2.1. Reconstrucción cronológica

De acuerdo con la información recopilada sobre terreno a partir del relato de vecinos y en redes sociales, las lluvias de la madrugada del martes 24 no causaron ningún daño en la ciudad. La escorrentía generada en el río Copiapó fue suficiente para aumentar su caudal y que el agua comenzara a correr por el cauce después de varios años seco, llegando a la ciudad esa misma tarde desde la cordillera. Hay relatos que narran que durante la mañana de ese mismo día en Tierra Amarilla (tan sólo 7 kilómetros aguas a arriba de Copiapó) el cauce del río comienza a llevar una pequeña lámina de agua. En las quebradas laterales que rodean la ciudad prácticamente no se generó escorrentía. Así, durante las últimas horas del día 24 de marzo, el río Copiapó discurre por la ciudad con un caudal moderado, sin que la altura de las aguas o su caudal denotaran peligro alguno de desborde en ningún punto de su casco urbano (Figura 2A).

Las lluvias del día siguiente, miércoles 25, en toda la zona cordillerana, fueron mucho más intensas que las del día anterior y produjeron que los suelos alcanzaran su capacidad de campo, incrementándose considerablemente la precipitación neta y generándose un aumento brusco de caudal tanto en la zona alta del río Copiapó como en la quebrada Paipote. Muy probablemente, al aporte de precipitación pluvial que protagonizó este fenómeno hidrometeorológico haya que sumar el arrastre y fusión del importante manto nival acumulado los días previos, a cotas topográficas más bajas de lo habitual, como consecuencia del emplazamiento sobre casi toda la III Región de una baja segregada procedente del sur. De esta forma, a la escorrentía generada por la lluvia se le unió al agua de nieve derretida y descendió, impulsada por el gradiente topográfico, hacia la ciudad de Copiapó tanto desde la quebrada Paipote como por el propio río Copiapó, provocando el desborde de un enorme volumen de agua y fango en su zona de confluencia; es decir, la ciudad de Copiapó. Este caudal fue incrementando a medida que el aluvión recorría los valles y recogía el agua que llegaba desde sus quebradas tributarias. Al mismo tiempo, se producía la erosión e incorporación al flujo del material sedimentario acumulado en tiempos geológicos recientes en los cauces de las quebradas. Los sucesivos pulsos de precipitación posteriores al 25 de marzo dieron lugar a que esta situación se mantuviera durante, al menos, dos días más.

Las primeras crónicas que indican que la quebrada Paipote comienza a llevar agua por su cauce, completamente seco por más de una década, datan de las primeras horas del día 25 de marzo. Sobre las 1-2 AM los vehículos tienen serios problemas para atravesar la quebrada, que en este punto coincide en su trazado con la calle Candelaria Coyenechea de Gallo (Figura 2). El caudal parece experimentar un aumento muy rápido en las horas siguientes, desbordándose aproximadamente a las 4:00 AM y afectando a la población de Paipote entre las calles Juan O´Donovan y la Avda. Copayapu, en su margen izquierda. Su margen derecha experimenta

igualmente un desborde y gran parte de flujo se canaliza por las calles Vergara e Inca de Oro (cruce norte), que convergen con la calle Los Carrera, una de las principales arterias de la ciudad, a la que atraviesa en dirección NO-SE (Figura 2B). El agua sigue el desnivel topográfico hacia el NO, encauzada por esta vía urbana, e inunda progresivamente la ciudad, alcanzado el centro administrativo (Plaza de Armas de Copiapó) a las 5:00 AM y el centro histórico (Alameda) pocos minutos después, todavía sin generar graves daños (Figura 2B).

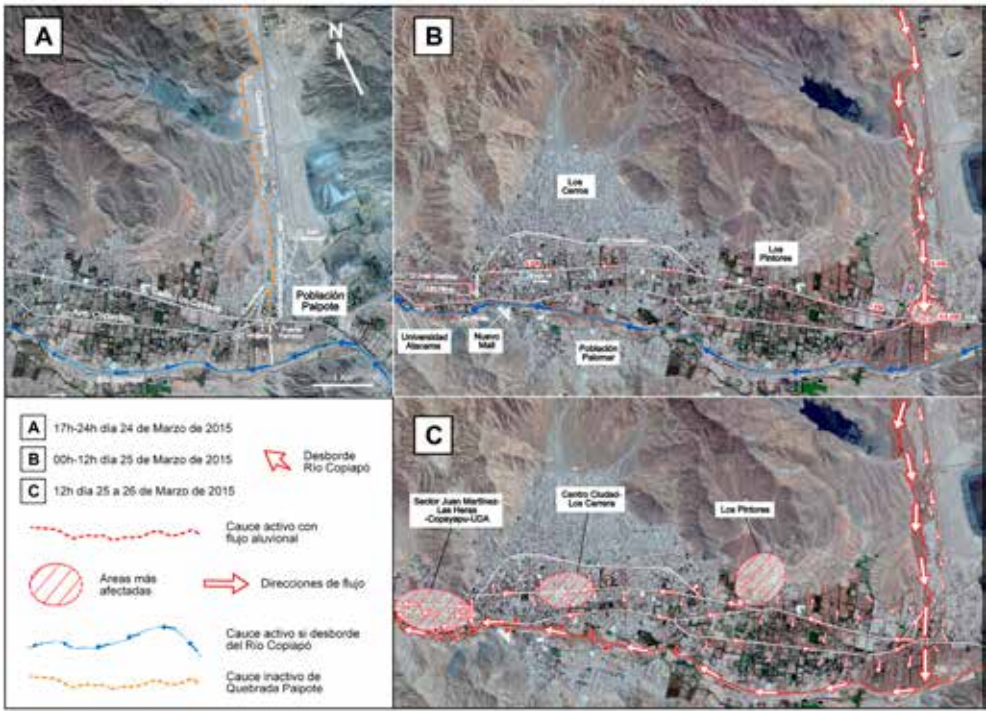
En algún momento de la madrugada de ese día, el arrastre de derrubios y otros materiales obstruyeron el canal bajo la Avda. Copayapu que une quebrada Paipote con el río Copiapó, favoreciendo su desborde en este punto y la inundación de todo este sector, sin lugar a dudas el más dañado de toda la ciudad (Figura 2B). Así, de acuerdo a la dinámica del evento del 25 de marzo, las primeras viviendas que fueron afectadas de gravedad fueron las localizadas próximas a este exutorio de la quebrada de Paipote, debido a que se vio fuertemente obstaculizado y estrangulado por el puente de FERRONOR. Esta situación intensificó, durante el tiempo no cuantificado en que se mantuvo, el desvío de una importante parte del caudal que descendía por la quebrada hacia el interior de la ciudad por la anteriormente citada calle Los Carrera y, en menor medida, por la Avenida Copayapu, cruzando longitudinalmente el flujo de agua y fango la ciudad en diferentes sectores. Al mismo tiempo, el aporte de agua y sedimentos procedente de quebrada Paipote al río Copiapó produce durante esta etapa un súbito aumento de la altura de sus aguas, que en la mañana del día 25, sobre a las 8 AM, todavía no alcanzan a desbordarse, pero llega a su límite superior y linda con la altura de los puentes que lo atraviesan y comunican el sector del Palomar con el resto de la ciudad.

Sobre las 11 AM -12 PM del día 25M la quebrada Paipote registra su caudal punta y un gran volumen del flujo se desborda y desvía hacia la ciudad. Las calles continúan actuando como canales que llevaron el agua y sedimentos por las principales vías de la ciudad en diversas direcciones de flujo, pero controlada principalmente por las diferencias altimétricas controladas por la geomorfología del valle (Figura 2C). Existe, con claridad, un vector dominante de propagación en la dirección del flujo SE-NO, que sigue las principales calles de la ciudad que discurren paralelas al río. Las calles que se orientan transversales a estas (NE-SO) ejercen como rutas preferentes de distribución de agua y fango en y, a su vez, como elementos comunicantes entre las vías urbanas. Durante esta etapa del fenómeno se producen los mayores daños en toda la ciudad como consecuencia de la inundación de las viviendas y la acumulación de fango en casi todas las zonas del casco urbano de Copiapó. Sectores como "Los Pintores", construidos en zonas endorreicas y ligeramente deprimidas con respecto al resto de la ciudad, se vieron fuertemente damnificados por el estancamiento de las aguas y fangos del aluvión, mientras que sectores como El Palomar, o la parte alta de la ciudad, delimitada por la Avenida Circunvalación y conocida como Los Cerros, no se vieron afectadas (Figura 2C). La zona de confluencia entre la quebrada Paipote y el río Copiapó, escasamente urbanizada, experimenta, de igual forma, una marcada inundación a partir de la expansión del flujo aluvional sobre la llanura de inundación localizada al sur de la Avenida Copayapu.

El gran flujo aluvional llega al centro de la ciudad canalizado por las calles Los Carrera, Atacama, O´Higgins, Chañarcillo y Avenida Copayapu, y alcanza el sector de La Alameda. En este punto cambia su dirección drásticamente hacia el SE, siguiendo la dirección de las calles, tendiendo a converger con el río Copiapó en las inmediaciones de la Iglesia de San Francisco y, en parte, desviándose por las calles Juan Martínez y Las Heras, generando severos desperfectos en todo este sector (Figura 2C). En estos mismos momentos, el río Copiapó se desborda en la parte

NO de la ciudad como consecuencia del *input* de agua aportada desde la quebrada Paipote, afectando el nuevo centro comercial, el sector de Las Pircas y el Campus Norte de la Universidad de Atacama, generalmente coincidiendo con las zonas donde se localizan los diversos puentes que lo cruzan. El fenómeno perdura durante varias horas y pierde progresivamente intensidad hasta el día 26, en el que cesa, volviendo las aguas a su cauce y disminuyendo rápidamente su altura dentro del cauce.

Figura 2. Cronología de la inundación en la ciudad de Copiapó y principales direcciones del flujo aluvional durante el evento hidrometeorológico del 25 de marzo de 2015.



2.2. Características sedimentológicas del flujo de fango que atravesó la ciudad

El depósito típico de los aluviones en el casco urbano de Copiapó se corresponde con un nivel formado de limolitas arenosas, en general masivas, con frecuentes restos de plantas y de espesor muy variable, que se acumula sobre el pavimento (Figura 3, tramos a y b). En algunos puntos se ha descrito una tenue laminación horizontal en su parte basal. Los escasos elementos detríticos gruesos (arenas muy gruesas, algunas gravas), escombros, basuras, etc., aparecen dispersos y suspendidos en una matriz cohesiva lutítica, muy mal seleccionada. Dentro del depósito ha sido posible identificar sutiles cambios texturales que podrían indicar la existencia de oleadas internas, o cambios en la viscosidad del flujo, principalmente marcados por variaciones en el porcentaje de arenas y descritas en las proximidades del punto de desborde principal; es decir, la quebrada Paipote. De igual forma, el contenido y tamaño de la fracción granulométrica arenosa tiende a ser mucho más alta cerca del cauce del río Copiapó. Su contacto basal es neto e irregular,

pero escasamente erosivo, sin que se hayan observado daños graves en el asfaltado de las calles una vez retirados los fangos. El techo presenta geometrías irregulares, levemente onduladas y contiene restos de vegetación y objetos de grandes dimensiones que aparecen "flotando" en la matriz. De forma característica, los últimos centímetros están representados por una capa de 1 a 10 cm de argilitas de color blanco que tienden a disgregarse con facilidad y pasar a formar parte del material particulado en suspensión, una vez que el material se deseca y es erosionado por la acción del viento (Figura 3, tramo c). De forma simultánea a este proceso de deshidratación, el depósito desarrolla grandes grietas de desecación, con un característico patrón geométrico poligonal, que llegan a atravesar por completo y en la vertical el depósito (Figura 3, tramo c).

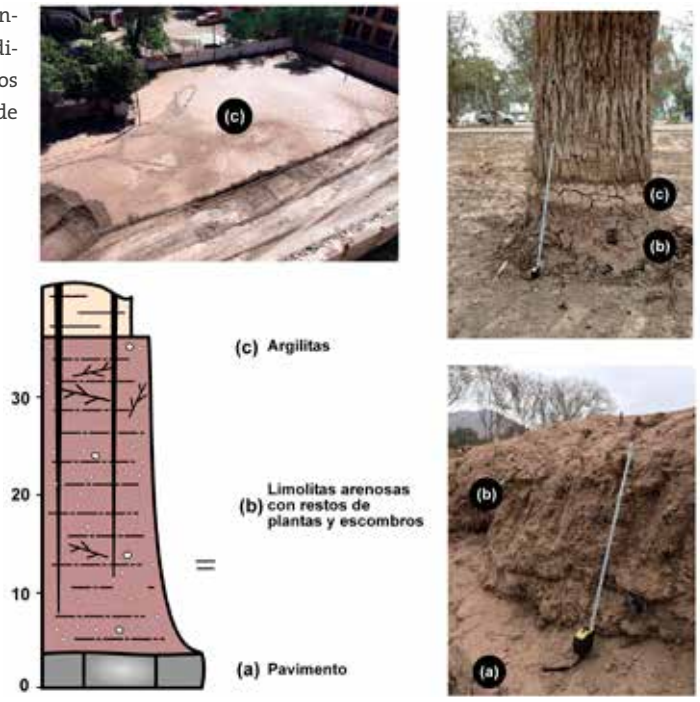


Figura 3. Secuencia tipo y principales características sedimentológicas de los depósitos aluvionales en la ciudad de Copiapó.

En general, el flujo de fango que circuló por las calles de la ciudad de Copiapó poseyó características propias, caracterizado por una alta viscosidad y gran cantidad de carga sólida en relación al volumen total de flujo. Este flujo fue generado por el proceso de desborde de las aguas mezcladas con el material sedimentario fino, que era transportado en suspensión por el cauce de la quebrada Paipote, en el extremo SE de la ciudad. El gradiente topográfico y la gravedad impulsaron el agua y las partículas sedimentarias al unísono, conformando un flujo más o menos denso y cohesivo, que experimentó una progresiva aceleración hacia el NO favorecido por la escasa capacidad de infiltración y baja rugosidad del terreno, así como por el efecto de canalización que ejercieron las calles.

El análisis de la velocidad de los objetos que aparecen flotando en el flujo en los momentos de mayor caudal del 25 de marzo por las calles de Copiapó, nos ha permitido establecer velocidades que oscilaron entre 2,5 y 5,5 m/s, con una altura de lámina de agua muy heterogénea que,

en general, no superaba los 50 cm. El flujo poseyó una gran capacidad de transporte de objetos por mecanismo de flotación, llegando a desplazar contenedores y vehículos varios kilómetros dentro del casco urbano de la ciudad, siempre que la anchura de las calles y la altura del flujo lo facilitara (Figura 4A). De esta forma, los elementos se mantuvieron en flotación por acción de las fuerzas de cohesividad de la matriz, lubricadas por el fluido, y posiblemente gracias a la turbulencia desarrolla en el seno de la mezcla fluido-sedimento. El comportamiento del flujo fue eminentemente fluidal y su régimen laminar y deposicional, tal y como se manifiesta en la preservación de las estructuras y construcciones, que aparecen colmatadas por fangos y derrubios, sin llegar a ser destruidas por acción del propio flujo (Figura 4B).

Figura 4. A) Capa de fangos arenosos con vehículos flotando en su techo en las proximidades de La Alameda. B) Vivienda colmatada por importante acumulación de fangos y derrubios en la población de Paipote.

3. Los daños e impactos del evento en la ciudad

3.1. Áreas afectadas por la inundación

Se realizó una campaña de campo durante las semanas posteriores al aluvión, una vez que fue posible caminar por las calles de la ciudad, orientada a la delimitación de la zona inundada en terreno y a la medida de altura de inundación y de sedimento en distintas zonas (Figura 5). Se tomó información en un total de 291 puntos y se integró en un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que permitió reconstruir el movimiento del agua a través de las calles, calcular el área afectada y la altura media de inundación de agua y fango, así como el volumen aproximado de sedimento acumulado en la ciudad.

Se estima una superficie total inundada de 12,2 km^2, que se corresponde aproximadamente con el 72% del área urbana de Copiapó (Figura 5). Dentro de esta zona se han identificado cuatro sectores de la ciudad en los que la inundación fue cercana o superó el metro de lámina de agua: a) Paipote; b) Los Pintores; c) Centro; d) Juan Martínez (Figura 6a). La altura de inundación media calculada para el área afectada de la ciudad es de 45 cm, con una medida máxima de altura de inundación de 3,8 m cerca de la confluencia entre la quebrada Paipote y río Copiapó.

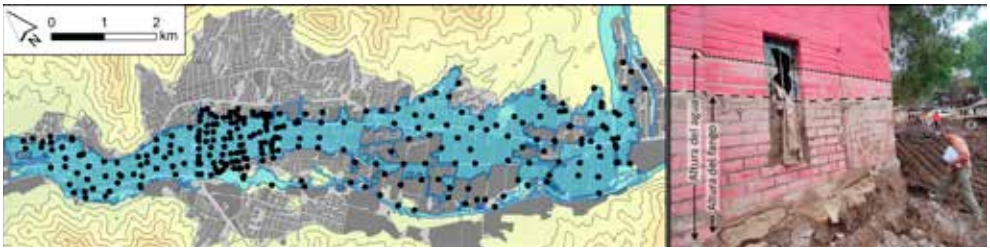


Figura 5. Localización de las medidas de altura de fango y altura de inundación tomados a lo largo de la ciudad de Copiapó y área de la ciudad afectada por el evento del 25 de marzo (en azul).

De esta forma, la zona de Paipote, localizada en el extremo E, es en la que se definen los valores máximos, debido a la obstrucción del canal de la quebrada Paipote en su camino de desembocadura hacia el río Copiapó (Figura 2B). El sector de Los Pintores se corresponde con una zona ligeramente deprimida con respecto al resto de la ciudad en la que se acumularon el agua y el fango hasta una altura máxima de 1,4 m, mientras que los otros dos sectores, Centro y Juan Martínez, son zonas por las que se canalizó el agua y circuló hacia la salida NO de la ciudad con alturas máximas de 0,9 m y 1,2 m, respectivamente. Esta última zona coincide con el centro histórico de la ciudad y es la única en la que el río Copiapó se desbordó generando daños (Figura 6a).

El flujo de fango enterró la ciudad bajo una capa de espesor medio calculado de 31 cm, formado por sedimentos limosos con porcentajes variables de arenas. Las máximas alturas de fango coinciden con las máximas medidas de altura de agua ya que el sedimento se transportaba mezclado con el agua en una fase única (Figura 6b). El volumen de sedimento acumulado y depositado en la ciudad se ha calculado en 2,2 millones m^3. El material recubrió por completo las calles y rellenó las viviendas (Figura 4B), sótanos, sistema de alcantarillado, y otros, dificultando enormemente la rehabilitación de la ciudad.

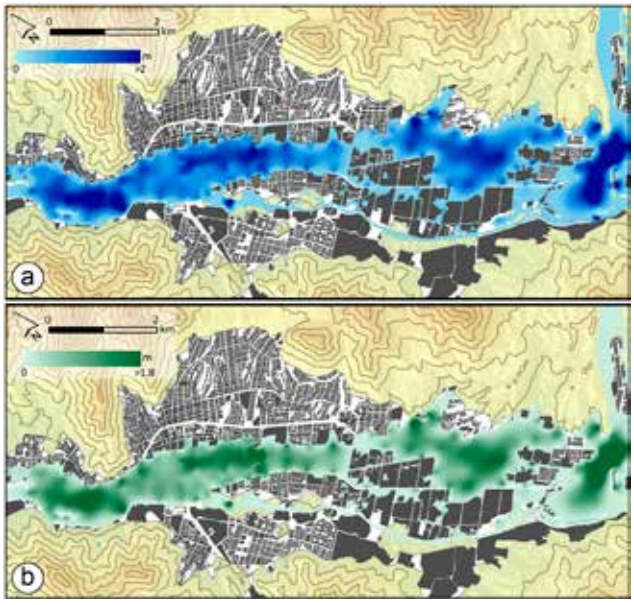


Figura 6. a) Mapa de máxima altura de inundación tras el evento del 25 de marzo de 2015 en la ciudad de Copiapó; b) Mapa de máxima altura de fango tras el evento del 25 de marzo de 2015 en la ciudad de Copiapó.

3.2. Impactos del evento en las infraestructuras

Tras el evento hidrometeorológico del 25 de marzo del 2015, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo realizó un catastro de daños en las viviendas de la ciudad de Copiapó que permitió identificar 4 núcleos dentro de la ciudad de Copiapó, en los cuales se evidencia que existe una concentración de viviendas con daño irreparable (Figura 7). Estos sectores coinciden con aquellos en los que la altura de inundación fue mayor y son: sector Paipote, sector los Pintores, Sector Centro y Sector Alameda- Juan Martínez.

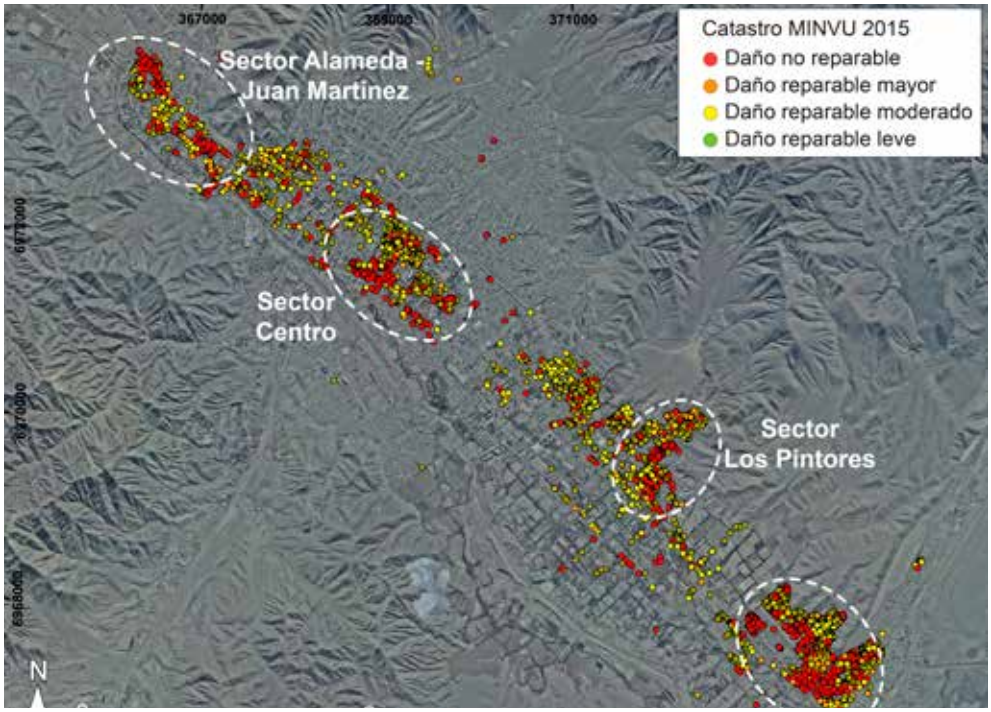


Figura 7. Mapa de las viviendas afectadas por el evento del 25 de marzo de 2015 en la ciudad de Copiapó clasificadas según el tipo de daño que sufrieron (MINVU).

De acuerdo al catastro realizado por el MINVU en la ciudad de Copiapó, un total de 6.168 viviendas se encontraban dentro del área de afectación del aluvión (Tabla 2). De éstas, la mayor parte no sufrieron daños o sus daños fueron considerados como leves (principalmente por la entrada de una pequeña lámina de agua al antejardín o a la casa). Sin embargo, alrededor del 25% de las viviendas afectadas sufrieron daños moderados o mayores entre los que se incluyen el ingreso de 30-80 cm de barro en la vivienda con deterioro del piso. Finalmente, un 9% de las viviendas catastradas en la ciudad presentaban daños no reparables, principalmente por motivos estructurales o por la entrada de un gran espesor de fango en las mismas (>80 cm).

Existe una relación proporcional entre el material de construcción de las viviendas y el comportamiento de éstas ante una inundación ya que los diversos materiales de construcción tienen diferente resistencia y, por ende, diferente comportamiento. Así, estos condicionan la res-

Tabla 2. Catastro de las viviendas afectadas por el evento del 25 de marzo de 2015 en la ciudad de Copiapó clasificadas según el tipo de daño que sufrieron (MINVU, 2015).

Viviendas afectadas	Daños leves	Daños moderados	Daños mayores	Daños no reparables
6.168	3.072 (49,8%)	771 (12,5%)	780 (12,6%)	566 (9%)

puesta de la estructura ante el proceso de inundación de forma que materiales no reforzados son más afectados, aumentando la probabilidad del daño a personas por el colapso de la vivienda (Stephenson y D'Ayala. 2014). De la misma forma, las edificaciones se comportan de manera diferente ante las inundaciones según su altura, siendo aquellas con mayor número de pisos, menos vulnerables. Esto se debe a dos factores: por un lado, las inundaciones afectan principalmente los primeros pisos y, por otro, el incremento en altura en la edificación va asociado a una mejor calidad constructiva y con ello existe una garantía de la construcción de la vivienda de acuerdo a la norma. En el caso de la ciudad de Copiapó, en la que la mayor parte de sus viviendas son de uno o dos pisos, los materiales de construcción mayoritarios son albañilería y bloque de concreto, aunque también de forma importante encontramos edificaciones de madera y adobe. Estas últimos fueron las que sufrieron mayores daños durante el 25M, resultando en un alto porcentaje de ellas dañadas de forma irreparable o mayor (Figura 8).

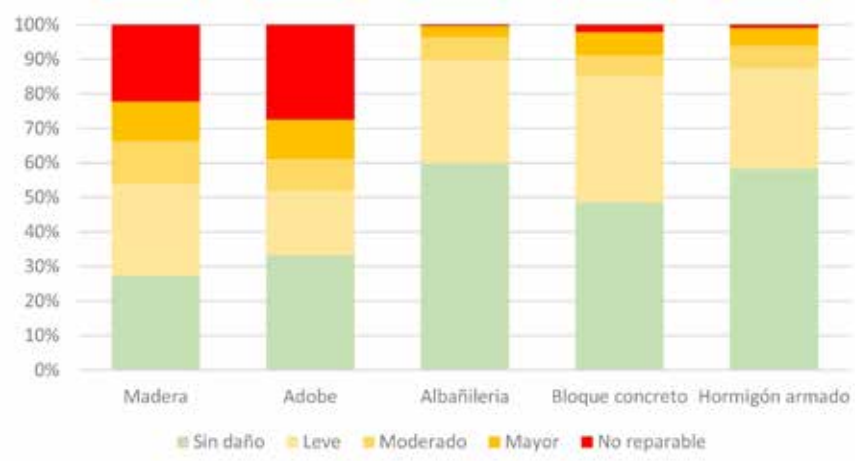
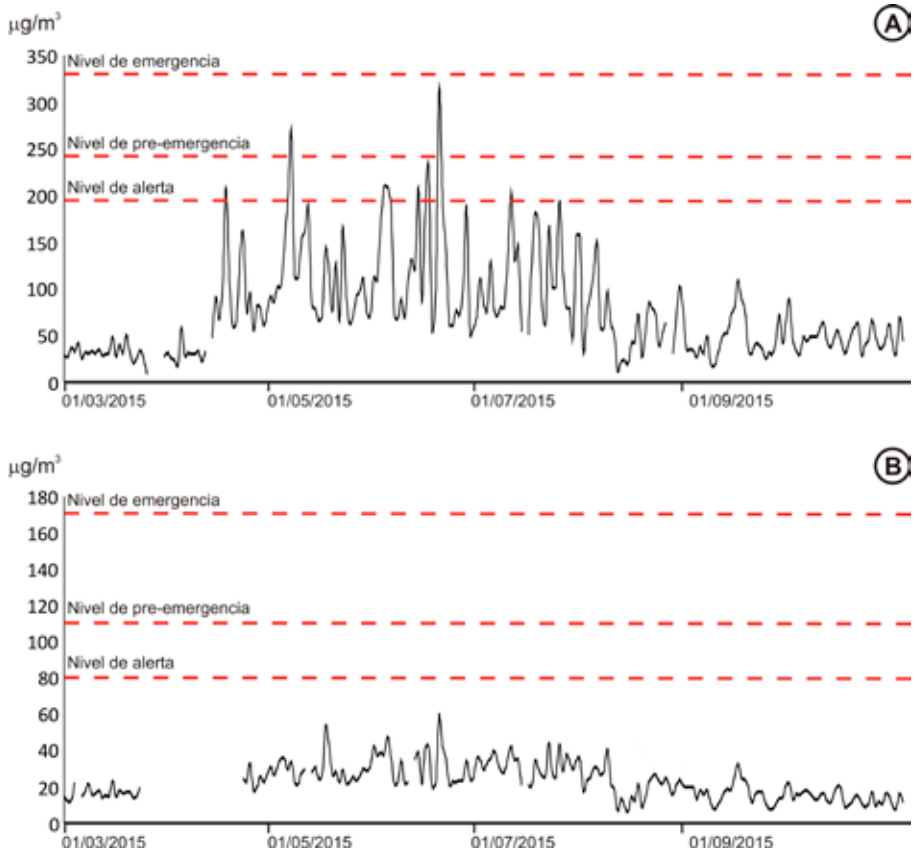


Figura 8. Clasificación del daño en función de la materialidad de las edificaciones afectadas por el evento del 15 de marzo en la ciudad de Copiapó, según el catastro realizado por MINVU Atacama en 2015.

3.3. Impactos sobre la salud

Las características sedimentológicas del depósito, con un nivel a techo de granulometría fina y deleznable (argilitas) tuvieron como consecuencia que, una vez escurrida y evaporada el agua, las partículas quedaran a disposición del viento para su remoción y puesta en suspensión en la atmósfera, proceso que estuvo intensificado por la acción del tráfico rodado sobre el material aluvional. Por todo ello, aproximadamente un mes después del evento hidrometeorológico, las concentraciones de material particulado fino MP10 y MP2,5 aumentaron de forma considerable (Figura 9). En particular, las concentraciones de las partículas de tamaño MP10 alcanzaron niveles de alerta por primera vez el día 16 de abril, situación que se repitió hasta en 7 ocasiones en los siguientes meses. Además, el nivel de pre-emergencia (con una concentración de 195 µg/m³) se alcanzó los días 6 de mayo y 18 de junio. Consecuencia de esta situación, la ciudad adoptó medidas de mitigación inéditas con restricciones vehiculares que buscaban reducir la dispersión y concentración del material particulado hasta 5 meses después de la catástrofe.

Figura 9. A) Concentraciones de materiales particulado MP10 medidos en la estación Copiapó SIVICA de 1 de marzo de 2015 a 31 de octubre de 2015; B) Concentraciones de materiales particulado MP 2,5 medidos en la estación Copiapó SIVICA de 1 de marzo de 2015 a 31 de octubre de 2015 (http://sinca.mma.gob.cl).



Por otro lado, las concentraciones de partículas de tamaño MP2,5 no alcanzaron nunca los niveles de alerta y se mantuvieron siempre por debajo de los 80 µg/m^3 (Figura 9A). La Seremi de Salud de Atacama emitió comunicados a la población indicado las recomendaciones para que las personas pudieran proteger su salud del material particulado en suspensión, a pesar de que sólo la fracción fina, de tamaño igual o menor a 2,5 micrones, es la que es capaz de penetrar por las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y los alvéolos. La fracción gruesa, mayor a 2,5 y hasta 10 micrones de diámetro, tiende a quedar retenida en la parte superior del sistema respiratorio.

Debido a la alarma que se generó en la población, el Departamento de Salud Pública-Seremi de Salud Atacama, en colaboración del Departamento de Estadísticas y del Departamento de Atención Primaria del Servicio de Salud Atacama, elaboraron una evaluación del impacto del material particulado en las atenciones de salud por médicos en la Atención Primaria de la Comuna de Copiapó (Seremi de Salud Atacama, 2015). En esta se detectó un leve aumento en los diagnósticos de asma durante los días en que las concentraciones de MP10 sobrepasaban los 150 µg/m^3 para todos los grupos de edad. De forma significativa, el informe remarca que el día con mayores diagnósticos de asma coincidió con el de mayor concentración de MP10 hasta la fecha del estudio (20 de mayo de 2015).

A parte del impacto sobre la salud física, resultados de análisis químicos en muestras discretas de agua y material sólido arrastrado por los aluviones, sugirieron la presencia de metales tóxicos en concentraciones totales y bioaccesibles elevadas, con respecto a aquellas obtenidas a partir de muestras de suelo de control, particularmente en el caso de arsénico y plomo (Cortés et al., 2015), evidenciando la importancia de realizar estudios de mayor detalle. A lo anterior se suman las consecuencias sobre la salud mental de la población. Así, aunque Lería y Salgado (2016) no encontraron porcentajes significativos de presencia de sintomatología de estrés postraumático ni de estrés subjetivo, en su estudio en estudiantes de la Universidad de Atacama tras el aluvión, sí identificaron que un gran porcentaje de alumnos presentaban síntomas moderados de estrés subjetivo (85,9%), lo que, según los autores, sugiere la presencia perdurable de un impacto psicológico. No existen otros estudios que evalúen el posible estrés post-traumático en el resto de la población de la ciudad, lo que hace que los resultados sean limitados a un nivel de educación alto, que es considerado un factor paliativo en la aparición y efecto del estrés.

4. Conclusiones

Las inundaciones en esta zona del Desierto de Atacama suponen uno de los mayores riesgos geológicos para la ciudad de Copiapó. Una primera revisión histórica preliminar muestra que en los últimos siglos la ciudad se ha visto afectada por este tipo de eventos 3 o 4 veces cada 100 años. Estos eventos se relacionan con diferentes escenarios meteorológicos que, en algunos casos, coinciden con crecidas y aluviones desde la quebrada Paipote, como el ocurrido durante marzo de 2015. En este contexto, la reconstrucción de estos eventos y la elaboración de mapas de amenaza de inundaciones y flujos de fango constituyen herramientas fundamentales a la hora de identificar las áreas con mayor probabilidad de inundación, puntos donde llevar a cabo medidas de mitigación-corrección, o incluso identificación de zonas seguras donde es posible la instalación de refugios. Así, el estudio del evento de marzo de 2015 ha permitido identificar 4 zonas de la ciudad en las que la acumulación de agua y fango fue más importante y que coinciden con las zonas en las que se concentran las viviendas con mayores daños: 1) Sector Paipote; 2)

Sector Los Pintores; 3) Sector Centro; y 4) Sector Alameda – Juan Martínez. El evento tuvo además efectos secundarios, no asociados a la inundación propiamente dicha, principalmente de tipo ambiental, debido a la cantidad de material particulado que fue movilizado por la acción eólica dentro de la ciudad y que afectó a su población durante los meses siguientes a la catástrofe.

Agradecimientos

Este trabajo está dedicado a la gente de la ciudad de Copiapó, por la enorme solidaridad, resiliencia y capacidad de sacrificio demostrada durante los aluviones del 25M de 2015. Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto DIUDA 10/2014 y el Proyecto FONDECYT Iniciación 11160405. Agradecemos al Ministerio de Vivienda y Urbanismo por su colaboración en la investigación y a los alumnos de la carrera de Geología de la Universidad de Atacama, Diego Cabezas, Nicole Calderón, Yesarela Cornejo, Fabrizio Fuentes, Sebastián Saavedra, Stephen Soto y Álvaro Torres por su ayuda durante el trabajo en terreno.

Referencias

Barrett, B. S., Campos, D. A., Veloso, J. V., Rondanelli, R. (2016). Extreme temperature and precipitation events in March 2015 in central and northern Chile. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres,* 121, doi:10.1002/2016JD024835.

Bozkurt, D., Rondanelli, R., Garreaud, R., Arriagada, A. (2016). Impact of Warmer Eastern Tropical Pacific SST on the March 2015 Atacama Floods. *Monthly Weather Review,* 144 (11), 4441–4460.

Cortés, I., ríos, J., Gaete, L., Tchernitchin, A. (2015). Metales pesados en muestras ambientales de la Región de Atacama. Situación postaluviones. En: *XIV Congreso Geológico de Chile*, La Serena – Chile.

DGA (2017). *Estadística hidrológica en línea*. Dirección General de Aguas. (www.dga.cl).

Guerrero, C. (2016). *Modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico del manantial costero de Playa Chorrillos, Región de Atacama (Chile)* (Tesis para optar al Título de Geólogo). Universidad de Atacama, 92 pp.

Heraldo de Madrid, periódico, 2 de marzo de 1906.

Houston, J. (2006). Variability of precipitation in the Atacama Desert: its causes and hydrological impact. *International Journal of Climatology*, 26: 2181–2198.

Houston, J., Hartley, A.J. (2003). The central Andean west-slope rainshadow and its potential contribution to the origin of hyper-aridity in the Atacama Desert. I*nternational Journal of Climatology*, 23: 1453–1464.

Jordan, T., Riquelme, R., González, G., Herrera, C., Godfrey, L., Colucci, S., Gironás-León, J., Gamboa, C., Urrutia, J., Tapia, L., Centell, K., Ramos, H. (2015). Hydrological and geomorphological consequences of the extreme precipitation event of 24-26 March 2015, Chile. En: *XIV Congreso Geológico de Chile,* La Serena - Chile.

La Vanguardia, periódico, 14 de agosto 1969.

Lería Dulcic, F., Salgado Roa, J. (2016). Estrés post-traumático y estrés subjetivo en estudiantes universitarios tras aluvión de barro. *Ciencias Psicológicas*, 10(2), 129 - 141. DOI: dx.doi.org/10.22235/cp.v10i2.1250

MINVU (2015). *Catastro de viviendas afectadas por el evento hidrometeorológico 2015*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile.

Moreiras, S.M., Sepúlveda, S.A. (2013) The high social and economic impact 2013 summer debris flow events in Central Chile and Argentina. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 54(2):181–184.

Naranjo, J.A., Olea, P. (2015). E*fectos geológicos del evento meteorológico de marzo de 2015: Descargas de flujos aluviales durante la tormenta del 24 al 26 de marzo de 2015*. INFEMERGENCIA-NORTE- 02. SERNAGEOMIN, 19 p.

Ortlieb, L. (1994) Las mayores precipitaciones históricas en Chile central y la cronología de eventos ENOS en los siglos XVI-XIX. *Revista Chilena de Historia Natural,* 67, 463 – 485.

Sayago, C.M. (1874). *Historia de Copiapó.* Imp. de El Atacama, 452 p.

Sepúlveda, S.A., Moreiras, S.M., Lara, M., Alfaro, A. (2015). Debris flow in the Andean ranges of central Chile and Argentina triggered by 2013 summer storms: characteristics and consequences. *Landslides*, 12: 115-133.

Seremi de Salud Atacama - Departamento de Salud Pública. (2015). *Evaluación del impacto del material particulado en las atenciones de salud por médicos en la Atención Primaria de la Comuna de Cópiapó.* En colaboración del Departamento de Estadísticas y del Departamento de Atención Primaria del Servicio de Salud Atacama, 24 p.

Stephenson, V., D'Ayala, D. (2014). A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1035–1048. doi:10.5194/nhess-14-1035-2014

Valdés-Pineda, R., Pizarro, R., García-Chevesich, P., Valdés, J.B., Olivares, C., Vera, M., Balocchi, F., Pérez, F., Vallejos, C., Fuentes, R., Abarza, A., Helwig, B. (2014). Water governance in Chile: Availability, management and climate change. *Journal of Hydrology,* 519: 2538-2567.

Riesgos socionaturales asociados a amenazas hidromorfológicas en la ciudad de Copiapó

Carmen Paz Castro Correa, Vanessa Magallanes Luna y María-Victoria Soto Bauerle

Resumen

En el presente capítulo se presenta un análisis de las condicionantes físico-naturales que generan amenazas asociadas a fenómenos hidrometeorológicos en la ciudad de Copiapó y su relación con el poblamiento humano, generando diferentes exposiciones al riesgo en la ciudad. El estudio geomorfológico y la aplicación de diferentes índices morfométricos permitieron evaluar las zonas más susceptibles de ser afectadas por fenómenos de remociones en masa y de inundaciones, siendo comparados los resultados con el área afectada por el gran evento de 2015, que superó el área de riesgo modelada en términos de la inundación fluvial. La expansión urbana y la segregación socio-espacial asociada, han permitido establecer que la población expuesta presenta diferentes niveles de vulnerabilidad física a este tipo de amenazas naturales. Estos resultados podrían guiar los esfuerzos por incorporar acciones de prevención y mitigación, reduciendo el riesgo ante futuros eventos de precipitaciones significativas, lo que debiera ser considerado en los instrumentos de planificación urbana.

1. Introducción

Las ciudades latinoamericanas están experimentando procesos de urbanización acelerada como consecuencia de la globalización de la economía; ello ha generado importantes transformaciones espaciales y sociales. Estos procesos son relevantes para Chile y han sido observados tanto a nivel de las grandes ciudades como también en las de tamaño medio y menores, con impactos que se relacionan a la construcción de nuevos riesgos a nivel local. La incidencia del cambio y la variabilidad climática en territorios expuestos a amenazas, sumadas a condiciones de vulnerabilidad social, conforman los escenarios actuales y futuros del riesgo en regiones que presentan un importante crecimiento económico y expansión urbana, como es el caso de la ciudad de Copiapó en la Región de Atacama.

La cuenca del río Copiapó conforma un sistema territorial que posee un antiguo y alto nivel de intervención productiva, su principal centro poblado, la ciudad de Copiapó, posee características funcionales, de ubicación geográfica y de tendencia de uso de suelo que ejemplifican la problemática señalada.

Tanto Copiapó, como otras ciudades de la región semiárida chilena, han sufrido significativos procesos de expansión urbana (Ortiz, Castro y Escolano 2002; Castro y Ortiz 2005, Magallanes, 2007; Soto *et al.,* 2015). En esta región, la intensidad de los procesos productivos mineros y agrícolas ha significado un auge económico significativo, trayendo consigo fuertes y sostenidas intervenciones en las cuencas hidrográficas del valle del río Copiapó, lo que ha modificado su funcionamiento y dinámica natural. Por su parte, los efectos del cambio climático estimado para el presente siglo en la región podrían agudizar los escenarios de amenaza natural existentes y generar otros nuevos

(Garreaud *et al.*, 2008), observándose un aumento de la condición de amenaza por inundaciones, y una mayor concentración de las precipitaciones para región semiárida. A ello se debe agregar la ocurrencia de eventos extremos asociados al fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS).

En este contexto, el propósito de estudio tiene relación con la identificación de las condiciones de amenazas de origen natural que presenta la ciudad de Copiapó, asociadas a la creciente exposición de su población a eventos de inundaciones y remociones en masa. Esto se asocia a una localización en un valle de desierto de montaña andina, sujeto a la dinámica hidrometeorológica de la cuenca alta de la Cordillera de los Andes, como también a los impactos de la dinámica de las cuencas locales.

2. Área de Estudio

La ciudad de Copiapó se encuentra entre los 27° 18´ y los 70° 25´ latitud Sur, en el curso medio del río Copiapó e inmersa en la comuna del mismo nombre, en la Región de Atacama, siendo el primer valle transversal a las cordilleras de Los Andes y de La Costa del norte del país (ver Figura 1). Fue fundada en 1744 asociada a la actividad minera, siendo un asentamiento de paso para cruzar al desierto de Atacama. Desde la década de 1970, a raíz del proceso de regionalización del país, tomó el rango de capital regional. Actualmente su base económica es la minería y la agricultura, siendo además un importante centro de servicios de la región.

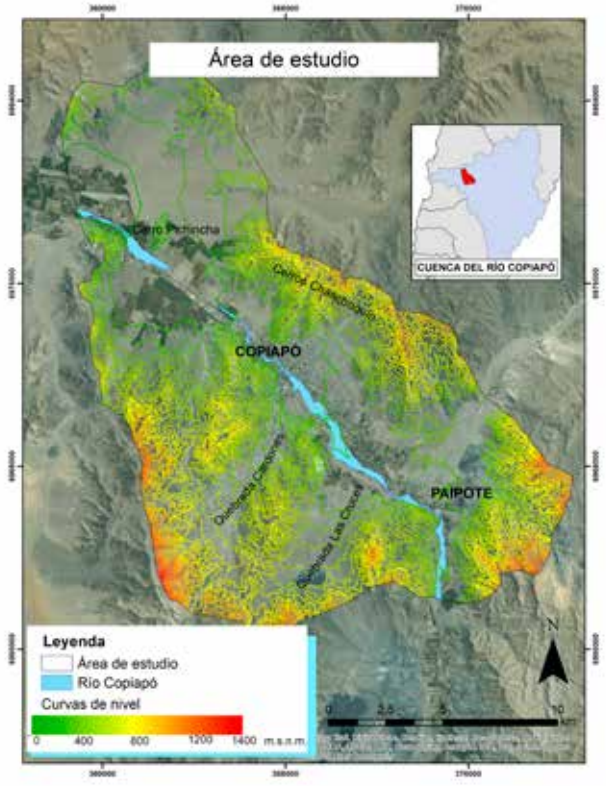


Figura 1. Área de estudio.

3. Metodología

La base metodológica del presente estudio está constituida por un análisis geomorfológico que se realizó a través de trabajo de fotointerpretación de grupos de geoformas y considerando la relación ladera/quebrada como sistema local de aporte y transporte de masa. Adicionalmente se presenta la evaluación de las formas depositacionales de las laderas, los abanicos aluviales y las formas polifásicas fluviales (Soto *et al.,* 2007; Castro *et al.,* 2009).

La condición de amenaza hidromorfológica se evaluó a través de la modelación de detalle del relieve en ambiente de sistemas de información geográfica (SIG SAGA), aplicando los índices morfométricos S*tream Power Index, Topographic Wetness Index* (TWI) y capacidad de transporte (TCI) que consisten en una expresión gráfica del poder erosivo del sistema hidrológico (Vogel y Marker 2010; Marker *et al*., 2012; Soto et al., 2017), con umbrales morfogenéticos asociado al nivel alto de cada índice. Los resultados se relacionaron con la geomorfología y la pendiente para conformar la carta final de las amenazas. Los resultados de la modelación fueron validados con trabajo de terreno.

4. Resultados

4.1. Caracterización físico natural

La Región de Atacama y la cuenca del río Copiapó en la Cordillera de Los Andes están sujetas a la dinámica de la tectónica andina. A partir del Mesozoico se nota una fuerte influencia de una zona de subducción que en el comienzo tenía un carácter *back arc* y a partir del Cretácico se cambió a tipo Andino. La cuenca del río Copiapó está modelada en las unidades conocidas como Antearco y Precordillera, Cordillera Occidental y Cordillera de la Costa (Charrier *et al*., 2007; Arévalo, 2005), grandes unidades geográficas constituidas por unidades litológicas diversas con una marcada influencia estructural y volcánica. Según Segerstrom (1962) y Arévalo, (2005), el sector de la ciudad de Copiapó y sus alrededores, se formó a partir de rocas volcánicas y sedimentarias plegadas, que varían en edad desde el Triásico hasta la parte inferior del Cretácico Superior, las cuales conforman zonas del Geosinclinal Andino y se encuentran depositadas sobre un basamento cristalino. El autor describe las siguientes características para el sector donde se emplaza la ciudad de Copiapó:

- Fondo de Valle: depósitos aluviales, la mayoría de éste es relleno aluvial no clasificado y los clastos tienen un rango de tamaños de guijarros a arcilla.
- Sectores noroeste, oeste y suroeste: depósitos del Batolito Andino, principalmente granodiorita.
- Noreste: depósitos de la formación Bandurrias, se conforma de conglomerados bien estratificados de color púrpura rojizo, con matriz feldespática y con rodados de andesita.
- Sureste: rocas metamórficas de contacto.

La geología del lugar tiene una marcada influencia en las formas y procesos geomorfológicos actuales. El contexto geomorfológico del área urbana de Copiapó es de un paisaje heredado, con formas de laderas y valles de diferentes litologías, edades y estados de consolidación de los materiales, que tienen un funcionamiento dinámico asociado a procesos gravitacionales, alu-

viales y fluviales ante eventos hidro-meteorológicos (Castro *et al*., 2009; Soto *et al*., 2012; 2014).

La geomorfología en la ciudad de Copiapó corresponde a un valle fluvial relleno con sedimentos del Pleistoceno y Holoceno (Arévalo, 2005) conformados por gravas y arenas. El valle está limitado por laderas esculpidas en rocas cristalinas y volcánicas con marcadas evidencias de la acción aluvial heredada, que en la cartografía están señaladas como quebradas torrenciales (ver Figura 2).

Junto a las laderas muy disectadas por la acción del agua, se encuentran formas depositacionales aluviales tales como los abanicos aluviales del Mioceno y los del Pleistoceno. Conforman un paisaje aterrazado de baja pendiente, cuyo origen son los procesos erosionales de las laderas y la generación de flujos detríticos durante periodos climáticos de pluviosidad intensa, como inferidos para el Mioceno (y la presencia de las Gravas de Atacama) y los períodos pluviales del Pleistoceno. Estas son formas que no están en morfogénesis pero con actividad aluvial actual, principalmente a través de numerosas y profundas quebradas torrenciales en las cabeceras de las laderas y en los ápices de los abanicos aluviales.

Las quebradas torrenciales, producto de una incisión hídrica heredada, son formas activas que presentan abundante material en curso para ser removido por gravedad y por la acción del agua, desde las zonas altas de las laderas a las terrazas y abanicos aluviales. Las zonas apicales de éstos presentan abundantes quebradas torrenciales.

El valle modelado por la acción fluvial constituye un depósito moderno de gravas inconsolidadas, conformando la denominada terraza T1 en contacto con los abanicos aluviales contemporáneos, éstas además de aquéllos formados en el Mioceno. La disección frontal de los abanicos por la acción fluvial es una evidencia del potencial hidráulico del río Copiapó durante el Pleistoceno, modelándolos como abanicos aterrazados. El límite entre la terraza T1 y las terrazas del Holoceno es difícil de establecer debido a la acción antrópica de la ciudad, sin embargo en la Figura 2 se representó el escarpe de la terraza y el lecho activo del río (T°) correspondiente al lecho holocénico.

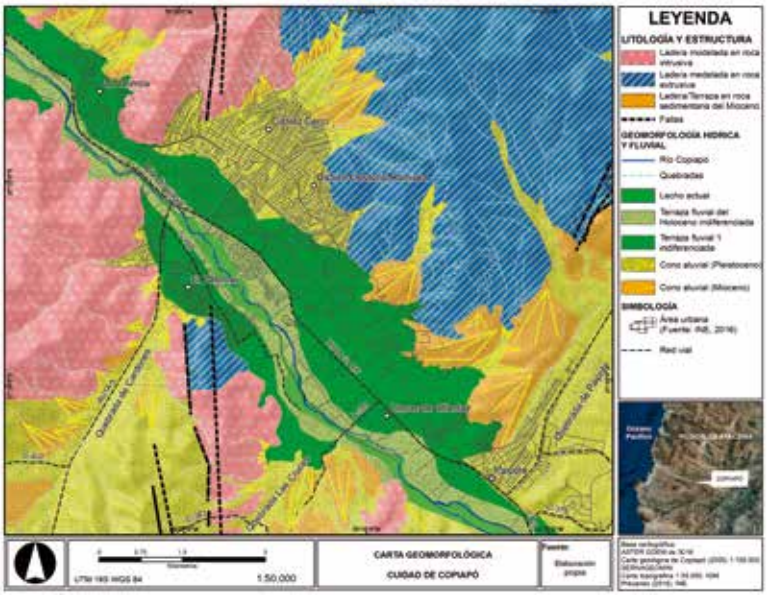


Figura 2. Carta geomorfológica del valle del río Copiapó y la ciudad de Copiapó.

4.2. Antecedentes hidromorfométricos y amenazas asociadas

Analizando la Figura 3, que representa los rangos de pendientes en el sector de laderas y terrazas en que se emplaza la ciudad de Copiapó, destaca el flanco de valle norte con laderas que presentan rangos entre 20,1° y 30° de pendiente, denominadas como de muy fuerte pendiente a moderadamente escarpado, que se observan en las áreas de cabeceras de las quebradas torrenciales indicadas en la Figura 2. En estas zonas existen condiciones potenciales de amenaza debida a la acción gravitacional, pues 30° de pendiente es considerado un umbral morfogenético a partir del cual pueden generarse procesos de inestabilidad en laderas, tales como deslizamientos y caídas de roca en macizos rocosos fracturados.

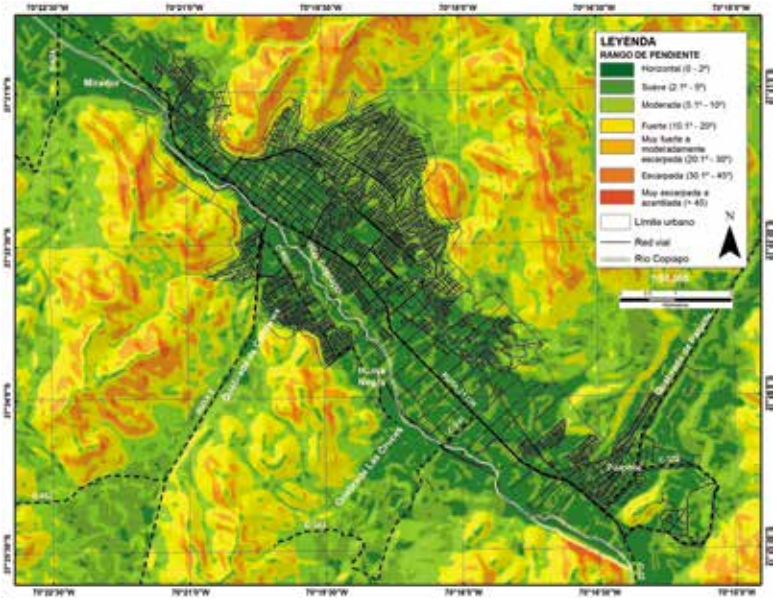


Figura 3. Carta de pendientes, según clasificación de Araya y Borgel (1972).

Se aplicó el *Stream Power Index* (SPI) que es un indicador de la energía del flujo y del volumen de agua, así como de la velocidad de la escorrentía, que permite conocer la condición potencial de la energía disponible para la erosión lineal y el transporte de sedimentos, frecuentemente a través de flujos turbulentos. Este fue empleado como indicador de amenaza hidromorfológica en el área de estudio y el resultado expone la significativa amenaza de este tipo de flujos en el área (SPI: 4,0-6,4), específicamente en la base de las laderas y en las quebradas que drenan hacia los abanicos aluviales. Esto demuestra el alto potencial de éstas unidades morfológicas para transportar sedimentos y generar erosión en sus cauces. Las unidades de menor pendiente, como las superficies de terrazas aluviales, presentan niveles bajos del índice SPI (Figura 4).

El Índice de Humedad Topográfica (*Topographic Wetness Index*, TWI) expresa el potencial de escurrimiento superficial debido a la saturación y el potencial de escorrentía. Las zonas húmedas producen escorrentía por una mayor saturación en el sustrato que en las áreas secas. Sin embargo, altos valores de TWI en laderas indican un potencial de generación de remociones en masa debido al mayor peso del agua en el substrato y al incremento en la presión de poros. En este estudio el indicador fue usado para señalar aquellas áreas con mayor humedad que poseen condiciones de saturación potencial y de escorrentía (Figura 5). Se observaron condiciones de

amenaza localizadas a lo largo de los cursos de las quebradas, fondos de valle y cursos fluviales principales, pero destacando, además algunas áreas deprimidas topográficamente en zonas de terrazas y abanicos. En estas unidades morfológicas la condición de amenaza según este índice es alta (TWI: 15,0-21,9). Por el contrario, el índice es bajo (TWI: 0-5) en las en las convexidades somitales (interfluvios) y en los tramos rectilíneos de las laderas.

A su vez, el Índice de Capacidad de Transporte (*Transport Capacity Index*, TCI) caracteriza la capacidad de transporte y se utiliza como indicador de procesos de erosión laminar. Lo anterior permite identificar áreas susceptibles de erosión y de alto potencial de transporte de sedimentos. En el área de estudio, la aplicación del TCI muestra una alta condición de erosión y capacidad de transportar sedimentos a lo largo de las principales formas de incisión hídrica, todas como quebradas, cursos fluviales y sus escarpes (TCI: 1,5-3.2). Contrariamente, solo las superficies de terrazas aluviales exhiben bajos valores del índice (TC1: 0-1) (Figura 6).

A partir de la modelación de índices topográficos, se concluye que existe una correlación entre éstos, toda vez que los valores SPI, TWI y TCI más altos se concentran en quebradas fuertemente erosionadas, de mayor jerarquía de drenaje y a lo largo del río Copiapó. Se infiere que las principales áreas de afectación, es decir susceptibles a presentar inundaciones, erosión y transporte de sedimentos como respuesta a eventos hidrometeorológicos extremos, son la quebrada de Cardones, quebrada de Las Cruces, quebrada Paipote, el río Copiapó y sus riberas (Figuras 2 a 6). Cabe mencionar, que dichas quebradas presentaron activación de carácter torrencial ante el evento pluvial de marzo de 2015 (64mm/24hrs), lo cual valida los resultados obtenidos por los índices empleados.

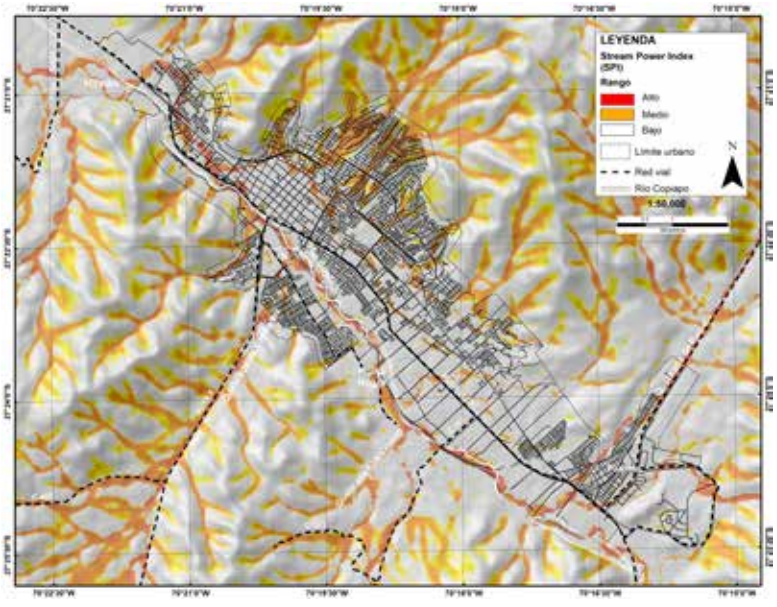


Figura 4. Índice de Energía del Flujo, Stream *Power Index (SPI).*

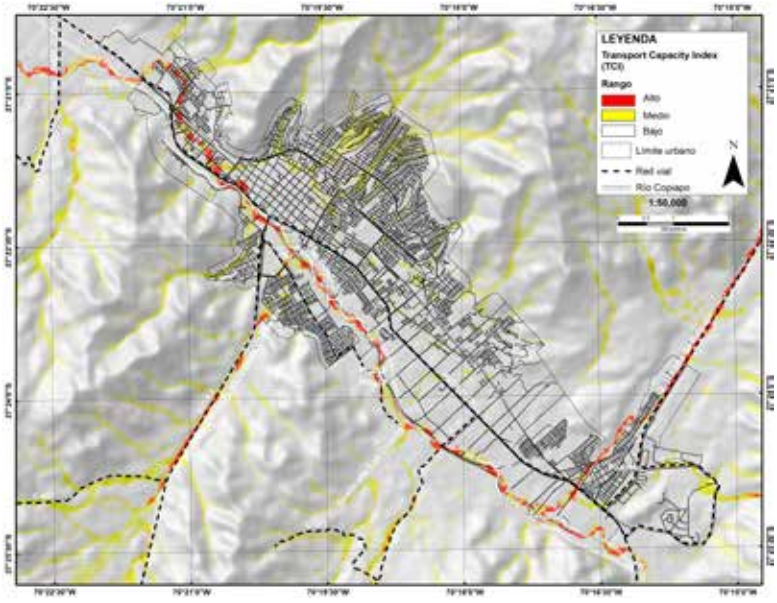


Figura 5. Índice de Humedad Topográfica, *Topographic Wetness Index* (TWI).

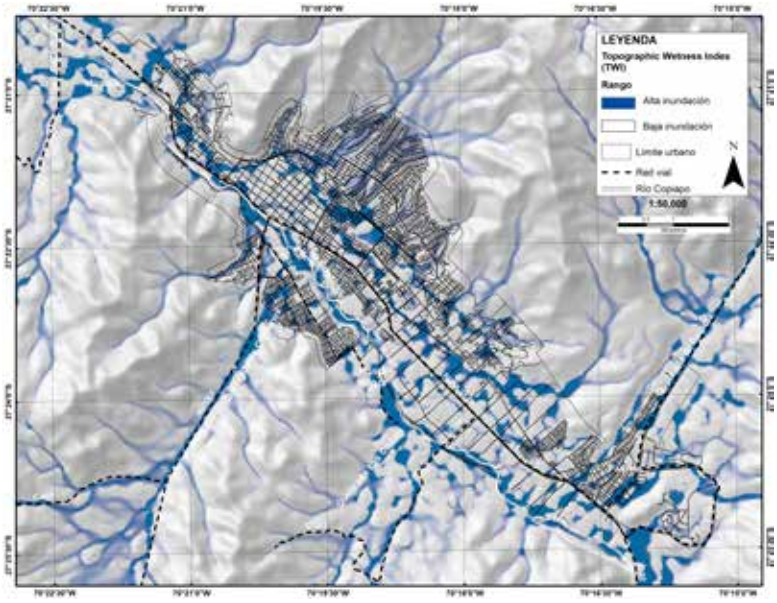


Figura 6. Índice de Capacidad de Transporte, *Transport Capacity Index*, (TCI).

Los resultados obtenidos permitieron generar una carta integrada de amenazas hidrogeomorfológicas a escala local, al incorporar la trama urbana de la ciudad (Figura 7). Esto permite distinguir los sectores con susceptibilidad a flujos de detritos que se activan cuando ocurren eventos pluviométricos concentrados y extremos. Estas áreas de mayor sensibilidad (en color rojo), se caracterizan por la fuerte pendiente y abundantes quebradas torrenciales que históricamente han sido activadas durante lluvias extremas y que se identificaron anteriormente. No obstante ello, se encuentran urbanizadas e incorporadas en el área urbana actual. Destaca el sector del Distrito Cerro que concentra las amenazas asociadas a las laderas y quebradas, así como a las zonas de menor pendiente correspondientes a los abanicos aluviales antiguos y modernos (Mioceno y Pleistoceno). En el evento pluviométrico extremo de marzo de 2015, las áreas cartografiadas en rojo y azul de la Figura 7 fueron activadas, tal como fue representado en la modelación presentada en este estudio, lo que fue validado a través de la comparación de los resultados con la imagen *Google Earth* del 26 de marzo de 2015.

Con respecto a las inundaciones fluviales, la ciudad de Copiapó está expuesta a los impactos de las crecidas del río Copiapó y de la quebrada de Paipote, este último si bien es un río tributario, es una gran cuenca hidrográfica alto andina. El río Copiapó a su vez presenta en el curso superior el Embalse Lautaro, que actúa como un regulador de caudal de la cuenca, pero no de los innumerables valles tributarios aguas abajo. Otro elemento a analizar en relación a la amenaza por inundaciones fluviales son las modificaciones en el lecho actual del río (extracción legal e ilegal de áridos) y la reducción del cauce del río en la zona urbana. En el evento pluviométrico de 1997, la crecida fluvial del caudal de la cuenca generó una inundación por desborde en la ciudad de Copiapó que causó grandes daños.

Considerando el crecimiento urbano de Copiapó, los escenarios de cambios de uso del suelo, del clima y la variabilidad del mismo, el evento más importante registrado es el de marzo de 2015, con una precipitación de 64 mm concentrados en 24 horas, en una zona donde normalmente la lluvia acumulada anual es de 40 mm, que generó procesos de remociones en masa

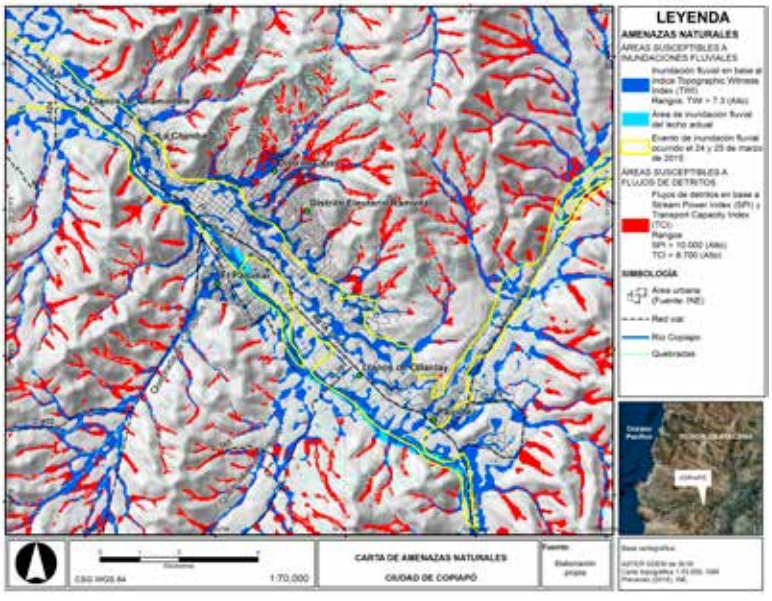


Figura 7. Carta de amenazas naturales. Inundación y flujos de detritos.

e inundaciones de los cuales la ciudad aún no logra recuperarse completamente. Durante este evento, la crecida fluvial de la quebrada de Paipote que inundó Tierra Amarilla, fluyó en dirección aguas abajo por la terraza T1 y el lecho del río Copiapó, sobre cargado también por el caudal y carga sedimentaria de las cuencas aportantes. En la Figura 7 se representó el área inundada en ese evento, de acuerdo a lo identificado en imagen *Google Earth*.

Los resultados permitieron calcular la superficie aproximada que puede ser afectada por estas amenazas hidromorfológicas en el área urbana de Copiapó, lo que se presenta a continuación:

La superficie de inundación correspondiente al lecho actual del río en el área urbana es de 5.988 km^2, donde el área de mayor susceptibilidad es la ubicada al noroeste del área urbana, específicamente en el sector de Llanos de Chamonate.

El área donde podría ocurrir mayor saturación y escorrentía, calculada a través del índice TWI, que afecta a la zona de quebradas que desembocan en el área urbana de Copiapó, es de 32,783 km^2. Asimismo, la energía del flujo, medida a través del índice SPI, da cuenta de que el área más sensible a flujos de alta energía es de 29,517 km^2 (quebradas y área urbana).

4.3. Procesos urbanos y construcción social del riesgo

La ciudad de Copiapó y sus alrededores han experimentado un avance horizontal del área urbana con mayor intensidad entre los años 1979 y 2000, donde no sólo ha crecido la ciudad permanentemente, sino que se ha intensificado el uso agrícola principalmente de parronales en la periferia urbana, existiendo además nuevas formas de urbanización en sectores rurales como son las parcelas de agrado (Figura 8).

La ciudad de Copiapó, que es capital regional, contaba con 158.261 habitantes al año 2012 (Censo 2012). La planificación de la ciudad para los próximos años, indicada en su Plan Regulador Comunal, permite que continúe la expansión horizontal, por lo cual se podrían ver afectados en especial, los servicios que el recurso suelo puede proveer para la zona (pérdida de suelos con potencialidades agrícolas, mantención de humedad, entre otros).

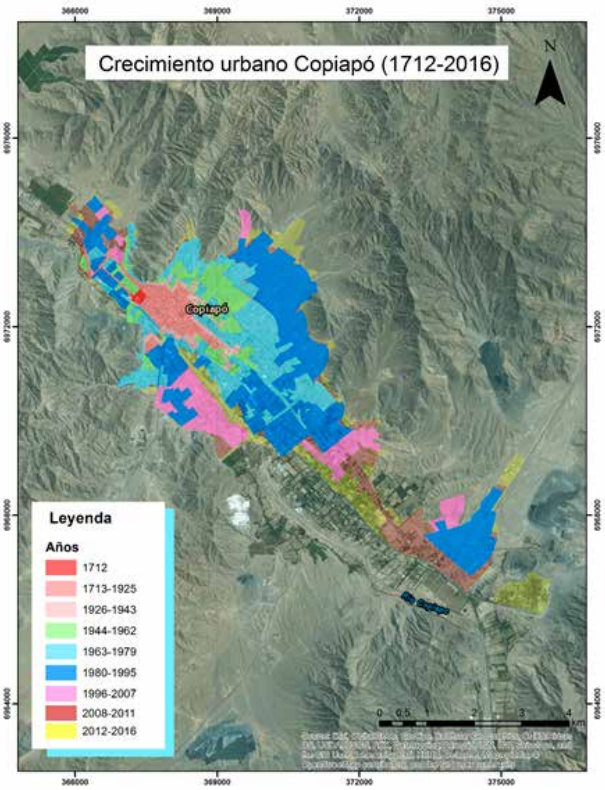


Figura 8. Crecimiento urbano Copiapó entre 1712 y 2016.

Los sectores de Cerro y Eleuterio Ramírez han experimentado un importante incremento de edificaciones, a los que se adjuntan los sectores periféricos a la ciudad como El Palomar, Llanos de Ollata y La Chimba. Cada uno de estos sectores presenta características distintas en lo referente a su estrato socioeconómico y tipo de urbanización, mostrando la característica de segregación socio-espacial que se observa normalmente en ciudades chilenas.

En el centro de la ciudad se identifican procesos de deterioro urbano. Según datos del MOP (2005), en la ciudad se identificaban más de 1.500 viviendas demolidas o transformadas a usos no residenciales en el período intercensal 1992 y 2002, lo que se explica en gran medida por el abandono y demolición de inmuebles deteriorados Debido a lo anterior se percibe un gradual despoblamiento del área céntrica de la ciudad, asociado a procesos de gentrificación. Esto se complementa con los efectos de programas de Renovación Urbana del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) que entrega subsidios para la compra de departamentos nuevos en la zona.

Los sectores Cerros y Eleuterio Ramírez son vestigio de las primeras zonas de expansión de la ciudad en los años 1970. Se trata de viviendas sociales localizadas en su mayoría entre las cercanías del centro de la ciudad y el borde de los cerros, especialmente en el distrito Cerro. Es la zona más poblada de Copiapó, concentrando casi el 30% de sus habitantes (Figura 9).

El mayor crecimiento de sectores de estratos socioeconómicos medios se localiza al oriente del centro de Copiapó, en los distritos Eleuterio Ramírez y Diego de Almagro, principalmente en torno a las dos avenidas longitudinales que estructuran Copiapó: Los Carrera y Copayapu (MOP, 2005).

Se observa el avance de la ciudad hacia las zonas de mayor pendientes, de los abanicos aluviales, y se aprecia el trazado de las quebradas entre la trama urbana. La imagen inferior izquierda evidencia el cambio de pendiente en las laderas de un abanico aluvial antiguo y la población instalada inmediatamente abajo. El escurrimiento de las laderas y abanicos del sector alto provoca inundaciones en la zona urbana de Eleuterio Ramírez (Figura 9).

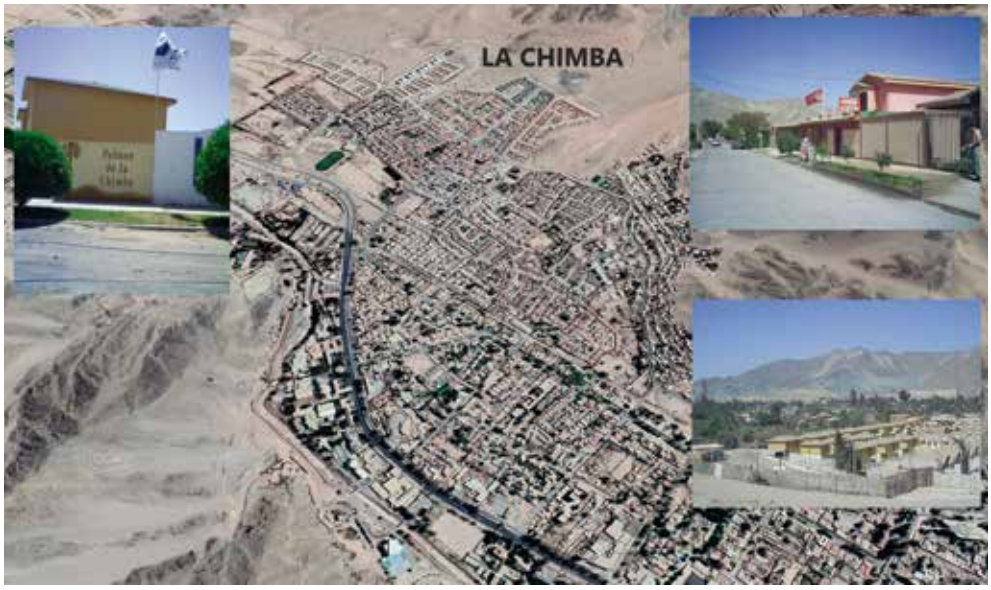


Figura 9. Distritos Cerros y Eleuterio Ramírez. Fuente: Magallanes (2007).

Otro sector que puede ser claramente identificado en la ciudad corresponde al sector sur del Palomar y Ollantay. Se trata de barrios nuevos localizados en la zona sur y oriente, de Copiapó respectivamente, tratándose de una zona en que se está incrementando la densidad de población. En estos barrios se ha implementado un plan integral de mejoramiento urbano en que ha sido relevante la incorporación de áreas verdes y edificación pública, por lo que presentan un crecimiento más orgánico y mejor estructurado que el resto de la ciudad.

Por su parte, el sector de La Chimba, al oriente de la ciudad en el distrito Universidad, es un área de incipiente expansión urbana de población de estratos socioeconómicos medios a altos, con un porcentaje superior a 23% de hogares clasificados como ABC1, vale decir, de altos ingresos (Figura 10).

Figura 10. Sector La Chimba. Fuente: *Google Earth* modificado por Magallanes (2007).

El Plan Regulador Comunal permite la ocupación de suelos aptos para la actividad agrícola, sin considerar las consecuencias ambientales de esto. En este sentido, este instrumento plantea la urbanización en el corto plazo de la zona al oriente de la ciudad, donde existen actualmente plantaciones agrícolas y parcelas de agrado, así como actividades de extracción de áridos, entre otras. Se plantea también la ocupación en torno a las principales vías de acceso a la ciudad (poniente, sur y norte de Paipote), donde existen servicios aislados, actividad agrícola y parcelas de agrado. Estas zonas son susceptibles a sufrir procesos de remoción en masa, como puede ser observado en los resultados de la modelación de procesos hidrometeorológicos realizada (Figura 7), además de la existencia de vestigios de procesos anteriores (flujos).

Uno de los sectores de mayor riesgo en la ciudad es el de los distritos Cerros – Población Lautaro y Población Borgoña, al noroeste de la ciudad. En esta zona se presenta una significativa vulnerabilidad social, con viviendas de material ligero, escasa planificación y existencia de vertederos clandestinos. Se observan amenazas de remociones en masa lo que agudiza la condición de riesgo (Figura 7).

Hay patrones de urbanización de uso residencial, no planificada, de características precarias (asentamientos informales denominados campamentos), localizados principalmente en los sectores periféricos del casco urbano; éstos se ubican en áreas que han sido identificados como territorios con riesgo hidro-morfológico, asociado a eventos pluviales extremos de graves consecuencias, tal como en marzo de 2015, que provocó la pérdida de 26 vidas y graves daños materiales. La inundación ocurrida en los días 24 y 25 de marzo, afectó una superficie de 16,517 km^2 para el área urbana. Dentro del área urbana de la ciudad de Copiapó, la inundación afectó casi en su totalidad los sectores de Llanos de Ollantay, Paipote, lo mismo ocurre al noroeste, en los sectores de La Chimba y Llanos de Chamonate. Aproximadamente la mitad de los distritos Cerro y Eleuterio Ramírez, correspondientes a los sectores aledaños al río Copiapó, fueron afectados.

Analizando la carta de modelación de amenazas (Figura 7) y los impactos del último evento hidro-meteorológico extremo de marzo de 2015, se puede señalar que los resultados podrían ser útiles para su consideración en los instrumentos de planificación urbana, que demuestra la necesidad de frenar el crecimiento de la ciudad hacia áreas de amenazas.

Conclusiones

Las amenazas de origen hidro-meteorológicas que afectan a la ciudad de Copiapó y sus áreas periurbanas se asocian a laderas y abanicos aluviales que se activan durante eventos de precipitaciones extremos. Los procesos que se generan son principalmente erosión lineal y laminar, flujos de detritos e inundaciones. La fuerte pendiente en que se localizan algunos distritos de la zona urbana, favorece el movimiento de agua y sedimentos desde las partes altas hacia el centro de la ciudad.

En relación a la condición de amenaza debida a las inundaciones fluviales, éstas se asocian a eventos climáticos extremos que afectan a la cuenca alto andina. Estas condiciones constituyen limitantes naturales para el crecimiento urbano y periurbano de la ciudad de Copiapó.

La impermeabilización del suelo sumada a las características naturales de sequía, y la ocurrencia de precipitaciones extremas generan escurrimiento superficial de flujos sobresaturados en las quebradas de las laderas y abanicos, tal como lo demuestran las modelaciones realizadas, la geomorfología del lugar y las consecuencias del evento de marzo de 2015.

El crecimiento urbano muestra patrones de segregación socio-espacial y ocupación de las áreas de amenazas señaladas, generando áreas de diferentes niveles de riesgo de desastres. Las zonas de mayor vulnerabilidad social, correspondientes a los distritos Cerros, Población Lautaro y Población Borgoña, se emplazan en zonas expuestas a remociones en masa e inundaciones. Esta población tiene escasa capacidad de resiliencia, por lo que necesita de apoyo para las acciones de prevención de riesgos y de recuperación en el caso de eventos de desastres.

En general se observa que el proceso de expansión urbana ha incrementado la exposición a amenazas naturales en la ciudad, lo que muestra una situación de conflicto territorial entre la necesidad de crecimiento de la ciudad y la necesidad de reducir el riesgo de desastres.

Referencias

Araya-Vergara, J.F. & Borgel, R. (1972). El uso de la carta 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar en la confección de unidades Geográfico-físicas. *Primer Simposium Cartográfico Nacional*, Instituto Geográfico Nacional, 263-269.

Arévalo, C. (2005). Carta Copiapó, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. *Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, 91, 54.

Castro-Correa, C.P, Ortiz, J., Hidalgo, R., Trumper, R., & Borsdorf, A. (2005). *Expansión urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad de tamaño medio: La Serena, Región IV de Coquimbo. Transformaciones urbanas y procesos territoriales del nuevo dibujo de la ciudad latinoamericana*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía, Serie GEOlibros, 4, 299-306.

Castro, C.P. & Ortiz, J. (2003). Expansión urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad de tamaño medio: La Serena, Región IV de Coquimbo. En: *51° Congreso Internacional de Americanista*, Santiago.

Castro Correa, C. P., Soto Bäuerle, M. V., Fernández Torres, R., Märker, M., & Rodolfi, G. (2009). Impacto en la geodinámica actual del valle de Nantoco, cuenca del río Copiapó, asociado a la reconversión productiva. *Revista de Geografía Norte Grande*, (42), 81-99.

Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, M.P. (2007). *Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile. Capítulo III de The Geology of Chile*, editado por Teresa Moreno del Instituto de Ciencias de la Tierra de Jaume Almera y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Barcelona, España) y Wes Gibbons. Publicado por The Geological Society London.

Garreaux, R., Aceituno, P., Muñoz, R., Rojas, M., & Montecinos, A. (2008). *El clima de Chile está cambiando*. Comunicación del Proyecto ACT-19. Variabilidad climática en Chile: evaluación, interpretación y proyecciones. Departamento de GF, Universidad de Chile. Santiago.

Magallanes, V. (2007). *Limitantes e impactos físico-naturales para la expansión de centros urbanos: caso de Copiapó, Región de Atacama* (Memoria para optar al título profesional de geógrafa). Universidad de Chile.

Märker, M., Dangel, F., Soto, M.V. & Rodolfi, G. (2012). Assessment of Natural Hazards and Vulnerability in the Rio Copiapó Catchment: A case study in the ungauged quebrada Cinchado Catchment. *Investigaciones Geográficas*, 44, 17-28.

Ortiz, J.; Castro-Correa, C. P. C., & Escolano, S. (2002). Procesos de reestructuración urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad de tamaño medio: La Serena, Chile. *Investigaciones Geográficas,* 36, 17-41.

Ortiz, J. & Escolano, S. (2005). Crecimiento periférico del Gran Santiago. ¿Hacia la desconcentración funcional de la ciudad? *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*, 9.

Segerstrom, K. (1968). *Geología De Las Hojas Copiapó Y Ojos Del Salado, Provincia De Atacama*. Santiago: Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, Boletín N°24.

Soto, M.V, Castro, C.P, Rodolfi, G., Märker, M., Fernández, R., Padilla, R. & Rugiero, V. (2007). Carta geomorfológica de la sección central y occidental de la Región Metropolitana de Santiago. *Investigaciones Geográficas*, 39, 91-104.

Soto, M. V., Marker, M., Castro, C. P., & Rodolfi, G. (2012). Dinámica actual de micro cuencas del desierto costero de Atacama (Caldera, Chile) y su influencia en la generación de amenazas. *Geografía F isica e Dinámica Quaternaria*, 35, 79-89.

Soto, M. V., Maerker, M., Rodolfi, G., Sepúlveda, S. A., & Cabello, M. (2014). Assessment of geomorphic processes affecting the paleo-landscape of Tongoy bay, Coquimbo region, central Chile. *Geografia F isica e Dinamica Quaternaria*, 37(1), 51-66.

Vogel, S., & Märker, M. (2010). Reconstruction of the pre-Eruption AD 79 Paleotopography and Paleo-environment of the Sarno River Basin (Italy) using Stratigraphical Core Drillings and Data Mining Technologies. *Geomorphology*, 115(1-2), 67-77.

Comprensión de las geo-amenazas asociadas a eventos hidrometeorológicos en los valles de Atacama

Mauricio Andrés Cartes Valdivia y Marisol Lara Castillo

Resumen

¿Por dónde pasa el río? ¿Qué es el período de retorno? ¿Se puede volver a repetir lo ocurrido el 25M? ¿Cómo se planifica la reubicación de la población? Son interrogantes que son planteadas usualmente luego de la ocurrencia de un desastre como las inundaciones ocurridas en marzo de 2015. Este capítulo tiene por objetivo entregar los antecedentes técnicos que permiten responder a estas interrogantes. Para ello se explican algunos conceptos básicos, y se discute la incertidumbre que existe en los análisis desarrollados. Además, se describe brevemente la manera en que los Planes de Regulación Comunal, herramientas de planificación que posee el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, incluyen los estudios que analizan las geo-amenazas, los que son elaborados por los especialistas. Entre los resultados relevantes, se explica la incertidumbre que poseen tanto los diferentes tipos de análisis como los resultados que se obtienen. Debido a que se recoge información que es incompleta, los resultados no son enteramente fiables, cuestionables y requieren una actualización periódica, al menos cada 5 años.

1. Definición de algunos conceptos relevantes

Las geo-amenazas corresponden a eventos causados por características geológicas y procesos que tienen potencial para crear amenazas severas a las personas, la propiedad y el entorno natural y construido. Los terremotos, las inundaciones, las remociones en masa, los volcanes, las avalanchas y los tsunamis son ejemplos típicos de tales acontecimientos.

Los eventos hidrometeorológicos corresponden a procesos o fenómenos de naturaleza atmosférica, hidrológica u oceanográfica que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, daños materiales, pérdida de medios de vida y servicios, alteración social y económica, así como daños ambientales. Entre estos fenómenos se cuentan: tormentas de precipitación líquida, de granizo, de nieve, y costeras, así como tornados, fuertes nevadas, avalanchas, inundaciones, inundaciones repentinas, sequías, olas de calor y heladas (UNISDR, 2017).

La inundación es el efecto o acción de inundar o cubrir completamente de agua u otro líquido. El flujo es el estudio del movimiento de un fluido. El flujo detrítico es un flujo que contiene una fracción sólida superior al 60% del volumen total (Takahashi, 2007).

Un aluvión (flujo de detrito/flujo de barro) se produce, entre otras causas, por el efecto de precipitaciones líquidas intensas, en muchas ocasiones acompañadas de bruscos derretimientos de nieves. Esto genera un aumento del caudal de una quebrada o río, mezclado con barro y rocas, que se desplaza a grandes velocidades y de alta capacidad erosiva, arrastrando escombros, árboles y lo que encuentre a su paso.

Las palabras "río", "quebrada", "estero" y "vertiente" son sinónimos de un cauce natural y su uso en el lenguaje se asocia a la cantidad de agua que transporta y al tiempo durante el cual se

transporta esta agua. Por ejemplo, en orden a la cantidad de agua, una vertiente transporta menor cantidad que una quebrada, y esta transporta menos agua que un estero o un río. En el norte del país, prevalece la condición del tiempo durante el cual se transporta esta agua, en el que se denomina quebrada a un cauce que lleva eventualmente agua (entre 1 y 30 días al año), mientras que un río lleva permanentemente agua (entre 100 y 365 días al año), dejando la palabra estero para aquellos cauces permanentes pero que transportan menos agua que un río.

Un cauce natural o río se forma por la unión de diferentes cursos de agua, algunos diminutos como vertientes, y otros mayores como quebradas y esteros, cuyo origen principal son las precipitaciones, el derretimiento de la nieve y los glaciares, y los afloramientos de aguas subterráneas. Se debe entender que gota a gota se forma una vertiente, una quebrada, un estero o un río.

¿Por dónde pasa un río? Un río pasa o cruza una sección que se encuentre más bajo que el punto anterior, buscando estar siempre a nivel inferior, entendido como un menor nivel de energía. A su vez, un río está limitado por las formas del terreno, pudiendo contraerse o abrirse según exista un terreno encajonado o plano, respectivamente. Si el terreno natural, visto como una sección del río en el que uno mira desde el centro del cauce hacia donde baja el agua, posee una forma de "v", entonces el límite está dado por la altura que sea capaz de alcanzar el agua en dicha forma de v. Si la forma que se observa es en forma de "u", entonces la altura que puede alcanzar también está dada por la altura que sea capaz de alcanzar, y explica que el agua puede cubrir todo el valle y limitarse por las laderas de cerros. Trágicamente, las ciudades del norte del país se encuentran ubicadas en la parte baja de estas formas de "u" y es probable que sean inundadas durante eventos de crecidas.

¿Se puede volver a repetir lo ocurrido el 25M? Sí, se puede volver a repetir, y el nivel de crecidas puede ser mayor, es decir, el nivel de las aguas puede ser mayor y con mayor velocidad que el ocurrido el 25M. Algunos fenómenos de la naturaleza, como las crecidas, se las asocian a un fenómeno aleatorio, que puede ser analizado con herramientas de probabilidad y estadística. Esta simplificación matemática sirve de apoyo para el diseño de obras civiles. Para ello se hace necesaria una base de datos con registros históricos. Se construyen entonces obras civiles que permiten desviar y encauzar las aguas con la finalidad de evitar que algún punto se inunde. Estas obras civiles poseen un costo y mientras más grande sean mayor será su costo. El diseño de estas obras se desarrolla teniendo como elemento base la crecida de un cierto período de retorno.

¿Qué es el período de retorno? El período de retorno es llamado también período de recurrencia, siendo un concepto complejo de explicar, incluso para los que trabajan periódicamente con él. Técnicamente, corresponde al tiempo esperado o al tiempo medio entre sucesos independientes, sobre un determinado umbral. De esta manera, un suceso que ocurre todos los años, es muy recurrente y se asocia a que tiene "período de retorno pequeño", mientras que un suceso inesperado, es poco o nada recurrente y se le asocia un "período de retorno grande". Por ejemplo, una crecida recurrente es aquella para la cual, el río Copiapó puede ser cruzado a pie y cuyo ancho del agua que cubre el suelo sea inferior a los 5 metros. Este tipo de crecidas podría ser clasificado con un período de retorno "pequeño" entre 2 o 5 años. Si el río crece y no es posible cruzarlo a pie, dado que el agua llega sobre las rodillas y la velocidad es muy alta, tal que pueda arrastrar río abajo, se está en una condición poco recurrente y se le asocia un período de retorno "grande" que podría estar entre 25 o 50 años. Si el fenómeno posee una menor o casi nula recurrencia, se le podría asociar un período de retorno "muy grande" de 100, 200, o 1000 años. El fenómeno que ocurrió el 25M, fue clasificado por los expertos como un fenómeno de 100 años de período de retorno (MOP-DOH, 2016).

Cada cauce natural tiene su propio comportamiento y su nivel de crecida que puede transportar, por lo tanto, tiene una escala de período de retorno propia y diferente de los demás cauces. Si es necesario construir una obra para cruzar un cauce natural, por ejemplo un puente en el río Copiapó, construyendo la obra para que resista eventos recurrentes, que son clasificados entre 2 a 5 años de período de retorno, podría ser una obra de un tamaño que permitirá cruzar el río en una longitud de 5 m. Esta obra tiene un costo asociado. Si se desea que la obra resista eventos menos recurrentes o de mayor período de retorno, como por ejemplo de 100 años, entonces la longitud podría ser entre 50 y 200 metros de ancho, o tal vez más, y en cuanto al costo, esta será mucho mayor que la obra diseñada para 2 a 5 años de período de retorno. Vías de conexión importantes, como por ejemplo la Ruta 5, deben tener puentes para 100 años de período de retorno, mientras que otra rutas de menor nivel de importancia, tienen puentes para 10 o 25 años.

Finalmente, ¿Cuándo una obra falla ante crecidas? Si la obra fue diseñada para 100 años de período de retorno, y falló ante una crecida entre 50 y 90 años de período de retorno, entonces la obra no fue bien diseñada y puede ser revisado su diseño y construcción en búsqueda de errores. Por el contrario, si la obra resistió, entonces estuvo bien diseñada. Si la crecida fue de 300 años de período de retorno y el mismo puente resistió, se dice que la obra estaba sobredimensionada, y pudo haberse invertido más de lo que debió haberse invertido. Esto permite argumentar que el uso del período de retorno proporciona un orden en el nivel de inversión sobre tal obra. Se pueden construir puentes que resistan crecidas de 1000 (mil) o de 10000 (diez mil) años, pero la inversión para estas obras podría haber servido para construir otras obras civiles, tales como: hospitales, colegios, etc. Si la obra ante una falla puede causar la pérdida de vidas humanas, entonces se diseña para 1000 o 10000 años. Un ejemplo de este tipo de obras son los evacuadores de crecidas o boca del embalse, que sirven para vaciar las crecidas de los grandes embalses. Esta obra busca evitar la rotura del muro del embalse, cuyo resultado causa inevitablemente la pérdida de vidas humanas en caso que existan personas o viviendas próximas al borde del cauce, generada por la ola de agua que baja a gran velocidad por el río.

2. Antecedentes de remociones en masa y evento de marzo 2015

La región presenta un historial no menor de eventos de remociones en masa. A partir de una revisión de diversas fuentes bibliográficas (Castro et al., 2010; Repositorios ONEMI, Sernageomin 2015, web Atacama virtual; Urrutia y Lanza, 1993) este historial se puede resumir en los siguientes eventos:

1906:
Fuertes inundaciones y aluviones en Vallenar y en el valle del río Huasco. En Copiapó se registraron 6 mm de precipitaciones. Corte total de la producción de plata en el sector río Copiapó por destrucción de la línea férrea en el sector por aluviones.

marzo 1927:
Las aguas arrasaron los poblados de San Antonio, Hornitos, Nantoco, Tierra Amarilla, Paipote y el Pueblo de San Fernando.

12 de febrero 1972:
En 1972 el invierno boliviano trajo al altiplano una cantidad inusual de precipitaciones. La lluvia

cayó intensamente en el sector cordillerano de Chañaral, trasladándose hacia la costa de manera violenta. El torrente destruyó a su paso la línea férrea y la carretera que une los pueblos de Llanta, Diego de Almagro y el Salado con el puerto.

14 de mayo 1985: Aluvión en la quebrada de Manflas
El día 14 de mayo de 1985, un violento aluvión, con un volumen total estimado de 5x106 m^3, se precipitó por el valle del río Manflas, afluente del río Copiapó. El material movilizado, incluyendo gran cantidad de piedras y restos vegetales, en una matriz de arena y lodo con elevado contenido de humedad, tras recorrer aproximadamente 15 km, se descargó a la cubeta del embalse Lautaro, donde se depositó. En su punto de origen, el flujo habría alcanzado un caudal de 11.000 m^3.

18 de Junio 1991:
En esta fecha la lluvia caída en Caldera fue de 39,4 mm en 24 horas; en Copiapó de 31,7 mm y en Chañaral 41,4 mm, según Hauser (1997), a partir de datos de la Dirección Meteorológica de Chile. El mismo autor indica que estos eventos de lluvias intensas, provocaron crecidas y desbordes de los ríos Copiapó y Huasco, causando inundaciones en las calles y viviendas de las ciudades de Copiapó, Vallenar y Huasco. Existen también registros de cortes de caminos y de las líneas férreas ocurridas por activación de las quebradas y generación de flujos con alto contenido de carga sólida (Castro et al., 2010).

12 de junio de 1997:
Las precipitaciones más altas de los últimos tiempos (148,7 mm) afectaron Copiapó y la Región Atacama. Flujos de detritos y barro ocurridos en la ciudad de Copiapó provocaron la muerte de 7 personas y severos daños en la zona urbana, en sectores donde las quebradas de descarga estaban ocupadas por viviendas

Eventos de marzo de 2015:
El evento ocurrido entre el 24 y 26 de marzo del año 2015, fue descrito por la Dirección Meteorológica de la siguiente manera, "(...) (en la fecha del evento) se desprendió desde el flujo normal de los oestes una baja presión que se desplazó hacia el norte. A esta baja segregada, producto del debilitamiento del anticiclón subtropical del océano Pacífico, se le sumó el calentamiento repentino del océano en la costa norte de Chile durante la semana del 22 al 28 de marzo (2°C de temperatura por sobre lo normal). Por otra parte, este calentamiento oceánico transfirió humedad potencial al aire, activando las precipitaciones en el desierto de Atacama, de características líquidas en la alta cordillera, generando desbordes en los ríos e inundaciones en la Región de Atacama. La extensión y duración del evento provocó desbordes de los ríos y aluviones en las localidades del valle de Copiapó, ocasionando pérdidas humanas y materiales en una zona que normalmente precipita del orden de 15 mm al año, registrando alrededor de 70 mm acumulados en todo el evento" (Dirección Meteorológica de Chile, 2015).

Considerando diversas informaciones recopiladas de medios noticiosos en internet, se puede resumir que las precipitaciones del evento mencionado provocaron en la Tercera Región de Atacama la consecuente crecida y desborde de los ríos Copiapó y El Salado, y activación de quebradas en la provincia del Huasco, como en los valles de los ríos El Tránsito y El Carmen, lo cual provocó deslizamientos de tierra, cortes de rutas, viviendas destruidas y cortes de energía eléctrica y de fibra óptica (Figura 1). En el último reporte por parte de ONEMI publicado el 7 de

junio se estableció en 31 las personas fallecidas, 16 desaparecidas y 16.588 damnificadas (ONEMI, 2015). El fenómeno meteorológico fue calificado por el gobierno como «el mayor desastre pluviométrico en 80 años».

La zona de inundación del aluvión en las inmediaciones de Copiapó, fue delimitada por estudios desarrollados por el SERNAGEOMIN (marzo 2015). Esta área se presenta en la Figura 2.

Enero de 2017:

Un evento de precipitaciones intensas en periodo estival, trajo consigo el desborde del río Chollay en las quebradas de Canuto y Zorra Muerta, en la comuna de Alto del Carmen, provocando una serie de aluviones y deslizamientos de tierra que dejaron caminos cortados, viviendas dañadas y gente damnificada.

Figura 1. Algunos de los efectos del aluvión de marzo de 2015 en la región. A,B: Valle río El Tránsito. C,D: Valle río Copiapó. Fuente: Gentileza fotografías A,B,C: N. Bucarey; D: S. Sepúlveda.

Figura 2. Área de estudio sector de Copiapó. Imagen obtenida de Google Earth, con la gentileza de datos aportados por SERNAGEOMIN (marzo 2015).

3. Descripción hidrometeorológica del evento 2015 y comparación con eventos anteriores

3.1. Antecedentes generales

Durante marzo de 2015 se desarrollaron diferentes eventos de precipitación en el norte de Chile, cuya alta intensidad generó importantes crecidas aluviales en diferentes valles, afectando a centros poblados con inundaciones, cortes de camino y de energía, además de pérdidas de vidas humanas, entre otros. Las localidades más afectadas en la Región de Atacama fueron: Diego de Almagro, Copiapó, Tierra Amarilla y Alto del Carmen.

En la Comuna de Tierra Amarilla, la quebrada que generó un aporte directo de flujos de detritos a la ciudad de Tierra Amarilla fue la quebrada Cerrillos o Carrizalillo, la cual bloqueó el cauce del río Copiapó por algunas horas, produciéndose una acumulación transitoria, para luego producirse un golpe de caudal de alta concentración que generó daños importantes en los poblados de Nantoco y Tierra Amarilla. El caudal obtenido para la quebrada Cerrillos se estimó en unos 77 m^3/s más sedimentos, de modo que puede haber alcanzado unos 103 m^3/s el caudal detrítico (MOP-DOH, 2016) .

En la ciudad de Copiapó se desbordaron el río Copiapó y la quebrada de Paipote. El río Copiapó se desbordó en dos puntos: a la altura del aeródromo Chamonate, y entre el Parque Kaukari y el Mall Plaza Copiapó; mientras que la quebrada de Paipote se desbordó a la altura de su confluencia con el río Copiapó, inundando las avenidas Los Carrera y Copayapu, cuyo trazado es paralelo al río principal.

Desde el punto de vista meteorológico, las tormentas que se generaron durante los días 24, 25, 26 y 27 de marzo, se conocen como "Baja Segregada" (o de Ciclón Segregado), y corresponden a flujos de aire frío en altura provenientes de la Antártica que se mueven hacia los trópicos y puede alimentarse o no de corrientes que le otorguen humedad (CR2, 2015). En este caso, este flujo de aire se enriqueció con vientos tropicales provenientes del Ecuador, lo cual generó que las precipitaciones se intensificaran inusualmente y a la vez aumentara la temperatura. Según el CR2 (2015), en un evento normal, la isoterma 0°C está entre 1.000 y 2.000 metros de altura. En este caso, la cordillera nevada partió sobre los 3.500 metros, e incluso a los 5.000 m, por lo tanto, la precipitación no se acumuló en forma de nieve.

Además, el suelo de la región, con escasa o nula vegetación y mucho material rocoso, posee baja capacidad de infiltración, lo cual responde con una saturación acelerada y un escurrimiento de la precipitación casi inmediata. En zonas de alta pendiente se generaron fenómenos de remoción en masa, tales como aluviones, aludes, y flujos de barro y/o detritos.

Si bien las precipitaciones no se concentraron en el valle, sino en la parte alta de la cuenca, los importantes volúmenes de flujo de caudal sólido y líquido, escurrieron a través del valle, arrastrando todo tipo de elementos como maquinarias, casas, árboles y personas. El episodio meteorológico unido a condiciones geológicas e hidrológicas desfavorables se conjugó para crear un desastre de origen natural, cuyo resultado a nivel país fue de: 31 personas fallecidas, 16 personas desaparecidas y 16.588 damnificadas (ONEMI, 2015).

Según el reporte del Índice Global de Riesgo Climático 2017, presentado por Germanwatch en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP22), las intensas precipitaciones ocurridas en marzo del año 2015 en la región de Atacama, explican la presencia de Chile

en el décimo[10] puesto de la lista a nivel mundial. Esta situación refleja la condición vulnerable de nuestro país ante este tipo de catástrofe.

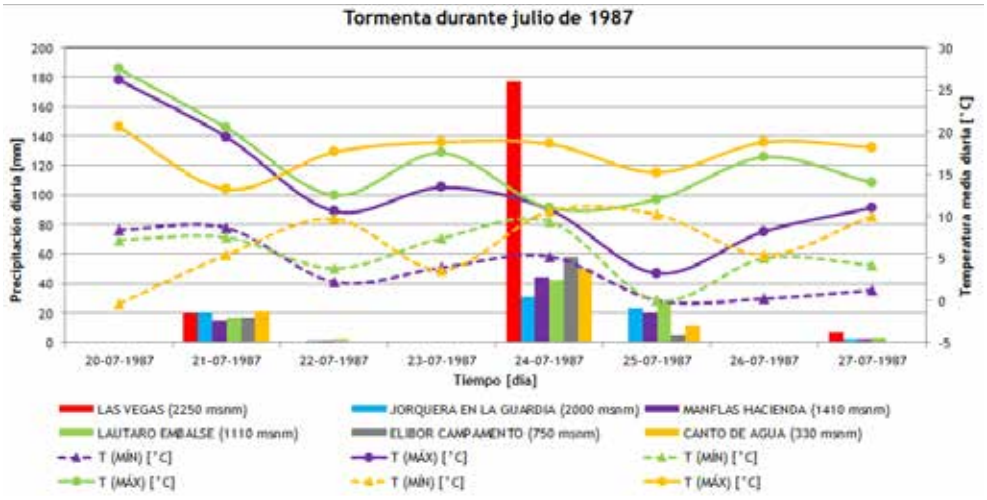
3.2. Breve análisis de registros de las tormentas de 1987, 1991, 1997 y 2015

Características de la tormenta de julio de 1987

Para la tormenta ocurrida en 1987, entre el 21 y el 27 de julio (Figura 3), se tiene información de precipitación de la estación Las Vegas, Jorquera en La Guardia, Manflas Hacienda, Lautaro Embalse, Elibor Campamento y Canto de Agua, mientras que para la variable de temperatura, solo se tiene información en las estaciones Manflas Hacienda, Lautaro Embalse, y Canto de Agua. Desde el punto de vista de la precipitación se aprecia un valor máximo diario que alcanza los 177 mm en 24 hrs observados en la estación Las Vegas, ubicada a 2.250 m s.n.m. A pesar que la tormenta presentó alta pluviometría en las demás estaciones, con valores superiores a los 40 mm para las estaciones ubicadas bajo los 2.000 m s.n.m., el valor medido en Las Vegas parece excesivamente alto. La temperatura observada, indica que en la estación Manflas Hacienda, la temperatura mínima fue de 5,2°C mientras que la máxima fue de 10,8°C condición que no permite definir si la precipitación observada en Las Vegas pudo contener una componente sólida. Lo sucedido en el año 1987 representa una tormenta aislada, de gran intensidad, concentrada en un día.

Figura 3. Evolución de la tormenta durante julio de 1987.

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes del Banco Nacional de Aguas, DGA, 2015.



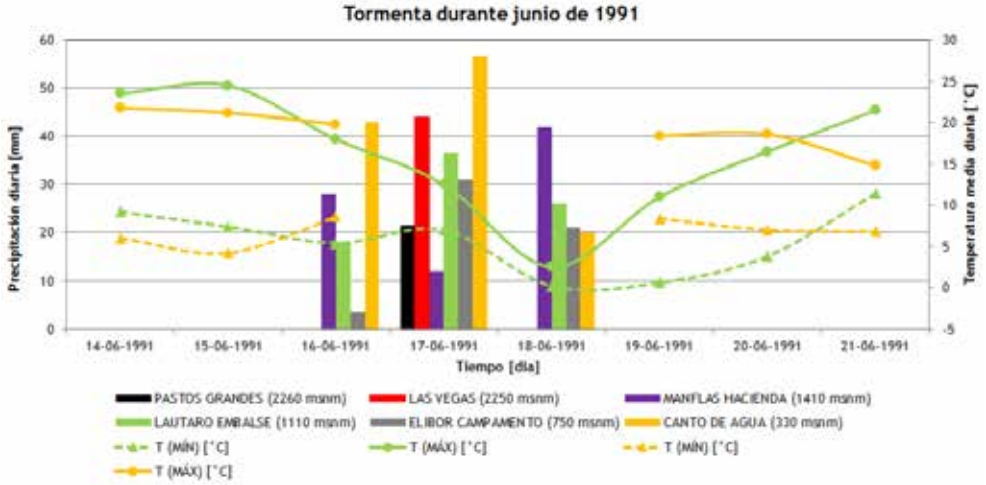
10 Sitio web: http://www.futurorenovable.cl/chile-se-encuentra-entre-los-diez-paises-mas-afectados-por-el-cambio-climatico-en-2015/

Características de la tormenta de julio de 1991

Para la tormenta ocurrida en 1991, entre el 16 y el 18 de julio (Figura 4) se tiene información de precipitación de la estación Pastos Grandes, Las Vegas, Manflas Hacienda, Lautaro Embalse, Elibor Campamento, y Canto de Agua, mientras que para la variable de temperatura, solo se tiene información en las estaciones Lautaro Embalse, y Canto de Agua. Desde el punto de vista de la precipitación se aprecia un valor máximo diario que alcanza los 56,6 mm en 24 hrs. observados en la estación Canto de Agua, ubicada a 330 m s.n.m. La tormenta observada también posee alta pluviometría en las demás estaciones, con valores superiores a los 40 mm para las estaciones ubicadas sobre los 2000 m s.n.m. (Pastos Grandes, y Las Vegas), condición que indica que la tormenta se desarrolló de manera homogénea tanto en la cordillera como en el valle. La temperatura observada, indica que en la estación Lautaro Embalse, la temperatura mínima fue de 7,0 °C mientras que la máxima fue de 12,5 °C condición que no permite definir si la precipitación observada en Pastos Grande o Las Vegas pudo contener una componente sólida. Lo sucedido en el año 1991 representa una tormenta aislada de gran intensidad, en la que precipitó en el valle y en la cordillera.

Figura 4. Evolución de la tormenta durante junio de 1991

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes del Banco Nacional de Aguas, DGA, 2015.

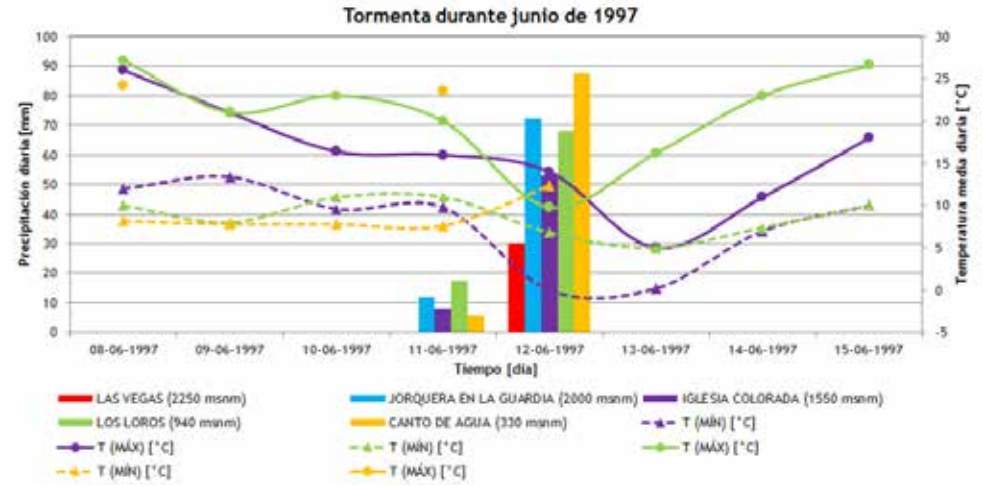


Características de la tormenta de junio de 1997

Para la tormenta ocurrida en junio de 1997, entre el 11 y el 12 de junio (Figura 5), se tiene información de precipitación de la estación Las Vegas, Jorquera en La Guardia, Iglesia Colorada, Los Loros, y Canto de Agua, mientras que para la variable de temperatura, solo se tiene información en las estaciones Iglesia Colorada, Los Loros, y Canto de Agua. Desde el punto de vista de la precipitación se aprecia un valor máximo diario que alcanza los 87,4 mm en 24 hrs. observados en la estación Canto de Agua, ubicada a 330 m s.n.m. La tormenta observada también posee alta pluviometría en las demás estaciones, con valores superiores a los 40 mm para las estaciones ubicadas bajo los 2000 m s.n.m. (Jorquera en La Guardia, Iglesia Colorada y Los Loros), condición que indica que la tormenta se desarrolló de manera homogénea tanto en el valle, en dirección hacia la costa. En la cordillera, la estación Las Vegas registro 30 mm, lo cual indica que precipitó en la parte alta montos menores, pero que para la región son importantes. La temperatura ob-

servada, indica que en la estación Iglesia Colorada, la temperatura mínima fue de 0,0 °C mientras que la máxima fue de 14,0 °C condición que permite asumir que la precipitación observada en Pastos Grande o Las Vegas pudo contener una componente sólida. Lo sucedido en el mes de junio del año 1997 representa una tormenta aislada de gran intensidad, en la que precipitó de manera creciente desde la cordillera hacia la costa.

Figura 5. Evolución de la tormenta durante junio de 1997
Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes del Banco Nacional de Aguas, DGA, 2015.

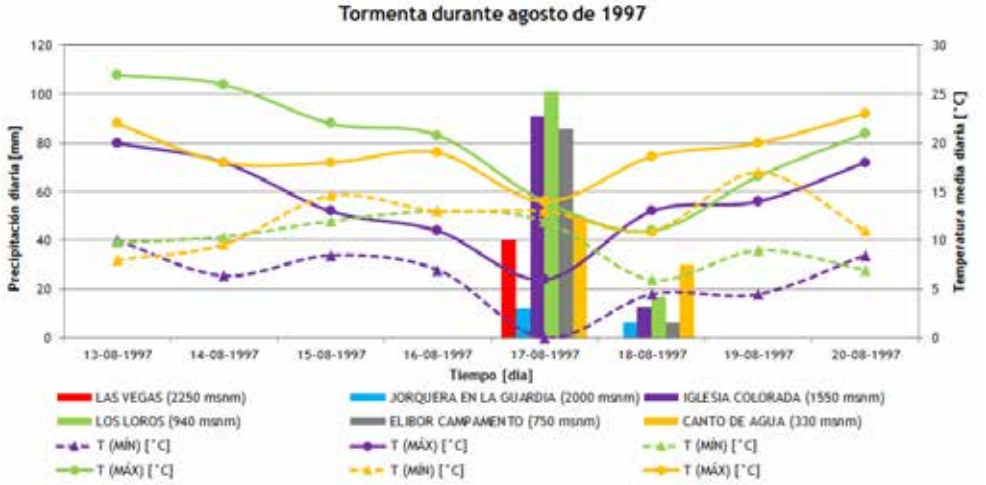


Características de la tormenta de agosto de 1997

Para la tormenta ocurrida en agosto de 1997, entre el 17 y el 18 de agosto (Figura 6), se tiene información de precipitación de la estación Las Vegas, Jorquera en La Guardia, Iglesia Colorada, Los Loros, Elibor Campamento y Canto de Agua, mientras que para la variable de temperatura, solo se tiene información en las estaciones Iglesia Colorada, Los Loros y Canto de Agua. Desde el punto de vista de la precipitación se aprecia un valor máximo diario que alcanza los 101,0 mm en 24 hrs. observados en la estación Los Loros, ubicada a 940 m s.n.m. La tormenta observada también posee alta pluviometría en las demás estaciones, con valores superiores a los 40 mm para las demás estaciones ubicadas sobre y bajo los 2000 m s.n.m. (salvo la estación Jorquera en La Guardia, donde registraron sólo 12,3 mm), condición que indica que la tormenta se desarrolló de manera homogénea en la parte alta, en el valle y en la zona más baja, sin embargo, se concentró de manera importante en el valle. La temperatura observada, indica que en la estación Iglesia Colorada, la temperatura mínima fue de 0,0 °C mientras que la máxima fue de 6,0 °C (el día 17 de agosto), condición que no permite definir si la precipitación observada en Pastos Grande o Las Vegas pudo contener una componente sólida. Lo sucedido en el mes de agosto del año 1997 representa una tormenta aislada de gran intensidad, en la que la precipitación se concentró en el valle.

Figura 6. Evolución de la tormenta durante agosto de 1997

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes del Banco Nacional de Aguas, DGA, 2015.



Características de la tormenta de marzo de 2015

La tormenta ocurrida en marzo de 2015, entre el 23 y el 27 de marzo, tuvo un comportamiento distinto a las tormentas registradas en los últimos 40 años. Los registros de las estaciones meteorológicas y pluviómetros administrados por la Dirección General de Aguas (DGA, 2015), señalan que el valor máximo diario de precipitación alcanzó los 30,5 mm en la estación Pastos Grandes, ubicada a 2260 m s.n.m. Otras estaciones ubicadas en la región también registraron la tormenta, sin embargo, un aspecto importante de resaltar es que mientras en la estación Pastos Grandes se observaron montos decrecientes de precipitación (de 30,5 mm a 5,4 mm), en la estación Los Loros (ubicada a 940 m s.n.m.) se observaron montos crecientes desde los 11,5 mm hasta los 23 mm. Esta condición refleja una situación muy distinta a la observada en las demás tormentas históricas analizadas, por cuanto la duración fue mayor y el desarrollo de la tormenta fue completamente diferente.

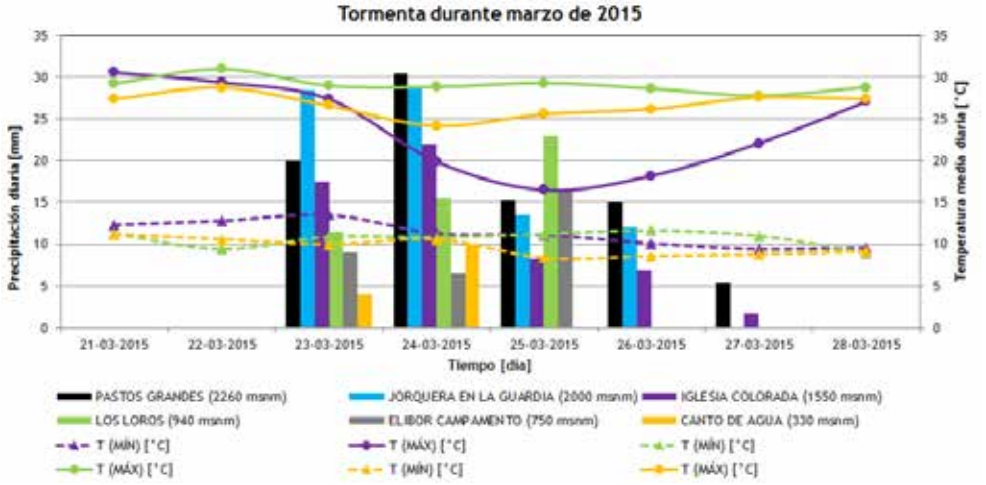
La temperatura observada indica que en la estación Iglesia Colorada, la temperatura mínima fue de 9,4 °C mientras que la máxima fue de 22,1 °C el 27 de marzo, condición que concuerda con la línea de nieves para el área en estudio definida en 3500 m s.n.m. En este caso se observa que la temperatura fue más alta que las demás tormentas analizadas, por lo tanto, también se tienen condiciones particulares que son disímiles a lo acontecido en 1997 o 1987 (Figura 7).

4. Incertidumbre asociada al caudal de 100 años de período de retorno

La razón de este subcapítulo es explicar una de las interrogantes que nació durante uno de los talleres que sirvieron para alimentar la discusión de este libro. Su objetivo es transparentar al lector la dificultad que tienen quienes se desempeñan en hidrología (generalmente desde la ingeniería civil hidráulica), para la determinación de sus resultados en relación al caudal de crecida que explica la inundación y poner en manifiesto la incertidumbre que existe en la selección del caudal asociado a 100 años de período de retorno, el cual sirve para el diseño de obras que

Figura 7. Evolución de la tormenta durante agosto de 1997

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes del Banco Nacional de Aguas, DGA, 2015.



buscan desviar las aguas durante eventos de crecidas que puedan causar inundaciones[11].

La relevancia de determinar el caudal de 100 años de periodo de retorno es que este es requerido por el "Permiso para efectuar modificaciones de cauce" ,conocido también como PAS 156, el cual aclara que la magnitud de la crecida que determina la superficie que define el cauce será aquella equivalente a un período de retorno de 100 años. De acuerdo con el Artículo 41 del Código de Aguas, este permiso es "requerido en el proyecto y construcción de las modificaciones que fueren necesarias realizar en cauces naturales o artificiales, con motivo de la construcción de obras, urbanizaciones y edificaciones que puedan causar daño a la vida, salud o bienes de la población o que de alguna manera alteren el régimen de escurrimiento de las aguas".

Los métodos comúnmente empleados pueden ser clasificados en dos grandes grupos: basados en la medición de caudales, y basados en la medición de la precipitación. Ambas variables, precipitación y caudal, son analizadas desde el punto de vista estadístico. Este análisis consiste en la búsqueda de la mejor distribución teórica dentro de un abanico posible, que permita estimar precipitaciones o caudales para períodos de retorno que superan la longitud del registro disponible para la zona.

El ajuste obtenido sirve para identificar los valores asociados a diferentes períodos de retorno, siendo los de mayor relevancia los valores asociados a 50, 100 y 200 años de período de retorno. En otras palabras, el profesional hidrológo se enfrenta a la decisión de estimar la magnitud de una crecida de diseño, que involucra períodos de retorno de 100, 200 y hasta en algunos casos 1000 años, con, en el mejor de los casos, 30 a 50 años de información medida o registrada.

Ante grandes crecidas del río, una estación que mide caudal, conocida como estación fluviométrica, está afecta a su destrucción parcial o total, por cuanto los sensores que posee pueden ser arrastrados por la corriente y la infraestructura puede sufrir daños por la fuerza de la misma.

11 Las obras civiles son diseñadas para un caudal de 100 años de período de retorno y verificadas para un caudal de 200 años de período de retorno. Esto quiere decir que la obra debe actuar sin impedimentos para la crecida de 100 años y resistir la crecida de 200 años antes de fallar.

En la región de Atacama, las estaciones fluviométricas ubicadas en la ciudades más importantes, no han permitido registrar dichos caudales, por lo tanto, los registros para el análisis estadístico resultan incompletos. Esto no permite realizar un análisis de crecidas basado en los caudales.

Para analizar el caudal en base a la precipitación, en nuestro país se han desarrollado algunos métodos, y otros se han "importado" y ajustado para su validez dentro del territorio nacional, labor que ha sido llevada a cabo por la Dirección General de Aguas y por la comunidad científica local.

De los métodos basados en la precipitación los que generalmente se emplean son 4: Racional (origen extranjero), HUS (origen extranjero), Verni y King (nacional) y DGA-AC (nacional). De estos métodos vale la pena indicar que sus resultados poseen una dispersión alta en el norte del país, debido a que están afectados por sus parámetros de ajuste, siendo el más sensible la porción de la precipitación total que aporta a la escorrentía directa (o la explica), y define el caudal pasante en una sección del cauce dada. El coeficiente que define esta porción es conocido como coeficiente de escorrentía, y en Chile este coeficiente toma el valor de 0,009[12] para 10 años de período de retorno en la región de Atacama, lo que indica que menos del 1% del total de precipitación caída genera la crecida de 10 años de período de retorno. Este parámetro está afectado por aspectos como la condición de humedad existente antes del inicio de la tormenta, el tipo de suelo superficial, la forma de la superficie del terreno natural, etcétera. Según el criterio de los especialistas, este parámetro puede tomar un valor mayor que el 1% para la región de Atacama.

La dispersión de los resultados justificados en los métodos que emplean la precipitación, es de un 135%, basado en el promedio del coeficiente de variación aplicado sobre los resultados de caudales de 100 años de período de retorno para 34 subcuencas de la cuenca del río Copiapó. Por ejemplo, en el análisis de los caudales de la quebrada De Melendez (comuna de Tierra Amarilla), los resultados para 100 años de periodo de retorno van entre 0,38 m^3/s y 158,84 m^3/s, métodos DGA-AC y Racional, respectivamente, con una desviación estándar de 68,52 m^3/s y un coeficiente de variación[13] de 173%, mientras que para la quebrada de Paipote los resultados fueron de 26,94 m^3/s y 457,56 m^3/s (métodos DGA-AC y HUS, respectivamente), con una desviación estándar de 194,38 m^3/s y un coeficiente de variación de 197% (SEREMI MINVU Atacama 2017-b, 2017-c).

Al considerar uno de los métodos de escorrentía basados en la precipitación empleados, el método HUS, se necesita como parámetro la distribución de precipitación en el tiempo, y determinar posteriormente la porción de la precipitación que aporta a la escorrentía en cada paso de tiempo. Probabilísticamente hablando, se pueden emplear diferentes distribuciones de precipitación para una tormenta dada, siendo posible concentrar su desarrollo al inicio, al centro o al final. Para la cuenca de la quebrada Pie de Gallo que confluye al río Carmen en la cuenca del río Huasco, se desarrolló el análisis de caudales considerando 108 combinaciones posibles entre distribuciones de precipitación posibles y valores de coeficiente de escorrentía, parámetro denominado Curva Número para el método del HUS. Los resultados obtenidos estaban entre: 6,56 m^3/s y 103,83 m^3/s, con una desviación estándar de 23,11 m^3/s y un coeficiente de variación de

12 Tabla 3.27 Coeficiente C(T=10). Formula Racional. Manual de cálculo de crecida y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. MOP-DGA, 1995.

13 Coeficiente de Variación (CV): cociente entre la desviación estándar y el promedio de una muestra. Altos valores están asociados a alta variabilidad, es decir, a condiciones más extremas (la variación del valor de la variable es mayor a su promedio). Bajos valores informan de un sistema más estable de variabilidad acotada.

80%, lo cual indica una dispersión de un 80% empleando un mismo método. El valor adoptado por el especialista fue de 64,18 m^3/s, el cual fue explicado posteriormente al considerar el modelamiento hidráulico y los resultados posibles (SEREMI MINVU Atacama 2017-a).

Por otro lado, es posible desarrollar en paralelo un análisis de sensibilidad del error de cada variable y su arrastre en las operaciones matemáticas que involucran en la generación del resultado. Este análisis permite determinar la incertidumbre "numérica" que existe en la aplicación del método seleccionado y se conoce como error de arrastre. Su desarrollo está expuesto en el trabajo de Chibbaro, R. (1998). Los resultados de este trabajo indican que para el coeficiente de escorrentía del método Racional en la región de Atacama, el valor para 100 años de período de retorno es de 0,012, y su error es de 0,035 (con un nivel de confianza del 95%), es decir una diferencia de un 292%. Otro ejemplo de los mismos autores, indica que para la cuenca del río Illapel en Huintil (región de Coquimbo), el caudal de diseño para 100 años con el método del HUS, es de 309,4 m^3/s, y posee un error (con un 95% de confianza) cuyo límite inferior es de 49,7% y límite superior de 265,7% (Chibbaro, R., 1998).

En resumen, acerca de la dispersión de resultados, resulta evidente la dificultad que existe para seleccionar un valor que explique las crecidas asociadas a un determinado período de retorno (100 años en el resumen expuesto). En la selección de este valor, se puede emplear: el criterio conservador, definido como el mayor valor resultante de los métodos, o la intuición del equipo de especialistas basada en su experiencia y registros disponibles. En este sentido, la inspección de terreno y la documentación periodística de estos fenómenos (fotos, videos, etcétera,) suponen una herramienta fundamental para poder contrarrestar las estimaciones de los especialistas. En muchos desastres se observa como el agua "deja una huella", tanto en la extensión que abarca su lecho hacia las riberas (planicie de inundación) como también en la altura que alcanza el flujo y que en muchas estructuras es posible distinguir.

Tomar una decisión no es una labor simple, dado que no es posible adoptar siempre un criterio conservador, producto de alta dispersión de su caudal de diseño y del alto costo que esto supone[14]. En este sentido, elegir siempre un criterio conservador puede llevar a una suerte de sobredimensionamiento excesivo, por lo que es adecuado, y hasta cierto punto necesario, usar la experiencia de los especialistas.

Según señala Rui-Wamba (1998), los ingenieros somos gestores de incertidumbres. Esto quiere decir que, debemos administrar la falta de confianza o certeza de los fenómenos naturales, cuyo comportamiento anormal se vuelve peligroso.

Escalas y tipos de estudios conducentes a identificar, evaluar y mitigar geo-amenazas

Las escalas temporales-espaciales permiten entender el período de tiempo en el que ocurren estos fenómenos y el alcance espacial que pueden afectar. Por ejemplo, una tormenta aislada en la alta cordillera puede generar deslizamientos de suelo, generando pequeños aluviones que no alcancen la ciudad ubicada en el valle, debido a que la onda de crecida que viaja aguas abajo tiende a la dispersión generada por la disipación de energía, y a la depositación de material en zonas que le impidan el transporte de dicho material.

Los fenómenos relacionados con las inundaciones se desarrollan en la escala espacial que

14 El alto costo se refiere a que mientras más grande sea el caudal, la obra civil asociada posee generalmente un mayor tamaño lo cual conlleva a un costo mayor. En ciertos casos la evaluación económica de la obra puede implicar un costo tan alto que la obra no se realiza.

van desde los cientos de metros a los cientos de kilómetros, mientras que su duración va desde algunas horas hasta algunas semanas.

Los flujos detríticos se desarrollan a una escala de tiempo menor, entre algunos minutos hasta algunas horas. Su escala espacial va desde algunos metros hasta algunos kilómetros.

El impacto de un determinado fenómeno es distinto según sea la respuesta del ambiente, ubicación y tiempo durante el cual se desarrolla, por lo tanto, su comprensión permite identificar el tipo de medidas y su nivel de alcance. Por ejemplo, las inundaciones pueden desarrollarse durante varios días, por lo tanto, las medidas estructurales deben ser evaluadas mediante obras que posean un nivel de permanencia en el tiempo, y así se pueda conducir el flujo hasta algún punto aguas abajo. Un ejemplo de estas obras son los gaviones, enrocados en los bordes del cauce, canalizaciones, que logran en la mayoría de los casos desviar las aguas río abajo. Estas obras deben ser evaluadas a lo largo del cauce que involucra a la ciudad o poblado completo, siendo útil analizar tramos de cauces cuya longitud alcanza las decenas de kilómetros.

En cambio, los flujos detríticos, entendidos como flujos producidos en diferentes puntos de las laderas, son de mayor intensidad, debido a la mayor energía potencial que le transfiere el medio, y por lo tanto, las medidas estructurales corresponden principalmente a obras que disminuyan la energía del flujo. Estas obras también tienen mayor probabilidad de falla, producto de la incertidumbre asociada a la determinación del flujo que escurra por dicho cauce natural. Estas obras civiles corresponden a diques ubicados en sectores de alta pendiente y a hondonadas o represas en los sectores del valle, que sirvan para acumular detritos de diferente tamaño, o la parte sólida de dichos flujos.

En este contexto, la morfología de las quebradas donde se generan estos eventos es muy importante cuando se evalúan las medidas de mitigación. En quebradas largas, de valles amplios, y abanicos aluviales igualmente amplios, con aporte de sedimento a lo largo de todo su trayecto, se considera que las medidas de mitigación más apropiadas son de tipo piscina de contención de sedimentos.

En quebradas cortas, de altas pendientes en toda su extensión, más estrechas y encajonadas, rodeadas por laderas de pendientes que aportan material detrítico directo al cauce, se considera que es necesario generar primero obras para mitigar procesos como caídas de rocas y deslizamientos. Estos procesos son principales aportantes de material detrítico al cauce, el cual posteriormente puede ser movilizado en forma de flujos detríticos aguas abajo. De acuerdo a esto, se podría considerar la instalación de obras tipo mallas dinámicas, muros de contención, zanjas, enfocados en la mitigación de procesos de laderas aledañas a las quebradas laterales, de forma de disminuir la componente detrítica de potenciales flujos de detritos. Posterior a esto, se pueden implementar obras de canalización de flujos en el cauce. Al reducir la componente detrítica, las obras de canalización tienen más probabilidades de actuar favorablemente en la mitigación de los procesos.

Las medidas no estructurales también pueden ser analizadas con la comprensión de la amplitud en las escalas espaciales-temporales (Figura 8). Por ejemplo, para las inundaciones, las medidas no estructurales permiten diseñar medidas que idealmente involucren a la región completa o a lo menos a la cuenca hidrográfica que afecta a la ciudad o poblado. Para el caso de los flujos detríticos, dada la velocidad de desarrollo de estos fenómenos, la atención de la población debe ser inmediata. Las medidas no estructurales como la búsqueda de vías de escape hacia áreas identificadas para ello, debe ser resuelta en menos de 1 hora, a partir del inicio de las tormenta.

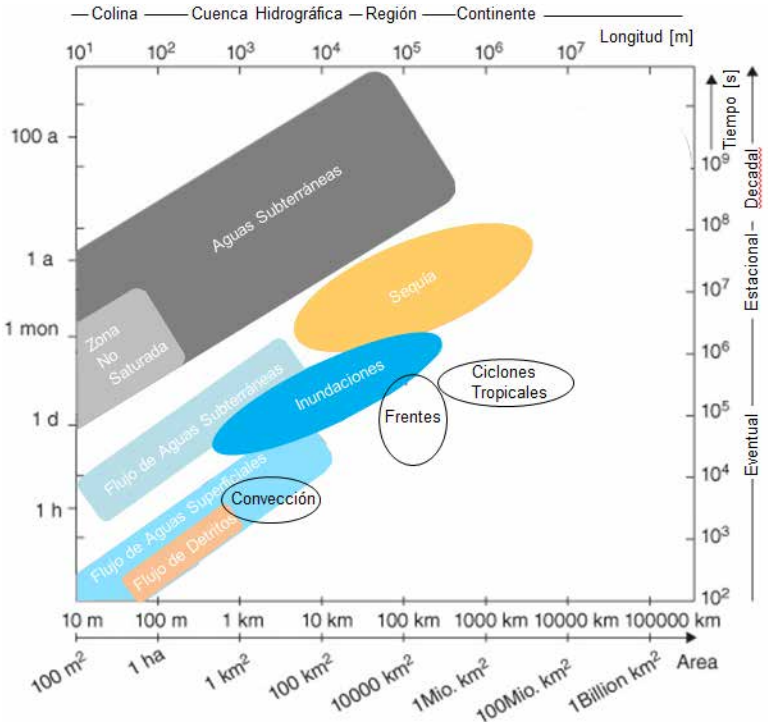


Figura 8. Relación de escala espacial y temporal para algunos fenómenos hidrometeorológicos

Fuente: Modificado de Stah, 2016.

5. Ocupación del territorio y herramientas de planificación

5.1. Análisis multicapa

Una de las herramientas empleadas para desarrollar la planificación territorial corresponde al "análisis multicapa" que consiste en desagregar el espacio actual o "mundo real" en diferentes capas de información especializada, luego volver a unir y resolver consultas tales como: ¿Es adecuado este lugar para vivir? ¿Es adecuado este lugar para un colegio o un centro de salud?

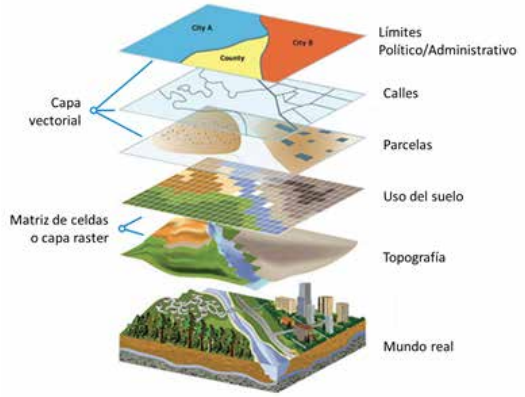
Para abordar la integración de amenazas se debe desintegrar al conjunto de amenazas según tipo de fenómeno. El resultado final corresponde a un mapa de amenaza construido por la superposición de los mapas de amenazas específica.

Esta integración, representada mediante un mapa o plano de una localidad, posee una estructura que es simple de comprender y de realizar rastreo a su origen. Vale decir, en caso de identificar un determinado peligro sobre una vivienda, es posible identificar rápidamente el nivel de peligro, el tipo de amenaza, e identificación del posible origen de dicha amenaza.

Una manera de entender la integración y desintegración de la información es mediante el esquema mostrado en la Figura 9. En él se indica que el "mundo real", visualizado por las diferentes personas, puede ser desintegrado en diferentes capas. Una de las capas más fáciles de separar es aquella que indica las vías de acceso vehicular como calles y avenidas. Otra capa corresponde a la separación de los predios donde se identifica cada parcela y sus límites. Además,

para determinadas especialidades, como la geografía, es útil contar con una capa que indique el uso del suelo, y la división político/administrativo. Ésta última indica principalmente los límites de las comunas, provincias, y regiones. En el caso de otras especialidades, la topografía es una de los insumos básicos para el análisis del terreno, dado que permite reconocer las zonas de depresiones, las zonas bajas y las zonas altas, las pendientes, etcétera.

Figura 9. Desintegración por capas del "mundo real"
Fuente: http://www.aulati.net/wp-content/uploads/2009/04/capas-raster-vectorial.jpg



Por ejemplo, de un espacio común y público, una plaza se puede desagregar como: las áreas con árboles y sin árboles, la red para riego, agua potable y alcantarillado, la zona de juegos y, la topografía. Luego cada especialista diseña y ubica los diferentes elementos: el paisajista en colaboración con el arquitecto dispondrá de las áreas con y sin árboles, mientras que el arquitecto en colaboración con el ingeniero civil diseñarán la red de riego, agua potable y alcantarillado. Todos los especialistas analizan y trabajan con la misma topografía. Tienen además estudios que informen acerca de las características del suelo, de la calidad y disponibilidad de las aguas, del clima, de la flora nativa y otras especies, del tipo de juegos.

Cuando se está cerca de quebradas y terrenos con pendiente, se deben sumar al equipo de especialistas, geólogos e hidráulicos, quienes analizarán la topografía, la conformación del suelo y elaborarán las capas asociadas a los límites de áreas con peligro hidrometeorológico y de peligro geológico.

Para la planificación de territorios que se deseen ocupar, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo desarrolla los Planes de Regulación Comunal, los cuales son herramientas que emplean como base el análisis multicapa. Estos planes deben ser actualizados periódicamente, por ello resulta adecuado cada 5 años, con la finalidad de agregar información acerca de los últimos sucesos naturales ocurridos, y permite incluir modificaciones del terreno mediante infraestructura no evaluada anteriormente.

5.2. Herramientas de mitigación no estructurales

Para estar alerta ante algún evento de origen natural es necesaria la memoria o el recuerdo de los eventos que han ocurrido en dicho lugar. La existencia de cementerios ubicados en las cumbres de algunos cerros en los poblados de Tarapacá y Laonzana (ubicados en la Región de Tarapacá), no obedecen solamente a una condición religiosa, sino que también obedece a una

condición de ordenamiento territorial asociada a los desastres naturales provocados por las inundaciones y derrumbes ocurridos en dichos poblados, los cuales seguramente han diezmado la población en el pasado.

La memoria individual o colectiva debe ser entendida como una herramienta que sirve para estar alerta ante eventos o fenómenos naturales que puedan causar desastres naturales. Preguntas acerca del ¿qué hacer cuando ocurra esto? o ¿cómo vamos a actuar ante un fenómeno de cierto tipo? son parte del plan de acción que admite ser discutida en el ámbito familiar, laboral y de la sociedad. Simulacros preventivos permiten mantener la alerta en el colectivo, sin embargo, no todos los desastres naturales tienen asociado algún tipo de simulacro colectivo.

En el caso de las inundaciones, las situaciones ocurridas en un punto pueden cambiar drásticamente debido al cambio permanente de la infraestructura. Esto se debe a que dicha infraestructura puede permitir el paso o libre escurrimiento del flujo, así como también, puede frenarlo, generar una acumulación o el desvío el flujo por otros sectores. Este problema es dinámico en el tiempo, e involucra a diferentes actores pasivos como son la infraestructura existente, vehículos y maquinaria, acumulación irregular de escombros y de basura.

El gobierno de Chile[15] indica algunas medidas de prevención ante inundaciones. Durante eventos de precipitación, que dan origen a las inundaciones, las más relevantes son:

(1) Infórmese a través de una radio o televisor a pilas.
(2) No salga de su hogar a menos que sea necesario. En caso de una inundación inminente, evacúe hacia lugares en altura.
(3) Manténgase fuera del alcance de cursos de agua en general.
(4) Camine por zonas en altura y libres de agua.
(5) No maneje por una zona inundada.
(6) Manténgase fuera del alcance de los cables eléctricos.

6. Conclusiones

En la definición de un lugar apto para vivir se suman diferentes criterios técnicos. A estas se agregan opiniones políticas, económicas y sociales. Todas ellas son válidas, pero se debe entender que existe una jerarquía la cual es parte de un plan.

Cuando los recursos económicos son escasos, la delimitación del cauce se realiza según el criterio geológico, que está definida como la huella de inundación más grande identificada. Para las quebradas del norte de Chile involucra todo el valle. Para controlar estos eventos, la humanidad ha construido obras orientadas al desvío y contención de las crecidas. Como obras de contención están los embalses, que son capaces de contener una parte importante de las aguas que provienen de las crecidas, y también de los sólidos que arrastra.

Desafíos

Los desafíos que existen hoy involucran a diferentes actores. A continuación se indica a cada uno de ellos:

- Personas afectadas deben consultar a la autoridad dónde se pueden ubicar antes de buscar un lugar a para vivir. En este aspecto, la consulta debe ser dirigida a la municipalidad. La respuesta puede tardar (meses o incluso años), dado que los conocimientos en estas

15 Sitio web: https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/ver/36455

materias son relativamente nuevos (desarrollo durante los últimos 60 años), y el análisis técnico posee un alto costo.

- Las municipalidades deben buscar sectores o lugares idóneos para la instalación de viviendas con el apoyo de herramientas técnicas, sin presiones políticas o económicas. Deben confiar en las capacidades de los expertos que los asesoran y apoyar las medidas que intentan resolver de manera conjunta.
- Los expertos y expertas deben nutrirse de la experiencia vivida por los vecinos afectados por los peligros naturales. Deben ser cuidadosos de las metodologías disponibles y velar por la validez de sus resultados.
- Los políticos deben plantear medidas de mediano y largo plazo, y deben incluir medidas de control para llevar a cabo dichas medidas. Deben evaluar las materias sin presiones económicas o sociales.
- Todos deben tener presente la siguiente frase: "el agua tiene memoria", que explica la condición de una crecida y su traslado a lo largo de un cauce natural, el cual podría ser el mismo que sucedió la vez anterior.

En materia de peligro, los desafíos tienen relación con la amplitud de conocimientos de parte de la autoridad para revisar materias que tienen relación con flujos y volúmenes detríticos. Este tipo de conocimiento corresponde a un campo específico del área de la hidráulica y de la geología, pero en ambas áreas se analiza con enfoque diferente. La relevancia de identificar la susceptibilidad de ocurrencia de estos fenómenos de manera individual, es que la respuesta y las medidas de mitigación pueden ser construidas de manera individual. La discusión entre expertos y tomadores de decisiones permitirá seleccionar las medidas que en su conjunto sean las más adecuadas para la población.

Otros desafíos planteados por el Instituto de Ingenieros (2011) son:
a) Ausencia de una visión integral.
b) Incertidumbre en relación con la delimitación de los cauces y el dominio público.
c) Planes de control de crecidas centrados en las soluciones estructurales.

Por lo tanto, se hace necesaria en el país la generación de Planes Maestros de Cauces Naturales, como instrumentos básicos de gestión en aquellos cursos naturales que presenten una elevada presión como consecuencia de la actividad humana. Dichos planes debieran permitir realizar las siguientes actividades con una visión integrada:

- Delimitar claramente la superficie del cauce, distinguiendo los terrenos que corresponden al dominio público, de aquellos de propiedad privada.
- Establecer zonificaciones de los terrenos ribereños, independientemente de su propiedad, incorporando regulaciones de acuerdo al riesgo, identificando las zonas inundables y los efectos sobre el terreno urbano.
- Coordinar en el marco del cauce las acciones de carácter estructural y no estructural orientadas al control de las crecidas.
- Establecer los criterios y normativas que aseguren el equilibrio mecánico-fluvial de los cauces naturales, incluyendo los temas de explotación de áridos.
- Establecer criterios y regulaciones relativas a la conservación de los ecosistemas ribereños y bienes ambientales asociados.

Referencias

Castro, C; Marguardt, C.; Zúñiga, A. (2010). Peligros naturales en geositios de interés patrimonial en la costa sur de Atacama. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45: 21-39.

Chibbaro, R., (1998). *Factores de seguridad hidrológicos de diseño de obras hidráulicas en regiones con escasa información* (Memoria para optar al título de ingeniero civil). Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Centro de Ciencia y Clima para la Resiliencia (CR2) (2015). Sitio web: http://www.cr2.cl/profes-explican-la-responsable-de-todo-se-llama-baja-segregada/

Instituto de Ingenieros (2011). *Temas Prioritarios para una Política Nacional de Recursos Hídricos*, *Comisión de Aguas*.

International Centre for Integrated Mountain Development [ICIMOD] (2017). Sitio web: http://www.icimod.org/

Gobierno de Chile (2017). Sitio web: https://www.chileatiende.gob.cl/fichas/ver/36455

Dirección General de Aguas (MOP-DGA) (2015). Sitio web: http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes

Dirección General de Aguas (MOP-DGA) (1995). *Manual de cálculo de crecida y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica*. Desarrollado por la Dirección General de Aguas.

Dirección de Obras Hidráulicas (MOP-DOH) (2016). *Caracterización y Levantamiento de Información debido a las crecidas aluvionales en la cuenca del río Copiapó, región de Atacama, para el temporal del 25 y 26 de marzo de 2015*. Desarrollado por EIC Ingenieros, para la Dirección de Obras Hidráulicas.

Rui-Wamba, J. (1998). *Aforismos estructurales que pueden ser de utilidad para comprender determinados comportamientos de los seres humanos*. Sitio web: http://www.raing.es/sites/default/files/Toma%20de%20posesi%C3%B3n%20Javier%20Rui-Wamba%20pdf.pdf

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) (2015). *Mapa de peligro Eventos marzo 2015, región de Atacama.* Disponible en www.sernageomin.cl

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) (2015). *Unidad de Peligros Geológicos, Registro de los principales desastres de origen geológico en Chile y efectos sobre la población y bienes públicos y privados entre 1980 y 2015*. Sitio web: www.sernageomin.cl

Servicio Regional Ministerial (SEREMI MINVU Atacama) (2017a). *Estudio de riesgos y formulación del plan regulador intercomunal de Huasco. Comunas: Huasco, Freirina, Vallenar y Alto del Carmen, Provincia del Huasco. Región de Atacama.* Estudio en desarrollo por Territorio y Ciudad Consultores. (En elaboración)

Servicio Regional Ministerial (SEREMI MINVU Atacama) (2017b). *Estudio de riesgos y actualización Plan Regulador Comunal de Copiapó. Región de Atacama*. Estudio en desarrollo por Territorio y Ciudad Consultores(En elaboración).

Servicio Regional Ministerial (SEREMI MINVU Atacama) (2017c). *Estudio de riesgos y actualización Plan Regulador Comunal de Tierra Amarilla. Región de Atacama*. Estudio en desarrollo por Territorio y Ciudad Consultores(En elaboración).

Takahashi, T. (2007). *Debris Flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures. Taylor and Francis Group*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) (2017). Sitio web: http://www.preventionweb.net/english/professional/terminology/v.php?id=490

Urrutia, R.; Lanza, C. (1993). *Catástrofes en Chile 1541-1992*. Editorial La Noria.

Fotografía tomada el 27 de marzo, desde el sector centro, calle Freire. Muestra labores de limpieza de casas inundadas con barro y escombros, realizadas por los mismos vecinos de Chañaral.

Fotografía tomada el 27 de marzo, desde una calle céntrica en el sector del comercio. Muestra personas en búsqueda de pertenencias y recuerdos.

Fotografía tomada el 27 de marzo en la tarde, desde las dependencias de la Municipalidad. Muestra el abastecimiento de combustible, controlado por las Fuerzas Armadas.

Fotografía tomada el 28 de marzo desde la costanera. Muestra buzos tácticos en buscas de personas desaparecidas en los socavones que dejó el aluvión, junto a estanques de ácidos flotando en el agua.

Fotografía tomada el 28 de marzo en el sector del centro, calle Merino Jarpa. Muestra labores de despeje y limpieza de escombros.

Fotografía tomada el 29 de marzo en el sector del centro, calle Merino Jarpa. Muestra trabajos de limpieza y recuperación de la calle Comercio.

Fotografía tomada el 30 de marzo desde la costanera. Evidencia la dimensión de la destrucción por el impacto del aluvión, que socavó los cimientos de algunas edificaciones.

SINCE
AYUDANOS A ENCONTRARLO

Fotografía tomada el 31 de marzo desde el sector de playa grande. Evidencia la angustia y la búsqueda desesperada de seres queridos desaparecidos.

Metales y metaloides en muestras de polvo depositado en diferentes sectores de Atacama, afectados por los aluviones de marzo 2015

Isel Cortés Nodarse y Andrei N. Tchernitchin Varlamov

Resumen

La Región de Atacama sufrió los embates de varios aluviones entre los días 24 y 26 de marzo de 2015, lo que generó, como consecuencia, que material sólido fuera arrastrado desde sectores altos de las cuencas hasta los sectores poblados como Chañaral, El Salado, Diego de Almagro, Copiapó, Paipote, Tierra Amarilla y otros, mezclándose con los relaves mineros abandonados y activos que existen en ambas cuencas. Con el paso de los días, el material sólido traslocado por los aluviones y depositado en diferentes lugares, se secó, originando un material fino que se levanta como polvo por la acción del viento, llegando al contacto con la población. El objetivo del presente estudio es conocer la composición del material sólido depositado en forma de polvo, estableciendo la concentración total de metales pesados, así como la concentración de metales solubles en el polvo, para establecer si dichas concentraciones constituyen un riesgo para la salud de las personas que viven en las zonas afectadas por los aluviones. Considerando que las partículas más gruesas del polvo por su tamaño no acceden a los alvéolos, sino que son depositados en bronquios, bronquiolos o vías respiratorias aéreas superiores, son deglutidas y en el estómago una fracción bioaccesible de sus componentes se solubiliza bajo el efecto del ácido clorhídrico gástrico, e ingresa al torrente circulatorio, causando los efectos adversos en salud. Esta información es necesaria en el diseño y promoción de políticas de mitigación en futuras situaciones de emergencia ante eventos similares.

Las muestras de polvo analizadas fueron recogidas en junio y agosto de 2015 desde superficies inertes en Chañaral, El Salado, Diego de Almagro, Copiapó, Tierra Amarilla y Paipote.

Se describen las concentraciones de arsénico, cadmio, zinc, cromo, cobre, plomo y manganeso, tanto en la fracción total como en la fracción soluble en agua. Se entrega también información de las fracciones bioaccesibles de estos metales en diversos lugares impactados por los aluviones, resumiendo los resultados provenientes de estas muestras del estudio y de muestras analizadas por el CENMA.

Se describen los efectos adversos de las exposiciones a arsénico, plomo y cobre, con énfasis en los efectos diferidos e irreversibles de las exposiciones prenatales o infantiles, que ocurren como secuela de exposiciones de corto plazo y que determinan el desarrollo de diversas enfermedades orgánicas y neuroconductuales más tarde en la vida.

Se concluye que el material que quedó depositado en techumbres y ventanas, en forma de polvo fino y seco, tiene elevadas concentraciones de cobre, arsénico y plomo que superan los niveles naturales determinados en la zona. La evidencia recopilada lleva a reflexionar acerca de la legislación que necesita nuestro país para asegurar que la actividad industrial, especialmente la minería, tenga el menor impacto en la salud de las futuras generaciones. Considerando espe-

cialmente los efectos diferidos de la exposición prenatal o infantil temprana por el mecanismo del *imprinting* epigenético, se recomienda incluir estos aspectos en la legislación ambiental y en el ordenamiento territorial, al igual que en los planes de acción ante emergencias.

1. Introducción

La Región de Atacama, enclave de la minería metálica del país, sufrió los embates de varios aluviones entre los días 24 y 26 de marzo de 2015, lo que generó, entre otras consecuencias, que material sólido fuera arrastrado desde sectores altos de las cuencas hasta los sectores poblados como Chañaral, El Salado, Diego de Almagro, Copiapó, Paipote, Tierra Amarilla y otros, mezclándose con los relaves mineros abandonados y activos que existen en ambas cuencas. La presencia de metales pesados potencialmente tóxicos ha sido una preocupación de las personas y de las autoridades, por sus efectos sobre la salud de la población. En abril de 2015 se colectaron muestras de agua potable, del material arrastrado por los aluviones, y en sectores de suelo no afectado por los aluviones (las que se usaron como control), las que fueron sometidas a análisis químico. Los resultados han sido publicados (Cortés et al., 2015). En dicho estudio, no se detectó presencia de contaminantes tóxicos en concentraciones superiores a la norma chilena de agua potable NCh409/1 (con la excepción del selenio), aunque se encontraron metales pesados en el material arrastrado por los aluviones, en concentraciones superiores a las encontradas en el suelo de control.

Considerando la aridez de toda la región, con el paso de los días, el material sólido que fue traslocado por los aluviones y depositado en diferentes lugares, perdió humedad y se secó, originando un material fino no consolidado que se levanta como polvo por la acción del viento, llegando al contacto con la población. El objetivo del presente estudio fue determinar la composición del material sólido depositado en forma de polvo, estableciendo la concentración total de metales pesados, y de metales solubles en el polvo, para establecer si éstas constituyen alguna situación de riesgo para la salud de las personas que vive en las zonas afectadas, considerando que han estado expuestas agudamente a dicho material por la labores de remoción y limpieza.

Según Eblen y Eblén (1994), se denomina polvo a las "partículas" finamente divididas, secas, de material sólido, menores a 62,5 µm de diámetro, capaces de permanecer suspendidas en el aire". El polvo depositado, que corresponde a la fracción de partículas más gruesas, generalmente no puede acceder a los alvéolos debido a su tamaño; por lo que son expulsadas desde los bronquiolos, bronquios, y vías respiratorias superiores, deglutidas, y una vez en el estómago, bajo la acción del ácido clorhídrico gástrico (pH ≈ 2,0), una fracción de ellas puede ser disuelta (fracción bioaccesible), permitiendo su absorción en el tracto digestivo y su ingreso al torrente circulatorio. Igualmente, los contaminantes adsorbidos en el polvo depositado que sean solubles en agua, al ingresar por vía respiratoria, finalmente pasan al tubo digestivo desde donde pasan al torrente circulatorio. Sin embargo, también pueden interactuar con la piel y las mucosas oculares, causando irritación y existiendo una leve absorción, a menos que estos compuestos sean apolares (no solubles en agua) lo que facilita su absorción.

De este modo, es importante estimar tanto la concentración de metales totales como la fracción soluble en agua y la bioaccesible, para esclarecer si podrían tener efectos no deseados en la salud de las personas que han estado expuestas, como también contribuir a diseñar y promover políticas de mitigación de dichos efectos, en futuras situaciones de emergencia ante eventos similares.

2. Materiales y métodos

En los meses de junio y de agosto de 2015, se colectaron muestras de polvo depositado en diferentes superficies inertes de las localidades afectadas por los aluviones, utilizando brochas de cerdas plásticas, limpias, y recolectando cada muestra en bolsas plásticas, con cierre hermético. La condición primaria para seleccionar los lugares, fue que existiera polvo en cantidad suficiente para conformar muestras puntuales adecuadas para los análisis. El polvo depositado en estas superficies es el levantado por el viento y también, el que con mayor facilidad puede adherirse a la piel y a las manos de las personas, tanto adultas como niñas y niños. La ubicación de los puntos de toma de muestras se presenta en la Figura 1. Todos los puntos de toma de muestra fueron debidamente georreferenciados y cada muestra fue sellada e identificada para su traslado al Laboratorio de Química Ambiental del Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), según corresponde a la información entregada en la Tabla 1.

Figura 1. Ubicación de los puntos de toma de muestras de polvo depositado, en la cuenca del río Copiapó, en la ciudad de Chañaral y en la cuenca del río Salado.

Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth Pro.

Los análisis químicos efectuados, según protocolos estandarizados y validados, en todas las muestras de polvo depositado, fueron:

1. Medición de pH, como indicador de la capacidad del suelo para liberar metales pesados. Los suelos más ácidos (pH menor a 7,0) tienen mejor capacidad para liberar metales a otros medios ambientales como las aguas subterráneas, a los sedimentos, a la biota.
2. Determinación del contenido total de metales y metaloides, realizando digestión con ácidos concentrados, según metodología (US EPA 3030B) y cuantificación por espectrometría de plasma inductivamente acoplado (ICP) con detección óptica.

Tabla 1. Identificación de cada muestra de polvo depositado, indicando las coordenadas de su ubicación así como la localidad y cuenca hidrográfica a la que pertenecen.

Identificación muestra polvo depositado	Coordenada UTM Datum WGS84, Huso 19, Este	Coordenada UTM Datum WGS84, Huso 19, Sur	Localidad	Cuenca hidrográfica
ATB-231	338317	7085094	Chañaral	río Salado
ATB-232	338648	7086162	Chañaral	río Salado
ATC-240	338234	7085233	Chañaral	río Salado
ATC-241	368344	7076668	El Salado	río Salado
ATC-242	395492	7080479	Diego de Almagro	río Salado
ATC-243	440943	7093371	El Salado	río Salado
ATC-245	368262	6972136	Copiapó	río Copiapó
ATC-246	374927	6959562	Tierra Amarilla	río Copiapó
ATC-247	375238	6966421	Paipote	río Copiapó
ATC-248	374275	6966991	Paipote	río Copiapó

Fuente: Elaboración propia.

3. Determinación del contenido de metales y metaloides que puede disolverse en agua a pH neutro, realizando la extracción de una porción de las muestras de polvo, con agua desionizada a pH neutro, y posterior cuantificación por espectrometría de plasma inductivamente acoplado (ICP) con detección óptica. Este análisis permite estimar las cantidades, del contenido total, que podrían disolverse por acción de aguas lluvias o de humedad ambiental, con potencialidad para arrastrar contaminantes hasta las aguas subterráneas.
4. Determinacion del contenido de metales y metaloides que puede disolverse en una solución de ácido clorhídrico (HCl) pH 2,0. Este análisis permite estimar las cantidades del contenido total que podrían disolverse en el estómago y absorberse hacia el torrente circulatorio.

3. Resultados

En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados de las concentraciones, expresadas en mg/kg, para algunos de los metales y metaloides analizados, en las fracciones total y soluble en agua pH neutro, y los resultados de la medición de pH.

En la Tabla 2, se observa que todas las muestras presentaron pH ácido (pH menor a 7,0) lo que ratifica la capacidad de este material para solubilizar y transportar metales pesados. Este material depositado como polvo, proviene de partículas muy finas de suelo con altas concentraciones de metales, que es diferente del suelo natural de la zona afectada por los aluviones, que fue recientemente estudiada por CENMA (Cortés et. al, 2016a; Cortés et al, 2016b), encontrando pH de suelos naturales entre 8,57 y 8,82, lo que refleja la actividad minera de la zona. El hecho de que el polvo tenga pH más ácido que el suelo natural, indica también que este material tiene mayor facilidad para solubilizarse en las estructuras humanas como la piel, o las mucosas y en las capas de suelo, contribuyendo así a la translocación de los metales pesados.

Tabla 2. Resultados de pH y concentración de arsénico, cadmio y zinc, expresadas en mg/kg, para las fracciones total y soluble en agua para las muestras de polvo depositado.

ID Muestra	pH	arsénico (As) (mg/kg)		cadmio (Cd) (mg/kg)		Zinc (Zn) (mg/kg)	
		total	soluble agua	total	soluble agua	total	soluble agua
ATB-231	6,46	43,69	21,91	6,87	<1,02	106,24	10,72
ATB-232	6,36	57,59	30,6	6,39	<1,02	166,72	11,71
ATC-240	6,85	83,26	20,57	11,12	<1,02	1247,65	14,14
ATC-241	5,94	33,46	16,2	9,26	<1,02	166,9	9,2
ATC-242	7,22	77,99	26,8	10,99	<1,02	365,02	5,36
ATC-243	6,74	86,21	36,22	12,33	<1,02	549,59	22,81
ATC-245	6,59	38,97	7,47	11,7	<1,02	564,37	11,44
ATC-246	6,43	73,07	15,97	18,28	<1,02	633,82	22,84
ATC-247	6,57	45,27	14,1	5,42	<1,02	280,99	13,41
ATC-248	5,44	67,62	<1,66	14,88	<1,02	1047,6	61,93

Fuente: Elaboración propia; ID: Identificación de la muestra de polvo depositado.

Tabla 3. Resultados de concentración de cromo, cobre, plomo y manganeso, expresadas en mg/kg, para las fracciones total y soluble en agua para las muestras de polvo depositado.

ID muestra	Cromo (Cr) (mg/kg)		Cobre (Cu) (mg/kg)		plomo (Pb) (mg/kg)		Manganeso (Mn) (mg/kg)	
Identificación de la muestra de polvo depositado	total	soluble agua	total	soluble agua	total	soluble agua	total	soluble agua
ATB-231	20,25	<1,80	694,69	8,5	46,78	<2,09	504,37	7,58
ATB-232	25,22	<1,80	1805,6	13,49	64,04	<2,09	388,77	6,71
ATC-240	31,98	<1,80	2081,04	7,77	101,3	<2,09	554,52	10,25
ATC-241	16,7	<1,80	885,03	5,2	36,62	<2,09	620,42	13,18
ATC-242	17,71	<1,80	865,52	<2,06	26,72	<2,09	828,08	<2,51
ATC-243	22,21	3,91	2440,36	64,43	241,77	<2,09	716,68	81,42
ATC-245	23,28	<1,80	311,25	<2,06	47,52	<2,09	756,3	26,47
ATC-246	23,5	<1,80	4763,13	37,6	80,82	<2,09	233,66	107,61
ATC-247	11,58	<1,80	2043,1	15,41	54,85	<2,09	244,87	43,7
ATC-248	29,07	<1,80	3529,18	37,03	105,81	<2,09	666,7	73,55

Fuente: Elaboración propia; ID: Identificación de la muestra de polvo depositado.

Se destaca el hecho de que las concentraciones de metales y metaloides en la fracción soluble son mucho menores que las concentraciones totales (ver Tablas 2 y 3), lo que indica que no es fácil que las lluvias o la humedad ambiental movilicen metales desde el polvo hasta las aguas subterráneas. Esto constituye una condición favorable para mantener la calidad de dichas aguas en toda la zona de estudio.

Respecto de las concentraciones totales, por su parte, los metales cadmio, zinc, cromo y manganeso, se encontraron en niveles que no sobrepasan las concentraciones naturales de las comunas en estudio, determinadas en los estudios de CENMA (Cortés et. al, 2016a; Cortés et al, 2016b). Sin embargo, para los metales cobre y plomo y para el metaloide arsénico, los valores encontrados son superiores a los estimados en los estudios anteriormente mencionados, que corresponden a los siguientes intervalos: 230,5 – 275,2 mg/kg para cobre; 24,19 – 46,39 mg/kg para plomo y 32,3 – 65,19 mg/kg para arsénico.

La presencia de estos metales que superan los niveles naturales (Cu, Pb y As) en el polvo depositado, que puede entrar en contacto con las personas, podría significar un riesgo para la salud, por exposición aguda, en niños y embarazadas, que pueden afectarse con concentraciones relativamente bajas. Para esclarecer esto, se requiere realizar estudios con mayor cantidad de muestras de polvo, que representen de manera acabada las matrices ambientales de cada zona afectada por los aluviones y también los escenarios característicos de la exposición de cada grupo de pobladores a los eventuales contaminantes, diferenciando la exposición que ocurre durante las labores de limpieza en emergencia con participación de voluntarios de la exposición habitual de las personas que residen en estos lugares. Los estudios de evaluación de riesgo a la salud, son los que permitirán, diferenciadamente, identificar y evaluar las situaciones que requieran atención específica para disminuir o controlar los efectos de la exposición evaluada.

Los porcentajes de bioaccesibilidad, expresados como por ciento (%) de la masa del material que se disuelve en HCl pH 2,0: para los metales arsénico, cadmio, zinc, cromo, cobre, plomo y manganeso, en diversas muestras de polvo depositado, incluyendo las de este estudio y otras obtenidas en estudios previos, se encuentran en el orden de 50% para arsénico, cadmio, zinc, plomo y manganeso. Para cromo la bioaccesibilidad es menor a los anteriores (20%) mientras que para cobre es mayor (71%).

Estos representan los porcentajes del material ingresado al estómago que se puede disolver permitiendo el paso de parte de los elementos disueltos hacia el torrente circulatorio.

Las secuelas sobre la salud pueden suelen ser irreversibles y predisponer para el desarrollo de diversas enfermedades o alteraciones neuroconductuales más tarde en la vida, a través del mecanismo del *imprinting* epigenético.

En dependencia del tiempo que dure la exposición a agentes ambientales tóxicos, la misma se clasifica en exposición aguda, que se refiere a duración de minutos, horas, semanas y hasta 364 días. La exposición crónica tiene duración mayor a 1 año, puede ser continua, o constituida por numerosas exposiciones agudas durante un tiempo prolongado. Las exposiciones prenatal, perinatal o infantil temprana, pueden ser agudas o prolongadas, se describen en forma separada por cuanto sus efectos en salud que son diferentes, el daño a la salud ocurre con dosis mucho menores. La exposición prenatal o perinatal puede ser indirecta, a través de la madre expuesta a algún agente ambiental tóxico, el que pasa al feto a través de la placenta, o al recién nacido a través de la leche materna. Lo mismo sucede con la exposición embrionaria o inicio del período fetal, cuyos efectos también son muy diferentes de los anteriores.

Los efectos causados por una exposición a algún agente ambiental tóxico pueden ser

tempranos si ocurren horas o algunos días después de la exposición, y se producen con dosis elevadas de éstos agentes. Los efectos repetidos o continuos a exposición a dosis menores suelen causar efectos progresivos o acumulativos (algunos agentes se acumulan, otros agentes no, pero los efectos adversos sí pueden ser acumulativos), entonces los efectos clínicos pueden hacerse evidentes después de numerosas exposiciones agudas o un posterior a un determinado período de exposición crónica. Algunos efectos pueden producirse en forma diferida en el tiempo, a veces muchos años después de la exposición al agente, o aún, manifestarse en las próximas generaciones. En consecuencia, mujeres gestantes como niños menores no deben estar presentes en esos lugares.

4. Efectos adversos en salud de la exposición a componentes descritos en el presente informe

4.1. Arsénico

El efecto más característico de la exposición oral prolongada a arsénico inorgánico es un cuadro de alteraciones de la piel tales como la hiperpigmentación y keratosis. Estas incluyen un oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso, a menudo asociados con alteraciones en los vasos sanguíneos de la piel. La exposición más prolongada a niveles más bajos puede producir efectos de la piel y también desórdenes circulatorios y de los nervios periféricos.

La exposición crónica a arsénico, prolongada por años, determina entre otras enfermedades un aumento de incidencia y mortalidad por cáncer pulmonar, renal, hepático, de la vejiga y piel. Aquí no se describirán con más detalle porque una exposición más breve, como aquella causada por exposición a polvo originado de los aluviones, no incrementaría en forma significativa dichos riesgos.

La exposición prenatal o infantil aguda a arsénico, por oral o vía respiratoria, puede determinar el desarrollo de las siguientes patologías más tarde en la vida:

Inmunosupresión: aumento de morbilidad por enfermedades infecciosas

- En un estudio realizado en Bangladesh, se demostró que la exposición a arsénico durante la gestación estaba asociado a un aumento de enfermedades infecciosas durante la edad infantil, especialmente infecciones respiratorias bajas y diarrea (Rahman et al., 2011). Se ha considerado que estas enfermedades eran causadas por inmunosupresión en personas prenatalmente expuestas (Ahmed et al., 2011). La exposición a arsénico suprimía la respuesta celular formadora de inmunoglobulinas IgM y IgG, disminuía la expresión de mRNA de interleukina 2, inhibía la proliferación de células T y actividad macrofágica, e inhibía respuestas de hipersensibilidad de contacto. La asociación entre ingesta de arsénico durante el embarazo reducía las células T (CD3+) de la placenta y alteraba las citokinas del cordón umbilical. También se ha descrito una relación entre exposición prenatal a arsénico y una reducción del tamaño del timo más tarde en la vida. Esta inmunosupresión puede contribuir a explicar la mayor mortalidad por bronquiectasias y otras enfermedades pulmonares más tarde en la vida, y otras alteraciones pulmonares como asma bronquial, sibilancias y otras co-morbilidades.

Alteraciones del metabolismo lipídico y enfermedades cardiovasculares

- La exposición prenatal a arsénico causa, en animales de experimentación, un aumento del efecto relajador vascular inducido por acetilcolina, y otras alteraciones cardiovasculares que se desarrollan más tarde en la vida. Se ha sugerido por Srivastava et al. (2007) que favorece el desarrollo de la ateroesclerosis sin una dieta hiperlipidémica y sugiere que el arsénico prenatal puede ser aterogénico en la especie humana.

Deficiencias neurocognitivas

- La exposición prenatal a arsénico causa una disminución del coeficiente intelectual en niñas, pero no en varones, y 100 µg/L de arsénico en orina estaban asociados con una disminución del coeficiente intelectual de 1 a 3 puntos (Hamadani et al., 2011).

Secuelas boncopulmonares

- Se ha demostrado, en Antofagasta, que en aquellas personas que nacieron entre 1958 y 1970 (cuando los niveles de arsénico en agua potable eran cercanos a 0,9 mg/L) tienen una elevada mortalidad por bronquiectasias entre los 30 y 49 años de edad. La mortalidad por bronquiectasias estaba aumentada en alrededor de 46 veces en relación al resto de Chile. Este aumento de mortalidad en el mismo rango de edad fue notablemente menor en aquellos que nacieron antes de 1958 (expuestos prenatalmente o perinatalmente a niveles de arsénico de alrededor de "sólo" 0,1 mg/L), a pesar que durante su infancia fueron expuestos a los altos niveles de As cercanos a 0,9 mg/L. La Figura 2 muestra las concentraciones de arsénico en agua potable en Antofagasta durante los períodos de tiempo mencionados, y la Figura 3 muestra las mortalidades por bronquiectasias y otras enfermedades en ambos grupos de personas y en el resto del país. Esto significa que sólo la exposición prenatal o perinatal a arsénico pero no la posterior determinan un aumento de mortalidad por broncuiectasias, también por EPOC, pero no del cáncer, entre los 30 y 49 años de edad (Smith et al., 2006; ver figuras en Tchernitchin et al., 2013).

Exposición a arsénico por mujeres durante los primeros 4 meses del embarazo

- Aumento de abortos espontáneos o de reabsorciones fetales (Nordström S et al., 1978)
- Malformaciones fetales (Nordström S et al., 1979)
    - de los riñones
    - del sistema nervioso

4.2. Plomo

El plomo es un elemento de alta toxicidad, cuya exposición provoca un serio deterioro de la salud de las personas afectadas. El plomo se acumula en el organismo a lo largo de la vida, principalmente en los huesos, y desde allí es transferido al torrente circulatorio cuando aumentan las necesidades de calcio (el organismo no distingue entre calcio y plomo), por ejemplo, durante el embarazo o la reparación de fracturas óseas. Desde el torrente circulatorio se incorpora a los demás órganos y sistemas del organismo a los cuales afecta. Es necesario considerar que el mayor daño causado por plomo, que es irreversible y ocurre a muy bajas concentraciones de este tóxico, ocurre durante el período prenatal y en el período infantil precoz. En consecuencia, queda claro que es de mucha importancia realizar esfuerzos para evitar o disminuir al mínimo las exposi-

ciones a plomo de mujeres embarazadas y durante el período infantil de la vida. Igualmente es importante evitar la exposición de mujeres antes o durante la edad fértil, puesto que el plomo que se acumula en los huesos y es liberado hacia el torrente circulatorio durante el embarazo y lactancia al ser confundido con el calcio, desde donde ingresa al organismo fetal o infantil por vía transplacentaria o a través de la leche materna, causando daño irreversible por el mecanismo del imprinting epigenético.

Efectos diferidos de exposición crónica a plomo que no son mediados por el mecanismo del imprinting

El efecto sobre la salud de la exposición a plomo en seres humanos puede ser reversible en personas jóvenes o adultas, si las dosis no son muy altas. La exposición a plomo causa una disminución de las capacidades cognitivas y de la inteligencia, agresividad, y a niveles más elevados en sangre, un deterioro intelectual importante. Produce, aún en concentraciones sanguíneas muy bajas, hipoacusia (sordera) e hipertensión arterial. Produce infertilidad o incluso esterilidad tanto masculina como femenina, que puede ser en adultos reversible (en el mediano o largo plazo) si se suprime la fuente de exposición a plomo.

En animales de experimentación (ratas), la exposición crónica a plomo causa cambios en células de la astroglia, reduce neuronas dopaminérgicas de la *substantia nigra* (Sansar et al., 2011), aumenta la serotonina cerebral y la densidad de los cuerpos celulares inmunoreactivos a serotonina en el núcleo del rafe dorsal, y aumenta la ansiedad (Sansar et al., 2012), causa infertilidad (Ronis et al., 1996) y alteraciones de la acción de los estrógenos en el útero (Tchernitchin et al., 2003). Se ha propuesto que el efecto abortivo de la exposición gestacional a plomo se debe a un aumento significativo de apoptosis placentarias y degeneración de células del trofoblasto (Wang et al. 2014).

Los principales efectos causados por exposición crónica a plomo en humanos adultos son: daño progresivo al sistema nervioso central y periférico (Needleman et al. 1979; Banks et al. 1997; Hsieh et al., 2009; Zhang et al., 2012). Durante la edad infantil, causa y agrava síntomas neurológicos en niños y en adultos en directa relación con la plubemia (Tchernitchin et al., 2005), e incluso niveles bajos de plumbemia causan retardo de los reflejos motores causados por estímulos sensoriales visuales o auditivos (Tchernitchin et al., 2005), niveles a los cuales no se produce un retardo de la transmisión nerviosa por axones motores. Se ha demostrado una relación entre la concentración de plomo en patios de establecimientos escolares en Detroit (EEUU) y la plumbemia de los alumnos (Bickel, 2010), y una clara relación entre esos niveles y el rendimiento escolar: fracasos escolares (Raymond et al., 2012) y rendimiento escolar en el M.E.A.P. (Tarr et al., 2009), que es una prueba similar al SIMCE utilizado en Chile. Estos efectos, en Chile, pueden impactar nuestro desarrollo como país, y en especial, afectarlo en la competencia entre los países para alcanzar mayores niveles de desarrollo.

La exposición crónica a plomo en humanos aumenta moderadamente la presión arterial (Staessen et al. 1994; Fiorim et al., 2011), daña al sistema hematopoyético (Grandjean et al. 1989; Graziano et al. 1991), deprime la función de la tiroides (Tuppurainen et al., 1988; Bledsoe et al., 2011; Wu et al., 2011), causa nefropatía (Cardenas et al. 1993) y provoca cólicos intestinales y síntomas gastrointestinales (Pagliuca et al. 1990).

La exposición humana a plomo produce infertilidad o incluso esterilidad tanto masculina como femenina, que puede ser en adultos reversible (en el mediano o largo plazo) si se suprime la fuente de contaminación con plomo. Winder (1993) demostró que la exposición a plomo du-

rante la edad adolescente o adulta causa depresión de la fertilidad y disfunciones reproductivas. Algunas de esas disfunciones en la mujer son: infertilidad, preclampsia, hipertensión gestacional, polimenorrea, hipermenorrea, infertilidad, parto prematuro y aumento importante de abortos espontáneos (Winder, 1993; Guerra-Tamayo et al., 2003; Tang & Zhu, 2003; Agency of Toxic Substances and Disease Registry, 2007; Al-Saleh et al., 2008). Es posible que, al igual que en los animales de experimentación, el remodelamiento de la matriz extracelular de la placenta y el aumento de la expresión de las metaloproteinasas tisulares formen parte del mecanismo que explique las anormalidades placentarias, los partos prematuros y los abortos en personas expuestas a plomo (González-Puebla et al., 2012). La infertilidad se produce con mucha frecuencia por contaminación ocupacional con plomo (Tang & Zhu, 2003).

Efectos diferidos de exposición prenatal o infantil a plomo que son mediados por el mecanismo del imprinting

A diferencia de lo que ocurre con adolescentes o adultos expuestos a plomo, la exposición durante la edad infantil o durante el período fetal tardío, aún a niveles mucho más bajos que los que determinan efectos en los adultos, deja secuelas irreversibles –que persisten de por vida– pues son causadas a través del mecanismo del imprinting. Los efectos irreversibles causados por exposición a bajas dosis son principalmente en el aparato reproductor y el sistema nervioso central.

La exposición perinatal a plomo determina los siguientes cambios irreversibles:

En animales de experimentación, los efectos diferidos de exposición prenatal o neonatal a plomo más estudiados han sido las alteraciones reproductivas y las neuroconductuales. Entre los efectos reproductivos se han descrito alteraciones de receptores de estrógeno en el útero (Wiebe y Barr, 1988), alteraciones de receptores de gonadotrofinas en el ovario (Wiebe et al., 1988), infertilidad (Schroeder & Mitchener, 1971), y alteraciones en las respuestas a los estrógenos en el útero de ratas prenatalmente expuestas (Tchernitchin et al., 2011), algunas de las cuales son diferentes a los efectos causados por exposición crónica a plomo en ratas prepúberes (Tchernitchin et al., 2003). Entre los efectos neuroconductuales están las alteraciones del aprendizaje (Massaro et al., 1986), y un aumento de afinidad receptores d-opiáceos cerebrales (McDowell & Kitchen, 1988), que ha sido relacionado con la alteración del efecto antinociceptivo opioide inducido por stress (Jackson & Kitchen, 1989).

En la especie humana, la exposición prenatal o neonatal a plomo deja como secuela irreversible de por vida alteraciones en el aparato reproductor masculino y femenino, en el sistema nervioso central y en otros órganos y sistemas. En cuanto al aparato reproductor, en poblaciones expuestas a plomo entre otras se han descrito infertilidad (Needleman & Landrigan, 1981) y aumento de los abortos espontáneos (Tang & Zhu, 2003). Sin embargo para la población humana no hay información suficiente para verificar si estos efectos adversos han sido causados por exposición materna previa durante la gestación (*imprinting*) o por efecto directo sobre la placenta, el embrión o el feto.

El daño al sistema nervioso central incluye déficit del aprendizaje, memoria, inteligencia y capacidad de atención, lo cual conlleva a fracasos escolares (Rothenberg et al., 1989; Needleman et al., 1990). Causa además trastornos conductuales tales como hiperactividad, agresividad y conductas delictivas (Needleman et al. 1996). Es muy difícil distinguir entre los efectos de la exposición prenatal a plomo y la infantil en cuanto a su efecto sobre el desarrollo neurocognitivo y al rendimiento escolar, porque el plomo persiste mucho tiempo en el organismo y el efecto

resultante al parecer es la combinación de ambos períodos de tiempo de la exposición. Los efectos de la exposición perinatal a plomo en conductas delictivas investigados por Needleman et. al. (1996, 2002) demostraron que la exposición a temprana edad (demostrada radiológicamente por niveles de plomo en la tibia, que se osifica alrededor del nacimiento incorporando dicho elemento desde el ambiente), guarda una relación con conductas antisociales y delictivas en la adolescencia. En concordancia con estos hallazgos, Nevin (2000, 2007) demostró una correlación entre la importación de plomo para ser adicionada a la gasolina o a pinturas habitacionales, con tasas de delitos, en diversos países, siempre que se aplique un desfase de un número de años, porque un recién nacido no ejecuta delitos. Una clara correlación plomo/delitos en diversos países (Finlandia, Francia, Inglaterra, EEUU, Canadá, Nueva Zelanda, Australia, Alemania Occidental, Italia) se obtenía con un desfase de 18 a 19 años (Nevin, 2007) lo cual sugería un mecanismo biológico además de otras condicionantes (socioeconómicas, culturales o el rigor de las medidas coercitivas) en esos países.

Basado en el aumento de afinidad receptores d-opiáceos cerebrales descrito en animales de laboratorio (McDowell & Kitchen, 1988), Tchernitchin & Tchernitchin (1992) y Tchernitchin et al., (1999) propusieron que la exposición perinatal humana a plomo podría estar relacionada con el aumento de adicciones a drogas de abuso estimulantes y opiáceas; la proposición de Tchernitchin & Tchernitchin (1992) fue confirmada en animales de experimentación por Kitchen & Kelly (1993) al demostrar que sólo en ratas adultas expuestas prenatalmente a plomo y luego tratadas con droga opiácea, se producía el síndrome de privación al suspender la acción del opiáceo con naloxona (antídoto opiáceo). Más tarde se realizaron otros estudios que confirmaron que la exposición prenatal a plomo facilitaba la adicción a cocaína (Nation et al., 2003, 2004; Rocha et al., 2005; Valles et al., 2005), pero que protegían de las adicciones a otras drogas tales como heroína (Rocha et al., 2004) y metanfetamina (Rocha et al., 2008).

Es necesario considerar el efecto de la exposición perinatal o infantil a plomo en el sistema nervioso central que se ha descrito a concentraciones extremadamente bajas de plomo, consideradas todavía "aceptables": disminución del coeficiente intelectual, de la memoria, de la capacidad de atención, tendencia a adicción a drogas de abuso opiáceas y estimulantes, agresividad y tendencia a conductas antisociales y delictivas. Todos ellos demostrados en estudios epidemiológicos.

La infertilidad por plomo es tan conocida desde tiempos antiguos, que el historiador Gilfillan (1965) propuso que la infertilidad y los efectos neuroconductuales causados por exposición a plomo, procedente de vinos almacenados en vasijas de plomo y de la red de agua potable con cañerías de plomo, causaron los efectos que determinaron la decadencia y el término del Imperio Romano. Igualmente, es posible suponer que una exposición masiva a cantidades pequeñas de plomo puede causar daños muy severos a nuestra sociedad. Recientemente hemos comentado que la información aquí presentada "debiera alertar a la población mundial para aplicar estándares más estrictos y endurecer la legislación para proteger las futuras generaciones de enfermedades que puedan desarrollarse post exposiciones prenatales o infantiles tempranas" (Tchernitchin & Gaete, 2015). En ese sentido, para el plomo, ya no se adiciona a los combustibles de vehículos motorizados en la gran mayoría de los países, y actualmente Organización Mundial de la Salud se ha programado para crear la Alianza Mundial para Eliminar el Uso del plomo en la Pintura (OMS, Centro de Prensa, 2016), que es otra de las fuentes importantes de contaminación con dicho elemento (Tchernitchin & Castro, 2002; Tchernitchin et al. 2005). En consecuencia, es de extremada importancia preocuparse de disminuir los niveles de plomo en el medio ambiente, en beneficio de la salud y calidad de vida de las futuras generaciones en nuestro país.

4.3. Cobre

El cobre es esencial para mantener buena salud, pero altas dosis pueden ser dañinas. La intoxicación aguda se produce por la ingestión de sulfato de cobre en altas cantidades (en el orden de los gramos); se manifiesta en forma de náuseas, vómitos, calambres estomacales, diarreas, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; en raras ocasiones se producen convulsiones, coma y muerte. La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de Cu puede causar congestión nasal y de las mucosas y ulceración con perforación del tabique nasal.

El cobre es un micronutriente esencial en muy pequeñas cantidades para la utilización del hierro, la formación de tejido conectivo, la pigmentación y la producción energética. Forma parte de enzimas como la ferrooxidasa, citocromooxidasa, superóxido-dismutasa, aminooxidasas, uricasa, dopamina-beta-hidroxilasa, entre otras.

Características toxicodinámicas: mecanismos y acciones tóxicas principales. Por su gran afinidad por ligandos con S o N, forma complejos de coordinación muy estables. Se une a grupos químicos de la hemoglobina y la membrana celular provocando la lisis. Por inhibición de la glutatión-reductasa e hiperestimulación de la vía de las hexosas monofosfato depleta el contenido de glutatión, lo cual significa que tiende a favorecer procesos de oxidación en el organismo y antagonizar la acción antioxidante de compuestos propios del organismo (Hansen et al., 2006). También inhibe la respiración celular.

La exposición a cobre puede provocar enfermedad hepática granulomatosa, con manifestación de granulomas en el tracto portal o cerca de él. La enfermedad hepática típica se considera, por lo general, de poca importancia, sin embargo los granulomas suelen causar hepatomegalia, necrosis o fibrosis del hígado.

Investigaciones recientes sugieren que el cobre favorece en humanos diversas patologías hepáticas y puede contribuir al desarrollo de cirrosis hepática, que han sido observados en ausencia de factores etiológicos de daño hepático y cirrosis tales como el alcoholismo o la hipersensibilidad a medicamentos. Esto ha sido corroborado también en animales de experimentación en los cuales se han demostrado alteraciones hepáticas morfológicas y ultraestructurales post exposición a cobre por vía digestiva (Cisternas et al., 2005).

La exposición a cobre estimula la angiogénesis, lo cual facilita la diseminación de metástasis en personas portadores de tumores cancerosos. Para graficar el beneficio de tener bajos niveles de cobre plasmático se mencionan los logros obtenidos con tratamientos de quelación en animales de experimentación (Yoo et al., 2012), que al disminuir los niveles de cobre han logrado prolongar la sobrevida de animales con cáncer y disminuir la proliferación de metástasis.

El cobre es esencial para mantener buena salud, pero altas dosis pueden ser dañinas. La intoxicación aguda se produce por la ingestión de sulfato de cobre en altas cantidades (en el orden de los gramos); se manifiesta en forma de náuseas, vómitos, calambres estomacales, diarreas, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal; en raras ocasiones se producen convulsiones, coma y muerte. La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de Cu puede causar congestión nasal y de las mucosas y ulceración con perforación del tabique nasal.

5. Conclusiones

El evento climatológico que ocurrió durante marzo de 2015 en la Región de Atacama, causó aluviones que arrastraron material sólido conjuntamente con relaves mineros tanto antiguos como recientes, lo que favoreció la exposición de las personas en Copiapó, Chañaral, Paipote, Tierra Amarilla, El Salado y Diego de Almagro a metales y metaloides presentes en el polvo que se formó al secarse el material sólido removido. Este estudio ha demostrado que el material que quedó depositado en techumbres y ventanas, en forma de polvo fino y seco, tiene concentraciones elevadas de cobre, arsénico y plomo que superan los niveles naturales de metales en la zona. La exposición de las personas a este material podría generar riesgos para la salud, lo que deberá estudiarse con mayor cantidad de muestras en las diferentes localidades afectadas y considerando las particularidades de cada una de las comunidades, poniendo especial atención en los receptores más sensibles como niños durante los primeros años de vida y mujeres embarazadas, puesto que, incluso en bajas concentraciones, estos contaminantes tienen la capacidad de generar efectos adversos en la salud.

En este trabajo se describen algunos de los efectos descritos para los metales que se encontraron en concentraciones elevadas (cobre, arsénico, plomo). La evidencia recopilada lleva a reflexionar acerca de la legislación que necesita nuestro país para asegurar que la actividad industrial, especialmente la minería, tenga poco impacto en la salud de las futuras generaciones. Considerando especialmente los efectos diferidos de la exposición prenatal o infantil temprana por el mecanismo del *imprinting* epigenético, se recomienda incluir estos aspectos en la legislación ambiental y en el ordenamiento territorial, al igual que en los planes de acción ante emergencias.

Referencias

Agency of Toxic Substances and Disease Registry (2007). *Case studies in environmental medicine. Lead toxicity.* US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA. The Agency.

Ahmed S, Khoda SM, Rekha RS, Gardner RM, Ameer SS, Moore S, Ekström EC, Vahter M, Raqib R. (2011). Arsenic-associated oxidative stress, inflammation, and immune disruption in human placenta and cord blood. *Environmental Health Perspectives* 119: 258–264.

Al-Saleh I, Coskun S, Mashhour A, Shinwari N, El-Doush I, Billedo G, Jaroudi K, Al-Shahrani A, Al-Kabra M, El Din MG. (2008). Exposure to heavy metals (lead, cadmium and mercury) and its effect on the outcome of in-vitro fertilization treatment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health 211*: 560–579.

Banks EC, Ferretti LE, Shucard DW. (1997). Effects of low level lead exposure on cognitive function in children: a review of behavioral, neuropsychological and biological evidence. *Neurotoxicology 18*: 237-282.

Bledsoe ML, Pinkerton LE, Silver S, Deddens JA, Biagini RE. (2011).Thyroxine and free thyroxine levels in workers occupationally exposed to inorganic lead. *Environmental Health Insights 5*: 55-61.

Bickel MJ. (2010). *Spatial And Temporal Relationships Between Blood Lead And Soil Lead Concentrations In Detroit, Michigan*. Open Access Theses, Paper 47. http://digitalcommons.wayne.edu/oa_theses/47 (Accessed october 31, 2016)

Cardenas A, Roels H, Bernard AM, Barbon R, Buchet JP, Lauwerys RR, Rosello J, Ramis I, Mutti A, Franchini I, Fels LM, Stolte H, de Broe ME, Nuyts GD, Taylor SA, Price RG. (1993). Markers of early renal changes induced by industrial pollutants. II. Application to workers exposed to lead. *British Journal of Industrial Medicine 50*, 28-36.

Cisternas FA, Tapia G, Arredondo M, Cartier-Ugarte D, Romanque P, Sierralta WD, Vial MT, Videla LA, Araya M. (2005). Early histological and functional effects of chronic coopper exposure in rat liver. *Biometals 18*: 541-551.

Cortés I, Rebolledo D. (2016a). *Informe F inal Proyecto Diagnóstico y evaluación de potenciales riesgos en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla* (ID: 608897-123-LP15)". Documento no publicado.

Cortés I, Rebolledo D, Martínez J. (2016b). *Informe F inal Proyecto "Diagnóstico y evaluación de potenciales riesgos en las comunas de Chañaral y Diego de Almagro* (ID: 608897-122-LP15). Documento no publicado.

Cortés I, ríos J, Gaete L, Tchernitchin AN. (2015). Metales pesados en muestras ambientales de la Región de Atacama. Situación postaluviones. *Actas XIV Congreso de Geología de Chile,* Resúmenes Expandidos 3: 302-305.

Eblen R, Eblen W. (1994). *The Encyclopedia of the Environment*, Houghton Mifflin, Boston, MA-

Fiorim J, Ribeiro RFJr, Silveira EA, Padilha AS, Vescovi MV, de Jesus HC, Stefanon I, Salaices M, Vassallo DV. (2011*). Low-level lead exposure increases systolic arterial pressure and endothelium-derived vasodilator factors in rat aortas*. PLoS One, 6: e17117 DOI: 10.1371/journal.pone.0017117.

Gilfillan SC. Lead poisoning and the fall of Rome (1965). *Journal of Occupational Medicine 7:* 53-60.

González-Puebla E, González-Horta C, Infante-Ramírez R, Sanin LH, Levario-Carrillo M, Sánchez-Ramírez B. (2012) .Altered expressions of MMP-2, MMP-9, and TIMP-2 in placentas from women exposed to lead. *Human and Experimental Toxicology 31*: 662-670.

Grandjean P, Jensen BM, Sando SH, Jorgensen PJ, Antonsen S. (1989). Delayed blood regeneration in lead exposure: an effect on reserve capacity. *American Journal of Public Health 79*: 1385-1388.

Graziano JH, Slavkovic V, Factor-Litvak P, Popovac D, Ahmedi X, Mehmeti A. (1991). Depressed serum erythropoietin in pregnant women with elevated blood lead. *Archives of Environmental Health 46:* 347-350.

Guerra-Tamayo JL, Hernández-Cadena L, Tellez-Rojo MM, Mercado-García AS, Solano-González M, Hernández-Avila M, Hu H. (2003). Tiempo para el embarazo y exposición a plomo. *Salud Pública México 45* Suppl 2: S189–S195.

Hamadani JD, Tofail F, Nermell B, Gardner R, Shiraji S, Bottai M, Arifeen SE, Huda SN, Vahter M. (2011). Critical windows of exposure for arsenic-associated impairment of cognitive function in pre-school girls and boys: a population-based cohort study. *International Journal of Epidemiology 40*: 1593-604.

Hansen JM, Zhang H, Jones DP. Differential oxidation of thioredoxin-1, thioredoxin-2, and glutathione by metal ions (2006). *Free Radical Molecular Medicine 40*: 138-145.

Hsieh TJ, Chen YC, Li CW, Liu GC, Chiu YW, Chuang HY (2009). A proton magnetic resonance spectroscopy study of the chronic lead effect on the Basal ganglion and frontal and occipital lobes in middle-age adults. *Environmental Health Perspectives 117*: 941-945.

Jackson HC & Kitchen I. (1989). Perinatal lead exposure impairs opioid but not non-opioid stress-induced antinociception in developing rats. *British Journal of Pharmacology 97:* 1338–1342.

Kitchen I & Kelly M. (1993). Effect of perinatal lead treatment on morphine dependence in the adult rat. *Neurotoxicology 14*: 125-129.

Massaro TF, Miller GD, Massaro EJ. (1986). Low-level lead exposure affects latent learning in the rat. *Neurobehavioral Toxicology and Teratology 8*: 109–113.

McDowell & Kitchen I. (1988). Perinatal lead exposure alters the development of δ- but not μ-opioid receptors in rat brain. *British Journal of Pharmacology 94*: 933-937.

Nation JR, Cardon AL, Heard HM, Valles R, Bratton GR. (2003). Perinatal lead exposure and relapse to drug-seeking behavior in the rat: a cocaine reinstatement study. *Psychopharmacology 168*: 236-243.

Nation JR, Smith KR, Bratton GR. (2004). Early developmental lead exposure increases sensitivity to cocaine in a self-administration paradigm. *Pharmacology Biochemistry and Behavior 77:* 127-135.

Needleman H, Gunnoe C, Leviton A, Reed M, Peresie H, Maher C, Barrett P. (1979). Deficits in psychological and classroom performance of children with elevated dentine lead levels. *The New England Journal of Medicine 300*: 689-695.

Needleman HL & Landrigan PJ. (1981). The health effects of low level exposure to lead. *Annual Review of Public Health 2:* 277-298.

Needleman HL, Schell A, Bellinger D, Leviton A y Allred EN. (1990). The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood. An 11-year follow-up report. *The New England Journal of Medicine 322*: 83–88.

Needleman HL, Riess JA, Tobin MJ, Biesecker GE, Greenhouse JB. (1996). Bone lead levels and delinquent behavior. *Journal of the Americal Medical Association 275*: 363-369.

Needleman HL, McFarland C, Ness RB, Fienberg SE, Tobin MJ. (2002). Bone lead levels in adjudicated delinquents. A case control study. *Neurotoxicology and Teratology 24*: 711-717.

Nevin R. (2000). How lead exposure relates to temporal changes in IQ, violent crime, and unwed pregnancy. *Environmental Research 83*: 1-22.

Nevin R. (2007) Understanding international crime trends: the legacy of preschool lead exposure. . *Environmental Research 104*: 315–336.

Nordström S, Beckman L, Nordenson I. (1978). Occupational and environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. III Frecuencies of spontaneous abortions. *Hereditas 88*: 51-54.

Nordström S, Beckman L, Nordenson I. (1979). Occupational and environmental risks in and around a smelter in northern Sweden. VI Congenital malformations. *Hereditas 90:* 297-302.

OMS, Centro de Prensa (2016). Intoxicación por plomo y Salud, http://who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/ (accesado 27/10/2016),

Pagliuca A, Mufti GJ, Baldwin D, Lestas AN, Wallis RM Bellingham AJ. (1990). Lead poisoning: clinical, biochemical, and haematological aspects of a recent outbreak. *Journal of Clinical Pathology 43:* 277-281.

Rahman A, Vahter M, Ekström EC, Persson LÅ. (2011). Arsenic exposure in pregnancy increases the risk of lower respiratory tract infection and diarrhea during infancy in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives, 119*, 719-724.

Raymond RE, Tarr H, Tufts M. (2012). *GIS collaboration leads to a better undestanding of the impact of elevated blood lead levels on student achievement*. Personal communication, Detroit Department of Health and Wellness Promotion, USA.

Rocha A, Valles R, Cardon AL, Bratton GR, Nation JR. (2004). Selfadministration of heroin in rats: effects of low-level lead exposure during gestation and lactation. *Psychopharmacology 174*: 203-210.

Rocha A, Valles R, Cardon AL, Bratton GR, Nation JR. (2005). Enhanced acquisition of cocaine self-administration in rats developmentally exposed to lead. *Neuropsychopharmacology 30*: 2058-2064.

Rocha A, Valles R, Hart N, Bratton GR, Nation JR. (2008). NIHMS49061Developmental Lead Exposure Attenuates Methamphetamine Dose-effect Self - administration Performance and Progressive Ratio Responding in the Male Rat. *Pharmacology Biochemistry and Behavior 89*: 508-514.

Ronis MJJ, Badger TM, Shema SJ, Roberson PK, Shaikh F. (1996). Reproductive toxicity and growth effects in rats exposed to lead at different periods during development. *Toxicology and Applied Pharmacology 136:* 361–371.

Rothenberg SJ, Schnaas L, Cansino-Ortiz S, Perroni-Hernández E, De La Torre P, Neri-Méndez C, Ortega P, Hidalgo-Loperena H, Svendsgaard D. (1989). Neurobehavioral deficits after low level lead exposure in neonates: the Mexico city pilot study. *Neurotoxicology and Teratology 11:* 85-93.

Sansar W, Ahboucha S, Gamrani H. (2011). Chronic lead intoxication affects glial and neural systems and induces hypoactivity in adult rat. *Acta Histochemica 113:* 601–607.

Sansar W, Bouyatas MM, Ahboucha S, Gamrani H. (2012). Effects of chronic lead intoxication on rat serotoninergic system and anxiety behavior. *Acta Histochemica 114:* 41–45.

Schroeder HA & Mitchener M. (1971). Toxic effects of trace elements on the reproduction of mice and rats. *Archives of Environmental Health 23*: 102-106.

Smith AH, Marshall G, Yuan Y, Ferreccio C, Liaw J, von Ehrenstein O, Steinmaus C, Bates MN, Selvin S. (2006). Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. *Environmental Health Perspectives 114:* 1293-1296.

Srivastava S, D'Souza SE, Sen U, States JC. (2007). In utero arsenic exposure induces early onset of aterosclerosis in ApoE-/- mice. *Reproductive Toxicology 23:* 449-456.

Staessen JA, Christopher JB, Fagard R, Lauwerys RR, Roels H, Thijs L, Amery A. (1994). Hypertension caused by low-level lead exposure: myth or fact?. *Journal of Cardiovascular Risk 1*: 87-97.

Tang N & Zhu ZQ. (2003). Adverse reproductive effects in female workers of lead battery plants. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 16:* 359–361.

Tarr H, Raymond RE, Tufts M. (2009). The effects of lead exposure on school outcome among children living and attending public schools in Detroit, M, http://www.edweek.org/media/detroitlead/pdf (accessed 19 jul 2011).

Tchernitchin AN & Tchernitchin N. (1992). Imprinting of paths of heterodifferentiation by prenatal or neonatal exposure to hormones, pharmaceuticals, pollutants and other agents and conditions. *Medical Science Research 20:* 391-397.

Tchernitchin AN, Tchernitchin NN, Mena MA, Unda C, Soto J. (1999). Imprinting: Perinatal exposures cause the development of diseases during the adult age. *Acta Biologica Hungarica 50:* 425-440.

Tchernitchin AN & Castro JL. (2002). Carta al Editor, Respuesta al Gerente Técnico Sherwin Williams Chile SA. *Visión Médica Regional (Concepción, Chile) 6 (7*): 93-97.

Tchernitchin NN, Clavero A, Mena MA, Unda C, Villagra R, Cumsille M, Tchernitchin AN (2003). Effect of chronic exposure to lead on estrogen action in the prepubertal rat uterus. *Environmental Toxicology 18*, 268-277.

Tchernitchin AN, Lapin L, Molina L, Molina G, Tchernitchin NA, Acevedo C, Alonso P. (2005). Human exposure to lead in Chile. *Review of Environmental Contamination and Toxicology 185*: 93-139.

Tchernitchin AN, Gaete L, Bustamante R, Báez A. (2011). *Effect of prenatal exposure to lead on estrogen action in the prepubertal rat uterus.* ISRN Obstetrics and Gynecology 2011: Article 329692, 8 p.

Tchernitchin AN, Gaete L, Bustamante R, Sorokin YA. (2013). *Adulthood prenatally programmed diseases – Health relevance and methods of study.* En: Protein Purification and Analysis I. Methods and Applications. iConcept Press, Hong Kong, pp 217-258.

Tchernitchin AN & Gaete L. (2015). Prenatal exposures to environmental agents or drugs promote the development of diseases later in life. *Biology and Medicine (Aligarh) 7 (3):* 1000236, 4p.

Tuppurainen M, Wagar G, Kurppa K, Sakari W, Wambugu A, Froseth B, Alho J, Nykyri E. (1988). Thyroid function as assessed by routine laboratory tests of workers with long-term lead exposure. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 14:* 175-180.

US EPA. (1996) Method 3050B Acid digestion of sediments, sludges, and soils. . Disponible en https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf

Valles R, Rocha A, Cardon A, Bratton GR, Nation JR. (2005). The effects of the GABAA antagonist bicuculline on cocaine self-administration in rats exposed to lead during gestation/lactation. *Pharmacology Biochemistry and Behavior 80*: 611-619.

Wang Y, Hu H, Li H, Ma H, Xu F, Qu B. (2014). Effects of lead exposure on placental cellular apoptosis and endoplasmic reticulum stress in rats. *Chinese Medical Journal 127*:1744-1748,

Wiebe JP & Barr JJ. (1988). Effect of prenatal and neonatal exposure to lead on the affinity and number of estradiol receptors in the uterus. *Journal of Toxicology and Environmental Health 24*: 451–460.

Wiebe JP, Barr KJ Buckingham KD. (1988). Effect of prenatal and neonatal exposure to lead on gonadotropin receptors and steroidogenesis in rat ovaries. *Journal of Toxicology and Environmental Health 24*: 461–476.

Winder C. (1993). Lead, reproduction and development. *Neurotoxicology 14*: 303–317.

Wu CY, Liu B, Wang HL, Ruan DY. (2011). Levothyroxine rescues the lead-induced hypothyroidism and impairment of long-term potentiation in hippocampal CA1 region of the developmental rats. *Toxicology and Applied Pharmacology 256:* 191-197.

Yoo JY, Pradarelli J, Haseley A, Vojton J, Kaka A, Bratasz A, Alvarez-Breckenridge CA, Yu JG, Powell K, Mazar AP, Tekmnos TN, Chiocca EA, Glorioso JC, Old M, Kaur B. (2012). Copper chelation enhances antitumor efficacy and systemic delivery of oncolytic HSV. *Clinical Cancer Research 18:* 4931-4941.

Zhang J, Cai T, Zhao F, Yao T, Chen Y, Liu X, Luo W, Chen J. (2012). The Role of α-synuclein and Tau Hyperphos-phorylation-Mediated Autophagy and Apoptosis in Lead-induced Learning and Memory Injury. *International Journal of Biological Sciences 8:* 935-944.

Material particulado, metales/metaloides en ambientes escolares de la ciudad de Chañaral: impacto en la calidad de aire y en la salud ambiental infantil

Dante D. Cáceres Lillo y Karla Yohannessen Vásquez

Resumen

La minería es una importante fuente de riqueza para los países, sin embargo, no es ajena a la producción de desechos. Por lo tanto, las externalidades positivas que puede producir esta actividad para el desarrollo de todo un país, también puede tener implicancias negativas y dañinas para realidades mas locales al no considerar un manejo adecuado y disposición de los pasivos ambientales. La minería es una fuente importante de contaminación del medio ambiente por metales pesados debido a actividades tales como la extracción de minerales, el transporte de mineral, fundición y refinación, y la eliminación de relaves y aguas residuales. En Chile una de las principales actividades productivas es la minería, y gran parte de los procesos productivos se lleva a cabo en el norte del país.

La ciudad de Chañaral ubicada en la Región de Atacama esta directamente impactada por material particulado y otros contaminantes del aire con alto contenido metálico, proveniente de relaves mineros depositados durante 50 años en su zona costera. La calidad de vida y salud de la comunidad se ha visto afectada, especialmente aquellos grupos etarios vulnerables.

Este estudio se enfoca en la relación entre la exposición a material particulado ambiental y efectos en la función pulmonar de niñas y niños en edad escolar. Por otra parte se determinaron niveles de concentración de material particulado, así como su composición de metales/metaloides en microambientes exteriores e interiores de recintos escolares.

Los resultados muestran que durante el periodo de estudio en reiteradas ocasiones se superaron las normas horarias nacionales para material particulado, especialmente MP10. Los niños en edad escolar presentaron cambios negativos en la función pulmonar producto de la variación en exposición MP2.5 fino. Por otra parte, elevados niveles de material particulado se determinaron al interior de los microambientes escolares, especialmente en invierno y en las salas de clases. El perfil de elementos determinados en ambientes interiores en las escuelas y jardines infantiles se correlacionó claramente con el exterior, cuya composición se asocia a una mezcla de metales/metaloides encontradas en áreas contaminadas con desechos mineros y elementos naturales presentes en los suelos costeros del norte. Estos, podrían estar actuando sinérgicamente en la respuesta inflamatoria en las vías respiratorias, agudizando el efecto de la exposición, Por otra parte, se deben tener en cuenta los potenciales efectos a largo plazo por la exposición continua de las comunidades a este material.

1. La salud ambiental infantil

Existen grupos poblacionales que son más vulnerables a los efectos en salud producidos por los contaminantes ambientales, como la población infantil, personas adultas mayores y personas con enfermedades crónicas respiratorias y cardiovasculares (Brown, Sarnat, & Koutrakis, 2012; Sousa et al., 2012). Sin embargo, la población infantil reviste una especial atención, debido a que difieren profundamente de las personas adultas con respecto a la fisiología, el metabolismo, el crecimiento, el desarrollo y el comportamiento (Landrigan & Etzel, 2013).

La salud ambiental de niñas y niños (o Salud Ambiental Infantil) merece especial atención porque están desproporcionadamente expuestos y son vulnerables a una serie de peligros ambientales (Frumkin, 2010; Landrigan & Etzel, 2013). Su exposición a los riesgos ambientales ocurre en muchos entornos diferentes: en el hogar, en el colegio, en el patio de recreo y en el entorno más amplio (WHO, 2010). Su exposición a los tóxicos en los alimentos, el aire, el agua y el suelo es mayor que la de los adultos, porque ingieren más alimento y agua, y respiran más aire en relación con su peso corporal que los adultos (Landrigan & Etzel, 2013; Y. Lee & Dong, 2012). Otro factor importante en la exposición es el comportamiento exploratorio, la conducta frecuente *de la mano a la boca* y la proximidad al suelo para realizar sus actividades (ej. caminar, gatear, jugar), todo lo cual resulta en un mayor contacto con las fuentes de contaminación (Frumkin, 2010; Landrigan & Etzel, 2013; WHO, 2010)

Una vez expuestos, niñas y niños son más vulnerables a los efectos de los tóxicos, ya que sus vías metabólicas inmaduras son menos capaces de metabolizar, desintoxicar y excretar sustancias nocivas (Landrigan & Etzel, 2013). Los peligros ambientales pueden perturbar fácilmente su rápido crecimiento y desarrollo durante períodos de tiempo críticos, creando ventanas de vulnerabilidad en las que el desarrollo puede ser interrumpido o alterado, llegando a causar déficits estructurales y funcionales, y discapacidad de por vida (Tellerias & Paris, 2008).

Los efectos directos e indirectos de las exposiciones ambientales en la niñez a menudo persisten a lo largo de la vida adulta (WHO, 2010). La larga expectativa de vida de las niñas y los niños conlleva el potencial de exposiciones acumulativas relativamente altas y el tiempo necesario para desarrollar resultados adversos de salud retardados. Por lo tanto, tienen más tiempo para desarrollar enfermedades crónicas que pueden ser desencadenadas por la exposición temprana con largos períodos de latencia (Frumkin, 2010).

Finalmente, algunos subgrupos de la población infantil están claramente más expuestos a elevados niveles de contaminantes en los ambientes donde crecen, lo que plantea cuestiones de *justicia ambiental*. Aquellos que viven en situación vulnerabilidad social, como es la pobreza, modifican significativamente su nivel de exposición a tóxicos ambientales, y asociado a una mala nutrición puede empeorar los riesgos para la salud presente y futura. Geográficamente, ciudades y barrios de bajos ingresos, frecuentemente están cerca de las fuentes de contaminantes ambientales tales como vertederos, industrias y carreteras (CICH).

2. Efectos de la contaminación del aire en la salud respiratoria infantil

Una variedad de contaminantes, tanto en el interior como en el exterior de los ambientes donde se desenvuelven, están asociados con problemas respiratorios en niñas y niños. En com-

paración con las personas adultas, este grupo ha mostrado ser más sensible a los efectos de la exposición a la contaminación del aire debido a su etapa de crecimiento físico, sistema inmune inmaduro, y un aparato respiratorio aún en desarrollo (Y. Lee & Dong, 2012; Li, Williams, Jalaudin, & Baker, 2012). Los factores determinantes de la mayor susceptibilidad a la contaminación del aire comienzan con las exposiciones desde la concepción y se extienden hasta la adolescencia e incluyen: el proceso continuo de crecimiento y desarrollo del aparato respiratorio, el sistema inmune inmaduro, la mayor vulnerabilidad a los efectos del estrés oxidativo, las altas tasas de infección con patógenos respiratorios, y los patrones de actividad que aumentan la exposición a la contaminación del aire y, por lo tanto, la dosis del contaminante en el pulmón (Frumkin, 2010; Ubilla & Yohannessen, 2017; WHO, 2005).

Se ha descrito que durante el proceso continuo de crecimiento y desarrollo del aparato respiratorio, existen períodos específicos durante los cuales las exposiciones tóxicas pueden interrumpir el normal desarrollo, lo que podría causar daños a largo plazo. El sistema inmune inmaduro implica un mecanismo de detoxificación menos desarrollado, que dificulta la transformación metabólica a compuestos menos peligrosos (Ubilla & Yohannessen, 2017; WHO, 2005). Adicionalmente, el daño pulmonar durante la infancia tiene consecuencias a largo plazo, ya que puede reducir la capacidad funcional máxima alcanzada, reduciendo de esta forma la reserva funcional y aumentando la susceptibilidad en el adulto (Gowers et al., 2012; Ubilla & Yohannessen, 2017).

En general, el potencial efecto en el aparato respiratorio va a depender de la concentración de los distintos contaminantes, de la duración, frecuencia y magnitud de la exposición, y de la susceptibilidad del individuo. No obstante, en los niños y las niñas existe un amplio rango de problemas respiratorios originados por la contaminación del aire; los estudios los dividen en efectos agudos o de corto plazo y efectos crónicos o de largo plazo. Ha sido difícil aislar la magnitud del efecto de cada componente de la contaminación del aire, pues éstos interactúan entre sí, y algunos pueden actuar de manera sinérgica potenciando o debilitando los efectos observados. Los efectos de corto plazo están mejor establecidos que los de largo plazo (Ubilla & Yohannessen, 2017).

Dentro de los efectos agudos, se ha demostrado inflamación de la vía aérea (B. Y. Chen et al., 2012), hiperreactividad bronquial, síntomas respiratorios como irritación de nariz y garganta (Chauhan & Johnston, 2003), consultas a urgencia, hospitalizaciones, y alteraciones transitorias de la función pulmonar. Niñas y niños en edad escolar o preescolar que están expuestos a contaminación tienen más tos y más episodios de bronquitis aguda que los no expuestos (Ubilla & Yohannessen, 2017).

Existen, además, subgrupos de la población infantil con mayor susceptibilidad debido a la presencia de enfermedades crónicas, como el asma (Landrigan & Etzel, 2013; Ubilla & Yohannessen, 2017). La relación entre asma y contaminación del aire ha sido muy estudiada. En niños con diagnóstico previo de asma hay bastante acuerdo que la contaminación del aire puede desencadenar o exacerbar los síntomas de asma y aumentar las hospitalizaciones o visitas a urgencia por asma (D'Amato et al., 2015; Tzivian, 2011; WHO, 2005). Lo que está en plena discusión hoy en día es la existencia de asociación entre incidencia de asma y contaminación del aire (Dick et al., 2014; Gilmour, Jaakkola, London, Nel, & Rogers, 2006; Selgrade et al., 2006; Ubilla & Yohannessen, 2017). El aumento sostenido de la prevalencia del asma en las últimas décadas ha llevado a plantear como causa a factores ambientales, ya que no es plausible una explicación debida a cambios genéticos en tan corto plazo. Dentro de los factores ambientales

estudiados están la dieta, el tabaco, y la contaminación ambiental, entre otros. La relación entre contaminación del aire y mayor incidencia de asma es biológicamente plausible (Gowers et al., 2012) y se han propuesto una serie de mecanismos para explicar cómo la contaminación del aire puede contribuir a casos nuevos de asma (Gowers et al., 2012).

Otro aspecto bastante estudiado es el efecto de los contaminantes del aire sobre la función pulmonar de los niños y las niñas. Vivir en áreas con alta contaminación atmosférica se ha asociado tanto con caídas de la función pulmonar como con un menor crecimiento de ésta. Como se ha mencionado, la población infantil es especialmente susceptible, y se ha demostrado que quienes pasan largo tiempo al aire libre son los que presentan mayores efectos tanto a corto como largo plazo debido a exposiciones a MP y NO2 (Gauderman et al., 2015; Gehring et al., 2013; Li et al., 2012; Ubilla & Yohannessen, 2017). Por otro lado, también se ha encontrado que la exposición materna a la contaminación se ha asociado de manera consistente con déficits en la función pulmonar en la infancia (Goldizen, Sly, & Knibbs, 2016; Morales et al., 2015).

3. Contaminación asociada a la actividad minera

Los contaminantes asociados a la actividad minera son en su mayoría metales pesados, los que además de tener un fuerte impacto en la salud pública, también generan un fuerte impacto en todo el ecosistema (agua, aire, suelo, biota). En los últimos años se ha demostrado que los desechos de las faenas mineras generan un violento daño ambiental en el ecosistema circundante, daño que muchas veces llega a ser irreparable (Csavina et al., 2011; Koski, 2012; Moreno et al., 2010; Qu et al., 2012; Ramirez, Massolo, Frache, & Correa, 2005; Voulvoulis, Skolout, Oates, & Plant, 2013; Warhurst, 1999). Como la actividad minera genera una producción a gran escala, con pocas regulaciones y con altos niveles de contaminantes, el impacto en el medioambiente posterior a estas faenas es prolongado en el tiempo por muchos años. Los metales pesados tales como plomo (Pb), cinc (Zn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), y el cromo (Cr) son emitidos al medio ambiente en grandes cantidades y en todas las matrices; al agua por medio del riego de aguas residuales; al suelo mediante la disposición de residuos sólidos y por los lodos residuales de las faenas, y al aire por medio de los procesos de combustión y por las emisiones vehiculares al interior de la mina (Csavina et al., 2012; Csavina et al., 2011; Horton, Mortensen, Iossifova, Wald, & Burgess, 2013). De esta manera la permanencia y la infiltración de los metales pesados en los sustratos ambientales genera un daño a escala local, poblacional, regional y muchas veces global (Jarup, 2003; M. C. Jung, 2008; Lagos & Velasco, 1999; Qu et al., 2012).

Varios componentes de MP, como metales de transición tales como el Fe, Cu, Ni y Cr son capaces de producir severa toxicidad sobre los tejidos expuestos (Aust et al., 2002; Gavett, Haykal-Coates, Copeland, Heinrich, & Gilmour, 2003; Okeson, Riley, Fernandez, & Wendt, 2003). Existen muchos estudios que han evaluado los efectos producidos por la exposición a metales pesados en la salud de la población a través de distintas vías de exposición (aire, agua, suelo, alimentos, etc.) y que han reportado una variedad de efectos tóxicos en la salud así como efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos (MacIntosh, Spengler, Ozkaynak, Tsai, & Ryan, 1996; Qu et al., 2012). El estudio realizado por Qu et al., (2012) demostró que la exposición a metales pesados en villas cercanas o circundantes a faenas mineras representaba un alto riesgo para la población, y que la distancia existente entre la faena minera y las poblaciones podía ser una barrera de protección dependiendo de cuán lejos o cerca estaban. Además, concluyó que

los riesgos estimados por la exposición a metales pesados provenían no sólo por una vía de exposición única, sino más bien por un sistema múltiple de vías de exposición, como por ejemplo la ingesta de vegetales cultivados en suelos contaminados o regados con aguas contaminadas y la inhalación del aire al interior de las viviendas (Qu et al., 2012).

Los relaves son una mezcla líquida que queda después del procesamiento de mineral, es decir es un subproducto de la industria extractiva de metales (Kossoff et al., 2014). En general, la composición química de los relaves depende de la geología del área de extracción, la naturaleza de los procesos de extracción (compuestos usados), la eficiencia y las condiciones ambientales del almacenaje y/o depósito. Los elementos (metales/metaloides) más frecuentes son el sílice (Si) y el hierro (Fe), aluminio (Al), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), fosforo (P), titanio (Ti) y azufre (S). Dependiendo de la eficiencia de los procesos de extracción y del metal que está siendo explotado, también se encuentran especies como arsénico (As), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), estroncio (Sb), titanio (Ti), entre otros elementos (Kossoff et al., 2014) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química (mg/kg) de relaves mineros de acuerdo a diferentes estudios a nivel mundial.

Localidad / país	Ag	Al	As	Au	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	La	Mn
Aznalcóllar, Spain (Hudson-Edwards et al., 2003)			2500			27			1600				
Piscinas, Sardinia (Concas, Ardau, Cristini, Zuddas, & Cao, 2006)						71	15		84				
San Luis, Potosí, México (Castro-Larragoitia, Kramar, & Puchelt, 1997)			4000	0,7		30			400				
Leechang, China (densely vegetated) (Ye, Shu, Zhang, Lan, & Wong, 2002)						14			192				
Lavrion, Greece (Spoil B) (Kontopoulos, Komnitsas, Xenidis, & Papassiopi, 1995)			1000 25,000			50 200							
Algares, Portugal (Bobos, Duraes, & Noronha, 2006)			1213		604		106	80	727				
Virginia, USA (Seal, Hammarstrom, Johnson, Piatak, & Wandless, 2008)	60		25		200	10	44	11	453				
Boliden, Sweden (Gleisner & Herbert, 2002)			2960		274	16,6	57,8	36,2	640		8,42	13,7	
Milluni, Bolivia (Salvarredy-Aranguren, Probst, Roulet, & Isaure, 2008)			5600			118			3550				
Potosí, Bolivia (Kossoff, Hudson-Edwards, Dubbin, & Alfredsson, 2011)			6960 ± 452			62,1 ± 5,00			502 ± 39				
Aries, Romania (Levei, Frentiu, Ponta, Tanaselia, & Borodi, 2013)	10,5	1810	101		103	0,6	0,3	2,5	15,9	9350			55
Korea (M. C. Jung, 2008)					0,17 107				1,5-573				

	Mo	Nb	Ni	Pb	Sb	Sc	Sn	Sr	Tl	V	W	Y	Zn
Aznalcóllar, Spain (Hudson-Edwards et al., 2003)		20	8500	270				56				7400	
Piscinas, Sardinia(Concas et al., 2006)		25	4100									7300	
San Luis, Potosí, México (Castro-Larragoitia et al., 1997)			3000									2000	
Leechang, China (densely vegetated)(Ye et al., 2002)			1642									5021	
Lavrion, Greece (Spoil B) (Kontopoulos et al., 1995)				10,000 30,000									5000 50,000
Algares, Portugal (Bobos et al., 2006)		<5	6805			136			30			3713	
Virginia, USA (Seal et al., 2008)		10	3528	8				10				2178	
Boliden, Sweden (Gleisner & Herbert, 2002)	<5,92	11,9	11,3	1850		8,8	<23,7	43,7		40,7	<59,2	12,2	5290
Milluni, Bolivia (Salvarredy-Aranguren et al., 2008)			846									26,7	
Potosí, Bolivia (Kossoff et al., 2011)			2180 ± 120	723 ± 63			222 ± 18		9,96 ± 0,55				
Aries, Romania (Levei et al., 2013)		2,0	117						37			185	
Korea (M. C. Jung, 2008)			1,2 364										4,4 2880

Fuente: Modificado de Kossoff, D. (2014). Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impact, and remediation. Applied Geochemistry.

4. El caso de la ciudad de Chañaral

Una de las zonas con mayor productividad minera es la Región de Atacama en el norte de Chile donde se concentra gran actividad relacionada con la producción de cobre. Ésta, además de los beneficios económicos para el país, ha tenido como consecuencia el deterioro de las diversas matrices ambientales, como son el suelo, aguas superficiales, aire y los ecosistemas marinos aledaños. Específicamente, la bahía de la Ciudad de la comuna Chañaral, es un ejemplo de un sitio masivamente contaminado con relaves mineros en Chile. Esta tiene una superficie de 24.660 kilómetros cuadrados y cuenta con una población de 42.805 habitantes que se concentran principalmente en la zona urbana de la comuna (Mesias, 2015).

Durante muchos años, Chañaral fue la capital portuaria de la región donde llegaba el mineral extraído en las cupríferas El Salvador y de la fundición de Potrerillos, el cual era enviado a mercados internacionales (Vergara, 2011). Debido a la falta de regulaciones ambientales de la época, los desechos generados eran acopiados en sitios sin ninguna fiscalización, o vertidos a cursos de ríos sin ningún tratamiento, esta situación favoreció el vertido de relaves mineros sin tratamiento al curso del río Salado durante 50 años, desde el año 1938. Se estima que en la bahía se depositaron unos 350 millones de toneladas, formando una playa artificial de unos 5 Km de largo y 1 km de ancho y con una profundidad estimada entre 10 y 15 metros (Astudillo, 2008; Castilla, 1983; Dold, 2006; Lagos & Velasco, 1999; Neary & Garcia-Chevesich, 2008; Vergara, 2011; Wisskirchen, B., & Spangengerg, 2006) (Figura 1). Esta situación se mantuvo sin modificación hasta el año 1975, en que producto de la presión de la comunidad y por recursos judiciales se prohibió el vertido de los relaves en esta zona (Lagos & Velasco, 1999). Este grave daño ambiental, llevó a que en el año 1983 el Programa del Medioambiente de las Naciones Unidas (PNUD) calificara a la Bahía de Chañaral como unos de los problemas de contaminación marina más serios del mundo (Dold, 2006).

Estos relaves con alto contenido de metales/metaloides (polimetales) han producido un marcado efecto deletéreo sobre la flora y fauna marina del sector comparado con otros sectores del litoral donde no existen estos depósitos (Andrade, Medina, Moffett, & Correa, 2006; Cao et al., 2005; Castilla & Nealler, 1978; Medina et al., 2005; Ramirez et al., 2005; Vásquez, Vega, Matsuhiro, & Urzúa, 1999; Vermeer & Castilla, 1991).

Adyacente a la Bahía de Chañaral se emplaza el casco urbano de la ciudad, la cual es directamente impactada por el polvo y el material particulado que se levanta por acción eólica desde la playa contaminada con los relaves (Aguirre, 2005; Astudillo, 2008; Centrón, 2005; EIA, 1996). Diversos autores han manifestado que esta situación estaría afectando la calidad de vida y la salud de la comunidad, especialmente aquellos grupos etarios más vulnerables (Aguirre, 2005; Astudillo, 2008; Castillejos et al., 1995; Centrón, 2005; Cortés, 2009; Cortes & Fortt, 2008; Dold, 2006)

El propósito del estudio realizado durante los años 2012 y 2013 en la ciudad de Chañaral, fue evaluar el impacto de la exposición a material particulado MP10 y MP2.5 sobre en la función respiratoria de niños, y determinar los niveles de MP2.5 y su contenido de metales/metaloides en ambientes interiores y exteriores de los recintos educacionales.

Figura 1. Fotografía Oblicua Trimetrogon 1948 e Imagen Satelital Spot 2006 de la bahía y ciudad de Chañaral, Región de Atacama, Chile.

5. Materiales y métodos

5.1. Población y diseño de estudio

Se estudió una muestra representativa de 118 escolares de 6 a 15 años residentes en Chañaral seleccionados aleatoriamente de establecimientos educacionales, los que participaron en un estudio prospectivo tipo panel (Yohannessen et al., 2015), el cual permite identificar cambios en el desenlace de interés según la variación de la exposición a través del tiempo (Desqueyroux & Momas, 1999; Janes, Sheppard, & Shepherd, 2008; Li et al., 2012; Ward & Ayres, 2004).

5.2. Mediciones de MP2.5 y metales/metaloides en microambientes escolares

Se seleccionaron 6 establecimientos educacionales de un total de 10 (3 jardines infantiles y 3 escuelas básicas). En cada uno, se colectó simultáneamente MP2.5 en filtros de teflón (previamente ambientados), al interior de salas, oficinas, y en patio exterior por medio de bombas de muestreo personal y equipos PEMs (Personal Monitoring System). Se determinaron por espectrometría de fluorescencia de rayos (XRF Analyte) los siguientes elementos: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ba, La, Hg, y Pb. La gravimetría y la caracterización química (metales/metaloides) de los filtros, fueron realizadas en el laboratorio ChesterLab de Oregon, EEUU (http://www.chesterlab.net/) (EPA, 1999; Mesias, 2015). Las mediciones se realizaron en los meses de diciembre, abril y julio durante la jornada escolar (8:30 a 16:30 aprox.) en dos días consecutivos, obteniendo una medición total de 16 horas por establecimiento y estación del año (Figura 2) (Mesías Monsalve et al., 2017).

Figura 2. Distribución espacial de escuelas y jardines; en azul las escuelas; rojo los jardines infantiles. Ciudad de Chañaral, Región de Atacama, Chile.

5.3. Mediciones de material particulado ambiental MP10 y MP2.5

Se midió en forma continua los niveles atmosféricos de MP10 y MP2.5 entre noviembre de 2012 y mayo de 2013 (182 días) con un monitor marca THERMO 5014i, simultáneamente se determinó: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y precipitaciones. Estas determinaciones fueron realizadas por una empresa certificada a nivel nacional (CESMEC S.A), que opera bajo el Decreto. Supremo. No 61 del MINSEGPRES[16] y se rige por estándares EPA (EPA, 2006).

5.4. Función pulmonar

La función pulmonar se midió a través de espirometrías realizadas cada 2 semanas por personal capacitado según normas de la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias del año 2006 (Gutiérrez et al., 2007; K. H. Jung et al., 2012). Se utilizó un espirómetro portátil, marca EasyOne Spirometer® (Yohannessen et al., 2015), evaluándose los siguientes parámetros espirométricos: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) y Capacidad vital forzada (CVF) medido en litros; Flujo espiratorio máximo (PEF) y Flujo espiratorio forzado en la mitad central de CVF (FEF25-75) medido en mililitros/segundo.

16 REGLAMENTO DE ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. Núm. 61.- Santiago, 18 de junio de 2008. Libro Décimo del Código Sanitario, del Ministerio de Salud. Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Chile.

5.5. Plan de análisis

Se realizó un análisis descriptivo y exploratorio con estadísticos de posición y dispersión para variables continuas y medidas de frecuencia para variables categóricas. La comparación se realizó con test paramétricos y no paramétricos según la naturaleza y distribución de las de la variables. Para establecer la existencia de una relación entre las concentraciones al interior y exterior de MP2.5 y los metales, se calcularon las diferencias relativas y las correlaciones. La asociación entre la exposición a MP y los valores de función pulmonar se estimó con modelos de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE) que consideran la estructura de correlación de las medidas repetidas (Hardin & Hilbe, 2003; Li et al., 2012). Los resultados se presentan como coeficientes de regresión crudos y ajustados, éstos representan el cambio promedio en los valores de función pulmonar por cada 1 µg/m^3 de aumento en el MP. Se construyeron rezagos para la variable exposición con respecto al momento de la maniobra espirométrica (lag 0), estudiándose el valores promedios, percentil 75 y máximo para 4, 12, 24 y 48 horas previas al examen (lag4 promedio - lag4 P75- lag4 máximo - lag12 promedio- lag12 P75 - lag12 máximo- lag24 promedio - lag24 P75 - lag24 máximo - lag48 promedio - lag48 P75 - lag48 máximo). El estudio de las variables incluidas en el modelo se realizó a través de un diagrama causal (Greenland, Pearl, & Robins, 1999) (Figura 3), considerando plausibilidad biológica, variables reportadas por la literatura y criterio estadístico. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico STATA 12.

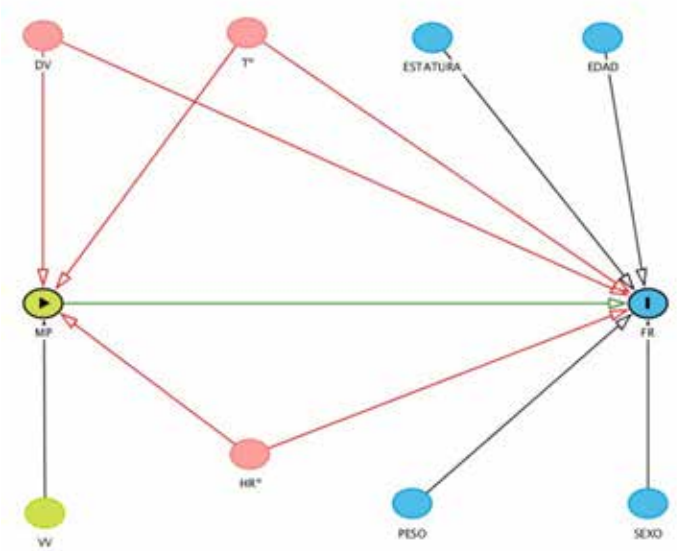


Figura 3. Diagrama causal de la relación entre la exposición a MP y su relación con la función respiratoria (FR). DV: Dirección del viento; Vviento; Velocidad del Viento; °T: Temperatura; HR: Humedad Relativa.

5.6. Encuesta de datos sociodemográficos, salud y de exposición ambiental.

Las variables socio-demográficas, de salud y de exposición ambiental dentro y fuera del hogar se identificaron a través de un cuestionario respondido por los cuidadores y/o madres/padres después de firmar el consentimiento y/o asentimiento informado (Yang & Heinsohn, 2007). Algunas preguntas de salud, específicamente las que indagaron sobre la presencia de asma y atopía, fueron basadas en el cuestionario del estudio International Study of Asthma and Allergies in Chilhood- ISAAC validado en población chilena (Camargos, Castro, & Feldman, 1999; Perez-Padilla et al., 2006).

5.7. Aspectos éticos.

El estudio, fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y fue financiado por la Comisión Nacional de Investigación Ciencia y Tecnología (CONICYT) a través del Fondo Nacional de Investigación en Salud-FONIS. En dos reuniones generales de padres, madres y apoderados se explicó el alcance y objetivo del estudio, solicitando la firma del consentimiento informado y el asentimiento por parte de los niños y las niñas.

6. Resultados

6.1. Caracterización de la población infantil estudiada

Se reclutaron 119 niñas y niños, de los cuales 9 (7.5%) desistieron de participar antes o durante el seguimiento, quedando finalmente una población de 110 personas menores de edad (Yohannessen V, 2014). La mayoría fueron varones (58,18%), con una media de la edad de 11.2 años. Las variables antropométricas se distribuyeron de manera similar entre ambos sexos (Tabla 2).

Los años de educación, tanto de la madre como del padre fueron de 9 a 12 años (58,18% y 48,18%, respectivamente), seguida de la catego-

Tabla 2. Características antropométricas y sociodemográficas de la muestra de niños/as escolares estudiados. Chañaral, Región de Atacama, Chile 2012-2013.

Característica	(n=110)	(%)
Sexo, n (% masculino)	64	(58,18)
Edad, años, media (DE)	11,2	(2,7)
Estatura, cm, media (DE)	144,2	(15,5)
Peso, kg, media (DE)	44,4	(13,2)
IMC, media (DE)	20,9	(3,5)
Educación madre (n, %)		
8 años o menos	20	(18,18)
9 a 12 años	64	(58,18)
13 años o más	13	(11,82)
No sabe/no contesta	13	(11,82)
Educación padre (n, %)		
8 años o menos	23	(20,91)
9 a 12 años	53	(48,18)
13 años o más	17	(15,45)
No contesta	17	(15,45)
Status tabáquico madre (n, %)		
No fumador	36	(32,73)
Fumador actual	36	(32,73)
Ex-fumador	25	(22,72)
No sabe/no contesta	13	(11,82)
Status tabáquico padre (n, %)		
No fumador	29	(26,37)
Fumador actual	40	(36,36)
Ex-fumador	18	(16,36)
No sabe/no contesta	23	(20,91)
Diagnóstico médico de Asma (n, %)		
Si	10	(9,09)
No	79	(71,82)
No sabe/no contesta	21	(19,09)
Diagnóstico médico de Rinitis (n, %)		
Si	12	(10,91)
No	79	(71,82)
No sabe/ no contesta	12	(17,27)
Tipo de Colegio (n,%)		
Particular-Subvencionado	10	(9,09)
Municipal	100	(90,91)

DE: Desviación estándar, IMC: Índice de Masa Corporal.

ría de 8 o menos años. La prevalencia de tabaquismo fue similar en ambos padres. La prevalencia de asma diagnosticada fue de 9,1% y en el caso de la rinitis fue de 10,9%. La mayoría de los niños y las niñas pertenecieron a escuelas municipales (Tabla 2).

6.2. Monitoreo de MP2.5 microambientes escolares y relación interior vs exterior.

En la Tabla 3, se presentan los resultados de MP2.5 en *verano* e *invierno* en microambientes de jardines infantiles, escuelas básicas, y la relación interior vs exterior (I/E).

Tabla 3. Concentración de MP2.5 (µg/m³) en recintos escolares (promedio 8 h, 2 días) en *verano* e *invierno*, Ciudad de Chañaral, Región de Atacama, Chile (2012-2013).

		Sala		Oficina		Patio		I / E	
	n	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango	S/P	O/P
Verano									
Jardines Infantiles	3	**20,00**	12,53 - 26,43	**25,52**	15,07 - 33,25	**90,38**	11,86 - 181,73	**0,22**	**0,28**
Escuelas básicas	3	**17,91**	12,64 - 27,62	**34,09**	13,22 - 72,37	**19,01**	12,12 - 26,24	**0,94**	**1,79**
Invierno									
Jardines Infantiles	3	**66,65**	32,85 - 100,53	**46,70**	21,85 - 92,84	**52,26**	29,68 - 93,07	**1,28**	**0,89**
Escuelas básicas	3	**52,72**	25,83 - 96,63	**30,95**	25,89 - 36,26	**24,77**	21,38 - 31,42	**2,13**	**1,25**

J: Jardín; E: Escuela; I/E: Interior/Exterior; S/P: Sala / Patio; O/P: *Oficina*/Patio; Prom: Promedio.

En los jardines infantiles durante el *verano*, el promedio de MP2.5 fue significativamente menor en los espacios interiores, comparado con los niveles exteriores. La relación I/E para *salas* y *oficinas* fue de 0,22 y 0,28, respectivamente, es decir, la concentración exterior fue casi 4 veces superior a la interior. En *invierno*, la concentración promedio en *salas* fue superior a la unidad, por el contrario, la concentración en oficinas fue inferior en los espacios interiores.

Para las escuelas básicas en *verano*, los niveles de MP2.5 fueron similares para salas y patio y significativamente inferiores para la relación oficinas y patio. En *invierno*, las concentraciones fueron mayores en los espacios interiores, especialmente en *salas* comparado con oficinas versus patios, la relación I / E fue de 2,13 y 1,25, veces superior, respectivamente.

6.3. Concentración de metales/metaloides en MP2.5.

Como se desprende de la Tabla 4 y la Figura 4, las concentraciones de metales, en general, fueron mayores a nivel de las *salas de clases* comparado con las *oficinas* y las determinadas en los *patios*, esto se dio en verano e invierno. Las mayores concentraciones fueron para S, Cl, Na, Ca, Si, Al, Mg, Fe, K y Cu.

En general para la época de *verano* en los jardines infantiles, las concentraciones en *salas* fueron hasta 62,15 veces las determinadas en el *patio* (exterior) (S/P), siendo Mn> S> Ba> Pb> Ca> Cr>, e I, las que presentan a lo menos el doble de la concentración a nivel interior. En cuanto a la relación O/P las concentraciones variaron hasta 57,6 veces las determinadas en el exterior (*patio*). Las mayores concentraciones de metales al interior fueron para Mn> S> Cr> Zr> y Pb, los otros elementos no variaron sustancialmente al comparar interior con exterior. En *invierno*, la

relación S/P varió hasta 19,3 veces, estando P> Ti> Ca> Ba> Na> Si> Sr> Cl> Mn> Cu> Zn>, y Ni a los menos el doble de la concentración exterior. Para la relación O/P las concentraciones variaron hasta 4,6 veces en interior versus exterior, siendo a los menos el doble para los metales Ga> Ag> In> Ni> P>, y Mo. La correlaciones *sala-patio*, *oficina-patio* y *oficina-sala* fue r=0,76, r=0,98 y r=0,85.

En el caso de las escuelas básicas, en general para la época de *verano*, las concentraciones en *salas* variaron hasta 3,61 veces las determinadas en el patio (exterior), siendo el Cu y el B los que presentan la mayor concentración. En cuanto a la relación O/P las concentraciones variaron hasta 22,6 veces las determinadas en el exterior (patio). Las mayores concentraciones de metales/metaloides al interior fueron en orden decreciente para Zr> Sn> K> Cu> Hg> Si> Y> Mo> Cl> Ca> Se> Al>, y P. En *invierno*, la relación S/P varió hasta 126,3 veces los niveles exteriores, estando Sb> In> Ga> Rb> Mo> Ni> Ba> P> Ag>, y Sr a lo menos el doble de la concentración exterior. Para la relación O/P las concentraciones variaron hasta 70,29 veces la interior versus la exterior, siendo al menos el doble para los metales Sb> Ga> Ni> Mo> Cr>, y P. Las correlaciones *sala-patio, oficina-patio* y *oficina-sala* fue r=0,98, r=0,98 y r=0,99.

Figura 4. Concentración promedio (ng/m³) de metales/metaloides en MP2.5 en microambientes de *patio*, *salas* de clases y *oficinas* de jardines infantiles y escuelas básicas.

Escuela Básica Verano
SALA
OFICINA
PATIO
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
S Cl Na Ca Si Al Mg Fe K Cu Ti Mo La Zn Pb Y Ba Br Mn Sr Cr Ag V Rb Co Se As Cd Ga Ge Hg In Ni P Pd Sb Sn Zr

Jardín Infantil Verano
SALA
OFICINA
PATIO
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
S Cl Na Ca Si Al Mg Fe K Cu Ti Mo La Zn Pb Y Ba Br Mn Sr Cr Ag V Rb Co Se As Cd Ga Ge Hg In Ni P Pd Sb Sn Zr

Jardín Infantil Invierno
SALA
OFICINA
PATIO
10000
1000
100
10
1
0,1
0,01
S Cl Na Ca Si Al Mg Fe K Cu Ti Mo La Zn Pb Y Ba Br Mn Sr Cr Ag V Rb Co Se As Cd Ga Ge Hg In Ni P Pd Sb Sn Zr

Tabla 4. Concentración promedio, porcentaje y relación interior vs exterior para de metales/metaloides (ng/m³) en MP2.5 en recintos escolares. Ciudad de Chañaral, Región de Atacama, Chile (2012-2013).

Jardines Infantiles								
	Verano				Invierno			
	Interior		Exterior		Interior		Exterior	
	C (3)	O (3)	P (3)	***p-value***	C (3)	O (3)	P (3)	p-value
S	1017,34	1302,32	1312,70	0,9565	2610,89	2896,99	3343,87	0,4911
Ca	957,03	537,55	302,38	0,1767	3167,82	991,02	705,28	0,4298
Si	898,60	572,98	504,89	0,7326	2419,40	815,78	613,20	0,3292
Cl	684,58	776,99	779,84	0,9565	2261,28	1609,82	1701,83	0,0992
Na	546,47	954,09	773,03	0,3292	1001,72	1818,68	2774,28	0,0608
Al	374,60	256,96	229,86	0,6703	852,21	308,11	204,76	0,0794
Fe	230,47	156,12	133,91	0,6703	709,94	308,82	272,21	0,3932
K	189,29	150,22	132,01	0,5611	479,52	300,74	268,07	0,1767
Mg	158,63	122,70	23,97	0,0992	170,04	129,60	220,77	0,3012
Ti	26,44	15,84	11,76	0,6703	94,41	25,34	20,80	0,1287
Cu	24,68	18,35	18,74	0,4298	37,58	19,74	15,30	0,0608
Zn	12,59	6,33	4,10	0,2913	42,21	21,50	17,28	0,3292
Sn	11,60	1,71	0,00	0,2807	12,06	13,64	0,00	0,8371
P	6,51	0,00	0,00	0,1054	26,60	4,21	1,38	0,2521
Ba	5,31	0,66	1,27	0,0657	17,32	5,52	3,95	0,4298
Mn	4,35	4,05	0,07	0,065	13,80	6,60	5,36	0,9551
Sr	4,15	1,98	2,59	0,4268	15,07	5,20	4,38	0,1741
La	3,96	3,29	5,29	0,6177	3,12	5,10	3,58	0,5611
Pb	3,32	2,07	0,98	0,2253	7,57	5,97	4,42	0,5611
Mo	3,22	1,87	2,46	0,739	3,30	6,66	3,13	0,1479
Br	3,08	3,04	3,77	0,8371	8,76	11,24	10,44	0,8752
V	2,70	0,21	1,96	0,0972	4,04	3,24	3,69	0,1988
Ag	2,36	1,59	4,57	0,4128	0,00	5,04	1,17	0,6177
Y	2,36	0,57	1,11	0,6611	1,65	1,62	1,20	0,1931
In	2,31	0,94	1,47	0,9392	0,57	11,49	2,73	0,3679
Pd	2,25	0,93	0,00	0,558	2,60	4,11	0,00	0,2948
Se	1,46	0,73	1,61	0,6583	0,97	0,96	2,06	0,3292
Cr	1,03	1,73	0,36	0,3497	63,10	58,70	50,33	0,0625
Rb	0,78	1,46	0,81	0,8082	1,99	0,60	2,02	0,1914
As	0,71	0,71	1,61	0,9481	2,53	4,46	6,74	1
Ga	0,62	0,35	1,36	0,5501	0,00	0,93	0,20	0,3679
Ni	0,53	0,68	0,00	0,2807	1,25	1,64	0,52	0,3319
Cd	0,36	0,95	2,69	0,6188	4,55	1,45	0,00	0,7557
Sb	0,33	0,00	0,00	0,3679	3,65	1,10	0,00	0,1825
Co	0,21	0,14	0,00	0,558	0,00	0,00	0,26	0,3496
Zr	0,14	2,75	1,21	0,6386	2,55	0,00	0,00	0,558
Ge	0,00	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0,00	0,1914
Hg	0,00	0,00	1,34	0,3679	0,00	0,00	0,64	0,1054

Escuelas Básicas								
Verano				Invierno				
Interior		Exterior		Interior		Exterior		
C (3)	O (3)	P(3)	p-value	C (3)	O(3)	P(3)	p-value	MDL
772,29	995,13	880,79	0,2521	2131,12	1849,55	2016,27	0,5611	**0,78**
223,44	1061,55	161,88	0,2019	472,03	668,39	703,46	0,7326	**2,71**
333,46	1199,19	288,26	0,7326	469,58	440,09	465,88	0,8371	**2,41**
662,94	934,71	859,44	0,1184	414,16	818,44	856,87	0,7326	**1,44**
743,93	787,04	979,12	0,1931	954,90	1278,58	1426,08	0,7326	**1,59**
142,89	466,77	147,71	0,1926	129,32	143,26	145,91	0,5866	**5,29**
78,52	618,61	77,17	0,9672	218,36	180,87	204,04	0,4298	**0,21**
79,09	305,52	104,96	0,1931	127,48	134,59	156,33	0,7326	**1,89**
75,13	60,83	73,51	0,2521	80,00	146,10	191,23	0,4911	**0,96**
13,82	54,78	7,57	0,4298	13,08	9,86	13,86	0,9252	**5,08**
19,96	31,84	22,78	0,3012	16,17	10,40	11,51	0,2019	**0,21**
3,54	24,46	2,30	0,832	7,45	14,14	13,07	0,1767	**0,30**
11,85	11,05	11,57	0,5501	0,00	7,07	7,00	0,5866	**9,18**
1,84	16,07	0,00	0,281	1,40	4,76	2,31	0,4911	**0,78**
1,20	5,65	0,00	0,9481	0,00	2,53	2,74	0,3292	**15,59**
1,09	10,62	0,00	0,6703	2,54	1,33	3,31	0,9565	**0,24**
0,56	7,74	0,34	0,034	2,40	2,58	2,09	0,4911	**0,33**
1,19	0,21	0,33	0,9565	2,26	4,28	4,47	0,8645	**2,12**
1,69	3,78	1,48	0,034	5,35	6,46	5,69	0,4004	**0,45**
1,06	1,90	1,78	0,0605	1,12	3,55	0,99	0,1878	**0,48**
1,98	2,18	6,32	0,3012	6,19	6,47	6,53	0,1767	**0,18**
1,11	1,73	1,11	0,558	0,70	2,74	3,29	0,363	**1,59**
0,00	2,07	0,29	1	2,95	0,07	0,55	0,2696	**6,02**
0,42	0,07	0,52	0,9187	0,70	1,99	1,43	0,0686	**0,36**
0,00	0,00	0,00	0,3679	0,00	0,00	0,15	1	**0,33**
0,00	0,00	0,99	0,9392	3,37	0,00	1,18	0,4298	**6,89**
0,37	0,52	0,88	1	1,12	0,72	1,52	0,0536	**0,21**
0,76	2,42	0,54	0,6884	38,65	64,21	23,70	0,363	**0,90**
0,39	1,19	0,26	0,3679	0,98	0,07	0,14	0,108	**0,21**
0,00	0,00	0,00	1	1,40	0,58	1,97	1	**0,24**
0,00	0,00	0,29	0,558	0,28	0,59	0,14	0,7408	**0,48**
0,00	1,69	0,00	1	0,00	1,51	0,37	0,0347	**0,18**
0,29	0,82	0,28	0,1054	2,81	0,48	5,05	0,276	**6,62**
3,05	0,73	7,68	0,558	0,00	4,92	0,07	0,3576	**9,45**
0,00	0,07	0,00	0,3679	0,00	0,00	0,00	0,3679	**0,12**
0,76	2,65	1,46	0,4792	1,54	0,00	0,07	0,2225	**0,36**
0,00	0,00	0,00	0,7326	0,00	0,00	0,00	0,5521	**0,33**
0,14	1,22	0,00	0,6884	0,00	0,00	0,00	0,5647	**0,45**

MDL: Limites de detección para Método de análisis XRF. Compendium of Methods for inorganic air pollution, EPA, 1999.

6.4. Monitoreo ambiental de MP10, MP2.5 y variables meteorológicas

La concentración promedio de 24 horas de MP10 fue de 45,4 µg/m³ (19,5 -242,7) en el periodo de estudio, superándose la norma de 150 µg/m³ en 5 ocasiones; en el caso del MP2.5 fue de 10,7 µg/m³ (4,20 – 50,10), superándose la norma de 50 µg/m³ en una ocasión. En ambos casos los valores presentaron una asimetría hacia los valores inferiores. Las variables meteorológicas presentaron rangos de variación más estrechos. No se registraron temperaturas extremas durante el período de estudio; la humedad relativa y presión barométrica no presentaron gran variabilidad y no se relacionaron con las variaciones del MP (Tabla 5).

Tabla 5. Concentración de MP2.5 (µg/m³) y niveles de variables meteorológicas durante el período de estudio. Chañaral, Región de Atacama, Chile (2012-2013).

Mediciones	N	Promedio	P25	P50	P75	Min - max
MP10 (µg/m³)*	260832	32,60	23,09	32,60	46,11	1,36 - 1305,00
MP2.5 (µg/m³)*	207519	17,15	7,88	13,58	23,08	0,01 - 172,5
Temperatura ambiental (°C)	260832	18,39	16,51	18,07	20,14	10,44 - 27,35
Humedad relativa (%)	260832	70,13	63,85	71,27	77,26	34,33 - 89,90
Velocidad del Viento (m/s)	260832	2,59	1,10	2,19	3,93	0,00 - 10,26
Presión barométrica (mm Hg)	260832	757,23	756,2	757,2	758,2	751,8 - 762,5
MP10 (µg/m³)**	182	45,40	30,90	36,60	45,60	19,5 - 242,7
MP2,5 (µg/m³)**	182	13,63	10,70	12,50	14,80	4,30 - 50,10

*minutos; **días; P25: percentil 25; P50: percentil 50; P75: percentil 75, Min-max: mínimo-máximo, MP: Material particulado, **µg/m³**: microgramos/metros cúbicos, °C: grados Celsius, m/s: metros/segundo, mm Hg: milímetros de Mercurio.

La Figura 5 muestra que la variabilidad de la velocidad del viento es mayor durante los 3 primeros meses de estudio, esto coincide con los mayores niveles de MP registrados.

6.5. Función Pulmonar

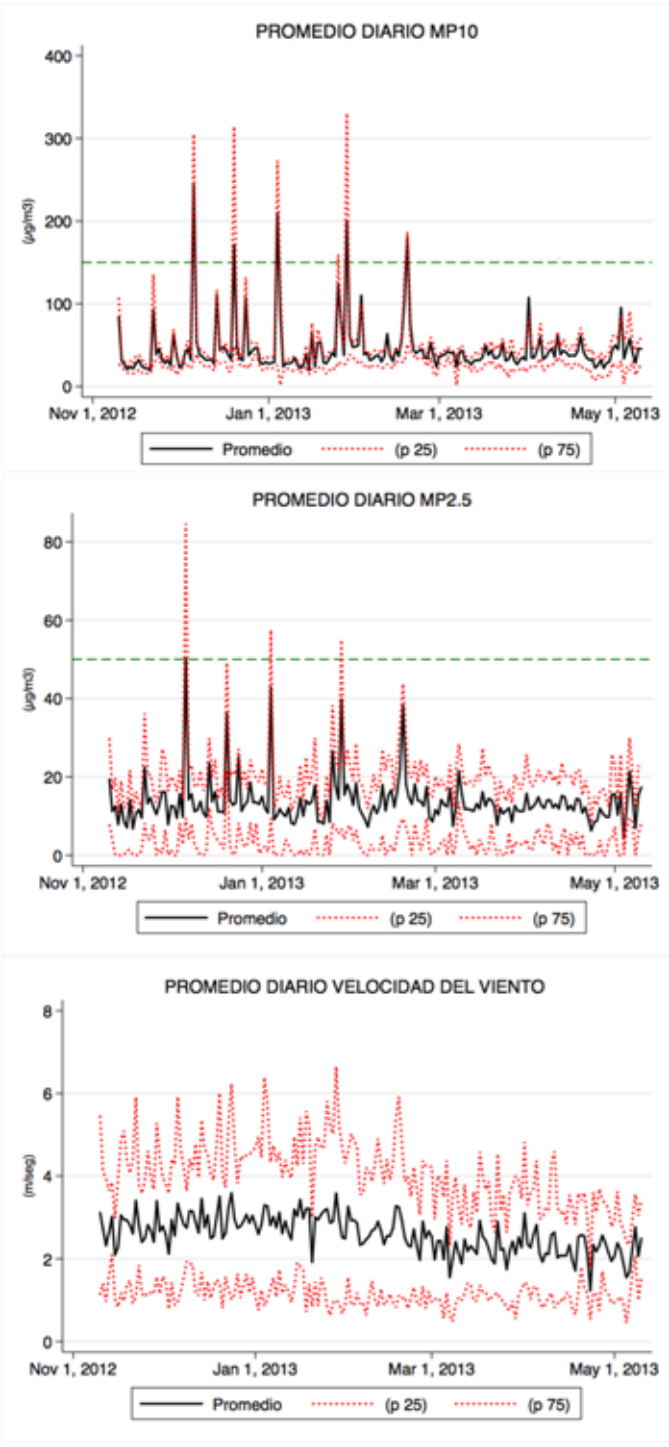
La Tabla 6 presenta los valores espirométricos de los escolares. En total, se realizaron 787 exámenes, de éstos 511 cumplieron con los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de ATS/ERS. No se encontraron diferencias al comparar estos valores según diagnóstico médico de asma y rinitis, nivel educación y status tabáquico de los padres, y en general, los resultados de este examen fueron acordes a los esperados para los grupos de edad analizados.

Tabla 6. Valores espirométricos de la muestra de niños/as durante el período de estudio. Chañaral, Región de Atacama, Chile 2012-2013.

	n*	VEF1 (ml)	CVF (ml)	PEF (ml/seg)	FEF25-75 (ml/seg)
		Promedio (DE)	Promedio (DE)	Promedio (DE)	Promedio (DE)
≤9 años	136	1706,50 (408,01)	2081,80 (472,50)	3719,50 (1093,30)	1802,80 (624,20)
>9 a 11 años	113	2018,70 (402,50)	2385,30 (420,00)	4561,30 (915,30)	2344,20 (768,90)
>11 a 13 años	111	2378,80 (364,70)	2898,04 (432,50)	5097,10 (1156,10)	2487,60 (722,60)
>13 años	151	3385,40 (706,60)	3983,70 (916,00)	7012,20 (1511,90)	3692,30 (934,10)
Total	**511**	**2417,70 (838,40)**	**2888,20 (984,70)**	**5177,90 (1763,50)**	**2629,60 (1068,30)**

*número de espirometrías, DE: Desviación estándar, VEF1 (ml): Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (mililitros), CVF (ml): Capacidad vital forzada (mililitros), PEF (ml/seg): Flujo espiratorio máximo (mililitros/segundos), FEF25-75 (ml/seg): Flujo espiratorio forzado 25-75 (mililitros/segundos).

Figura 5. Promedios de 24 horas, percentil 25, percentil 75 de MP10, MP2.5 y velocidad del viento. Chañaral, Región de Atacama, Chile 2012-2013.



6.6. Asociación entre la exposición a MP2.5 y función pulmonar

El análisis de la asociación entre MP y los valores de función pulmonar incluyó 506 espirometrías. Se encontraron asociaciones negativas y significativas entre los niveles de MP2.5 y los parámetros de función pulmonar evaluados. Los coeficientes de regresión representan el cambio promedio en los valores de función pulmonar por cada 1 µg/m³ de aumento en el MP (Tabla 7).

En el modelo crudo, con respecto a las medidas de volumen, la concentración máxima de 12 horas de MP2.5 se asoció en forma negativa con la disminución del VEF1 (β-0,75 ml CI95% -1,4; -0,03); los niveles de MP2.5 promedio de 4 y 12 horas también se asociaron en forma negativa con la disminución de la CVF (β-2,42 ml CI95% -4,7; -0,1 y β-5,07 ml CI95% -8,9; -1,1, respectivamente), así como también los niveles máximos de 4, 12 y 24 horas (β-1,74 ml CI95% -2,7; -0,8; β-1,90 ml CI95% -2,8; -1,01 y β-2,01 ml CI95% -2,9; -1,03; respectivamente). En el análisis crudo el único flujo que mostró asociación negativa significativa fue el PEF con el nivel máximo de MP2.5 de 24 horas previas al examen (β-2,93 ml/seg CI95% -5,7; -0,1). Al ajustar por edad, sexo, peso, temperatura ambiental y velocidad del viento se mantuvo la asociación entre el MP2.5 y la CVF, sólo con los niveles máximos de 12 y 24 horas.

Tabla 7. Asociación [coeficientes de regresión crudos y ajustados de aumento por cada µg/m³ (IC95%)] entre valores de función pulmonar y MP2.5 en escolares de Chañaral, Chile (2012-2013).

	VEF1(ml)		CVF (ml)	
	Coef crudo	Coef aj*	Coef crudo	Coef aj*
	IC95%	IC95%	IC95%	IC95%
Lag0	1,08 (-2,3; 0,2)	-1,22 (-2,5; 0,1)	-1,63 (-3,4; 0,1)	-1,77 (-3,6; 0,03)
Lag4 promedio	-0,79 (-3,0; 1,4)	-0,38 (-2,6; 1,8)	-2,42 (-4,7;-0,1)	-1,88 (-4,2; 0,4)
Lag12 promedio	-2,05 (-4,8; 0,7)	-0,47 (-3,2; 2,2)	-5,07 (-8,9;-1,1)	-3,47 (-7,2; 0,2)
Lag24 promedio	0,30 (-1,9; 2,5)	-0,77 (-3,1; 1,6)	-0,85 (-3,7; 2,1)	-2,71 (-6,3; 0,9)
Lag4 P75	0,07 (-1,4; 1,5)	0,86 (-0,6; 2,3)	-1,07 (-2,6; 0,5)	-0,14 (-1,6; 1,3)
Lag12 P75	0,51 (-2,4; 3,4)	2,06 (-0,8; 4,9)	0,01 (-3,3; 3,3)	1,87 (-1,5; 5,2)
Lag24 P75	0,14 (-3,6; 3,9)	0,52 (-3,5; 4,6)	1,91 (-3,1; 6,8)	2,33 (-2,7; 7,4)
Lag4 máximo	-0,66 (-1,5; 0,2)	0,14 (-0,8; 1,1)	-1,74 (-2,7; -0,8)	-0,81 (-1,7; 0,2)
Lag12 máximo	-0,75 (-1,4; -0,03)	0,13 (-0,6; 0,8)	-1,90 (-2,8; -1,01)	-0,96 (-1,8; -0,1)
Lag24 máximo	-0,72 (-1,5; 0,1)	0,16 (-0,7; 1,1)	-2,01 (-2,9; -1,03)	-1,19 (-2,3; -0,1)

*modelo GEE ajustado por edad, sexo, peso, velocidad del viento, temperatura ambiental; en negritas valores estadísticamente significativos.

	PEF (ml/sec)		FEF25-75 (ml/sec)	
	Coef crudo	Coef aj*	Coef crudo	Coef aj*
	IC95%	IC95%	IC95%	IC95%
Lago	-1,67 (-6,2; 2,8)	-2,19 (-6,7; 2,3)	-0,55 (-3,9; 2,8)	-0,72 (-4,1; 2,6)
Lag4 promedio	-0,37 (-6,9; 6,1)	0,66 (-5,8; 7,1)	2,21 (-2,7; 7,1)	2,93 (-1,9; 7,8)
Lag12 promedio	-1,30 (-10,2; 7,6)	1,95 (-7,3; 11,2)	5,13 (-1,8; 12,1)	7,71 (-0,1; 15,2)
Lag24 promedio	3,79 (-4,2; 11,8)	2,35 (-6,5; 11,2)	2,73 (-2,4; 7,9)	3,41 (-2,0; 8,8)
Lag4 P75	-2,25 (-7,4; 2,9)	-0,32 (-5,3; 4,7)	2,96 (-0,7; 6,6)	3,92 (-0,2; 7,6)
Lag12 P75	-0,44 (-10,3; 9,3)	3,67 (-6,1; 13,4)	4,47 (-2,5; 11,4)	6,25 (-0,8; 13,3)
Lag24 P75	-4,36 (-16,8; 8,1)	-3,16 (-15,8; 9,5)	2,04 (-7,8; 11,9)	3,49 (-7,1; 14,1)
Lag4 máximo	-1,98 (-5,1; 1,1)	0,06 (-3,1; 3,2)	1,09 (-1,3; 3,5)	-2,24 (-0,2; 4,6)
Lag12 máximo	-2,61 (-5,3; 0,1)	-0,51 (-3,2; 2,1)	1,63 (-0,4; 3,6)	2,89 (-0,7; 5,0)
Lag24 máximo	-2,93 (-5,7; -0,1)	-0,96 (-3,8; 1,9)	1,86 (-0,3; 4,0)	3,47 (-1,2; 5,7)

7. Discusión

El estudio realizado tuvo como objetivo primario evaluar el efecto agudo de la exposición ambiental a material particulado en los parámetros de la función pulmonar en una muestra de niños/as en edad escolar que viven próximos a una playa masivamente contaminada con relaves mineros. Simultáneamente, se determinó la composición másica y química de los metales/metaloides contenido en el MP2.5 en microambientes interiores y exteriores de recintos escolares en verano e invierno.

La concentración de MP2.5 y la composición de los metales/metaloides determinados en microambientes interiores estuvieron altamente correlacionados con los exteriores y en mayor concentración en *invierno* y en las *salas* de clases comparado con lo determinados en el exterior y presentan un perfil asociado a contaminación por actividades industriales y desechos de tipo minero. Se encontró asociación negativa y significativa entre la exposición ambiental a MP2.5 y el cambio en los valores espirométricos de la población escolar urbana, esta disminución fue especialmente marcada en la capacidad vital forzada (CVF).

Con respecto a las concentraciones de MP encontradas por otros estudios de tipo panel similares, los valores reportados mayormente fueron la mediana de las concentraciones promedio de 24 horas durante los períodos estudiados. Con respecto al MP2.5, la mediana de las concentraciones promedio de 24 horas de éste estudio (12,5 µg/m^3) superó moderadamente la reportada por Trenga et al. (Trenga et al., 2006) de 11,2 µg/m^3 quienes estudiaron un área residencial de Seattle, E.E.U.U. y marcadamente a la reportada en el estudio de Dales et al. de 6,5 µg/m^3 en un área afectada por alto tráfico de camiones de Windsor, Canadá (Dales, Chen, Frescura, Liu, & Villeneuve, 2009); no obstante, el estudio realizado por Moshammer et al. en una zona expuesta a industrias y tráfico de Linz, Austria (Moshammer et al., 2006), mostró valores de 15,79 µg/m^3 superando los encontrados en este estudio. Jacobson et al. en un estudio realizado en niños y niñas en Tangará de Serra, Brasil reportaron niveles promedio de 25,6 µg/m^3 superando más del doble a lo determinado en nuestro estudio (Jacobson et al., 2015).

El MP2.5 se asoció en forma negativa con el FEF25-75 en el estudio de Trenga et al. realizado en niños asmáticos, y con el VEF1 y PEF en el estudio de Moshammer et al. realizado en niños y niñas sanas de Linz, Austria. Dales et al. estudió sólo los valores del VEF1 en niños y niñas asmáticos/as, los cuales se asociaron en forma negativa con el rezago de 12 horas de concentración de MP2.5. En nuestro estudio se encontraron asociaciones crudas negativas entre el VEF1 y la concentración máxima de 12 horas y, entre el PEF y el nivel máximo de MP2.5 de 24 horas previas al examen, lo que concuerda con los hallazgos de Moshammer et al. quien estudió a niños y niñas sanas/os. También, se encontró una marcada asociación entre los niveles de MP2.5 promedio y máximos de 4 y 12 horas y el máximo de 24 horas con la CVF. Similares resultados reportó Jacobson et al., encontrando reducciones en el PEF para rezagos de 3 a 5 días en niños entre 6 y 15 años (Jacobson et al., 2015). El crecimiento pulmonar, la función inmune y la respuesta respiratoria a los diferentes contaminantes del aire respirado es un complejo proceso multifactorial (Gilliland, McConnell, Peters, & Gong, 1999), lo cual podría explicar la gran variabilidad encontrada en algunos valores de función pulmonar estudiados.

La mayor parte de las asociaciones encontradas fueron con la CVF, la cual es la máxima cantidad de aire espirado durante una espiración forzada y es un indicador concreto de capacidad pulmonar. La disminución de la CVF indica la existencia de limitación ventilatoria restrictiva y una de las causas descritas en la literatura de este tipo de limitación es la inhalación de polvos orgánicos o inorgánicos. No obstante, los hallazgos de este estudio son en relación a variaciones más agudas en la CVF y no a una disminución progresiva en el tiempo, para este propósito el seguimiento de éstos escolares debiera extenderse por varios años más.

La prevalencia de asma bronquial diagnosticada por médico fue aproximadamente de un 10%, lo cual se encuentra dentro de las cifras reportadas a nivel nacional de asma infantil (7,3%-16,5%) (Velastegui et al., 2010). Esta prevalencia corresponde a la reportada por las madres en el cuestionario aplicado, sin embargo no se puede descartar que ésta cifra esté subestimada debido a que la posibilidad de diagnóstico de asma en esta población escolar se vea disminuida por un bajo acceso a exámenes de función pulmonar y médicos especialistas.

La muestra de escolares estudiada fue mayormente sana, y las asociaciones encontradas no difieren al estratificar según diagnóstico de asma o rinitis, es decir, la exposición a los aumentos del MP, especialmente el MP2.5, afecta en el corto plazo la función respiratoria provocando una disminución de ésta independiente del diagnóstico de asma o rinitis. Si bien los cambios en la función pulmonar producto de exposiciones crónicas comienzan a evidenciarse a edades más avanzadas, el hecho de haber encontrado asociaciones entre la exposición a corto plazo a MP y la función pulmonar nos indica que la población escolar de la ciudad de Chañaral está siendo afectada actualmente por la exposición, no obstante su acumulación podría llegar a tener efectos crónicos en la adultez. Dado que el MP estudiado presenta contenido metálico, la exposición acumulada a éste no sólo podría tener efectos respiratorios a largo plazo, sino que también otros efectos silenciosos y acumulativos que tienen relación con la bio-acumulación de metales pesados en el organismo.

Referente al MP2.5 observado al interior de *jardines infantiles*, en *salas* donde pasan los niños y las niñas gran parte de su tiempo, se presentaron concentraciones promedio superiores a la norma diaria de MP2.5 (50 µg/m^3) (MMA, 2011) para *otoño* e *invierno*, pero considerablemente más bajas durante *verano*. En *oficinas*, no se superó la norma, sin embargo los niveles fueron para *invierno* un 93% sobre la norma. En *escuelas básicas* , solo se superó la norma en las *salas* en época de *invierno*.

En relación a lo observado en microambientes exteriores (*patios*), las concentraciones fueron en todos los periodos mayores que la norma, presentándose en *verano* los mayores niveles. Esto estaría explicado por los vientos predominantes durante el periodo. Neary y Garcia-Chevesich, han reportado que durante las épocas de *primavera-verano* los vientos predominantes son en dirección hacia el continente, es decir nor-noreste, los que levantarían el polvo presente en la bahía, llevando las partículas hacia el área urbana de Chañaral (Neary & Garcia-Chevesich, 2008). El plan de desarrollo urbano de la Región de Atacama, reporta que el principal problema de contaminación del aire es la suspensión de partículas de relaves mineros por efecto eólico que impactan las poblaciones (MINVU, 2004). Queda de manifiesto, que las elevadas concentraciones presentes tanto al interior como exterior de jardines, pueden explicarse por la cercanía de los establecimientos a la bahía donde está depositado el relave y por otra parte a la actividad de las niñas y los niños en el caso de las *salas*, la que produciría resuspensión del MP.

Las diferencias al interior de las *oficinas* no fueron tan marcadas como las encontradas en las *salas*, esto puede estar reflejando la actividad de los niños y niñas durante su jornada escolar. Varios autores han referido que los niveles interiores de MP2.5 están muy relacionados con la presencia de los estudiantes y sus actividades durante las horas de clases, así como por los niveles reportados en el ambiente exterior (John, Karnae, Crist, Kim, & Kulkarni, 2007; Oravisjarvi et al., 2011; Park et al., 2002).

En algunos establecimientos se encontraron concentraciones interiores de MP2.5 que cuadruplicaban los niveles exteriores. En el caso de la escuela José Luis Olivares, donde ocurría esto, observamos que el elevado nivel de concentración interior pudo estar relacionado con actividades de remodelación y reconstrucción de zonas (durante el periodo de medición) al interior del recinto, lo que creemos puede haber re-suspendido el MP, elevando las concentraciones interiores.

Diversos estudios internacionales han reportado resultados similares a los reportados en nuestro estudio, un ejemplo de ello son algunos estudios realizados en Inglaterra y Holanda donde se midieron concentraciones interiores que variaban de 19,0 – 30,0 μg/m^3 y de 7,7 – 52,8 μg/m^3 respectivamente (Janssen, van Vliet, Aarts, Harssema, & Brunekreef, 2001; Wheeler, Williams, Beaumont, & Hamilton, 2000). Un estudio realizado en Atenas por Diapouli et al, en el que se midieron los niveles de MP2.5 en el período de *invierno* al interior y exterior de 7 escuelas, reportó concentraciones interiores que fluctuaron entre 22,1–40,3 μg/m^3 y concentraciones exteriores entre 38,6 - 99,0 μg/m^3. En comparación, los valores observados en Chañaral fueron similares a los observados al interior y exterior (52,7 μg/m^3 y 30,9 μg/m^3 respectivamente) (Diapouli, Chaloulakou, Mihalopoulos, & Spyrellis, 2008). Otro estudio de similares características fue el realizado por Madureira et al, donde se midió la concentración de MP2.5 al interior y exterior de 11 escuelas en la localidad de Porto en Portugal, se observaron concentraciones interiores de 95 μg/m^3 y exteriores de 115 μg/m^3. Estos valores fueron significativamente mayores a los encontrados en Chañaral (Madureira, Paciencia, & Fernandes Ede, 2012). En un estudio realizado en seis escuelas básicas de Irán (2013), los autores reportaron niveles interiores promedio durante la jornada escolar entre 29,1 μg/m^3 y 69,1 μg/m^3, distribución similar a la reportada en nuestro estudio (Mohammadyan & Shabankhani, 2013). Es importante resaltar que los estudios descritos anteriormente, la fuente de origen principal de MP fue el tráfico vehicular, factor que el caso de Chañaral sería probablemente marginal.

La calidad del aire al interior de las escuelas es un tema de investigación que ha tomado un creciente importancia en términos de salud de los niños y niñas, ya que éstos permanecen gran parte del día al interior de estos recintos, entre 6 y 10 horas. Diversos estudios han calificado los

ambientes escolares como uno de los lugares más contaminados, informando de altos niveles de partículas, gases y microorganismos (bacterias, hongos) muchos de los cuales están asociados a serios efectos agudos y/o crónicos en la salud (Amato et al., 2014; Leickly, 2003; Rivas et al., 2014; Weichenthal, Dufresne, Infante-Rivard, & Joseph, 2008; WHO, 2006).

En general, las concentraciones de los metales y metaloides determinados en MP2.5 durante el periodo de estudio en los recintos escolares fueron mayores en los microambientes interiores, especialmente en las *salas* de clases. Esto fue mucho más relevante en periodo de *invierno*. La correlación de los patrones de distribución de los metales fue de 0,94 con un rango de 0,76 a 0,99, lo que apunta a que la fuente de estos metales es el MP que se infiltra hacia el interior de los recintos escolares. La distribución observada de los metales y metaloides presente en el MP2.5, fue similar a la reportada por Jorquera y Barraza (2013) que evalúan la contribución de fuentes antropogénicas industriales a la composición de MP, como son las industria cementera, fundiciones de cobre y acúmulos de minerales en la zona de Antofagasta, reportando que la mayoría de la especies dominantes; Ca, S y Si vendrían de estas fuentes (Jorquera & Barraza, 2013).

Escasos estudios han determinado los niveles de ciertos metales pesados al interior de escuelas básicas y jardines infantiles. El estudio elaborado por Molnar et al., determinó la concentración de MP2.5 y sus elementos traza en 5 escuelas, 10 jardines infantiles y 20 casas de sujetos no fumadores en las estaciones de *invierno*, *primavera* y *verano* en la ciudad de Estocolmo. La distribución de los metales que se observó en jardines infantiles fue S > Fe > K > Ca > Zn > Ti > Mn > Cu > V > Pb > Br > Cr > Ni, tanto para microambiente interior y exterior. En comparación, en Chañaral también se observaron los elementos S, Fe, K, Ca de esta cadena pero con una distribución distinta, lo que podría suponer diferente fuentes de emisión entre ambos estudios (Molnar, Bellander, Sallsten, & Boman, 2007).

Para las escuelas, Molnar observó una distribución similar de metales en microambientes interiores y al compararlos con lo encontrado en Chañaral, nuevamente se aprecia una similitud tanto en la distribución como en los metales con mayor presencia (S, Ca, Fe, K); diferenciándose sólo en que el metal que presenta niveles superiores es el Zn y en Chañaral el metal que predomina es el S (Molnar et al., 2007). En los microambientes exteriores los valores tuvieron una distribución similar a la encontrada en Chañaral, con diferencias en la presencia de Zn y Ti, pero similares en los niveles de S, Ca, K y Fe.

Molnar et al. reportó resultados muy similares a los encontrados en ese estudio pero con un patrón de distribución diferente en los metales, lo que puede estar asociado a las características del MP que pueden verse alteradas por las condiciones propias de la región en estudio (climáticas, meteorológicas, geográficas, etc.) o por fuentes antropogénicas (Csavina et al., 2012; Csavina et al., 2011; Molnar et al., 2007). Barbieri et al. (2014) en un estudio reciente realizado en distritos mineros de Oruro, Bolivia, evaluaron la concentración de metales en el polvo del hogar y en el pelo de niños de 7 a 12 años, encontrando correlaciones significativas para especies no esenciales como As, Cd, Pb, Sb y Sn, sugiriendo que en contextos de alta contaminación, (como lo que acontece en Chañaral), el polvo a nivel de los espacios interiores sería una importante vía de exposición para las niñas y niños, asociada a su conducta juguetona (Barbieri, Fonturbel, Herbas, Barbieri, & Gardon, 2014).

Csavina et al. (2012) en su revisión de la importancia de los metales y metaloides en el polvo atmosférico y aerosoles de operaciones mineras, describe que el viento puede suspender las partículas finas depositadas en suelo, las que están contaminadas con metales y metaloides y, por lo tanto, ser transportados a grandes distancias impactando zonas pobladas (Csavina et

al., 2012). Qu et al. (2012) demostraron que la exposición a metales pesados en villas cercanas o circundantes a faenas mineras representaba un alto riesgo para la población, y que la distancia existente entre la faena minera y las poblaciones podría ser una barrera de protección. Además concluyó que los riesgos estimados por la exposición a metales provenían no sólo por una sola vía de exposición, sino más bien por múltiples vías, como por ejemplo la ingesta de vegetales cultivados en suelos contaminados o regados con aguas contaminadas y la inhalación del aire al interior de las viviendas (Qu et al., 2012).

Cuando se realizan las comparaciones intra y entre estaciones del año, la presencia en microambientes interiores de metales como V, Ni, Cu, Cd y B que son altamente tóxicos para la salud de las personas expuestas (Glorennec, Lucas, Mandin, & Le Bot, 2012; Qu et al., 2012), se torna muy relevante, especialmente a nivel de recintos escolares como jardines infantiles y escuelas básicas, donde la población expuesta son niños y niñas en pleno desarrollo de su organismo lo que puede influir, en cierta medida, en la carga de enfermedad a futuro (Hertz-Picciotto et al., 2007; Y. Lee & Dong, 2012).

Diversos estudios a nivel mundial han evaluado los efectos producidos por la exposición a metales pesados en la salud de la población a través de distintas vías de exposición (aire, agua, suelo, alimentos, etc.), reportando efectos carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos entre otros (L. C. Chen & Lippmann, 2009; Choi, Ghim, Chang, & Jung, 2014; Cohen, 1982; Ellis et al., 2012; Lagos & Velasco, 1999; M. Lee & Correa, 2005; Meza-Figueroa et al., 2009; Morais, Costa, & Pereira, 2012).

Este estudio nos acerca a una visión más detallada de la composición química del MP y da cuenta del alto contenido de polimetales presentes en los diferentes microambientes de los recintos educacionales de la ciudad de Chañaral. A pesar de que existen metales trazas que son necesarios para el adecuado funcionamiento de nuestro organismo, si una población vulnerable como los niños de Chañaral en edad de crecimiento, está expuesta de manera constante y a altas concentraciones, estos metales pueden llegar a ser sumamente tóxicos y generar efectos adversos en la salud. En la ciudad de Chañaral se hace necesaria la implementación de medidas que controlen la dispersión del particulado proveniente de la playa contaminada, que mitiguen el impacto generado sobre la población y que remedien, de alguna manera, el grave daño que durante años se ha generado hacia el ecosistema de la zona.

Son escasos los estudios que han evaluado el efecto de metales/metaloides sobre la salud de la población infantil, especialmente evaluando el efecto de cada elemento por separado, en una reciente revisión sobre el efecto de los metales a nivel cardiovascular y respiratorio, se reporta asociaciones significativas para síntomas respiratorios como respiración dificultosa, resfriados para Ni,y Zn, respectivamente. Vanadio (V) aparece asociado cuando se consideran análisis de polimetales (Gray, Wallace, Brinkman, Buehler, & La Londe, 2015). Estas concentraciones, estarían 10 veces sobres las determinadas a nivel de áreas urbanas. Cu, Fe, K y Zn han sido asociados a ingresos hospitalarios por síntomas respiratorios y enfermedades como neumonía, bronquitis y asma en niños y niñas menores de 5 años, con *lag* de 1 a 3 días (Hirshon et al., 2008; Ostro, Roth, Malig, & Marty, 2009).

Dentro de las limitaciones del presente estudio esta la controversia que existe acerca de que las mediciones de sitio central no representan las exposiciones individuales o de comunidad residencial, Trenga et al. estudió las diferencias entre las concentraciones medidas en sitio central y las mediciones personales de exterior encontrando una fuerte correlación entre éstas (r = 0,77), éste hallazgo es de gran importancia dado que gran parte de las investigaciones de efectos

en salud de la contaminación del aire utilizan mediciones de sitio central, incluyendo el presente estudio. Los resultados de la asociación entre MP y función pulmonar son concordantes con la literatura, sin embargo los tipos de reportes son variados, algunos autores reportan cambios en los valores de función pulmonar por cada 10 μg/m^3 de cambio en el MP o cambios en el IQR de MP; otros autores han centrado sus análisis de los valores espirométricos en las variaciones del porcentaje del valor predicho. Por otro lado, la construcción de rezagos también ha variado entre los diferentes estudios, lo que dificulta la comparación de los hallazgos encontrados.

8. Conclusiones

La concentración de material particulado ambiental MP10 y MP2.5 durante el periodo de estudio superó las normativas nacionales diarias, especialmente MP10.

Las concentraciones de metales/metaloides determinados en MP2.5 en los microambientes escolares interiores, donde pasan la mayor parte del tiempo los niños, está altamente correlacionada con las exteriores, presentando en general niveles más elevados en invierno, especialmente a nivel de las salas de clases. Por otra parte, el perfil de distribución se asemeja a una mezcla de elementos presentes en sitios contaminados con desechos de la minería del cobre, y elementos minerales presentes en forma natural en las playas del norte de Chile.

En este estudio se determinó que la función respiratoria en términos de variación de la capacidad vital forzada (CVF) de los niños/as residentes del área urbana de la ciudad se ve afectada negativamente por la exposición a material particulado fino (MP2.5).

Podemos concluir que los niños/as en edad escolar de la ciudad de Chañaral actualmente expuestos estarían agudamente afectados y podrían llegar a presentar efectos crónicos por exposición de largo plazo. Esta situación estaría potenciada por la presencia de metales pesados presentes en la partículas del aire que pueden generar efectos inflamatorios a nivel del parénquima pulmonar.

Con respecto a las proyecciones de esta investigación, estos resultados se pueden aplicar a poblaciones escolares impactadas por la exposición a pasivos ambientales de origen minero, que viven en zonas aledañas a depósitos de relaves mineros. Se recomienda seguir estudiando esta población y continuar con un seguimiento de estos niños y niñas, para no solo estudiar el efecto agudo sobre su salud respiratoria, sino que evaluar otros desenlaces y efectos, como son efectos de largo plazo, tales como efectos neurológicos, carcinogénicos y genitourinarios. El tipo y naturaleza de los metales presentes en las partículas que impactan a la población, da cuenta de diversos efectos potenciales en la salud.

Este es un estudio que muestra la asociación de la exposición y un determinado efecto, por lo tanto, para evaluar causalidad hay que necesariamente incorporar otros elementos que tienen que ver con una serie de determinantes de salud, dado que esta población no solo puede estar afectada por contaminación ambiental, sino que además otros factores no relacionados con el ambiente.

Referencias

Aguirre, O. (2005). *Exposición a arsénico en población urbana cercana a una fuente de contaminación de relaves en la ciudad de Chañaral* (Tesis de Magister), Universidad de Chile, Santiago.

Amato, F., Rivas, I., Viana, M., Moreno, T., Bouso, L., Reche, C., Alvarez-Pedrerol, M., Alastuey, A., Sunyer, J., & Querol, X. (2014). Sources of indoor and outdoor PM2.5 concentrations in primary schools. *Sci Total Environ, 490*, 757-765. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.05.051

Andrade, S., Medina, M. H., Moffett, J. W., & Correa, J. A. (2006). Cadmium--copper antagonism in seaweeds inhabiting coastal areas affected by copper mine waste disposals. *Environ Sci Technol, 40*(14), 4382-4387.

Astudillo, F. (2008). *Análisis y propuesta de acción de la problemática ambiental en la Bahía de Chañaral*. Departamento de Metalurgia. Universidad de Atacama, Facultad de Ingeniería.

Aust, A. E., Ball, J. C., Hu, A. A., Lighty, J. S., Smith, K. R., Straccia, A. M., Veranth, J. M., & Young, W. C. (2002). Particle characteristics responsible for effects on human lung epithelial cells. *Res Rep Health Eff Inst*(110), 1-65; discussion 67-76.

Barbieri, E., Fonturbel, F. E., Herbas, C., Barbieri, F. L., & Gardon, J. (2014). Indoor metallic pollution and children exposure in a mining city. *Sci Total Environ, 487*, 13-19. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.03.136

Bobos, I., Duraes, N., & Noronha, F. (2006). Mineralogy and geochemistry of mill tailings impoundments from Algares (Aljustrel), Portugal: Implications for acid sulfate mine waters formation. *Journal of Geochemical Exploration, 88*(1-3), 1-5.

Brown, K. W., Sarnat, J. A., & Koutrakis, P. (2012). Concentrations of PM(2.5) mass and components in residential and non-residential indoor microenvironments: the Sources and Composition of Particulate Exposures study. *J Expo Sci Environ Epidemiol, 22*(2), 161-172. doi:10.1038/jes.2011.41 jes201141 [pii]

Camargos, P., Castro, R., & Feldman, J. (1999). Prevalencia de síntomas relacionados con el asma en escolares de Campos Gerais (MG), Brasil. *Rev Panam Salud Publica, 6*(1), 8-15.

Cao, J. J., Lee, S. C., Chow, J. C., Cheng, Y., Ho, K. F., Fung, K., Liu, S. X., & Watson, J. G. (2005). Indoor/outdoor relationships for PM2.5 and associated carbonaceous pollutants at residential homes in Hong Kong - case study. *Indoor Air, 15*(3), 197-204. doi:INA336 [pii] 10.1111/j.1600-0668.2005.00336.x

Castilla, J. (1983). Environmental impacts in sandy beaches of copper mine tailing at Chañaral, Chile. *Marine Pollution Bulletin, 14*(pp), 159-464.

Castilla, J., & Nealler, E. (1978). Marine environmental impact due to mining activities of El Salvador Copper Mine, Chile. *Marine Pollution Bulletin, 9*(67-70).

Castillejos, M., Gold, D. R., Damokosh, A. I., Serrano, P., Allen, G., McDonnell, W. F., Dockery, D., Ruiz Velasco, S., Hernandez, M., & Hayes, C. (1995). Acute effects of ozone on the pulmonary function of exercising schoolchildren from Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med, 152*(5 Pt 1), 1501-1507. doi:10.1164/ajrccm.152.5.7582284

Castro-Larragoitia, J., Kramar, U., & Puchelt, H. (1997). 200 years of mining activities at LaPaz/San Luis Potosí /Mexico- consequences for environmentt and geochemical exploration. *J. Geochem. Explor.*(58), 81-91.

Centrón, L. A. (2005). *Niveles de plomo en niños expuestos a relaves mineros en Chañaral* (Tesis de Magister), Universidad de Chile Santiago.

Chauhan, A. J., & Johnston, S. L. (2003). Air pollution and infection in respiratory illness. *Br Med Bull, 68*, 95-112.

Chen, B. Y., Chan, C. C., Lee, C. T., Cheng, T. J., Huang, W. C., Jhou, J. C., Han, Y. Y., Chen, C. C., & Guo, Y. L. (2012). The association of ambient air pollution with airway inflammation in schoolchildren. *Am J Epidemiol, 175*(8), 764-774. doi:10.1093/aje/kwr380

Chen, L. C., & Lippmann, M. (2009). Effects of metals within ambient air particulate matter (PM) on human health. *Inhal Toxicol, 21*(1), 1-31.

Choi, S. H., Ghim, Y. S., Chang, Y. S., & Jung, K. (2014). Behavior of particulate matter during high concentration episodes in Seoul. *Environ Sci Pollut Res Int, 21*(9), 5972-5982. doi:10.1007/s11356-014-2555-y

CICH. (2000). *The Health of Canada's Children: A CICH Profile*. Retrieved from http://www.cich.ca/PDFFiles/Profile3.pdf

Cohen, C. (1982). Toxicology of industrial metals--inorganic lead. *Occup Health Nurs, 30*(11), 25-28.

Concas, A., Ardau, C., Cristini, A., Zuddas, P., & Cao, G. (2006). Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere, 63*(2), 244-253.

Cortés, S. (2009). *Percepción y Medición del Riesgo a metales en una población expuesta a residuos mineros* (Tesis de Doctor en Salud Pública), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Cortes, S., & Fortt, A. (2008). Metals in people exposed to toxic substances at their workplace, Chile. Paper presented at the *20th International Conference on Epidemiology in Occupational Health*, Costa Rica. http://www.epicoh-neureoh2008.com/

Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., Gao, S., Landazuri, A., Betterton, E. A., & Saez, A. E. (2012). A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Sci Total Environ, 433*, 58-73. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.06.013

Csavina, J., Landazuri, A., Wonaschutz, A., Rine, K., Rheinheimer, P., Barbaris, B., Conant, W., Saez, A. E., & Betterton, E. A. (2011). Metal and Metalloid Contaminants in Atmospheric Aerosols from Mining Operations. *Water Air Soil Pollut, 221*(1-4), 145-157. doi:10.1007/s11270-011-0777-x

D'Amato, G., Holgate, S. T., Pawankar, R., Ledford, D. K., Cecchi, L., Al-Ahmad, M., Al-Enezi, F., Al-Muhsen, S., Ansotegui, I., Baena-Cagnani, C. E., Baker, D. J., Bayram, H., Bergmann, K. C., Boulet, L. P., Buters, J. T., D'Amato, M., Dorsano, S., Douwes, J., Finlay, S. E., Garrasi, D., Gomez, M., Haahtela, T., Halwani, R., Hassani, Y., Mahboub, B., Marks, G., Michelozzi, P., Montagni, M., Nunes, C., Oh, J. J., Popov, T. A., Portnoy, J., Ridolo, E., Rosario, N., Rottem, M., Sanchez-Borges, M., Sibanda, E., Sienra-Monge, J. J., Vitale, C., & Annesi-Maesano, I. (2015). Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organ J, 8*(1), 25. doi:10.1186/s40413-015-0073-0

Dales, R., Chen, L., Frescura, A. M., Liu, L., & Villeneuve, P. J. (2009). Acute effects of outdoor air pollution on forced expiratory volume in 1 s: a panel study of schoolchildren with asthma. *Eur Respir J, 34*, 316-323.

Desqueyroux, H., & Momas, I. (1999). Air pollution and health: a synthesis of longitudinal panel studies published from 1987 to 1998. *Rev Epidemiol Sante Publique, 47*(4), 361-375.

Diapouli, E., Chaloulakou, A., Mihalopoulos, N., & Spyrellis, N. (2008). Indoor and outdoor PM mass and number concentrations at schools in the Athens area. *Environ Monit Assess, 136*(1-3), 13-20.

Dick, S., Friend, A., Dynes, K., AlKandari, F., Doust, E., Cowie, H., Ayres, J. G., & Turner, S. W. (2014). A systematic review of associations between environmental exposures and development of asthma in children aged up to 9 years. *BMJ Open, 4*(11), e006554. doi:10.1136/bmjopen-2014-006554

Dold, B. (2006). Element Flows Associated with Marine Shore Mine Tailings Deposits. *Environ Sci Technol, 40*, 752-758.

EIA. (1996). *Evaluacion de Impacto Ambiental en la zona costera de Chañaral: evaluación de impacto ambiental de la depositación de relaves en la zona costera de Chañaral y proposición y evaluación de plan de descontaminación y medidas de mitigación*.

Ellis, J. K., Athersuch, T. J., Thomas, L. D., Teichert, F., Perez-Trujillo, M., Svendsen, C., Spurgeon, D. J., Singh, R., Jarup, L., Bundy, J. G., & Keun, H. C. (2012). Metabolic profiling detects early effects of environmental and lifestyle exposure to cadmium in a human population. *BMC Med, 10*, 61. doi:10.1186/1741-7015-10-61

EPA. (1999). *Determination of metals in ambient particulate matter using X-Ray fluorescence (XRF) spectroscopy. Compendium Methods IO-3.3*. U.S. Environmental protection Agency: Cincinnati, OH 45268.

EPA. (2006). *Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume IV: Meteorological Measurements*. RTP North Carolina U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division.

Frumkin, H. (2010). *Environmental health: from global to local*. United States of America Jossey-Bass, A Wiley Imprint.

Gauderman, W. J., Urman, R., Avol, E., Berhane, K., McConnell, R., Rappaport, E., Chang, R., Lurmann, F., & Gilliland, F. (2015). Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med, 372*(10), 905-913. doi:10.1056/NEJMoa1414123

Gavett, S. H., Haykal-Coates, N., Copeland, L. B., Heinrich, J., & Gilmour, M. I. (2003). Metal composition of ambient PM2.5 influences severity of allergic airways disease in mice. *Environ Health Perspect, 111*(12), 1471-1477.

Gehring, U., Gruzieva, O., Agius, R. M., Beelen, R., Custovic, A., Cyrys, J., Eeftens, M., Flexeder, C., Fuertes, E., Heinrich, J., Hoffmann, B., de Jongste, J. C., Kerkhof, M., Klumper, C., Korek, M., Molter, A., Schultz, E. S., Simpson, A., Sugiri, D., Svartengren, M., von Berg, A., Wijga, A. H., Pershagen, G., & Brunekreef, B. (2013). Air pollution exposure and lung function in children: the ESCAPE project. *Environ Health Perspect, 121*(11-12), 1357-1364. doi:10.1289/ehp.1306770

Gilliland, F., McConnell, R., Peters, J., & Gong, H. (1999). A theoretical basis for investigating ambient air pollution and children´s respiratory health. *Environmental Health Perspectives, 107*(3), 403-407.

Gilmour, M. I., Jaakkola, M. S., London, S. J., Nel, A. E., & Rogers, C. A. (2006). How exposure to environmental tobacco smoke, outdoor air pollutants, and increased pollen burdens influences the incidence of asthma. *Environ Health Perspect, 114*(4), 627-633.

Gleisner, M., & Herbert, R. B. (2002). Sulfide mineral oxidation in freshly processed tailings: batch experiments. *Journal of Geochemical Exploration, 76*(3), 139-153.

Glorennec, P., Lucas, J. P., Mandin, C., & Le Bot, B. (2012). French children's exposure to metals via ingestion of indoor dust, outdoor playground dust and soil: contamination data. *Environ Int, 45*, 129-134. doi:10.1016/j.envint.2012.04.010 S0160-4120(12)00094-3 [pii]

Goldizen, F. C., Sly, P. D., & Knibbs, L. D. (2016). Respiratory effects of air pollution on children. *Pediatr Pulmonol, 51*(1), 94-108. doi:10.1002/ppul.23262

Gowers, A. M., Cullinan, P., Ayres, J. G., Anderson, H. R., Strachan, D. P., Holgate, S. T., Mills, I. C., & Maynard, R. L. (2012). Does outdoor air pollution induce new cases of asthma? Biological plausibility and evidence; a review. *Respirology, 17*(6), 887-898. doi:10.1111/j.1440-1843.2012.02195.x

Gray, D. L., Wallace, L. A., Brinkman, M. C., Buehler, S. S., & La Londe, C. (2015). Respiratory and cardiovascular effects of metals in ambient particulate matter: a critical review. *Rev Environ Contam Toxicol, 234*, 135-203. doi:10.1007/978-3-319-10638-0_3

Greenland, S., Pearl, J., & Robins, J. M. (1999). Causal diagrams for epidemiologic research. *Epidemiology, 10*(1), 37-48.

Gutiérrez, C., Beroiza, T., Borzone, G., Caviedes, I., Céspedes, G., & Gutiérrez N-M, e. a. (2007). Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2006. *Rev Chil Enf Respir, 23*, 31-42.

Hardin, J., & Hilbe, J. (2003). *Generalized Estimating Equations*. Editorial Chapman&Hall/CRC.

Hertz-Picciotto, I., Baker, R. J., Yaw, P.-S., Dostal, M., Joad, J. P., Lipsett, M., Greenfield, T., Herr, C. E. W., Benes, I., Shumway, R. H., Pinkerton, K. E., & Sram, R. (2007). Early childhood lower respiratory illness and air pollution. *Environmental Health Perspectives, 115*(10), 1510-1518. doi:10.1289/ehp.9617

Hirshon, J. M., Shardell, M., Alles, S., Powell, J. L., Squibb, K., Ondov, J., & Blaisdell, C. J. (2008). Elevated ambient air zinc increases pediatric asthma morbidity. *Environ Health Perspect, 116*(6), 826-831. doi:10.1289/ehp.10759

Horton, L. M., Mortensen, M. E., Iossifova, Y., Wald, M. M., & Burgess, P. (2013). What do we know of childhood exposures to metals (arsenic, cadmium, lead, and mercury) in emerging market countries? *Int J Pediatr, 2013*, 1-13. doi:10.1155/2013/872596

Hudson-Edwards, K. A., Macklin, M. G., Jamieson, H. E., Brewer, P. A., Coulthard, T. J., Howard, A. J., & Turner, J. N. (2003). The impact of tailings dam spills and clean-up operations on sediment and water quality in river systems: the Rios Agrio-Guadiamar, Aznalcollar, Spain. *Applied Geochemistry, 18*(2), 221-239.

Jacobson, L., Hacon, S., de Castro, H., Ignotti, E., Artaxo, P., Saldiva, P., & de Leon, A. (2015). Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian Amazon. *PLoS One., 13*(9 (8)), 1-14.

Janes, H., Sheppard, L., & Shepherd, K. (2008). Statistical analysis of air pollution panel studies: an illustration. *Ann Epidemiol, 18*(10), 792-802.

Janssen, N. A. H., van Vliet, P. H. N., Aarts, F., Harssema, H., & Brunekreef, B. (2001). Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways *Atmos. Environ., 35*, 3875-3884.

Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull, 68*, 167-182.

John, K., Karnae, S., Crist, K., Kim, M., & Kulkarni, A. (2007). Analysis of trace elements and ions in ambient fine particulate matter at three elementary schools in Ohio. *J Air Waste Manag Assoc, 57*(4), 394-406.

Jorquera, H., & Barraza, F. (2013). Source apportionment of PM(10) and PM(2).(5) in a desert region in northern Chile. *Sci Total Environ, 444*, 327-335. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.12.007

Jung, K. H., Hsu, S. I., Yan, B., Moors, K., Chillrud, S. N., Ross, J., Wang, S., Perzanowski, M. S., Kinney, P. L., Whyatt, R. M., Perera, F. P., & Miller, R. L. (2012). Childhood exposure to fine particulate matter and black carbon and the development of new wheeze between ages 5 and 7 in an urban prospective cohort. *Environ Int, 45*, 44-50. doi:10.1016/j.envint.2012.03.012 S0160-4120(12)00063-3 [pii]

Jung, M. C. (2008). Contamination by Cd, Cu, Pb, and Zn in mine wastes from abandoned metal mines classified as mineralization types in Korea. *Environmental Geochemistry and Health, 30*(3), 205-217.

Kontopoulos, A., Komnitsas, K., Xenidis, A., & Papassiopi, N. (1995). Environmental Characterization of the Sulphidic Tailings in Lavrion. *Minerals Engineering, 8*(10), 1209-1219.

Koski, R. A. (2012). Metal Dispersion Resulting from Mining Activities in Coastal Environments: A Pathways Approach. *Oceanography, 25*(2), 170-183.

Kossoff, D., Dubbin, W. E., Alfredsson, M., Edwards, S. J., Macklin, M. G., & Hudson-Edwards, K. A. (2014). Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry, 51*, 229-245.

Kossoff, D., Hudson-Edwards, K. A., Dubbin, W. E., & Alfredsson, M. A. (2011). Incongruent weathering of Cd and Zn from mine tailings: A column leaching study. *Chemical Geology, 281*(1-2), 52-71.

Lagos, G., & Velasco, P. (1999). Environmental Policies and Practices in Chilean Mining. In I. D. R. Centre (Ed.), *Mining and the environments. Cases studies from the Americas*. Canada: National Library of Canada.

Landrigan, P., & Etzel, R. (2013). *Textbook of Children's Environmental Health*: Oxford University Press.

Lee, M., & Correa, J. (2005). Effects of copper mine tailings disposal on littoral meiofaunal assemblages in the Atacama region of northern Chile. *Mar Environ Res, 59*(1), 1-18. doi:10.1016/j.marenvres.2004.01.002

Lee, Y., & Dong, G. (2012). Air Pollution and Health Effects in Children. In E. b. M. Khare (Ed.), *Air pollution-Monitoring Modelling and health* (pp. 396): InTech, Chapters published March 23, 2012 under CC BY 3.0 license.

Leickly, F. E. (2003). Children, their school environment, and asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol, 90*(1), 3-5.

Levei, E., Frentiu, T., Ponta, M., Tanaselia, C., & Borodi, G. (2013). Characterization and assessment of potential environmental risk of tailings stored in seven impoundments in the Aries river basin, Western Romania. *Chemistry Central Journal, 7*, 1-14.

Li, S., Williams, G., Jalaudin, B., & Baker, P. (2012). Panel Studies of Air Pollution on Children's Lung Function and Respiratory Symptoms: A Literature Review. *Journal of Asthma, 49*(9), 895-910.

MacIntosh, D. L., Spengler, J. D., Ozkaynak, H., Tsai, L., & Ryan, P. B. (1996). Dietary exposures to selected metals and pesticides. *Environ Health Perspect, 104*(2), 202-209.

Madureira, J., Paciencia, I., & Fernandes Ede, O. (2012). Levels and indoor-outdoor relationships of size-specific particulate matter in naturally ventilated Portuguese schools. *J Toxicol Environ Health A, 75*(22-23), 1423-1436. doi:10.1080/15287394.2012.721177

Medina, M., Andrade, S., Faugeron, S., Lagos, N., Mella, D., & Correa, J. (2005). Biodiversity of rocky intertidal benthic communities associated with copper mine tailing discharges in northern Chile. *Mar Pollut Bull, 50*(4), 396-409.

Mesías Monsalve, S., Martínez, L., Yohannessen Vásquez, K., Alvarado Orellana, S., Klarián Vergara, J., Martín Mateo, M., Costilla Salazar, R., Fuentes Alburquenque, M., & Cáceres Lillo, D. (2017). Trace element contents in fine particulate matter (PM2.5) in urban school microenvironments near a contaminated beach with mine tailings, Chañaral, Chile. *Environmental Geochemistry and Health*(in press). doi:doi:10.1007/s10653-017-9980-z

Mesias, S. (2015). *Composición química y másica del material particulado fino en microambientes de establecimientos educacionales aledaños a un relave minero, Chañaral, Chile* (Tesis de Magister en Salud Pública), Universidad de Chile, Escuela de Salud Pública.

Meza-Figueroa, D., Maier, R. M., de la, O. V. M., Gomez-Alvarez, A., Moreno-Zazueta, A., Rivera, J., Campillo, A., Grandlic, C. J., Anaya, R., & Palafox-Reyes, J. (2009). The impact of unconfined mine tailings in residential areas from a mining town in a semi-arid environment: Nacozari, Sonora, Mexico. *Chemosphere, 77*(1), 140-147.

MINVU. (2004). *Declaración de Impacto Ambiental, Plan Regional de Desarrollo Urbano* Retrieved from Región de Atacama, Chile: http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20070427121107&hdd

Ministerio del medio Ambiente (2011). *Norma Primaria de calidad Ambiental para Material Particulado F ino respirable MP2.5*.

Mohammadyan, M., & Shabankhani, B. (2013). Indoor PM1, PM2.5, PM10 and outdoor PM2.5 concentrations in primary schools in Sari, Iran. *Arh Hig Rada Toksikol, 64*(3), 371-377. doi:10.2478/10004-1254-64-2013-2346

Molnar, P., Bellander, T., Sallsten, G., & Boman, J. (2007). Indoor and outdoor concentrations of PM2.5 trace elements at homes, preschools and schools in Stockholm, Sweden. *J Environ Monit, 9*(4), 348-357. doi:10.1039/b616858b

Morais, S., Costa, F. G. e., & Pereira, M. d. L. (2012). Heavy Metals and Human Health. In P. J. Oosthuizen. (Ed.), *Environmental Health - Emerging Issues and Practice,* (InTech ed.).

Morales, E., Garcia-Esteban, R., de la Cruz, O. A., Basterrechea, M., Lertxundi, A., de Dicastillo, M. D., Zabaleta, C., & Sunyer, J. (2015). Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age. *Thorax, 70*(1), 64-73. doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205413

Moreno, M. E., Acosta-Saavedra, L. C., Meza-Figueroa, D., Vera, E., Cebrian, M. E., Ostrosky-Wegman, P., & Calderon-Aranda, E. S. (2010). Biomonitoring of metal in children living in a mine tailings zone in Southern Mexico: A pilot study. *Int J Hyg Environ Health*.

Moshammer, H., Bartonova, A., Hanke, W., van den Hazel, P., Koppe, J. G., Kramer, U., Ronchetti, R., Sram, R. J., Wallis, M., Wallner, P., & Zuurbier, M. (2006). Air pollution: a threat to the health of our children. *Acta Paediatr Suppl, 95*(453), 93-105. doi:10.1080/08035320600886620

Neary, D., & Garcia-Chevesich, P. (2008). Hydrology and erosion impacts of mining derived coastal sand dunes, Chanaral Bay, Chile. *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest, 38*, 47-52.

Okeson, C. D., Riley, M. R., Fernandez, A., & Wendt, J. O. (2003). Impact of the composition of combustion generated fine particles on epithelial cell toxicity: influences of metals on metabolism. *Chemosphere, 51*(10), 1121-1128.

Oravisjarvi, K., Pietikainen, M., Ruuskanen, J., Rautio, A., Voutilainen, A., & Keiski, R. L. (2011). Effects of physical activity on the deposition of traffic-related particles into the human lungs in silico. *Sci Total Environ, 409*(21), 4511-4518. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.07.020

Ostro, B., Roth, L., Malig, B., & Marty, M. (2009). The effects of fine particle components on respiratory hospital admissions in children. *Environ Health Perspect, 117*(3), 475-480. doi:10.1289/ehp.11848

Park, H., Lee, B., Ha, E. H., Lee, J. T., Kim, H., & Hong, Y. C. (2002). Association of air pollution with school absenteeism due to illness. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 156*(12), 1235-1239.

Perez-Padilla, R., Valdivia, G., Muino, A., Lopez, M. V., Marquez, M. N., Montes de Oca, M., Talamo, C., Lisboa, C., Pertuze, J., JR, B. J., & AM, B. M. (2006). Spirometric reference values in 5 large Latin American cities for subjects aged 40 years or over. *Arch Bronconeumol, 42*(7), 317-325.

Qu, C., Ma, Z., Yang, J., Liu, Y., Bi, J., & Huang, L. (2012). Human exposure pathways of heavy metals in a lead-zinc mining area, Jiangsu Province, China. *PLoS One, 7*(11), e46793. doi:10.1371/journal.pone.0046793 PONE-D-12-15550 [pii]

Ramirez, M., Massolo, S., Frache, R., & Correa, J. A. (2005). Metal speciation and environmental impact on sandy beaches due to El Salvador copper mine, Chile. *Mar Pollut Bull, 50*(1), 62-72.

Rivas, I., Viana, M., Moreno, T., Pandolfi, M., Amato, F., Reche, C., Bouso, L., Alvarez-Pedrerol, M., Alastuey, A., Sunyer, J., & Querol, X. (2014). Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona, Spain. *Environ Int, 69*, 200-212. doi:10.1016/j.envint.2014.04.009

Salvarredy-Aranguren, M. M., Probst, A., Roulet, M., & Isaure, M. P. (2008). Contamination of surface waters by mining wastes in the Milluni Valley (Cordillera Real, Bolivia): Mineralogical and hydrological influences. *Applied Geochemistry, 23*(5), 1299-1324.

Seal, R. R., Hammarstrom, J. M., Johnson, A. N., Piatak, N. M., & Wandless, G. A. (2008). Environmental geochemistry of a Kuroko-type massive sulfide deposit at the abandoned Valzinco mine, Virginia, USA. *Applied Geochemistry, 23*(2), 320-342.

Selgrade, M. K., Lemanske, R. F., Jr., Gilmour, M. I., Neas, L. M., Ward, M. D., Henneberger, P. K., Weissman, D. N., Hoppin, J. A., Dietert, R. R., Sly, P. D., Geller, A. M., Enright, P. L., Backus, G. S., Bromberg, P. A., Germolec, D. R., & Yeatts, K. B. (2006). Induction of asthma and the environment: what we know and need to know. *Environ Health Perspect, 114*(4), 615-619.

Sousa, S., Ferraz, C., Ferraz, M. A., Vaz, L., Marquez, A., & Martins, F. (2012). Indoor air pollution on nurseries and primary schools: impact on chilhood asthma-study protocol. *BMC Public Health, 12*, 435.

Tellerias, L., & Paris, E. (2008). Impact of toxicants during neurodevelopment. *Revista Chilena Pediatria, 79*(1), 55-63.

Trenga, C., Sullivan, J., Schildcrout, J., Shepherd, K., Shapiro, G., Liu, L., Kaufman, J., & Koenig, J. (2006). Effect of Particulate Air Pollution on Lung Function in Adult and Pediatric Subjects in a Seattle Panel Study. *Chest, 129*(6), 1614-1622.

Tzivian, L. (2011). Outdoor air pollution and asthma in children. *J Asthma, 48*(5), 470-481. doi:10.3109/02770903.2011.570407

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica: efectos en la salud respiratoria en el niño. *Rev Med Clin Condes, 28*(1), 111-118.

Vásquez, J., Vega, J., Matsuhiro, B., & Urzúa, C. (1999). The ecological effects of mining discharges on subtidal habitats dominated by macroalgae in northern Chile: population and community level studies. *Hydrobiologia, 398/399*, 217-229.

Velastegui, C., Pérez-Canto, P., Zárate, V., Arenas, D., Salinas, P., Moreno, G., & Prado, F. (2010). Impacto del asma en escolares de dos centros de salud primaria. *Rev Méd Chile, 138*, 205-212.

Vergara, A. (2011). Cuando el río suena, piedras trae: Relaves de cobre en la bahía de Chañaral, 1938-1990. *Cuadernos de historia. Departamento de Ciencias Históricas, Universidad de Chile.*, 135-151.

Vermeer, K., & Castilla, J. C. (1991). High cadmium residues observed during a pilot study in shorebirds and their prey downstream from the El Salvador Copper Mine, Chile. *Bull Environ Contam Toxicol, 46*(2), 242-248.

Voulvoulis, N., Skolout, J. W. F., Oates, C. J., & Plant, J. A. (2013). From chemical risk assessment to environmental resources management: the challenge for mining. *Environmental Science and Pollution Research, 20*(11), 7815-7826.

Ward, D. J., & Ayres, J. G. (2004). Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occup Environ Med, 61*(4), 1-12.

Warhurst, A. (1999). *Mining and the Environment: Case Studies from the Americas*: International Development Research Centre (Canada).

Weichenthal, S., Dufresne, A., Infante-Rivard, C., & Joseph, L. (2008). Characterizing and predicting ultrafine particle counts in Canadian classrooms during the winter months: model development and evaluation. *Environ Res, 106*(3), 349-360.

Wheeler, A. J., Williams, I., Beaumont, R. A., & Hamilton, R. S. (2000). Characterisation of Particulate Matter Sampled During a Study of Children's Personal Exposure to Airborne Particulate Matter in a UK Urban Environment. *Environmental Monitoring and Assessment, 65:* , 69–77.

WHO. (2005). *Effects of Air Pollution on Children's Health and Development: A Review of the Evidence* (pp. 185). Retrieved from https://books.google.cl/books/about/Effects_of_Air_Pollution_on_Children_s_H.html?id=ONMvnQAACAAJ&redir_esc=y

WHO. (2006). *WHO air quality guidelines for particulatte matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*.

WHO. (2010). *Children's Environmental Health Units* Retrieved from http://www.who.int/ceh/publications/

Wisskirchen, C., B., D., & Spangengerg, J. (2006). Hydrogeochemical and stable isotope study of the watershed of the "El Salado" Valley and its waters infiltrating into the marine shore tailing deposit ant Chañaral (Northern Chile). Paper presented at the *XI Congreso Geologico Chileno.*, Antofagasta II Región Chile.

Yang, C. S., & Heinsohn, P. A. (2007). *Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms*: A John Wiley & Sons, INC., Publication.

Ye, Z. H., Shu, W. S., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y., & Wong, M. H. (2002). Evaluation of major constraints to revegetation of lead/zinc mine tailings using bioassay techniques. *Chemosphere, 47*(10), 1103-1111.

Yohannessen, K., Alvarado, S., Mesías, S., Klarián, J., Silva, C., Vidal, D., & Cáceres , D. (2015). Exposure to fine particles by mine tailing and lung function effects in a panel of schoolchildren, Chañaral, Chile. *Journal of Environmental Protection, 6*, 118-128.

Yohannessen V, K. (2014). *Efecto de la exposición al MP2.5 proveniente de relaves mineros en la función pulmonar en escolares de Chañaral, III Region, Chile* (Tesis de Magíster), Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Experiencias comunitarias: desigualdad y oportunidades para la resiliencia de desastres

Daniela Guzmán Sanhueza, M. Cristina González Campos,
M. Alejandra Mora Castillo, Pía Honores Mundaca, Patricia Tello Rojas,
Darleing Tirado Mena, Simonne Marín Sarria y Allison Martínez Pérez

Resumen

La comunidad emerge como un espacio físico y simbólico donde todas las personas que participan e integran aportan significados diversos. Las particularidades de las comunidades están dadas en función de quienes las conforman, mujeres y hombres que habitan un espacio donde se componen sus historias personales y colectivas, lo que les genera identidad y sentido de pertenencia.

Tradicionalmente, se ha entendido que el concepto de comunidad está ligado a la noción de territorio (en el sentido de localidad geográfica). Si bien, en la era histórica en que nos encontramos, se desvanece cada vez más la noción de territorio físico de las comunidades, al establecerse redes y agrupaciones de personas que no comparten una ubicación geográfica común, en el contexto vivido post aluvión del 25 de marzo del año 2015 en Atacama, el territorio emerge como un elemento significativo y revalorado por sus habitantes, estrechamente ligado a la historia y trayectoria de la comunidad.

Generalmente se denomina como desastre a un acontecimiento o serie de sucesos de gran magnitud, que afectan de forma seria las estructuras básicas y el funcionamiento normal de una sociedad, comunidad o territorio (Espinoza, 2008), situación que genera daños y pérdidas materiales, de infraestructura, de los medios de vida de las personas y comunidades, entre otros. Así también, se puede generar la expresión más cruda de un desastre: las pérdidas humanas.

Sabido es que las situaciones de emergencia, desastres y catástrofes, se caracterizan por provocar daños y pérdidas humanas, materiales y medioambientales y que la mayoría de las comunidades afectadas por estos eventos presentan condiciones, anteriores al evento, de vulnerabilidad, asociadas a inequidades preexistentes que sobresalen y son posibles de advertir con mayor fuerza cuando este tipo de situaciones ocurren.

El capítulo recoge experiencias comunitarias y personales desde investigaciones basadas en el paradigma constructivista e interpretativo, bajo el enfoque cualitativo y como estudios descriptivos. Centran su interés en comprender los significados que los/as individuos/as construyen, es decir, cómo toman sentido de su mundo y de las experiencias que tienen en él. Se asume, además, que el significado se media a través de las percepciones propias del investigador/a, quienes habitan también el territorio.

Se releva el proceso de reconstrucción histórica del sector Pintores de Chile (comuna de Copiapó), a través de la utilización de la memoria histórica de mujeres. En él se describe el proceso y resultados de la investigación denominada "Experiencias en torno a las relaciones socioterritoriales de la comunidad Los Pintores de Chile", que reúne la memoria colectiva de un sector fuertemente dañado por el aluvión. Esta situación provocó el desplazamiento forzado de las

personas que perdieron todo tras el desastre, generando una gran incertidumbre sobre lo que pasaría con su vidas, situación que originó un sentimiento de vulnerabilidad a nivel individual y familiar y un duelo colectivo cultural, manifestándose a través de sentimientos de culpa por abandonar su sector, su cultura y tierra, lo que sin duda es un sufrimiento comunitario, ya que los territorios se convierten en las "patrias" de las personas que allí nacieron, viven y mueren (Eisenbruch, 1990). Son lugares de afectos y nostalgia por lo que fue, y también de sueños y utopías.

En un segundo apartado se describe la investigación realizada en torno al desplazamiento forzado de familias de Copiapó debido al aluvión. El objetivo se centró en comprender este proceso a partir de la experiencia de diez familias desplazadas dentro de la III y IV región, que al momento de las entrevistas permanecían residiendo en la ciudad de acogida. Se utilizó como técnica de recolección de datos la entrevista semi-estructurada y el análisis de discurso para el planteamiento de resultados. Entre los motivos de desplazamiento destacaron la inhabitabilidad de la vivienda a causa del barro, servicios básicos y comerciales escasos, contaminación ambiental, problemas sanitarios y suspensión prolongada de clases. Entre los principales hallazgos se identificó un desplazamiento hacia las ciudades en función de las redes de apoyo preexistentes y un cambio de rol experimentado por la mayoría de las mujeres en el nuevo contexto.

1. Introducción

Es sabido que los desastres socionaturales tienen un origen antropocéntrico, es decir, se generan por la mezcla de factores naturales y sociales. Es la intervención humana la que marca la diferencia entre un evento natural extraordinario y un desastre natural que genera una catástrofe social. Una intervención que no sólo se sitúa desde la respuesta al evento sino también desde las acciones u omisiones previas al mismo.

El aluvión del 25 de marzo de 2015 (25M) en Atacama generó un contexto de incertidumbre en todos los ámbitos de la vida y con ello impactos sociales en la población, visibilizando la vulnerabilidad que está latente y se manifiesta con fuerza ante situaciones críticas e inesperadas.

Cuando hablamos de vulnerabilidad, hacemos referencia a un concepto entendido desde distintos autores como aquella inestabilidad, inseguridad frente a un medioambiente cambiante. Representa la disminución de las personas y colectividades humanas en su capacidad para anticiparse, enfrentar y sobreponerse a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana. Así entonces la vulnerabilidad social ante desastres está interferida por múltiples factores asociados tanto al desastre natural (naturaleza, magnitud, duración) como a las características del territorio y las comunidades que afectan su economía, disponibilidad de recursos, organización y participación social, capacidad política e institucional, entre otras.

Existe una directa asociación entre vulnerabilidad y desigualdad. Nuestra vulnerabilidad como territorio, como población, como comunidades, como personas, dependerá de la estructura de oportunidades a las que se pueda acceder y esta estructura de oportunidades dependerá, a su vez, de nuestro sexo, lugar de nacimiento, clase social, capacidad para participar en el mercado (recursos económicos), entre otras.

En un contexto cultural, económico y social que exacerba desigualdades, las mujeres se han convertido en sujetas sociales y actoras relevantes en las comunidades que integran. Junto a ello, han debido soportar procesos complejos de transformación de la vida cotidiana, tales como el desplazamiento forzado, asociado a la catástrofe.

En un contexto actual, predeterminado por patrones culturales y económicos tradiciona-

les, patriarcales y normativos, la vulnerabilidad y situación en general post-aluvión es diversa por distintas razones, sin embargo reconocer cómo se agudizan las desigualdades de género es relevante para configurar las nuevas características de las comunidades. Los estudios incorporados en este apartado abordan situaciones que afectan a las comunidades y que están determinadas por un trato y desarrollo desigual de las mismas, en donde el ser mujer tiene una connotación fundamental en el devenir de los procesos.

Existe un proceso de resignificación que requiere de historia y memoria. No es posible construir o reconstruir, si no se observa críticamente lo pasado, si no se problematiza en torno a las formas de participación e involucramiento en las propias comunidades y las condiciones institucionales que han transitado por los territorios. Este proceso debe considerar los aspectos sociales más profundos, la construcción de identidades, las dinámicas locales y los procesos interrelacionales cotidianos.

Es interesante poder recoger desde las comunidades y sus recuerdos, elementos que son relevados. Más que responder a la historia de la comunidad, responden a la memoria colectiva, a lo que las comunidades declaran recordar, pues si bien, no tenemos certeza de lo voluntario de recordar, lo que si podemos exponer es que las comunidades relevan ciertos hitos más que otros. Esto se visualiza en la investigación denominada "Experiencias en torno a las relaciones socio-territoriales de la comunidad los Pintores de Chile", que es descrita en el primer apartado.

Apoyar una nueva forma de construir comunidad, a través de la facilitación de procesos de autoaprendizaje y reflexión de las comunidades representa una oportunidad para nuestra comunidad local. Así lo hemos entendido desde el Departamento de Trabajo Social y así hemos generado diversos espacios de acompañamiento a las comunidades, en donde han participado estudiantes y académicas, en procesos de generación de conocimientos desde y para las comunidades, profundizando en nuestra premisa de democratización del conocimiento, validación de saberes locales y fortalecimiento del protagonismo de los sujetos sociales. Consideramos importante el rol que nos compete en la producción de conocimientos, dando visibilidad a las voces menos visibles que desde el territorio emergen luego de una situación extrema como la vivida. Esto refiere directamente a lo que entendemos por democratización del conocimiento, en tanto, a través de un proceso consciente que releva a las personas y comunidades como los propios protagonistas de los sucesos, dándoles valor y atención a los discursos que desde sus experiencias emergen, se generen investigaciones en torno a los efectos del desastre en Atacama. Esto representa una decisión de participar y contribuir, con conocimiento certero y contextualizado, en el análisis integral de la situación post aluvión.

La principal actividad productiva de la región es la minería, lo que implica que la construcción del capital social se sustente en la complementariedad de procesos sociales y económicos-productivos. Es aquí en donde se torna relevante comprender procesos como el desplazamiento de familias y personas, situación que afecta a las comunidades, interfiere en el tejido social y representa un desafío de adaptación y reinserción tanto en territorios de llegada como de origen. En este sentido, se incorpora en este capítulo la investigación denominada "Desplazamiento forzado de familias de Copiapó debido al aluvión del 25 de marzo 2015" como una forma de visibilizar y proyectar para un futuro abordaje esta situación.

Una catástrofe de la amplitud que vivimos en Atacama permite replantearse, revisar cómo se ha planificado hasta ahora, cómo hemos construido ciudad (Mirada macro) y comunidad desde los espacios cotidianos y relacionales (Mirada micro). Así entonces, el desafío actual es resignificar lo vivido y generar aprendizajes que se mantengan y transfieran, en pos del fortale-

cimiento del tejido social, elemento fundamental en la mitigación de la incertidumbre propia de una sociedad en constante riesgo.

2. Experiencias en torno a las relaciones socio-territoriales de la comunidad "Los Pintores de Chile", mediante la reconstrucción de la memoria colectiva

2.1. Presentación del problema y objetivos

Tras el aluvión del 25M, una de las comunidades más afectadas de la capital regional fue la población "Los Pintores de Chile", ubicada al suroeste de la ciudad de Copiapó, sector que forma parte del desaparecido pueblo de San Fernando, al fondo del Callejón Pedro León Gallo. Tras el rompimiento de la defensa de Paipote, el aluvión escurrió por la avenida principal de la ciudad, Avenida Los Carreras, colapsando los canales de regadío existentes en aquellos callejones, usados en el pasado para la agricultura y la ganadería.

Los Pintores de Chile, albergó alrededor de 400.000 m^3 de agua y lodo, manteniendo a la población sumergida bajo casi un metro de aguas servidas y restos del aluvión, encontrándose aislada, con problemas sanitarios, de alcantarillado, sin electricidad, sin agua y viviendas inhabitables (Mery, 2015). En base a este y otros antecedentes, la problemática trabajada en esta investigación se configuró en torno a las consecuencias sociales que presentó la población tras el aluvión. Una vez limpiada la población, organismos gubernamentales como la Oficina de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) y la Intendencia de Atacama, catalogaron al sector como un sector inundable y la mayoría de sus hogares quedaron con daños irreparables, según la Encuesta Familiar Única de Emergencia (E.F.U) realizada por el Ministerio de Desarrollo Social.

Es así como el objetivo general de la investigación fue analizar las experiencias de los habitantes de la comunidad de "Los Pintores de Chile" en el proceso de desastre, mediante una reconstrucción de memorias colectivas, durante el año 2015. Ello se tradujo en la descripción de la dinámica socio-territorial y las prácticas cotidianas que se originaban en la comunidad en el proceso anterior y posterior a la catástrofe, y también en el intento de comprender las relaciones comunitarias y el capital social presente en la población, generadas en el proceso anterior y posterior al desastre natural.

La investigación fue de carácter cualitativo, el que permite que la investigación produzca datos descriptivos, es decir las palabras de las personas, habladas o escritas y la conducta observable (Taylor y Bogdan, 1987). Se encuentra inscrita bajo un paradigma constructivista, el que de acuerdo a Salgado (2007), propone que no hay una realidad objetiva, y que esta realidad es edificada socialmente y el conocimiento es construido por las personas que participan en la investigación; de acuerdo a ello la tarea fundamental del investigador en este proceso, es entender el mundo complejo de la experiencia vivencial desde el punto de vista de quienes la experimentan, entendiéndose como un proceso interactivo. La investigación fue desarrollada desde una mirada holística y subjetiva, en que la realidad deja de ser absoluta, desarrollándose una reconstrucción social del individuo y de la comunidad.

En cuanto al tipo de estudio, se pretendía describir en base a los relatos de las personas, sus vivencias en torno al fenómeno del desastre y las interacciones sociales dadas en el territorio anterior y posterior a la situación de emergencia. Los estudios descriptivos "buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis" (Hernández Sampieri, R., Fernán-

dez Collado, C., & Baptista Lucio, M., 2010 p. 80). Como diseño se utilizó la investigación participativa, que de acuerdo a Cano (1997), es parte de una experiencia educativa que ayuda a determinar las necesidades de los grupos y de la comunidad, incrementando los niveles de conciencia de los involucrados acerca de su propia realidad. La realización de una investigación participativa permitió a las investigadoras transcender más allá de los límites investigativos, y generar una contribución a la comunidad con la cual se trabajó, esto permitió que la investigación no sea solo un proceso de levantamiento de información, sino un proceso de retroalimentación y reciprocidad entre sujetos, sujetas e investigadoras.

2.2. La cartografía social como técnica de recolección de la información

Entre las técnicas e instrumentos para recuperar información en esta investigación participativa destaca la cartografía social (Figura 1), la que permite relatar la historia de un barrio y ubicar sus puntos sobresalientes desde lo territorial articulando las diferentes formas del relato con lo percibido, donde las imágenes tienen la posibilidad de cobrar formas más relacionadas con las significaciones que les otorgan los propios actores sociales (Diez, J.; Escudero, H.; Carballeda, A.; Barberena, M.; Hallak, Z.; Rocha, E.& Romero, N, 2012).

Desde la cartografía se abordó el área comunitaria de la investigación, los mapas y sus relaciones provenientes de la construcción de los habitantes de la población. Se realizaron cuatro mapas que permitieron situar la investigación en el territorio.

El *mapa del pasado* permitió reconocer el territorio, identificar aspectos que se encontraban inexistentes en la actualidad, al igual que aquellos que han emergido post-aluvión. En *el mapa del presente* se identificó la situación actual de la localidad, contrastándolo con el anterior, y con ello, evidenciar evolución de la comunidad. El *mapa del futuro* representa los sueños que se estima se concreten en el futuro a corto, mediano o largo plazo, por tanto, representa las aspiraciones de la comunidad hacia su entorno o barrio, permitiendo recuperar la capacidad de soñar, creer y plantearse distintas realidades alcanzables en el tiempo.

Por otra parte, el *mapa de redes* permitió establecer las relaciones entre los diferentes actores que se vinculan con el territorio, ya sean relaciones de poder, conflicto, sociales, relaciones económicas, etc. Este mapa posibilita a su vez articular conjuntamente una intervención en caso de ser necesario e identificar redes de apoyo.

También se utilizó como técnica de investigación la entrevista semi-estructurada la que según Munarriz (1992) se usa cuando, a partir de la observación, nos queden lagunas que requieran una mayor profundización para comprender cierto tipo de acciones.

Figura 1. Cartografía Social Sector Los Pintores de Chile.
Fuente: Registro propio.

2.3. Participantes

En cuanto a la población podemos señalar que el universo de esta investigación fue la población "Los Pintores de Chile" compuesta por un total de 125 familias, de las cuales se trabajó con una muestra de 22. Fue un muestreo homogéneo que, de, acuerdo a Hernández et al. (2010) tienen unidades que se seleccionan según un mismo perfil o característica o bien comparten rasgos similares, tales como: pertenecer al sector de estudio y que no tengan la intencionalidad de desplazarse a otro, participación activa en el sector (junta de vecinos, comité de emergencia, club deportivo), interés y voluntad de participar de la investigación (carta de consentimiento).

2.4. Marco Teórico que sustenta la investigación

La investigación toma como marco para comprender el fenómeno, cuatro grandes enfoques: el enfoque socio-territorial, el de capital social, el desarrollo local y la teoría de la memoria colectiva.

El *enfoque socio-territorial* permite comprender y analizar las relaciones sociales del territorio, entendiendo que más allá de un espacio físico, este espacio comprende un espacio social cargado de historia. Se entiende al territorio como una construcción social, lo que exige comprender y asumir una condición de cambio constante, como plantean Salgado y Aliste (2015), "el desafío de entender este cambio constante también nos va a exigir herramientas que nos puedan ayudar a desarrollar las formas diferentes de aproximarnos a él" (p. 3).

En este sentido los actores sociales del territorio son claves. Por una parte, sus propios habitantes, pero también los agentes externos que intervienen en él (instituciones gubernamentales). Cada uno de ellos con intereses diferentes lo que muchas veces pone al territorio en una permanente disputa y/o conflictos.

Más allá de lo ocurrido, la postura de los sujetos es permanecer en su territorio, ya que se trata de algo más que un espacio físico, es un espacio en el que se sienten identificados, tienen un sentido de pertenencia y arraigo por los años de residencia y por las generaciones que han visto crecer.

Por otra parte, el *capital social* como marco para comprender las relaciones sociales en un contexto de desastre. Durston (2000) nos señala que el capital social se puede estimar de dos maneras, el primero es una vía de acceso a recursos que permite lograr beneficios y el segundo es que el capital social reside en las relaciones sociales. Las relaciones entre personas y familias en todos los ámbitos de la vida cotidiana, denominadas como "instituciones" ya sean religiosas, jurídicas, familiares, entre otras. Estas instituciones, generan estructuras sociales que a la vez dan origen a la interacción entre individuos y la generación de redes de reciprocidad.

En cuanto a la *propuesta de desarrollo local,* conceptualiza al desarrollo no con énfasis en el progreso económico, sino en el desarrollo humano, ecológico, social y cultural de las localidades, considerando como política principal el fomento de la cooperación entre actores que componen un territorio, aportando en la generación de estrategias en beneficio de los actores sociales, potenciando recursos y redes para un beneficio en común, posibilitando aperturas a oportunidades de fortalecimiento de lazos, potenciamiento de habilidades y capacidad de resiliencia.

Finalmente, desde la *teoría de la memoria colectiva,* se entiende a la memoria como la rememoración de acontecimientos pasados que se construyen recordando y olvidando aquello que ha marcado la vida de las personas y que forman parte de una conciencia colectiva. Éstas

son un medio que permite recoger las percepciones y recuerdos de lo vivenciado por las personas, facilitando la reconstrucción de los hechos pasados que marcan un antes y un después, brindando una oportunidad de fortalecer los lazos de reconciliación con lo ocurrido en la catástrofe y otorgarles a las personas una oportunidad de desahogo interno y de cerrar etapas. En ese sentido Salgado y Aliste (2015) nos plantean que:

> "La memoria colectiva puede ayudar a esa noción de identidad local, ya que esta habla a través de elementos que son simbólicos, que son rituales o que pueden estar contenidas en ciertos hábitos: se muestran a través de las conductas, de los gestos, del lenguaje, de las marcas hechas en el espacio" (p.3).

En un contexto de desastre como el ocurrido en Atacama, la reconstrucción de la memoria colectiva permite conocer la experiencia cotidiana de sus habitantes, desarrollando una particular sensibilidad sobre lo vivido, y cómo esa fusión entre su territorio y su identidad van íntimamente ligados. La experiencia de esta investigación así lo demostró.

2.5. Resultados y Discusión

La investigación permitió comprender muchos aspectos vinculados a la experiencia vivida por la comunidad de "Los Pintores de Chile" tras el desastre. En relación a la dinámica socio-territorial, se establecieron los diferentes momentos de la comunidad. Al respecto se puede mencionar que la comunidad experimentó diversos cambios significativos en el proceso de aluvión, como por ejemplo, la pérdida de los espacios de encuentro, un quiebre en las relaciones sociales por distanciamiento entre los propios habitantes que se quedaron y los que decidieron irse. Estos hechos han resultado difíciles de superar por la comunidad. Al momento de culminar esta investigación aún se evidenciaban los vestigios de todo aquello, aunque los problemas medioambientales en el territorio habían disminuido, aún se mantenían las condiciones de riesgo por focos infecciosos, micro-basurales, y escombros de las viviendas no habitadas que se mantenían, existiendo un gran número de perros callejeros, abandonados por sus dueños.

Todo esto conllevó a una demora en el proceso de normalización, incluyendo acciones y actividades que antes de este suceso se realizaban. Sin embargo, posteriormente al aluvión, también surgió una necesidad desde los sujetos de recuperar sus espacios y demostrar que la reconstrucción en todas sus dimensiones es posible.

Los habitantes del sector desarrollaron un mayor apego y revalorización con su territorio y la construcción de la vida comunitaria, trabajando colectivamente. Se movilizaron en base a una organización y estableciendo reuniones que surgieron en un comienzo de manera espontánea en búsqueda de metas próximas, se esforzaron por mantenerse en el lugar, y para ello fue indispensable la unión de los habitantes y la buena convivencia, como también el compromiso con su comunidad, lograron avances progresivos en el desarrollo social y local de la población.

En cuanto a las relaciones comunitarias anteriores a la catástrofe, eran distantes y marcadas mayormente por la cordialidad, pero una vez ocurrido el desastre y cuando la comunidad pudo lentamente comenzar a restablecerse, hubo un cambio, emergiendo la unión, el fortalecimiento de lazos antes no visibilizados y el trabajo comunitario tras un objetivo en común: levantar la comunidad.

La solidaridad posterior a la situación de emergencia, evidencia la organización comunita-

ria junto con las redes de contactos interpersonales, hecho recalcado en los discursos de los participantes de la cartografía social realizada. En variadas ocasiones se mencionó la importancia de los vínculos y la presencia de la familia, esto es debido a su grado de integración social existente en una sociedad, lo que genera relaciones de reciprocidad y confianza en los habitantes.

Como aspectos positivos podemos concluir que, la situación de urgencia y necesidad provocan relaciones de reciprocidad y apoyo mutuo, siendo la cooperación fundamental para llevar a cabo paulatinamente el levantamiento de la comunidad frente a lo vivido. Es el capital social individual que se presenta y desarrolla en primera instancia, luego un capital social comunitario, para surgir desde la necesidad imperante de defender y optimizar su territorio.

Por otra parte, también existe un contraste durante este largo proceso que son los conflictos dentro de la comunidad, ya que hubo un quiebre en las relaciones en el periodo de inundación.

El quiebre en las relaciones comunitarias

Si bien se han destacado los aspectos que fortalecieron el capital social individual y colectivo, no es menos cierto que también en este contexto de desastre se produjeron quiebres en las relaciones comunitarias del sector. Esta situación se produjo dado que algunos habitantes, en base a esta experiencia de carácter traumático, tomaron la decisión de irse del sector, en base al ofrecimiento realizado por el gobierno por tratarse de una zona de riesgo. Otros que sencillamente decidieron permanecer allí a pesar de las dificultades que ello presentaba. Estos últimos cuestionaron la actitud de los primeros, no comprendiendo que personas de su comunidad que vivieron toda su vida allí por más de dos generaciones, hayan decidido emigrar, más aún, que por tal decisión, los que se quedaron hayan sido excluidos y marginados de beneficios, en algo que ellos manifiestan como un castigo de parte de las autoridades y un verdadero abandono.

Esta situación si bien se manifiesta como un discurso colectivo en el último encuentro con las investigadoras, se transformó en un discurso más compresivo e inclusivo, aludiendo a la reintegración de la comunidad en su totalidad, enfatizando la recuperación de espacios y las proyecciones en base a metas futuras en beneficios de los habitantes de Pintores de Chile.

El rol de las mujeres en el contexto de desastre natural

Es necesario tener en consideración que en la realización de nuestra investigación se destaca el rol de la mujer como agente activo en el proceso posterior al desastre, pues si bien la recolección de información integraba ambos géneros, la figura masculina sólo emerge en primera instancia ocurrido el aluvión, asumiendo un rol protector, enfocado en la seguridad y en la organización de la entrega de ayuda, mientras que la figura femenina tiene un rol protagónico en el proceso de reconstrucción, empoderándose de su territorio, enfocándose en la autogestión para mejorar el espacio devastado por el hecho ocurrido.

En la ejecución de la metodología mediante la cartografía social sólo participaron mujeres jefas de hogar, quienes se organizaron en conjunto con la directiva de la junta de vecinos para trabajar y enfrentar la normalización de su población, pese a que la convocatoria incluyó tanto a hombre como mujeres. Se infiere que la escasa participación masculina pudo deberse a la influencia del factor laboral, por ende las mujeres participaron de esta instancia sintiéndose como agentes importantes y necesarias para la recuperación de su territorio. Frente al escenario de desplazamiento inminente, demostraron compromiso y trabajaron en pro del bienestar de su familia y del lugar en el cual se desarrollaron, pues el sentido de pertenencia e identidad que

tienen con su territorio ha logrado la activación de redes y autogestión para la consecución de recursos, logrando visibilizar las problemáticas y los desafíos que tienen por mejorar como comunidad y así poder seguir habitando este espacio, que es más que un trozo de tierra, que una población, y que simples casas, pues es su tierra, su hogar y una parte de ellos, de su historia, de su vida personal y familiar, un lugar que ha visto pasar diversas generaciones y que evoca múltiples recuerdos.

Esto significó un quiebre del patrón cultural que ve a las mujeres como madres y dueñas de casa, encargadas de ciertos trabajos de cuidado o ciertos estilos de trabajo colaborativo (Lamas, M. 1996), ya que frente a situaciones catastrófica las mujeres trascienden sus roles tradicionales tanto en mitigación como en respuesta al desastre.

La cartografía social como herramienta para el fortalecimiento del capital social comunitario

El hallazgo más significativo para las investigadoras fue la utilización del método de cartografía social en una comunidad afectada por un desastre de carácter natural. A través de esta metodología y el diseño de investigación participativa se rescata la riqueza del discurso de las personas y se destaca a los sujetos como agentes transformadores de su realidad, visualizando a los sujetos como agentes activos y no como mero objeto de estudio, es por esto que se sugiere incentivar a las futuras generaciones a realizar estudios participativos o bien de investigación- acción, puesto que estos estudios son de gran utilidad tanto para los futuros profesionales, como para los y las sujetos de investigación, quiénes generan impactos positivos en su vida comunitaria, fortaleciendo la cohesión social de los territorios, en especial en contextos de desastre. Esto puede significar un recurso para fortalecer la cohesión social e identificar los principales recursos con que cuenta el territorio.

Finalmente, destacamos lo planteado por Cortés y Llobet (2006), respecto a que la acción comunitaria se trata de procesos organizativos que implican a los sujetos individuales y colectivos, concebidos como actores sociales, que muestran algún tipo de anclaje relacional con el territorio y que toman conciencia y decisión para poder transformar y por lo tanto, mejorar sus condiciones de vida.

3. Desplazamiento forzado de familias de Copiapó debido al aluvión del 25 de marzo 2015[17]

3.1. Presentación

Las migraciones externas e internas a nivel mundial por motivos económicos, políticos o de conflictos armados, son fenómenos cada vez más frecuentes a medida que pasan los años. Estas pueden clasificarse en *migraciones voluntarias*, realizadas con una planificación previa y en *migraciones forzadas*, más bien inesperadas, en respuesta a un peligro inminente. En estas últimas se distingue la situación de refugiados, desplazados internos, desplazados inducidos por el desarrollo y desplazados ambientales, éstos últimos se vinculan directamente al cambio climático. Adhiriendo al concepto previo de El-Hinnawi (1985), Egea y Soledad (2011-2) se refieren a los *desplazados ambientales* como personas que se vieron forzadas a abandonar su entorno de forma temporal o permanente, debido a un desequilibrio ambiental por causas naturales o

17 Este apartado se deriva del seminario de titulación y grado, titulado Desplazamiento forzado de familias de Copiapó debido al aluvión ocurrido el 25 de marzo, 2015. Prof. guía: M.C. González Campos.

antropogénicas que ponen en riesgo su vida y/o la calidad de vida.

El aluvión del 25 de marzo (25M) afectó con distinta intensidad a diferentes zonas de la Región de Atacama. Debido a la magnitud del evento, en Copiapó hubo viviendas anegadas, alertas sanitarias, alerta ambiental, saturación de los servicios públicos y comerciales; en respuesta, un considerable número de familias decidió desplazarse a otras ciudades de la región y el país en busca de protección temporal, o bien permanente. Por ende, el problema de esta investigación radica en el desplazamiento forzado de las familias desde la capital regional, proceso que se intenta comprender desde los significados del desastre atribuidos por las mismas familias, el reconocimiento de vulnerabilidades y factores de riesgo pre-existentes al desplazamiento y posteriores, cambios experimentados por las familias en diversos aspectos, además del proceso de adaptación y proyección en la ciudad de acogida.

Con esta investigación se espera contribuir a la comprensión de un problema que va mucho más allá de un cambio de residencia, ya que sus causas y consecuencias abordadas desde la teoría y diversos enfoques revelan la complejidad de un fenómeno cada vez más frecuente.

3.2. Una nueva conceptualización de los desastres: sociedad del riesgo, enfoque de derechos y capital social

La investigación se realizó en base a la Teoría de la Sociedad del Riesgo, Enfoque de Derechos y Enfoque de Capital Social, desde los cuales se intenta comprender holísticamente el problema de los desastres socio-naturales y desplazamientos.

Teoría de la Sociedad del Riesgo

Planteada por Ulrich Beck (1998), intenta comprender las amenazas por las que transita la sociedad, señalando que en las sociedades actuales la producción de la riqueza va acompañada de una creciente producción social de los riesgos. De esta forma, los problemas y conflictos de la sociedad de la carencia son sustituidos por los problemas y conflictos que surgen de la industrialización. Este desarrollo industrial no regulado por el sistema político produce riesgos de una nueva magnitud: incalculables, imprevistos e incontrolables.

Esto se relaciona con la importancia de las decisiones que se toman a nivel político, económico e industrial en el país, las cuales repercuten en la seguridad de la sociedad civil al enfrentar un desastre como el sucedido el 25 M en Atacama.

Rojas (2010) atribuye la sociedad del riesgo al proceso de modernización por el que transitan las sociedades industrializadas. Además, destaca que la naturaleza está sometida y agotada desde el siglo XIX, pasando de ser un fenómeno dado a un fenómeno producido. De este modo, el proceso de modernización y su producción a gran escala ha contribuido de manera creciente a la construcción social de los riesgos, los cuales pueden definirse como la probabilidad posible de daño ante la ocurrencia de un fenómeno natural determinado (Foschiatti, 2004). Esta misma sociedad del riesgo propicia situaciones de vulnerabilidad (Rojas, 2010).

Los riesgos constituyen amenazas (factor externo al que se exponen las personas, representado por la potencial ocurrencia de un fenómeno que puede producir un desastre al manifestarse) para las personas y sus formas de vida. Sin embargo, la amenaza no existe sin la preexistencia de la vulnerabilidad, entendida como la característica de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, resistir, y recuperarse del impacto de una amenaza natural (Foschiatti, 2004).

En síntesis, amenaza y vulnerabilidad son conceptos que cuando se articulan conforman el riesgo, situación que predispone a las personas a estar susceptibles a un desastre natural y a que éste impacte negativamente en sus vidas.

Enfoque de Derechos

Este enfoque establece la responsabilidad política, jurídica y ética del Estado para hacer cumplir y generar las condiciones de ejercicio pleno de derechos por todos los ciudadanos.

Los desastres como terremotos, tsunamis, sequías e inundaciones suelen limitar el ejercicio de los derechos humanos impactando la seguridad, educación, salud, vivienda y el acceso a necesidades de primer orden.

Zetter y Morrissey (2014) señalan que la protección para la gente que se desplaza tiene que ver esencialmente con resguardar la seguridad física, psicológica y dignidad, y con garantizar los derechos políticos, civiles, económicos y culturales. En general, la tensión ambiental afecta el goce y disfrute de estos derechos. Por consiguiente, no se descarta la posibilidad de que las familias que se desplazaron desde Copiapó decidieran resguardar su seguridad física y mental disponiendo de los recursos económicos necesarios para hacerlo, lo cual favorecería el desplazamiento y facilitaría al mismo tiempo la reconstrucción de sus vidas, sin necesariamente verse afectado el goce de sus derechos civiles.

Por otra parte, es deber del Estado cumplir en este tipo de situaciones y así lo estipula la Constitución Política de la República de Chile (2005), al establecer en su artículo 1° que está al servicio de las personas y que su finalidad es promover el bien común, de modo que debe "resguardar la seguridad nacional, dar protección a la población y a la familia, propender al fortalecimiento de ésta".

Enfoque de Capital Social

El capital social, como fuera conceptualizado por P. Bourdieu, alude a aquel:

> "conjunto de recursos actuales o potenciales relacionados con la posesión de una *red duradera de relaciones* más o menos institucionalizadas de inter-conocimiento e inter-reconocimiento; o, en otros términos, con la *pertenencia a un grupo*[18], como conjunto de agentes que no solamente están dotados de propiedades comunes (...), sino que también se unen por *lazos* permanentes y útiles" (1980, p.2).

En este sentido, la comunidad, los lazos y las redes sociales resultan de vital importancia al momento de enfrentar problemas cotidianos, la realización del ser humano y las situaciones de riesgos y desastres.

En estos últimos, quienes se desplazan lo hacen porque perciben que su vida o la de sus familiares peligran, por lo tanto, es una estrategia para salvaguardar la vida y unidad familiar. No sólo abandonan o pierden bienes, propiedades y pertenencias, sino también relaciones y afectos (Bello, 2004). Al desplazarse, las redes se modifican y se genera un quiebre en el tejido social, por esta razón, se debe iniciar el despliegue de mecanismos adaptativos y de recuperación para hacer frente a situaciones como: múltiples pérdidas materiales, pérdida de personas representativas, pérdida de autoestima y compromiso de identidad.

18 Cursivas del autor.

En situaciones de desastre, el *capital social* es un factor clave para ampliar la *resiliencia*. Asimismo, Palacio y Madariaga (2006) señalan que es una herramienta fundamental para la inserción social, ya que permite que desplazados y receptores se apoyen mutuamente para encontrar alternativas viables a sus problemáticas sociales, tales como la necesidad de arraigarse, apropiarse, tener un sentido de pertenencia, tener proyectos de vida, entre otros. Así mismo, permite considerar prácticas sociales y colectivas, siendo una parte integral en las teorías de gestión de contexto de riesgos ambientales (Arteaga y Tapia, 2014).

Por tanto, de todas las formas de capital, la menos dañada ante un desastre es el *capital social*, pues éste se renueva y aumenta durante situaciones de emergencia (Olivos, 2010)

3.3. Aspectos metodológicos

La investigación fue de carácter cualitativo. Se entrevistó a un total de diez familias desplazadas dentro de la región, a la ciudad de Caldera y hacia las ciudades de Serena y Coquimbo, situadas en la IV región. Como técnica de recolección de datos se utilizó la entrevista semi-estructurada y el análisis de discurso para el planteamiento de resultados.

3.4. Resultados

En función de los elementos anteriormente destacados y en base al discurso de los y las entrevistadas, emergieron los siguientes resultados:

Significados al aluvión y sus consecuencias

Respecto a los significados que le atribuyen los miembros de las familias al aluvión, se reconoce una visión naturalista del fenómeno y la connotación positiva o negativa que le atribuyen se relaciona directamente con la experiencia vivida. Las familias que tuvieron pérdidas físicas (vivienda) o simbólicas (relación familiar) significaron el aluvión con las palabras "desastre" o un evento "traumático".

> "...destruyó muchas cosas (...), en mi caso una familia, en otro caso su casa... en otros... en otros les provocó ir a vivir a otro lado, bueno a mí me toco venir a vivir acá" (F: 2).

En cambio, las familias que no experimentaron pérdidas, significaron el aluvión como un "aprendizaje" por una valoración familiar que surge posterior al desplazamiento y que antes no existía, debido principalmente al tiempo que les demandaba su trabajo en Copiapó. Como una "oportunidad" para comenzar nuevos proyectos de vida y una "lección", específicamente para la ciudadanía y autoridades que dio cuenta de la escasa preparación y prevención existente frente a emergencias de este tipo. Por lo mismo, en general las consecuencias del aluvión se significan como un "desconocimiento" de la magnitud del evento, así como una "responsabilidad gubernamental" en la prevención y en su actuar en la fase de recuperación.

> "yo lo veo bien positivo porque nos sirvió... a mí me enseñó a darme cuenta que soy capaz de reaccionar y poner en práctica muchas cosas que... que siempre... que son de supervivencia al final (...), de reaccionar, de tomar decisiones rápidas y pensar también a futuro, entonces por una parte positiva y más encima si estamos en una

zona de catástrofes, prácticamente, tienes temblores (...), tienes de todo, así que hay que aprender al final de todo esto (...)" (F: 5).

Dimensiones de vulnerabilidad y factores de riesgo presentes pre y post desplazamiento.
Las familias entrevistadas reconocen en sus discursos algunas de estas vulnerabilidades presentes en Copiapó pre-desplazamiento: vulnerabilidad ecológica e institucional. La primera referida a la responsabilidad de la intervención humana, tanto en la interrupción del cauce natural del río años previos, como al rebalse de aguas servidas, debido al daño de alcantarillado que luego se mezcló con el lodo del aluvión y material particulado por el arrastre de residuos tóxicos, y que finalmente agudizaron sus consecuencias sanitarias. Y la segunda, referida a la escasa respuesta para este tipo de irregularidades, junto a la burocracia gubernamental que se refleja en la ineficacia de su accionar y que se agudiza en momentos de catástrofes. Así mismo, el difícil acceso a productos de primera necesidad, riesgos en la salud por escases de agua, contaminación ambiental, problemas sanitarios e inhabitabilidad de viviendas a causa del barro, figuran como derechos vulnerados durante las semanas en que se extendió la emergencia.

Estas vulnerabilidades se reconocieron de acuerdo al contexto de desastre presenciado, sin embargo, a nivel micro, las familias igualmente identificaron vulnerabilidades experimentadas pre y post desplazamiento. Entre las más comunes destacaron la vulnerabilidad económica, educacional y socio-sanitario. La primera referida a la incertidumbre que generó en los adultos la inactividad laboral en la primera semana de emergencia. Educacional, debido a la suspensión de clases por tiempo indefinido. Socio-sanitario, por la falta de acceso a servicios básicos y de productos de primera necesidad, con el riesgo inminente de enfermedades infecciosas y desabastecimiento.

"bueno justo esa semana nos tocaba hacer las... compras, no las habíamos hecho pero teníamos, no es que estábamos en cero, uno siempre tiene... lo que no había era leche y pan, que era así como para los niños lo básico y... entre los vecinos, como somos muchos... nos estuvimos ayudando" (F: 7).

Posterior al desplazamiento, la vulnerabilidad económica surgió nuevamente, esta vez reflejada en los gastos que debieron incurrir las familias durante la estadía en la ciudad de acogida. A ésta, se suma una vulnerabilidad física por la inestabilidad habitacional en el nuevo contexto, pues algunas familias pasaron a tener la condición de allegados en casa de familiares o a cambiar continuamente de residencia, debido a la demora en la entrega de la nueva vivienda o por el terremoto que afectó a La Serena y Coquimbo meses después del aluvión en Copiapó.

Cambios familiares y sociales
Respecto a los cambios posteriores al desplazamiento, se destaca el ámbito "familiar" y "social". En el ámbito familiar, se evidencia un cambio de rol experimentado principalmente por las mujeres, debido a que en Copiapó la mayoría desempeñaba un rol activo en el ámbito público, por lo cual las responsabilidades del ámbito privado (labores domésticas y cuidado de los niños) eran asumidas por otra persona. Luego del desplazamiento, por diversos motivos, las familias dejaron de contar con este apoyo en la ciudad de acogida, las mujeres debieron desempeñar el rol de "dueña de casa" además del rol que ya tenían en el ámbito público o bien desligarse de este último, para posicionarse sólo en el trabajo doméstico.

No obstante, el hombre continúa con su rol activo en el ámbito laboral, por lo que la conciliación entre el mundo familiar y el mundo del trabajo (Guzmán, 2013), no se visualizaba claramente en el nuevo escenario de reorganización familiar. Es más, sólo corresponden a casos aislados que de alguna forma han sido sobredimensionados.

> "yo tengo que hacer todo en la casa y más encima almuerzo, después me tengo que ir a trabajar, voy al gimnasio (...) andar trasladando a los niños y después llegar de nuevo a hacer almuerzo, hacer las cosas entonces... como que ... para mí es más pega que la que tenía antes ..." (F: 8).

En el ámbito social, se identifica un distanciamiento con las amistades en la ciudad de Copiapó luego del desplazamiento. Respecto a esto y a lo señalado en el Enfoque de Capital Social, cabe recordar que en general, los procesos migratorios implican algún grado de desarraigo (Solà, 2012) y de la posibilidad de adaptarse o sobre-adaptarse al nuevo contexto o de replegarse sobre sí. En este caso, las personas en situación de desplazamiento forzado se ven obligadas a abandonar o perder sus propiedades, pertenencias, relaciones y afectos (Bello, 2004). Sin embargo, para las entrevistadas/os este cambio no tuvo un impacto mayormente significativo, debido a que el desplazamiento hacia la ciudad de acogida se realizó en función de las redes de apoyo que poseían previamente, en especial, considerando a la familia extensa.

> "cuando pasó todo esto, todos nos apoyamos..., apoyó mi mamá, mi hermana, el Choche, todos nos... nos apoyamos, bueno que siempre ha sido así o sea mi hermana no sé (...) está enferma y tiene un problema, nosotros estamos ahí, pero como que ahora se vio (...) más el apoyo o sea como que nos unió más como familia" (F: 8).

Por ende, se destaca el *capital social* como una herramienta fundamental para la inserción social de las familias al nuevo contexto, porque permite que desplazados y receptores se apoyen mutuamente. Estos últimos se identifican como facilitadores en el proceso de adaptación que además contribuyen a la recuperación frente a un acontecimiento desestabilizador.

Proceso de adaptación y proyección

La adaptación de las familias al nuevo contexto fue posible gracias a dos facilitadores, la familia extensa y amistades. Massey, Arango, Hugo, Kouaouci, Pellegrinoy & Taylor (1998) mencionan que las redes corresponden a los vínculos interpersonales que conectan a una persona con la ciudad de origen y de destino a través de lazos de parentesco y amistad. Según los discursos de las sujetas/os, la familia extensa es una red de apoyo circunstancial dentro del proceso de adaptación:

> "sí... mi mamá, mi abuelita, en realidad la familia aquí (...) Aquí adelante viven mis tíos que... que me ayudan con mi hijo... así que esos son mis facilitadores (...) mi familia en realidad (...) más que nada mi mamá, mi abuelita, la pareja de mi mamá, que también ha estado ahí apoyando" (F: 2).

En relación al relato anterior se reconoce la contribución positiva de esta red de apoyo en el proceso de desplazamiento y adaptación de las familias, relaciones que se han intensificado

en función de las necesidades y/o dificultades que se han ido presentando.

En cuanto a la proyección de las familias en la ciudad de acogida, cuatro de ellas enfocaban sus proyecciones en la ciudad de Copiapó principalmente por el factor "trabajo", lo que implica un arraigo económico de las familias con la ciudad, pese a haber desarrollado una adaptación positiva en la ciudad de acogida. Respecto a las otras familias, sus proyecciones se centran en el nuevo contexto debido a proyectos de vida planificados con anterioridad o bien por trabajo y adaptación en la misma.

4. Conclusiones

Finalmente, se evidencia que en situaciones de desastre, quienes se desplazan lo hacen porque perciben que su vida o la de sus familiares están expuestas a riesgos, por lo tanto, es una estrategia de salvaguardar la vida, salud y unidad familiar. Esta decisión no tardó, debido a que la mayoría de las familias salieron de Copiapó durante las primeras dos semanas de ocurrida la emergencia. De las diez familias entrevistadas, cinco se desplazaron a la ciudad de Caldera, tres a La Serena y dos a Coquimbo. Entre los motivos asociados a la elección del lugar de destino, el primer segmento destaca la cercanía entre ambos puntos, debido a motivos de trabajo y a que el tiempo de traslado es comparativamente menor que hacia otras ciudades. Así mismo, las redes de apoyo que mantenían y la tranquilidad de la ciudad fueron otros aspectos reseñados. Las familias que se desplazaron a la región situada hacia el sur, destacan como motivos de su elección: mayores posibilidades de esparcimiento, redes de apoyo y concreción de nuevos proyectos de vida. En general, las "redes de apoyo" surgen como un elemento en común entre las familias, lo que puede entenderse como una reactivación de *capital social* pre-existente. Esto puede igualmente relacionarse con el concepto de *redes migratorias*, las cuales son entendidas por Massey et al. (1998, p. 229) como el conjunto de vínculos interpersonales que conectan a los desplazados con su área de origen y de destino a través de lazos de parentesco, amistad y comunidad de origen compartida. Estos lazos aumentan la probabilidad de migrar, de bajar costos y mitigar el riesgo, constituyéndose en una forma de capital social.

Retomando la Teoría de la Sociedad del Riesgo, las altas precipitaciones ocurridas en el mes de marzo del 2015 se debieron a un evento climatológico no muy frecuente en la región, no obstante, de connotación natural. El aluvión en cambio, se debió principalmente a la activación de quebradas secas y desborde de ríos, asociada a la intervención del paisaje natural con fines industriales. En este caso, se evidencia que ningún desastre puede suceder sin la previa existencia de los riesgos, sin duda, las consecuencias e impactos del aluvión son producto de las amenazas constantes a las que se exponen las sociedades del riesgo. Es por esto, que urge la necesidad de plantear propósitos que pongan en marcha medidas de prevención y pronta respuesta frente a vulnerabilidades y riesgos, en que la ciudadanía y las instituciones públicas y privadas sean partícipes.

Ya no es posible ignorar la responsabilidad humana en la conformación de desastres, por tanto, adoptar la conceptualización socionatural de los mismos, permitiría generar cierta empatía para la prevención o mitigación de sus impactos. Así mismo, se requiere de una visión prospectiva en cuanto a desastres se refiere, ya que, evaluar la posibilidad de su ocurrencia mediante análisis retrospectivos, considerando hechos o antecedentes históricos, generarían un mayor estado de alerta al considerar estas experiencias. La región de Atacama registra aluviones desde el siglo XVII, siendo el más cercano el ocurrido en 1997; ello permite plantear que se podría haber

mitigado el daño si se hubiesen considerado las posibilidades existentes, mediante la aplicación de una prospectiva exploratoria.

Respecto al rol de las mujeres en el problema investigado, cabe destacar el cambio que surgió posterior al aluvión, referente al rol "doméstico" y "extradoméstico". La mayoría de las mujeres ejercía un rol activo en el ámbito público que, luego del aluvión y desplazamiento, se posterga o bien se concilia con el ámbito privado en función de las responsabilidades y necesidades que el sistema familiar y nuevo contexto demandaba. Es por esto que, se reconoce en las mujeres desplazadas una sobrecarga laboral al desempeñar el rol "dueña de casa" y rol en el "ámbito público" paralelamente. Por su parte, las mujeres que se desligaron del rol en el "ámbito público" para centrarse exclusivamente en las labores domésticas y de cuidado, pierden autonomía económica al no contar con una fuente de ingresos propios. Esto generó una mayor dependencia hacia sus maridos, quienes mantuvieron su rol productivo en Copiapó o en la ciudad de acogida. En ambos casos, al no contar con los recursos suficientes para delegar esta función a una tercera persona (como lo hacía la mayoría en la ciudad de Copiapó) por disminución del ingreso total familiar o incremento de los egresos en el nuevo contexto, las mujeres fueron quienes asumieron -paralela o exclusivamente- esta responsabilidad.

Importante destacar que, la sobrecarga laboral y emotiva que experimentaron las mujeres con posterioridad al desplazamiento, las situó en un escenario de mayor vulnerabilidad ante reacciones psicológicas y fisiológicas. El estrés post traumático, angustia, depresión, bloqueo emocional y mental, aislamiento, entre otros, fueron algunas de las reacciones experimentadas por las mujeres entrevistadas, reacciones que, según el documento "Apoyo Psicosocial en Situaciones de Emergencias y Desastres para Familias con Niños y Niñas de 0 a 5 años", son esperables post emergencia. Por lo que la recuperación o resiliencia ante este tipo de manifestaciones, dependerá de los factores protectores disponibles en el nuevo contexto, como lo son las redes de apoyo familiar e institucional (Ej: programa de salud mental especializado).

La relevancia del Trabajo Social en la generación de prospectivas es fundamental, especialmente en la planificación de futuros deseables e igualmente factibles sobre un determinado contexto. Prospectar, permite plantear metas y objetivos posibles de alcanzar, rescatando las visiones de distintos actores sociales. Al considerar el aluvión ocurrido el 25 de marzo como uno de los tantos escenarios posibles y probables de la región, anticiparlos mediante la educación ciudadana, interlocución entre actores sociales en diagnósticos participativos para una mayor apropiación del problema, y puesta en marcha de capacidades y recursos necesarios, harían de un futuro deseable -planificación urbana, construcción de viviendas en zonas seguras establecidas, protección de recursos naturales, mitigación de los índices de contaminación ambiental, mayor asertividad en materia de prevención, acción y recuperación ante emergencias, entre otros- un hecho posible.

Referencias

Arteaga, C. y Tapia, R. (2015). *Vulnerabilidades y desastres socionaturales. Experiencias recientes en Chile*. Universitaria.

Beck, Ulrich (2002). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. España: Paidós Básica. Disponible en: http://davidhuerta.typepad.com/files/beck-ulrich-la-sociedad-del-riesgo-hacia-una-nueva-modernidad.pdf

Bello, Martha (2004). Identidad y desplazamiento forzado. *Revista Aportes Andinos*, *8*(2). Disponible en: http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/13635.6566.Identidad_y_desplazamiento_forzado_Martha_Nubia_Bello.pdf

Bourdieu, Pierre. (1980). Le capital social. Notes provisoires. En *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, Vol. 31: 2-3.

Cano, M. (1997). *Investigación participativa: inicios y desarrollo*. Ciencia Administrativa. Nueva Época (1), pp. 86-91. Recuperado, de http://www.uv.mx/iiesca/revista2/mili2.html

Constitución Política de la República de Chile (2005). Disponible en: https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302

Cortés, F. &Llobet, M. (2006). *La acción comunitaria desde el trabajo social. Miradas y diálogos en torno a la acción comunitaria*. Úcar, X.;Llena, A (coord.). Barcelona: Graó.

Diez, J.; Escudero, H.; Carballeda, A.; Barberena, M.; Hallak, Z.; Rocha, E... &Romero, N. (2012). *Cartografía Social, Investigación e Intervención desde las CienciasSociales, métodos y experiencias de aplicación* (Vol. 1ra Edición). Argentina: Comodoro Rivadavia: Universidad la Patagonia.

Duarte, C. (2015). *Condicionantes de la intervención comunitaria en Chile*. Perspectivas, nº 23, pp. 151-164. Santiago de Chile.

Durston, J. (2000). *¿Qué es el capital social comunitario?* CepalEclac, 38. Recuperad (fecha) de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5969/S0007574_es.pdf?sequence=1

Egea Jiménez, Carmen y Soledad Suescún, Javier Iván (2011-2)**.** Los desplazados ambientales, más allá del cambio climático. Un debate abierto. *Cuadernos Geográficos*, 49 (2011-2), 201-215. Disponible en: http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/viewFile/571/659.

Eisenbrunch, M. (1990). *Cultural bereavement and homesickness.* EnFicher y S. Cooper (Eds). On the move: the psychology of change and tansition. London: JhonWiley and Sons.

El-Hinnawi, E. (1985) *Environmental Refugees*. United Nation Environmental Programme, Nairobi.

Espinoza, O. (2008). Los desastres naturales y la sociedad. *Revista Médica Electrónica*. Vol. 30. N° 4. Disponible en: http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/529

Foschiatti, A (2004). Vulnerabilidad global y pobreza. Consideraciones conceptuales. *Revista Geográfica Digital,* 1 (2). Disponible en: http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/archivos/vulglobal.pdf.

Guzmán, Daniela (2013). Continuidades y rupturas en las estrategias de conciliación familia-trabajo-relaciones de género. Un estudio de las transformaciones entre generación del 70 y del 2000 de la ciudad de Concepción, Chile. *Revista Eleuthera*, (8). 175-189.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (Vol. 5ta Edición). México: McGraw-Hill.

Massey, D.; Arango, J. Hugo, G.; Kouaouci, A.; Pellegrino, A. y Lamas, M. (1996). *La perspectiva de género*. La tarea, 8.

Mery, V. (2015). T*ragedia en el norte: el albergue improvisado de la villa Los Pintores*. Copiapó, Chile: La Tercera. Obtenido de http://www.latercera.com/noticia/nacional/2015/04/680-624985-9-tragedia-n-el-norteel-albergue-improvisado-de-la-villa-los-pintores.shtml

Munarriz, B. (1992). *Técnicas y métodos en Investigación cualitativa*. Universidad del país Vasco, 113. Obtenido de http://ruc.udc.es/bitstream/2183/8533/1/CC-02art8ocr.pdf

Olivos, F. (2010). Capital social y respuesta comunitaria al desastre. El caso de Curepto urbano pos 27 F. *Sociogénesis Revista Electrónica de Sociología*. (4).*1-19*. Recuperado de: http://www.uv.mx/sociogenesis/n4/articulos/Olivos-Capital-social.pdf

Palacio, J. & Madariaga, C (2006). *Psicología social aplicada y análisis de redes sociales*.

Rojas, J. (2010). Vulnerabilidad social, neoliberalismo y desastre: sueños y temores de la comunidad desplazada/ damnificada por el terremoto/tsunami. *Sociedad Hoy*, 19, 113-140. Concepción: Universidad de Concepción, Chile. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90223044008

Salgado, M. y Aliste, E. (2015a). *Procesos de Construcción de la identidad local*. Material del curso "Vulnerabilidades ante desastres socionaturales", impartido en UAbierta, Universidad de Chile.

Salgado, M. y Aliste, E. (2015b). *Herramientas para aprehender el terr*itorio. Material del curso "Vulnerabilidades ante desastres socionaturales", impartido en UAbierta, Universidad de Chile.

Salgado, A. (2007). *Investigación Cualitativa: Diseños, Evaluación del rigor Metodológico y retos*. Liberabit (13), 71. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf

Solà, O. (2012). Desplazados medioambientales. Una nueva realidad. *Deusto Digital*. (66) 9-111. Disponible en: http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/cuadernosdcho/cuadernosdcho66.pdf

Taylor, S. & Bogdan, R. (1987). I*ntroducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados*. España: Paidós.

Taylor, E. (1998). Una evaluación de la teoría de la migración internacional: el caso de América del Norte. En Malgesini, G. (comp.). *Cruzando fronteras. Migraciones en el sistema mundial*, 189-264. Madrid: Icaria, Fundación Hogar del Empleado.

Zetter, R. y Morrissey, J. (2014). *La tensión ambiental, el desplazamiento y el reto de los derechos de protección*. Disponible en: http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/36466#vpreview.

Sastres para el desastre: la educación y la psicología como aportes a la recuperación de Copiapó

Lised Evelin Tacán Bastidas, Daissy Andrea Burbano Fajardo y Nancy MacCann-Alfaro

Resumen

En el presente trabajo se describe un trabajo de intervención que buscó la formación de tutoras de resiliencia, realizada con 4 educadoras y 4 técnicos de párvulos, quienes posteriormente adecuaron el material "erase una vez unos valientes" de Barudy y Dantagnan (2015) y lo aplicaron con 160 niños y niñas de pre kínder y kínder para abordar la experiencia del desastre natural 25M y sus consecuencias. El objetivo del presente material es señalar lineamientos básicos relativos a la intervención post-desastre enfocada en el fomento de la resiliencia, incluyendo el bienestar emocional, durante la práctica profesional de los equipos que trabajan en situaciones de desastre desde la apreciación de beneficiarias directas y ejecutoras. Los resultados apuntan a un reconocimiento positivo de lo emocional como parte inicial de la intervención, así como la contingencia de la capacitación en resiliencia, dadas las características de la población estudiantil tras el suceso. Se ve necesario hacer hincapié en que la resiliencia no solo funciona en situaciones de desastre natural, sino en cualquier situación adversa, asimismo, se sugiere considerar la resiliencia como parte de la preparación profesional de educadores y tomar en cuenta el conocimiento y las habilidades previas ya instaladas en los equipos respecto al manejo psicosocial que se espera promover en un entorno educativo después de un suceso de desastre[19]

1. Introducción

Chile es un país que ha vivido diversidad de desastres y catástrofes naturales. Entre ellas se encuentra el aluvión ocurrido el 25 de marzo de 2015 en la región de Atacama. Dadas las consecuencias de este suceso las instituciones educativas decretaron el cese de actividades, ya que muchas de ellas debían servir como albergues. No obstante, a un poco más de dos meses del desastre natural, los establecimientos y equipos educacionales se prepararon para acoger nuevamente a sus estudiantes en el intento de reiniciar las actividades. En ese contexto preocupó que quienes conformaran dichos equipos, particularmente las educadoras y técnicos de párvulos, estuviesen preparadas, no sólo con herramientas teóricas y metodológicas para lograr una adecuada reintegración de los estudiantes, sino que además contaran con competencias para tomar consciencia de su propia afectación, logrando hacerse cargo de ella.

19 Este artículo es una síntesis del trabajo de intervención del eje Clínico-Comunitario de la práctica profesional de estudiantes de psicología de la Universidad de Nariño Colombia, la cual se desarrolló bajo la dirección y supervisión del Departamento de Trabajo Social de la Universidad de Atacama sobre la base de Convenio Marco de colaboración entre ambas instituciones.

El taller realizado con educadoras y técnicas de párvulo contó con el apoyo y colaboración del Departamento de Educación Municipal de la comuna de Copiapó, a través de la gestión de la Sra. Wilma Guevara C. coordinadora de la Primera Infancia.

La necesidad de atender la integridad de los más pequeños en medio de la situación de dificultad que se vivió, alentó el esfuerzo de consolidar un equipo de trabajo que en ese contexto de educación facilitara recursos y herramientas a las educadoras, puesto que ellas junto con otras figuras significativas representarían para los niños y niñas modelos a seguir en términos de comportamiento. Así pues, decidimos embarcamos en el conocimiento que estos actores sociales, especializados o no en la temática, generaron en términos de intervención y de aprendizaje; conocimiento que debe ser compartido porque representa un eje de referencia para el futuro, pero además permite discurrir acerca de las carencias con las que aún se enfrenta el contexto educativo en este tipo de situaciones. El presente documento recoge la experiencia de una intervención post-desastre enfocada en el fomento de la resiliencia en la educación inicial en Chile, asumiendo que la escuela se configura como una de las fuentes fundamentales en la promoción de la resiliencia tanto en las familias como en los y las estudiantes inmersos en ellas (Pérez, 2006).

2. Marco de referencia

2.1. Resiliencia

El aproximarse y enfrentar una situación adversa involucra resiliencia, una capacidad humana universal, donde confluyen capacidades y fortalezas, que permite a los seres humanos hacer frente a las adversidades de la vida, superarlas o incluso ser transformado por ellas (Grotberg, 1995). Esta capacidad subyace a recursos internos de ajuste y de afrontamiento, reforzando los factores protectores frente a las situaciones riesgosas, requiere de acción, solidaridad y sentido (Aron & Martínez, 2011).

De acuerdo con el modelo de resiliencia adaptado por Richardson, Neiger, Jonson & Kumpfer (citados en Godoy, 2010), se otorgan distintas posibilidades de reintegración, es decir, cuando un individuo se expone a la adversidad inmediatamente confronta sus factores protectores versus sus factores de riesgo; si nuestros factores protectores individuales y ambientales no logran amortiguar el estrés y los riesgos se producirá una ruptura significativa en la vida en relación a como se concebía inicialmente.

En ese sentido los factores protectores que resultan reforzados tras un proceso resiliente, representan el antitético positivo de los constructos de vulnerabilidad y de los factores de riesgo, mientras la resiliencia puede ser entendida desde una mirada individual, los factores protectores son tanto de naturaleza individual (constitucionales y psicológico), como de naturaleza ambiental (familiares y sistemas externos de apoyo) (Masten & Garmezy, 1985) y su función radica en actuar como moderadores, un muro de contención que recibe el impacto del estímulo estresante sin que impida al individuo, en este caso los niños y las niñas, ser capaces de recuperar su estado de normalidad (Borbarán, Contreras, Estay, Restovic & Salamanca, 2005).

Por otra parte, la *acción* como factor necesario de la resiliencia hace referencia al rol activo que el afectado debe asumir en el proceso de recuperación, ya sea para sí mismo o en pro de los cercanos afectados; la *solidaridad* como segundo factor determinante involucra la percepción de acogimiento por una comunidad más amplia, que le genera sentimiento de importancia y preocupación, activado por la sensación de conexión con este tipo de redes; finalmente un factor esencial durante la presente intervención sistematizada, *el sentido*, es decir la capacidad de otorgar un significado al evento ocurrido, permitiendo en tal proceso una re significación de la realidad tanto de la persona como de la comunidad en la que se encuentra inmersa (Aron &

Martínez, 2011).

Actualmente, los enfoques sobre resiliencia son más integrativos y colectivos, refiriéndose a aspectos de afrontamiento de los traumas y conflictos colectivos por los grupos humanos en los cuales influyen otros aspectos psicosociales, además de las respuestas individuales al estrés. En este sentido, la resiliencia es también la capacidad de los grupos para recuperarse luego de que han sido sometidos a situaciones adversas (Rutter, 1990; Lössel, 1994, Cyrulnik, 2009, Barudy 1999, Walsh, 2007 citados en Aron & Martínez, 2011). Godschalk (citado en González-Muzzio, 2013) señala que una ciudad resiliente es "una red sustentable de sistemas físicos y comunidades humanas". Del mismo modo, Cutter, Boruff y Shirley (citado en González-Muzzio, 2013) definen la resiliencia comunitaria en el contexto de la gestión de desastres como la "habilidad de un sistema humano de responder y recuperarse".

2.2. Resiliencia y educación

El contexto educativo formal a través de su función socializadora transmite valores, actitudes y esquemas de funcionamiento, basados en las normas de una sociedad; por lo tanto, la escuela es considerada un agente clave para avanzar en la creación y el fortalecimiento de una cultura de la prevención que permita proteger a las sociedades de los desastres (Dettmer, 2002).En contextos de post desastre los gobiernos tienden a priorizar la reanudación de las actividades escolares en un intento por lograr equilibrio y normalidad en las funciones locales, sin embargo, en situaciones de emergencia la escuela no sólo logra cumplir esa función, sino también, es ésta quien suele, principalmente, congregar a la comunidad, transformándose en un "refugio" y zona de contacto y contención donde se alcanza la maduración de una lectura común de lo vivido y una normalidad encontrada en el diálogo y la cotidianeidad como agente de integración y protección social (Equipo de Psicología y Educación de la Universidad de Chile, 2010). Así mismo, la literatura es precisa en reconocer que la escuela, a través de distintas acciones lúdicas y de aprendizaje, proporcionan espacios y acciones de apoyo emocional que permiten que niños y adolescentes logren mantener el estado de ánimo y exteriorizar emociones y pensamientos vinculados al desastre (Dettmer, 2002).

En este contexto el rol del equipo educativo es fundamental, importándonos no solo sus competencias técnicas y teóricas a la hora de enfrentar los desafíos propios de un desastre, sino también las condiciones y herramientas emocionales para hacerse cargo de su propia afectación antes de hacerse cargo de la de sus estudiantes. En este sentido los desarrollos teórico-prácticos en materia de educación en desastre priorizan su foco en el desarrollo de guías para orientar la acción pedagógica hacia la prevención y focalizar la acción de los docentes en el apoyo psicosocial de los estudiantes (Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y El Caribe CRID, 2011; Ministerio de Educación de Chile 2010; Monter, Rojas & Montero, 1998 citados en Espinoza, 2014).

Es imperante la literatura en señalar que la reacción que tienen los adultos cuidadores es crucial para la protección y recuperación de los niños y niñas en situaciones de crisis o de catástrofe, pues su quehacer reside en entregarles herramientas para ayudar a regular los estados emocionales (Barudy & Dantagan, 2005). Así, los profesores, miembros de los equipos de salud y en general, las personas adultas significativas pueden llegar a transformarse en tutores de resiliencia, explicándose los comportamientos posteriores a la adversidad, denominados mecanismos de reintegración.

En función de lo anterior, es posible comprender que para desarrollar la resiliencia en este caso en los establecimientos educativos, se requieren educadores que manifiesten estados de resiliencia, sin embargo, esto puede verse disminuido en la medida en que los mismos se encuentren insertos en contextos de adversidad y de alta vulnerabilidad, donde sus recursos personales se ven agotados al punto de tener dificultades para sobreponerse, sea esto por falta de iniciativa o de apoyo, incluso del propio establecimiento educativo (Godoy, 2010).

Estas fuentes, especialmente en un contexto de educación inicial, se constituyen como base para iniciar la formación, entendiendo que durante la primera infancia los niños y niñas están biológicamente más capacitados para desarrollarse en función de los estímulos socioemocionales y cognitivos, que no solo les facilitan el desarrollo posterior en educación formal sino que los provee de recursos para un desarrollo personal e integral, así pues la educación en las escuelas es el segundo agente socializador después de la familia que más influye en la formación personal y social de los niños y niñas, donde debe propenderse por la construcción de resiliencia a través de la creación de un ambiente de relaciones personales afectivas, en el que el principal elemento es una relación de confianza que le transmita "tú me importas" (Borbarán et al., 2005).

El conocimiento frente a los desastres naturales en aspectos de impacto económico, físico, social, psicológico y cultural que tienen en la población y en el ambiente, es cada vez más amplio dado el incremento de los siniestros durante los últimos 30 años (Munich, 2011). El psicólogo en este escenario se ha visto apremiado a la tarea de cumplir y redefinir sus acciones para aportar desde su campo, ahora bien, su función aunada a la función de la escuela, constituiría un trabajo de resiliencia comunitaria, donde las educadoras y técnicas cuentan ya con herramientas exploradas y adquiridas que incluyen condiciones que permiten absorber impactos y enfrentar el evento, podrían generar procesos adaptativos posteriores que faciliten la capacidad del sistema para reorganizarse, cambiar y aprender como respuesta al evento (Cutter, Barnes, Berry, Burton, Evans, Tate & Webb, 2008).

De esta forma, resulta necesario trabajar con todos los actores implicados que conforman una comunidad en el sistema educativo, dirigiendo la intervención inicialmente a directivos de la institución para instalar espacios validados de co-construcción de resiliencia frente al desastre acontecido y sus consecuencias, concientizando a los padres de familia frente al rol que deben asumir durante el proceso, y así posteriormente continuar el trabajo con educadores, quienes deberán desarrollar estrategias intencionadas para el fomento de la resiliencia en ellos mismos y en sus estudiantes.

3. Descripción de la intervención

El trabajo de intervención *sastres para el desastre* se realizó con educadoras y técnicas de párvulos de la Institución Educativa Hernán Márquez Huerta de la localidad de Paipote en Copiapó, capital de Atacama. Desde un enfoque vivencial se abarcaron tres fases: la primera y segunda compuestas por tres sesiones y la última por cuatro sesiones (Figura 1). A continuación, se describe cada una de las etapas de la intervención.

Figura 1. Sesión de trabajo con las educadoras y técnicas.
Fuente: Nancy MacCann-Alfaro.

3.1. Primera fase. Sentimientos, comportamientos y pensamientos

Esta fase se focalizó en la variable emocional, inició con actividades basadas en la terapia narrativa cuyo objetivo es centrar a las personas como expertos en sus vidas, capaces de reconocer sus habilidades, competencias, convicciones, compromisos y capacidades, reduciendo la influencia del problema en su día a día. La terapia narrativa brinda a la persona la posibilidad de relacionar ciertos eventos para re significar positivamente las situaciones pasadas a través del interpretar, dar significado a las experiencias de la vida diaria y explicar los sucesos (Castillo, Ledo & Calzada, 2012).

Seguidamente se retomaron elementos de la terapia Gestalt, concretamente el aquí y ahora, con el propósito de lograr que la persona reconozca lo que necesita, lo que sabe, acepte lo que es y lo que hay en el presente. El experimentar el aquí y ahora comienza siempre por la sensación, así cuando la persona identifica sus sentimientos éstos sirven como impulsadores de las acciones a realizar (Santacruz, Valiente & Lazcano, 2000), por ejemplo, si una persona se reconoce con características resilientes entonces va a generar mayores ideas para la resolución de problemas y por lo tanto realizará comportamientos que lo lleven a lograrlo.

Actividad 1. Narrando mis vivencias.
A través de esta actividad se buscó que las participantes re-significaran la experiencia mediante la incorporación a su relato de la palabra «pero», permitindo recoger los aspectos positivos o aprendizajes que se vivieron durante la situación adversa.

Actividad 2. Silueta de sentimientos.
Emerger sentimientos desde el aquí y ahora. En la actividad cada persona reconoce su silueta, atribuyendo al corazón los sentimientos positivos que en ese momento están experimentando desde la situación vivida y del futuro que se visualiza, en la cabeza las ideas relacionadas con el "cómo seguir adelante" y en las extremidades las acciones que se están realizando para afrontar

el suceso en coherencia con los sentimientos y los pensamientos.

De esta manera el individuo inicia el reconocimiento efectivo de esos sentimientos y posteriormente conductas adecuadas y viables desde la toma de conciencia de sí mismo y de las actitudes frente a la situación que está sucediendo (darse cuenta), en este caso frente a las consecuencias del aluvión. En este punto se retoma el darse cuenta para facultar a la persona en la atención de lo que siente, piensa y percibe con sus sentidos (Burga, 1990). Con las educadoras y técnicos se abordó el "darse cuenta", para generar concientización, interiorización y el inicio de cambios en sus posturas de búsqueda e indagación de soluciones viables a las dificultades que pueden desarrollarse después de vivir la situación de desastre natural.

Actividad 3. Concordar y discordar.
Actividad que permitió expresar, con argumentos, puntos de vista frente a una serie de frases referentes al panorama de soluciones y elementos útiles en ese proceso; estos últimos pueden ser positivos o negativos, pero con la probabilidad de posibles acciones ante las demandas del ambiente.

Actividad 4. Cuerpo y mente.
Aplicación de las técnicas de relajación de Jacobson.

Posteriormente, se retomó el autocontrol en la respuesta de estrés, caracterizándolo como la combinación de pensamientos negativos, respuestas físicas y el ambiente, que al interactuar entre sí, logran que un individuo experimente ansiedad. Una de las intervenciones base desarrolladas para iniciar el entrenamiento en la respuesta de autocontrol fue el uso las técnicas de relajación, desarrolladas inicialmente por Jacobson en 1929 (Labrador, Cruzado & Muñoz, 1993).

Finalmente, esta fase abarcó un ritual psicológico buscando marcar un cambio de estado para la resolución de conflictos (rituales de sanación) (Vásquez, 2002). Los rituales en términos psicológicos permiten a las personas realizar el duelo, reconociendo la dificultad de dicho suceso y aceptando sus consecuencias. Por esta razón, en la psicoterapia existe una sintonía con la noción del ritual, ya que es un acto de alta significación simbólica y emocional, que posibilitan la adecuada canalización hacia fines sociales (Vásquez, 2002).

Actividad 5. Reconciliar es crecer.
En esta sesión de cierre se realizó el ritual de reconciliación con la naturaleza, en este caso con el agua representada con una fuente, en donde cada persona, pidió perdón y viceversa, reconociendo algún tipo de daño anterior ocasionado a la naturaleza y que ella hizo daño material y emocional sin intención.

La concientización frente a los sentimientos y pensamientos que las educadoras y técnicos asumieron de manera positiva con respecto al desastre natural posibilitaron la continuación de la intervención con la fase de capacitación.

3.2. Segunda fase. Capacitación

Esta fase abarcó tres sesiones divididas en tres días, el objetivo fue capacitar teórica y prácticamente a las educadoras y técnicos como tutoras de resiliencia. La primera sesión abordó los temas del desarrollo infantil (preescolar), consecuencias psicosociales de desastres y catástrofes naturales y estrés postraumático en niños. Posteriormente en la segunda sesión se desarrolló

la temática sobre resiliencia, resiliencia infantil, comunitaria y familiar, factores protectores y trabajo con víctimas, temas indispensables en una situación como el aluvión. En la última fase se presentó y describió el material de trabajo "Érase una vez, unos valientes", diseñado para el fomento de la resiliencia en niños y niñas-por Barudy & Dantagnan (2010), este último punto dio cabida al desarrollo de la tercera fase.

Cabe mencionar que en las sesiones se hizo uso de juegos y presentaciones de material creativo, con el fin de que la teoría fuese más interactiva para las educadoras y técnicas (Figuras 2 y 3)

Figura 2. Participante en actividad con material lúdico.
Fuente: Nancy MacCann-Alfaro.

Figura 3. Participante en actividad lúdica de trabajo en equipo.
Fuente: Nancy MacCann-Alfaro.

3.3. Tercera fase. Adaptación - Seguimiento

El Librillo de "Érase una vez, unos valientes" realizado por Barudy & Dantagnan (2010) originalmente se creó para situaciones de terremoto y está dirigido a niños y niñas de seis y siete años, que pueden leer y escribir. Por lo tanto, en esta fase luego de la adaptación inicial del material, por parte de sus autores, a las características del aluvión, el trabajo implicó que con las educadoras y técnicos de párvulos se adecuara el material con elementos que los niños y niñas preescolares pudiesen dominar, entender y comprender, así que las dos sesiones de trabajo se destinaron a la creación de actividades adecuadas a preescolares, sin que esto modificara la esencia del material.

El librillo "Érase una vez, unos valientes" (Figura 4), fue reproducido por la Municipalidad de Copiapó, contando con la autorización de los autores. Cada niña o niño recibió su propio librillo en el que se reflejaban las consecuencias, actuaciones y soluciones para afrontar de manera adecuada física y psicológicamente una situación de desastre natural como el aluvión. Cada dupla de educadora y técnica abordaron el contenido del librillo de acuerdo a las características de sus cursos y de las oportunidades horarias de la jornada escolar, debiendo al menos disponer de una hora de trabajo semanal.

Figura 4. Ejecutora del proyecto con el librillo "Érase una vez, unos valientes".
Fuente: Nancy MacCann-Alfaro.

4. Contextualización de la experiencia

Luego de producido el desastre natural 25M, la preocupación del equipo de ejecución de la intervención descrita se dirigió especialmente a la población infantil de la ciudad, por lo tanto se intentó contactar instituciones que trabajaran con niñas y niños, y requirieran apoyo. Entre ellas se contactó a la Dirección de Educación de la Ilustre Municipalidad de Copiapó (DAEM), en donde agradecieron la oportunidad y manifestaron que sus preocupaciones se focalizaban en poder apoyar tanto a directivos como docentes de los establecimientos educativos, debido a que varios de ellos habían sido afectados de manera directa y otros manifestaban su preocupación al no tener claridad de cómo abordar a los estudiantes a su regreso. No obstante, La Directora Municipal de Educación no podía acceder a este ofrecimiento, pues cualquier determinación de intervención dependía de las decisiones e indicaciones que entregara el Ministerio de Educación y hasta ese momento no había ninguna instrucción concreta. Finalmente, el organismo ministerial determinó acciones específicas para realizar en los establecimientos educacionales una vez que se reanudarán las clases, por lo tanto realizar

nuestro apoyo implicaba el riesgo de sobre intervenir y se descartó por parte del DAEM. No obstante, la Coordinadora comunal de la Primera Infancia de la Municipalidad solicitó el apoyo para Educación de párvulos, en específico para las educadoras y técnicas. Es así como a través de la coordinadora se contactó a los tres directores de las escuelas del sector de Paipote, sitio de alta afectación. Los directores manifestaron su interés por recibir el apoyo; sin embargo, sólo se logró trabajar con la escuela Hernán Márquez Huerta. En el caso de la escuela Luis Cruz Martínez no se contaba con infraestructura propia, ya que a causa de los daños sufridos debía funcionar en otro establecimiento educativo, y a pesar de los intentos de la coordinadora de primera infancia, no se logró gestionar otro espacio adecuado en la ciudad.

Tras realizar diferentes reuniones con la coordinadora de primera infancia y teniendo el aval de la dirección de la escuela Hernán Márquez Huerta se procedió a realizar la intervención de tres fases de trabajo con ocho educadoras y técnicos de párvulos. Al final de la primera y segunda fase se recogieron experiencias y sugerencias tanto de las educadoras y técnicas (beneficiarias) como de nuestro equipo profesional que realizó el trabajo de intervención (ejecutoras). Así, se presentan a continuación los resultados obtenidos a través de la aplicación de encuestas tanto a las participantes de la intervención como a las ejecutoras (Figura 5).

En la Tabla 1 se describen las percepciones generadas después de aplicar un instrumento a las beneficiarias cuyo fin fue obtener retroalimentación de la intervención durante sus dos fases y, además, recoger aprendizajes por parte de las ejecutoras.

Figura 5. Aplicación de encuestas a participantes del taller.
Fuente: Nancy MacCann-Alfaro.

Tabla 1. Aprendizajes y percepciones generadas durante las fases I y II

FASE I	
Aspecto	**Percepciones y aprendizajes**
Trabajo relacionado con la variable emocional (terapia narrativa, darse cuenta, aquí y ahora, manejo de estrés y ritual psicológico)	En general, se percibió un reconocimiento de la necesidad de hablar con otros acerca de la experiencia personal durante el desastre, especialmente con las compañeras de trabajo, quienes también lo vivieron, pero desde distintas perspectivas. No obstante, la mayoría afirmó que de haberse dado tal espacio en fechas más próximas al aluvión hubiese sido más provechoso en el sentido de estar más preparadas como equipo para recibir a los niños y niñas. Aunque los tiempos de ejecución se posibilitaron sólo meses después del aluvión, esto permitió haber planificado con detalle el trabajo para su presentación e implementación, teniendo en consideración complicaciones particulares de la comunidad, del establecimiento y de las mismas participantes. Así mismo se enfocaron las actividades al reconocimiento y búsqueda de soluciones pertinentes desde la re significación de la vivencia, por ende, desde la explicación y renovación de emociones y sentimientos.
Aspectos destacados durante la primera fase	Las participantes reconocieron las estrategias como un aporte a su desarrollo integral para enfrentar situaciones adversas en general en las que como educadoras son demandadas a brindar apoyo y orientación a las familias de sus estudiantes, debiendo ser capaces de poder regular emociones como la ansiedad e incertidumbre. Del mismo modo se valora el trabajo en equipo y el desarrollo de comunicación y contención entre ellas mismas. Si bien durante las primeras interacciones se identificó resistencia y desvalorización de la intervención tanto para ellas como para los niños, argumentando que volver a hablar de la experiencia del aluvión significaría afectarse nuevamente, esta respuesta inicial puede ser entendida no como una negación al proceso, sino más bien como un mecanismo protector, tal vez inconsciente, por no sentir que era el momento adecuado y/o por no contar con la herramientas necesarias. No obstante, es interesante mencionar que una semana después de haber iniciado el taller, en Copiapó y Paipote, hubo una breve lluvia, generándose alarma en la población en general; las participantes mencionaron haber reconocido en los niños y niñas expresiones de preocupación y angustia por la posibilidad que ocurriese un nuevo aluvión. A partir de esto las educadoras y técnicas asumieron que aumentaron su disposición a abordar la experiencia vivida para rescatar aspectos positivos individuales y grupales que les permitieran estar preparadas para futuras crisis. Por otro lado, dada la urgencia de atender la re incorporación de los niños y niñas no habían existido espacios para conocer la situación personal de cada una de las compañeras y contar con esa información generó solidaridad entre el grupo y se validó la necesidad del cuidado propio antes de la colaboración en la recuperación de otros, en especial con los niños y las niñas.

Elementos para agregar o mejorar en la primera fase	Se determinó como factor importante para el desarrollo del proyecto el tiempo destinado a los espacios de capacitación, dichos espacios siempre se solicitó fueran acordes a los horarios de trabajo establecidos, esto con el fin de facilitar la asistencia de todos los actores involucrados en el trabajo con los estudiantes y evitar un desequilibrio en el manejo de conocimientos adquiridos post-capacitación y de habilidades al momento de intervenir con los niños, niñas y apoderados. Un elemento que debe transversalizar el trabajo corresponde al sentido de pertenencia a la comunidad educativa, promoviendo el cuidado entre sus integrantes como herramienta protectora, sin dejar de poner atención en el análisis y expresión individual de la experiencia. Las estrategias debieran focalizar el fortalecimiento de la red social del grupo que permitan no sólo escuchar y contener sino también retroalimentar a cada integrante.
Extra polarización de los elementos abordados durante la capacitación a la vida personal	Se identificó un aprendizaje general respecto a la trascendencia que tuvo el trabajo, en términos de empatía frente a la situación emocional de compañeras, vecinas, etc. Por otro lado, se señaló la utilidad y posibilidad de utilizar las herramientas adquiridas en el marco de su labor pedagógica a jóvenes y adultos más allá de un desastre de estas características, sino en general a situaciones adversas tanto particulares como otras que involucren a toda la comunidad educativa.

FASE II	
Aspecto	**Percepciones y aprendizajes**
Coherencia de los contenidos abordados durante la fase II	Se percibió útil y adecuado el activar conocimientos previos respecto a desarrollo infantil, pero sobretodo vincularlos a nuevos contenidos asociados con desastres y resiliencia, igualmente se resaltó la necesidad de abordar la temática con mayor profundidad, ya sea a través de iniciativas como la implementada o a través de cursos de formación. Si bien los contenidos no pudieron ser revisados con mayor profundidad se los consideró totalmente atingentes a las necesidades circunstanciales de educadoras y técnicas. Además se introdujeron luego del repaso de conocimientos de desarrollo infantil, los cuales hacen parte de la formación profesional de cada una de ellas.

FASE II continuación	
Aspecto	**Percepciones y aprendizajes**
Claridad de los contenidos	Se estimó apropiado el uso y aplicación de lenguaje técnico vinculado a las temáticas de trabajo y se solicitó implementar juegos o dinámicas en la exposición de los temas conceptuales. Por otro lado, resultó significativa la existencia de un material creado específicamente para el desastre acontecido, pues los librillos entregados por el Ministerio de Educación hacían alusión al 27F. Además, se evaluó la pertinencia de adecuar los librillos para el trabajo con población pre escolar puesto que muchas de las actividades incluían habilidades incipientes en los niños y niñas (lecto-escritura), no obstante este hecho motivó a utilizar el material con flexibilidad, pudiendo aportar desde la experiencia profesional, sobre todo teniendo en cuenta que son las educadoras y técnicas quienes mejor conocen a los niños y niñas sujetos de intervención. La situación evidenció mayor sensibilización y empoderamiento en el rol de tutoras de resiliencia al momento de analizar y sugerir actividades para adecuar el librillo que implementarían con los niños y niñas.
Capacidad instalada	Si bien la intervención buscó ofrecer herramientas e instalarlas en las beneficiarias, las participantes que valoraron positiva la intervención y los contenidos abordados manifestaron no sentir suficiente manejo del tema si éste debía ser expuesto a otros actores involucrados, argumentando la existencia de contenidos no específicos de su área profesional, entre ellos, sintomatología de estrés post-traumático. En general, fueron señaladas como indispensables más sesiones de capacitación para disminuir la inseguridad frente al manejo de ciertos temas. De ahí que se resalte la importancia de una etapa de acompañamiento y seguimiento en la aplicación del material de trabajo con los niños y niñas, validando los conocimientos y habilidades previas que ya están instaladas en la educadoras y técnicas, para luego, gradualmente, ir disminuyendo la presencia de las capacitadoras en el aula al tiempo que se fortalecen la instalación de las capacidades en las educadoras.
Participación de actores escolares, municipales y gubernamentales	El proceso contó con la disposición y compromiso por parte de los diferentes entes, se valora la oportuna gestión frente a tiempos y espacios físicos realizada por los actores municipales y directivos del establecimiento educativo, así como los materiales provistos para el trabajo, especialmente la calidad del librillo utilizado, cuyo diseño motivaría el trabajo de los niños y niñas. Por último, se reconoció el compromiso y participación de las educadoras y técnicas, por parte del grupo y por parte de las ejecutoras
Aspectos a destacar de la Fase II	Se determinó hacer hincapié en que la resiliencia no solo funciona en situaciones de desastre natural, sino en cualquier situación adversa o de crisis y que no es sólo una capacidad individual sino parte de los grupos y comunidades y debe ser nutrida por los integrantes de éstas.

El trabajo fue satisfactorio en las dos primeras fases, lo que permitió iniciar la fase de implementación con educadoras y técnicas formadas como tutoras de resiliencia (Figura 6), quienes se dispusieron a adaptar el librillo "Érase una vez, unos valientes" a las características de sus estudiantes, proponiendo ellas mismas metodologías como el cuento, la pintura, dibujos en el tablero, entre otras, para que los niños y niñas se interesaran en el por qué ocurren determinadas situaciones de desastre a causa de fenómenos propios de la naturaleza. En esta etapa, la interacción entre las ejecutoras y las tutoras fue menos frecuente. Si bien el diseño de la intervención consideraba el asesoramiento y acompañamiento en aula en la implementación del material esto no ocurrió según lo planeado. Para las educadoras y técnicas fue difícil establecer y priorizar un espacio de trabajo continuo del material debido a las demandas propias del currículum escolar. Así mismo, la asistencia a las reuniones de seguimiento acordadas previamente disminuyó y/o fueron breves.

Figura 6. Actividad de cierre. Participantes y ejecutoras del taller.

5. Discusión

En el desarrollo del proyecto *Sastres para el desastre*, se determinaron diferentes ejes preliminares para mejorar el trabajo y esperar su eficaz aplicabilidad en otras situaciones de crisis, no solamente naturales, sino aquellas que involucren acontecimientos demandantes de la intervención psicosocial.

Es valioso mencionar que aunque en un principio existió resistencia frente a la intervención, demostrado en la baja participación, finalmente se evidenció reconocimiento al desarrollo de la variable emocional como primera fase de intervención, permitiendo en las educadoras y técnicos re-significar la vivencia y valorar el trabajo posterior. Esta primera fase dejó entrever la efectividad de trabajar con las beneficiarias (educadoras y técnicos) a través de herramientas conceptuales de trabajo grupal para situaciones de desastre natural, como la información veraz, mejora y estabilización de las condiciones psíquicas de los integrantes del grupo, el trabajo

direccionado a fortalecer el entorno hacia la normalidad y la resiliencia grupal; elementos que se constituyen indispensables en la mitigación de efectos psicológicos derivados de desastres y en la preparación de las personas para la recuperación (Organización Panamericana de la Salud, 2006). Se visualizó también la incidencia de la afectación personal sobre el desempeño profesional, lo que sugiere posicionar a la resiliencia como parte de la formación universitaria de los y las educadoras, teniendo en cuenta que la formación docente en resiliencia genera en ellos la amplitud como figura potenciadora de resiliencia en sus estudiantes (Acevedo & Restrepo, 2012). Capacitar previamente a los equipos educativos en materia de resiliencia permitirá que en eventuales situaciones de desastres, disminuya la presión y exigencia que tienen las instituciones locales que deben reaccionar ante el desastre y sus consecuencias.

La teoría es parte fundamental del desarrollo del entendimiento de temáticas indispensables para cada situación, al igual que lo es la puesta en práctica de esos conocimientos. Así pues la segunda fase involucró la creación y búsqueda de actividades compatibles con la aplicabilidad de la teoría, pudiendo las educadoras y técnicas evidenciar a través de dinámicas o actividades el significado y utilidad del conocimiento aprendido, así como la importancia que las actividades a realizar con los niños tuvieran un sustento científico, comprendiendo que la teoría y la práctica constituyen dos realidades autónomas (Álvarez, 2012), por lo que es profundamente necesaria la coherencia entre las mismas. Por lo tanto, es fundamental que aquellos quienes deben implementar acciones directas con víctimas de desastres reciban capacitación previa y no intervengan sólo basados en el sentido común o la experiencia, tal como lo señalan Arón y Llanos (2004) la formación en perspectivas teóricas y modelos de desarrollo de destrezas instrumentales adecuadas para este tipo de trabajo.

La fase III, cuyo desarrollo abarcó la adecuación del librillo a niños de preescolar, así como el seguimiento y acompañamiento a la implementación, involucró en un primer momento un importante obstáculo, la urgencia de las educadoras por avanzar en los requerimientos del Ministerio de Educación frente a los logros esperados académicamente para los niños niñas, situación que complicó dar prioridad al manejo de las probables consecuencias psicológicas antes que al término de los contenidos educativos. Esta situación evidentemente no corresponde al manejo psicosocial que se espera deba promoverse en un entorno educativo después de un suceso de desastre como el ocurrido, ya que las escuelas e importantemente la educación inicial debería propender por desarrollar contingentemente un proceso de enseñanza participativa de información y reflexión que facilite la adaptación de los niños y las niñas (Osorio & Díaz, 2012), el cual además demanda disponibilidad de tiempo por parte de las educadoras, con el que difícilmente cuentan si no se establece como requerimiento institucional.

Respecto a logro de los objetivos de aprendizaje y el cumplimiento de planificaciones, el Equipo de Psicología y Educación de la Universidad de Chile (2010) señala que intentar dar cumplimiento a éstos en contextos de post desastre significa desaprovechar la oportunidad de verbalizar y concientizar el sinfín de aprendizajes significativos que se pueden obtener de la misma experiencia del desastre vivido como sociedad. Así señalan teniendo en cuenta la experiencia del 27F la oportunidad de reflexionar acerca de aspectos ligados a la formación ética y moral, a la comprensión de nuestra sociedad y de las relaciones que se establecen entre vecinos, organizaciones, comunidades y/o ciudadanos.

Por lo tanto, la organización y disposición del tiempo para acceder a la capacitación por parte de las educadoras, recae inicialmente en una responsabilidad propia de los entes administrativos como el Ministerio de Educación, la Municipalidad y la Dirección de establecimientos

educativos, quienes no sólo deben generar acciones orientadas a la normalización de actividades sino también a la creación de espacios y tiempos para que los distintos actores de la comunidad educativa puedan exponer, compartir y re significar las experiencias personales frente al desastres y sus consecuencias. Sobretodo cautelar los espacios y oportunidades de autocuidado y contención psico-emocional para que los equipos educativos quienes también fueron afectados y que a su vez tendrán el rol de contener a las poblaciones con las que trabajarán, los estudiantes (Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas, 2011).

Esto exige que las autoridades educativas reivindiquen el sentido comunitario de la escuela, reconociendo que en situaciones de desastres el sistema educativo también colapsa, por lo que la noción de educación guiada por principios de estabilidad y fijeza deja de ser funcional para sobrepasar la crisis (Velez,2011), ya que la escuela recrea espacios participativos donde se instituye la comunidad, existiendo como escuela pública con sentido comunitario, como agente de integración y protección social, no solo ante el desastre (Equipo de Psicología y Educación de la Universidad de Chile, 2010)

Por otro lado, durante esta fase se vislumbró necesario hacer hincapié que la resiliencia no sólo está vinculada a experiencias devastadoras como podría ser un desastre natural, sino que es posible evidenciar y fortalecerla frente a cualquier situación adversa e implica la necesidad de promoverla desde los primeros vínculos del sujeto, pero a la vez asumiendo que no existe resistencia incondicional ante cualquier suceso adverso o para toda la vida (García, Mateu, Flores & Gil, 2012). En este sentido, el desarrollo de resiliencia comunitaria no compromete simplemente una respuesta al desastre y sus consecuencias, sino que también involucra la capacidad por parte de la comunidad de detectar y prevenir adversidades, la capacidad de absorción de una adversidad impactante y la capacidad para recuperarse tras un daño (Twigg citado en Uriarte, 2013). De ahí que esta capacidad necesite construirse y alimentarse toda la vida, es decir que su carácter dinámico entre la persona y el entorno trascienda a situaciones de desastre o catástrofe, cuando innegablemente habrá que potenciarse a la cotidianidad donde en definitiva se provee al individuo afecto, confianza básica e independencia, elementos indispensables para surfear cada día de vida y garantizar la supervivencia humana (Munist, Santos, Kotliarenco, Suárez, Infante & Grotberg, 1998).

Finalmente, es preciso resaltar que el continuo acompañamiento en la implementación del material genera gradualmente en las educadoras responsabilidad y empoderamiento, lo que significa que creen y comprenden en su totalidad que la realización del material con los niños y niñas es eficaz para una resolución de dificultades después de la situación de desastre natural (Silva &Loreto, 2004). El desarrollo de la intervención a educadoras y técnicas con preparación emocional, teórica y práctica de las educadoras buscó proporcionar al niño o niña seguridad y confianza en la existencia de un adulto responsable, tal como lo propone UNICEF (2011). Es decir, adultos que asistan en la resolución de pensamientos y sentimientos, así como el desarrollo de un plan de prevención y preparación para futuros desastres naturales, donde niños y niñas de todas las edades serían entes participativos de comunicación, organización y colaboración con la compañía de esos adultos.

Referencias

Acevedo, V & Restrepo, L. (2012). De profesores, familias y estudiantes: fortalecimiento de la resiliencia en la escuela. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 10* (1), 301-319.

Álvarez, C. (2012). La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje.*Educatio Siglo XXI*. *30*(2), 383 - 402.

Arón, M & Llanos, M. (2004). Cuidar a los que cuidan; Desgaste profesional y cuidado de los equipos que trabajan con violencia. *Sistemas familiares*. 1(2), 5 - 15.

Arón, M & Martínez, J. (2011) *Terremoto y maremoto en chile, 27 de febrero de 2010: los profesionales de salud mental como tutores de resiliencia*. Recuperado: http://www.buentrato.cl/pdf/un_ano_despues_del_terremoto_del_27_de_febrero.pdf.

Barudy, J & Dantagnan, M. (2005). *Los buenos tratos en la infancia, parentalidad, apego y resiliencia*. Barcelona: Gedisa.

Barudy, J & Dantagnan, M. (2010). *Manual para promover la resiliencia de los niños y las niñas afectados por catástrofes naturales*. Barcelona: Obra social "la caixa".

Borbarán, E., Contreras, ML., Estay, P., Restovic, D. & Salamanca, S. (2005). *La resiliencia como un tema relevante para la educación de infancia: una visión desde los actores sociales* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Burga, R. (1990). Terapia gestáltica. *Revista latinoamericana de psicología*. 13, 85 – 96.

Castillo, I., Ledo, H & Calzada, Y. (2012). *Técnicas narrativas, un enfoque psicoterapéutico.* Cuba: Centro comunitario de Salud Mental.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*. 598-606.

Dettmer, J. (2002). Educación y desastres: reflexiones sobre el caso de México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 32* (2). 47-72.

Equipo Psicología y Educación [EPE] (2010). *Los desafíos de la escuela en su reconstrucción.* Recuperado de: http://www.opech.cl/inv/analisis/epe_desafios_escuela.reconstruccion.pdf

Espinoza, C. (2014). *Experiencias de desplazamiento y reconstrucción del trabajo docente: El caso de los profesores de Chaitén*.

Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas UNICEF (2005). *Aprendemos a prevenir desastre. Los niños y niñas también participamos en la reducción de riesgos*. Costa Rica. Recuperado de: https://www.unicef.org/paraguay/spanish/aprendamos.pdf

Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas UNICEF (2011). *Para reconstruir la Vida de los niños y niñas: Guía para apoyar intervenciones psicosociales en emergencias y desastres.* Chile. Recuperado de: https://www.unicef.org/lac/Guia_EMERGENCIAS_(1).pdf

García, M., Mateu, R., Flores, B. & Gil, JM. (2012). *La resiliencia y las víctimas de desastres*. Cuadernos de Crisis y Emergencias.

Godoy, W. (2010). *Formación del profesorado en la didáctica y organización de las áreas del currículum y evaluación de las instituciones educativas.*España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, Departamento de Didáctica, Organización Escolar y Didácticas Especiales.

González-Muzzio, Claudia (2013). *El rol del lugar y el capital social en la resiliencia comunitaria posdesastre: Aproximaciones mediante un estudio de caso después del terremoto del 27/F*. *EURE (Santiago), 39*(117), 25-48. https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612013000200002

Grotberg, E. (1995). *A guide to promoting resilience in children: Strengthening the human spirit*. The Hague: The Bernard van Leer Foundation.

Labrador, F., Cruzado, J. y Muñoz, M. (1993). *Manual de técnicas de modificación y terapia de conducta*. Madrid: Pirámide.

Masten, A. & Garmezy, N. (1985). Risk, vulnerability, and protective factors in developmental psychopathology. En: Lahey B, Kazdin A, editors. *Advances in clinical child psychology*, 8, 1–52.

Munich RE. (2011). *Group Report*. München: Rückversicherungs-Gesellschaft.

Munist, M. Santos, H., Kotliarenco, MA., Suárez, E., Infante, F., Grotberg, E. (1998*). Manual de identificación y promoción de la resiliencia en niños y adolescentes*. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Fundación W.K. Kellogg & Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI). *Washington D.C. USA*.

Organización Panamericana de la Salud (2006). *Guía práctica de salud mental en desastres*. Edicion OPS: Washington, Estados Unidos. Recuperado de : http://helid.digicollection.org/es/d/Js13489s/

Osorio, C. & Díaz, V. (2012). Modelos de intervención psicosocial en situaciones de desastre por fenómeno natural. *Rev Psicología de la Universidad de Antioquia, 4(2),*65-84.

Pérez, A. (2006). La resiliencia una tarea educativa. *Revista Universidad de La salle*. 44, 87 – 93.

Santacruz, S., Valiente, X. & Lazcano, P. (2000). *Introducción a la Terapia Gestalt*. Chile: Universidad de Concepción.

Silva, C & Loreto, M. (2004). Empoderamiento: Proceso, nivel y contexto. *Psykhe*. 13(2), 29 – 39.

Uriarte Arciniega, J. D. D. (2013). La perspectiva comunitaria de la resiliencia. *Psicología política*, *47*, 7-18.

Vásquez, C. (2002). *Rituales terapéuticos*. Recuperado de http://www.edras.cl/wg/data.edras.cl/resources-files-repository/Rituales_Terapeuticos_-_Ps_Cristian_Vasquez.

Vélez, B. (2011). La escuela en tiempos de crisis: Puntos de fuga para re-instaurar la esperanza en contextos post-desastre. *Folios*, (34), 25–35. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/folios/n34/n34a03.pdf

Capacidades educativas para la resiliencia frente a desastres. El caso las escuelas Diego Portales Palazuelos de Chañaral y Sara Cortés Cortés de Diego de Almagro

Sonia Pérez Tello, Rayén Alday Yévenez, Valentina Astudillo Farías, Fernanda Flores Haverbeck y Andrés Saavedra Castro

Resumen

Aprender a recuperarse ante un desastre cuando se es niño o niña es un proceso que puede ser intencionado y acompañado en interacciones educativas planificadas. Si bien la escuela es uno de los lugares históricos de los aprendizajes infantiles, no siempre los recursos educativos están a disposición de profesores y profesoras para orientar las enseñanzas al desarrollo de capacidades que permitan a su comunidad reconstruir sus relaciones con un territorio transformado y con proyectos de vida interrumpidos. Dos escuelas básicas (en Chañaral y Diego de Almagro) deciden asumir el desafío de reconfigurar los saberes de sus actores para convertir el desastre del aluvión del 25M en una oportunidad de aprendizajes para la vida. En el siguiente escrito se analiza la asesoría realizada a estas escuelas por parte de un equipo de académicos y estudiantes de la Universidad de Chile que tuvo por objetivo reelaborar la experiencia de desastre en estudiantes, profesores y apoderados, activando las capacidades presentes en su vida cotidiana para proyectar sus vidas y comunicar sus emociones a través de lenguajes creativos. Para ello se problematiza la función de las escuelas en situaciones de desastre socionatural y se proponen cinco principios para el trabajo en comunidades educativas en situaciones de desastre. El análisis muestra cinco capacidades que la escuela puede desarrollar en sus estudiantes para una educación orientada a la resiliencia ante desastres.

1. Introducción

Los centros educativos cumplen una valiosa función de normalización y re-estabilización del desarrollo de sus estudiantes en una situación de desastre. No obstante, existen múltiples factores que limitan dicha labor. Entre estos destacan la interrupción de las actividades formativas, la exigencia de resultados curriculares, la situación de *stress*, la pérdida de condiciones materiales, el cambio en la composición de la matrícula, la transformación del entorno y el impacto psicosocial de los trabajadores de la educación. Las asesorías educativas que buscan apoyar los procesos de recuperación en las escuelas se encuentran frecuentemente con estas limitaciones, a la vez que los marcos de acción dentro y fuera del país, postulan imperativamente a las escuelas como un espacio privilegiado para la construcción de resiliencia, en dicho contexto tiene sentido preguntarse ¿Cuáles son entonces las capacidades con que cuenta la comunidad educativa para responder, adaptarse y recuperarse de los profundos cambios imprevistos que ponen en crisis sus proyectos de vida?

Estudios sobre el impacto psicosocial de los desastres en niños y niñas indican que en Chile, gran parte de ellos y ellas ven afectado su desarrollo afectivo y social (Leiva-Bianchi et al., 2017; Aravena, 2012; Gómez, 2012). La vulnerabilidad aumenta en la infancia no sólo por su situación de dependencia, sino más bien porque la vivencia de una crisis (entendida como situaciones inesperadas que estresan la cotidianeidad, interrumpen los proyectos de vida y desestabilizan las certidumbres) en períodos críticos del ciclo vital, puede afectar el desarrollo humano e incluso la conformación de la identidad (PNUD, 2014). Si bien Chile no cuenta con las herramientas de gestión del riesgo que le permita diagnosticar oportunamente los problemas suscitados en la salud mental de niños y niñas luego de un desastre, las escuelas activan los escasos recursos existentes para la identificación de traumas y trastornos por medio de distintas herramientas psicológicas[20]. En el mejor de los casos, la detección deriva en tratamientos clínicos que suelen ser individuales y que quedan fuera de la responsabilidad e intervención de la escuela. No obstante, la experiencia de las escuelas indica que esto no responde a la inquietud de los equipos educativos respecto a lo que ellos pueden hacer en este tipo de escenarios.

Es este último el caso de la escuela Diego Portales Palazuelos y Sara Cortés Cortés, de las comunas de Chañaral y Diego de Almagro, respectivamente, las que participaron del Proyecto Imagina Atacama de la Universidad de Chile[21]. Un equipo constituido por psicólogos y sociólogos es contactado para apoyar la recuperación de la salud mental de los y las estudiantes, trabajo que fue readecuado y co-diseñado según las condiciones y requerimientos que fueron emergiendo durante el período del año académico 2016, en el contexto de post desastre 25M. Dicha experiencia de asesoría permitió identificar las capacidades (recursos y habilidades activados en condiciones que permiten su efectivo desempeño) que se fortalecen en los procesos educativos y que tributan a la resiliencia de su comunidad. El análisis que aquí se presenta, busca aportar a la transferencia de esta experiencia en otras situaciones similares y contribuir al diseño de asesorías educativas en contextos de desastre, para lo cual, se identifican además cinco principios de acción.

2. Educación y Desastres Socionaturales: Lo que se espera de una escuela

La educación en situaciones de desastres socionaturales, se convierte en una función social que ha sido enfatizada en los últimos años, principalmente, por su especial relevancia en la "normalidad" que otorga a la comunidad educativa (docentes, directivos, asistentes de la educación, niños, niñas y sus familias). Así, la vuelta a clases es considerada un elemento fundamental para la vida en comunidades afectadas, en la medida que genera rutinas y espacios de socialización que proveen beneficios como la protección, recuperación psicológica e integración social (UNICEF, 2010).

Tal función cobra la fuerza de un mandato social y político para los centros educativos que enfrentan este tipo de crisis, debiendo colaborar en el apoyo socioemocional y dotar de una serie de herramientas y procesos que den a los niños y niñas mayor estabilidad, seguridad y esperanza para el futuro (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016;UNICEF, 2010). Por tanto, la escuela debe ser capaz de generar un proceso de adaptación al nuevo escenario a la vez que un espacio de aprendizaje contextualizado. Dicha adaptación, "debe responder a las necesidades, intereses

20 Al respecto, ver artículo de Mac Ann et al. "Sastres para el desastre" en este mismo libro.

21 Proyecto "Imagina Atacama: reviviendo el ambiente y reconstruyendo el tejido social", Fondo Valentín Letelier – 2015 de la Vicerrectoría de Extensión y Comunicaciones (VEXCOM) de la Universidad de Chile.

y demandas de aprendizaje surgidos de la emergencia, en función de los derechos fundamentales de los niños, niñas y adolescentes" (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016, p.14).

Se entiende con ello que las escuelas sean capaces de abordar la experiencia de desastre, generando un espacio de contención, diálogo y atención para que niños y niñas logren reelaborar la experiencia emocional. Una oportunidad para ello la encuentran las escuelas en la flexibilidad de las metodologías pedagógicas, no así en los objetivos de aprendizaje comprometidos en el currículum. Es en las primeras donde se sugiere una regularización paulatina que contemple espacios recreativos o actividades que dinamicen la rutina escolar, generando así un proceso de reanudación social, emocional y cognitiva que integre contextualizadamente los nuevos aprendizajes y reflexiones que emergen de la situación vivida. Más aún, en relación a riesgos y amenazas, la escuela ocupa un lugar de prevención, de educación en tanto entrega de información respecto de las respuestas esperadas en situación de desastres.

No obstante, la planificación educativa orientada por el Ministerio de Educación, en su pretensión de asegurar la cobertura curricular, condiciona, aún en situación de desastres, la implementación de objetivos, acciones y metas de la gestión educativa. En ese contexto, cuando un establecimiento educacional, así como sus trabajadores, enfrentan situaciones de desastres socionaturales, deben además asumir responsabilidades de orden social y comunitarias que van desde servir de albergues a las familias siniestradas hasta asumir roles de contención emocional o psicológica hacia los estudiantes y sus familias. Sin embargo, los establecimientos educativos no se eximen de las mediciones que involucran resultados y que consignan la clasificación en que los ubica la Agencia de Calidad de la Educación, tensionándolas con la obligación de responder a los resultados exigidos. Por tanto, el proceso de adaptación a la crisis enfrentada se supedita a la normativa que condiciona sus subvenciones estatales.

No obstante, otras funciones pueden representar una capacidad importante de educación ante desastres: el desarrollo social y la formación ciudadana son buen ejemplo de ello. En el primer caso, la escuela como lugar de socialización cultural permite que niños y niñas crezcan dentro de una vida social que les es propia y a la que pueden contribuir, poniendo en juego habilidades de vinculación y responsabilidad en el ejercicio de las relaciones de mutua valoración y de ético compromiso por la vida común. En el segundo, ser parte de una comunidad organizada, en la que se participa con un lugar determinado y en la que se generan encuentros con el otro en tanto sujeto de derechos, vincula a los estudiantes con lo público, tanto en el ámbito institucional como cotidiano.

Para la escuela es posible entonces no solo informar y contener sino también socializar, vincular y crear comunidad. Promover a la escuela como un lugar de valor social, que convoque a la comunidad a resignificar no sólo su experiencia de desastre sino la relación con su territorio, significa reconocer el valor simbólico que la escuela adquiere con los desastres, no sólo para la comunidad educativa, sino también para toda la localidad en que se inserta. Su funcionamiento, más allá de la normalización de las actividades educativas, constituye la reconstrucción de la vida cotidiana de la comunidad después de un desastre, de sus ritmos y rutinas, siendo incluso experimentada como una conquista social cuando la vuelta a clases se ve limitada o retardada por las condiciones estructurales (Lillo, 2013).La escuela se convierte entonces en un espacio central de referencia simbólica y práctica para quienes ven en ella un lugar de protección y de aprendizaje, en torno al cual se organizan las actividades familiares (Dettmer, 2002).

Es en esta perspectiva que las asesorías realizadas a escuelas en tales contextos pueden potenciar de manera más integral sus capacidades de resiliencia frente a escenarios de desastre.

3. Principios del trabajo para desarrollar capacidades educativas en contextos de desastre

Una escuela resiliente a los desastres de origen natural sería aquella que desarrolla capacidades de adaptación a los cambios curriculares, psicosociales y culturales que le atraviesan. No obstante, la resiliencia ante desastres en la región de Atacama tiene un desafío mayor situado en la historia y en los previos problemas de ese lugar. Las vulnerabilidades previas[22] se superponen en la región, en todas sus dimensiones (ecológicas/ambientales, geográficas, sociales y urbanas), situación que obliga a considerar una adaptación al cambio que no reproduzca las mismas vulnerabilidades ya existentes en el territorio. Esta concepción de resiliencia, centrada más en el avance que en la recuperación, se encuentra en autores como Moen, Sweet y Hill (2010) con el concepto de "*bouncing forward*" (rebotando hacia adelante, en su traducción literal). Plantearemos aquí que, para esta realidad social en particular, un afrontamiento resiliente del desastre implica procesos de transformación social, es decir, de aprovechamiento de la oportunidad de trabajar los problemas que aquejan a la escuela en sus vulnerabilidades previas, incluyendo la falta de espacios culturales y de recreación, entre otros.

De ahí entonces que el primer objetivo de un acompañamiento y trabajo en contextos educativos es definir en conjunto los problemas que se quieren enfrentar, sean éstos provocados o no por el desastre, identificando luego los procesos de transformación deseados, para finalmente identificar las capacidades de resiliencia que puedan ser fortalecidas. En el caso de las escuelas de Atacama aquí reportadas, tanto el aislamiento como la fragmentación, la falta de recursos especializados y la desesperanza, se convierten en una demanda que dialoga con los aprendizajes del equipo universitario adquirido en otros contextos de desastre, configurando el objetivo de potenciar a la escuela como un lugar que puede convocar a la comunidad a resignificar su territorio y su experiencia. Este lugar central de la escuela para la resiliencia no aparece, necesariamente, como un objetivo en la mirada de la escuela, por encontrarse desgastada y afectada por el desastre. Sin embargo, constituye una potencialidad importante, aunque invisibilizada en sus inicios, de la labor educativa.

Este aspecto da fundamento a uno de los principios para el desarrollo de las capacidades resilientes, cual es el de propiciar espacios de diálogo de saberes, donde circulen conocimientos de distinto orden, populares y científicos, para complementar una comprensión de las nuevas relaciones entre las comunidades y su entorno, y sobre todo, para definir las capacidades que convierten a una escuela en resiliente.

Las sistematizaciones de experiencias de intervención social en contextos de desastre corroboran la importancia de la participación de las comunidades en el momento del diagnóstico, en la medida que aumenta la pertinencia de las metas de la intervención así como el compromiso de las comunidades con las estrategias (Espinoza et al, 2015). No obstante, las particularidades de la comunidad educativa ameritan una especificidad en el tipo de participación que se puede facilitar. Trabajar en contextos educativos significa trabajar con culturas basadas en la confianza sobre el conocimiento y su capacidad transformadora. Quienes tienen como función principal enseñar y aprender, bien saben (explícita o implícitamente) de transferencias de conocimientos, de modificaciones mutuas, de adecuaciones de los saberes instituidos para relacionarlos con las propias experiencias. Intervenir en educación, por tanto, implica asesorar y acompañar procesos

22 Ver detalles en el prólogo de este libro.

de comunicación (Marcelo y López, 1997) que, en situaciones de desastre, se vuelven esenciales para comprender lo sucedido. Los contenidos curriculares, los conocimientos científicos y los saberes populares sobre el propio territorio, son perspectivas de información que bien pueden dialogar en culturas institucionales que aprenden y enseñan, pero que no siempre intencionan la integración de estas voces. Es por eso que el primer principio de trabajo es facilitar, desde un equipo externo, las condiciones de este diálogo ahí donde no aparece como necesario y urgente por los actores escolares, debido a las mermadas condiciones para la reflexión que ocasiona un desastre.

El diálogo, que etimológicamente puede ser comprendido como una relación humana "a través de la razón", puede adquirir una dimensión moral (Habermas, 1998) cuando se comparten las causas y objetivos del trabajo como una valoración construida de manera conjunta sobre el recorrido que se llevará a cabo. Esto exige el conocimiento de las necesidades e intereses que la comunidad presenta respecto a sus condiciones de vida, actuales e históricas. El interés, que se vuelve mutuo para los conocimientos científicos y las comunidades con quienes se trabaja, no versa entonces solo sobre un diagnóstico compartido u objetivos del trabajo específico, sino sobre las posibilidades de transformación de las problemáticas que se identifican.

Además de su carácter situado y respetuoso, el principio del diálogo de saberes que aquí proponemos, tiene una importante función en el acercamiento del conocimiento científico. Las comunidades en situación de desastre viven muchas veces la incertidumbre de no conocer las razones que desencadenan su experiencia. Descripciones, caracterizaciones e identificaciones tanto de amenazas como de procesos naturales (por ejemplo, cambio climático o sequía) son conocimientos generados al alero científico de la academia que aportan explicaciones sobre las cuáles tomar decisiones.

Mas no solo las escuchas de ambas partes son suficientes, pues el diálogo requiere de la interacción entre saber elaborado y cotidiano (Heller, 1997; Martinic, 1996), de la palabra y también de la acción y de la reflexión (Freire, 1969). El diálogo de saberes se convierte así en un proceso de escucha y adecuaciones que construye nuevos saberes que dejan de ser exclusivos al campo científico y que legitima otras formas del conocimiento; en este caso, formas ingenuas, cotidianas, históricas e idiosincráticas que circulan a través de los cuerpos, las sensaciones y los deseos de no quedarse en lo perdido. Por todo lo anterior es que, sobre todo en caso de desastres, las comunidades no pueden quedar sin voz, y no pueden quedar sin escucha y sin un lugar en la acción de recuperación.

Un segundo principio se encuentra en el protagonismo de las comunidades en su definición de recuperación. Esta última, si bien es una meta consensuada, no tiene un significado unívoco; más bien representa simbólicamente la superación del momento de crisis y el volver a "estar bien", significado que además es distinto según la ubicación de las personas en el ciclo vital (PNUD, 2014; Castro, 2016). La importancia de una meta clara para un proceso de asesoría educativa exige que ésta no sea definida por asesores expertos, sino por expectativas y aspiraciones de los propios actores de la comunidad, incluyendo niños y niñas, a partir de su historia y sus experiencias en el territorio. Lo que se desea del propio pueblo o localidad, de la propia vida y de la propia escuela contiene el saber de lo que se quiere mantener, lo que no se quiere repetir y lo que se quiere aprovechar de cambiar; todos éstos, saberes que responden a la experiencia de cada sujeto en la historia de su territorio.

Un tercer principio organizador de las acciones que se desarrollen en las escuelas se

relaciona con la inserción en la vida cotidiana. Precisamente porque en el quehacer cultural, implícito y espontáneo se encuentra buena parte de los impactos de un desastre (Servicio de Salud de Reloncaví, 2016), es ahí donde el accionar cobra más sentido. Las actividades de asesoría potencian la mejora cuando se insertan en las prácticas cotidianas, buscan inmiscuirse en las rutinas escolares y ocupan los espacios compartidos colectivamente. Pasillos y plazas pueden ser entonces los mejores escenarios para el diálogo y la participación.

Un cuarto elemento que es particular a las asesorías educativas en situación de desastre se refiere a la inter-generacionalidad. Si se trata de hacer circular recursos y capacidades para hacerlas visibles y aprovechables, tal circulación requiere de la puesta en relación de distintos actores, con diversos tipos y grados de experiencia sobre la vida en el territorio. La escuela goza del privilegio de contar con personas de distintas generaciones y momentos en el ciclo vital, amplificando así los roles dentro de la familia y extendiéndolo al personal docente y no docente. Las acciones, reflexiones y propuestas que habitan un proceso de asesoría pueden invitar a esta diversidad de experiencias con sus propios lenguajes, facilitando espacios de comunicación respecto a los propios saberes y expectativas. En situaciones de desastre, este elemento es crucial para transmitir experiencias históricas de desastres u otros riesgos enfrentados previamente en el territorio, que puedan ayudar a la identificación de actuales recursos culturales.

Consecuentemente, la consideración de distintas experiencias y saberes demanda el uso de un lenguaje que canalice los significados sobre lo vivido y lo deseado en códigos lingüísticos no verbales. Ello fundamenta el quinto principio de trabajo, cual es el uso de lenguajes artísticos en el ejercicio de las actividades del proyecto. La resignificación constituye el proceso central de elaboración de la experiencia, ahí donde una situación traumática no ha podido nominar (explicar o significar) lo sucedido (Cyrulnik, 1999). En situaciones de desastre, las condiciones para hablar del evento y del pasado están colmadas de símbolos y narraciones culturalmente aceptadas que muchas veces no le son propios a quienes lo han vivido, sino puestas en el discurso por los medios de comunicación, las organizaciones sociales o las instituciones del Estado. Ello disminuye la capacidad de elaborar el trauma, por lo que se sugiere que una asesoría que busque levantar aprendizajes a través de saberes, muchas veces implícitos, proponga un lenguaje de comunicación que permita la expresión no verbal de éstos (Osorio-Parraguez, y Espinoza, 2016), dando así posibilidad a quienes ven limitadas sus capacidades de relato oral, ya sea por efecto de la experiencia de desastre o por su lugar históricamente invisibilizado en los discursos dominantes, como lo es el particular caso de niñas y niños (Fundación Superación de la Pobreza [FSP], 2016)

Al respecto, el Circo Teatro, como disciplina artística, pero por sobre todo como lugar de desarrollo personal y colectivo, se presenta como una herramienta posible para alimentar de manera coherente y asertiva la intervención social en contexto de desastre o catástrofe. Desde la expresividad y posibilidades del cuerpo, se pueden externalizar y procesar emociones, sensaciones y saberes, edificándose como lugar de elaboración y comunicación de experiencias, emociones y conocimientos. El Circo Teatro tiene como pilar fundamental desarrollar un arte escénica viva y popular que ocupe los espacios públicos como lugar político y artístico desde el cuál comunicar y compartir contenidos y sensaciones. Es un arte participativo, cercano y corporal, una expresión popular que decide comunicar de manera directa y simple lo que se quiere decir o transmitir a través de sus piezas escénicas.

En el caso de desastres, la motivación de las personas por contar lo vivido en carne propia, se convierte en autorrealización cuando se complementa el testimonio con el cuerpo, como una expresión del *ser* y el *estar* (Tabla 1).

Tabla 1. Síntesis de Principios para el trabajo.

Principios estratégicos para el trabajo con comunidades educativas en situaciones de desastre socionatural	Diálogo de saberes
	Protagonismo y participación de las comunidades en su definición de lo que significa "estar bien" y recuperarse.
	Inserción en la vida cotidiana
	Inter-generacionalidad
	Uso de lenguajes artísticos

4. Metodología para el desarrollo de capacidades educativas para la resiliencia ante desastres

Los principios del trabajo de asesoría aquí propuestos, dan forma a una metodología que comparte el enfoque educativo de la educación popular, en cuanto propone el aprendizaje social y colaborativo fundado en los conocimientos locales que circulan en la comunidad, tanto en sus ámbitos sociales, culturales, educativos, históricos y mediáticos. Considerar el sentido común, o como señalan Freire y Faúndez (1985) "esas respuestas del pueblo a sus necesidades que constituyen los conocimientos locales" (p. 148) permite desarrollar un proceso de construcción colectiva que "debe partir no sólo de la determinación de las necesidades fundamentales del pueblo (que el propio pueblo debe descubrir), sino también del conocimiento que él tiene para poder responder a esas necesidades" (Freire y Faúndez, 1985, p. 147).

En concordancia, la experiencia de asesoría educativa que aquí se analiza, tuvo como objetivo el fortalecimiento de las capacidades colectivas de reelaboración de la experiencia subjetiva. Esto a través de talleres realizados en un establecimiento educativo para las comunas de Chañaral y Diego de Almagro. En dichos talleres, se sistematizaron los saberes locales en torno a problemáticas territoriales, a través de la reconstrucción de los significados socialmente compartidos respecto al "vivir en el propio pueblo", identificando valores relacionados con el medioambiente, la historia local y las redes de apoyo, ya sea en el pasado, presente y futuro de la localidad. A partir de estos valores y significados, niños, niñas y adultos de la comunidad educativa elaboraron conjuntamente una narración simbólica de la experiencia del desastre para compartirla con la comunidad en espacios públicos mediante una obra artístico cultural de circo teatro callejero.

La metodología de trabajo fue de carácter participativo, reflexivo, lúdico y artístico-creativo; e integró la representación gráfica y la expresión corporal tanto de las relaciones simbólicas con el entorno como de las proyecciones temporales de la vida en éste. Ello a través de técnicas como mapas, mímicas, pictografías y collage. Las actividades se desarrollaron en función de tres hitos metodológicos: mapear los significados, proyectar el territorio y relatar con el cuerpo. Esto a través de una serie de 4 talleres (con duración de 3 horas cada uno) y de frecuencia quincenal con niños/as, profesores, padres y madres de la comunidad educativa de la escuela Diego Portales Palazuelo (Chañaral)[23] y Sara Cortés Cortés (Diego de Almagro). Los

23 La Escuela Diego Portales Palazuelos, en la comuna de Chañaral contaba con un 90% de vulnerabilidad social en sus estudiantes previamente al 25 M, integrando luego la totalidad de estudiantes de una escuela vecina arrasada por el aluvión. Además del aumento de la matrícula, se duplicaron los equipos de gestión, manteniendo invariable número de profesionales en el apoyo psicosocial.

dos primeros fueron orientados a una resignificación respecto de lo vivenciado en el desastre del 25M y a la sistematización de saberes locales y problemáticas emergentes. En base a dichos saberes y problemáticas, se desarrollan los últimos dos talleres, donde se trabaja desde el área artístico cultural la construcción de un relato temporal sobre las imágenes y proyecciones de la vida en el territorio, con entrenamiento del uso del lenguaje corporal, para finalmente organizar intergeneracionalmente la representación de este relato en un circo teatro callejero.

4.1. Talleres de elaboración y resignificación de la experiencia

En cada escuela se llevó a cabo inicialmente una dinámica grupal de presentación, y de división de grupos[24], se explicó el contexto de la realización del ciclo de talleres, poniendo especial énfasis en el protagonismo que poseen cada uno de los participantes, como actores sociales, en todo este trabajo.

Mapear lo vivido

El objetivo de este taller fue la elaboración colectiva de un mapa, entre pares de la misma generación, que represente el territorio en términos físicos, emocionales, identitarios y afectivos y de este modo identificar primeramente los saberes locales sobre el territorio. En un primer momento, se constituyen grupos de 5 o 6 integrantes que con ayuda de un/a monitor/a, dibujan en una cartulina su territorio bajo la consigna "*Lo que queremos contar de Chañaral /Diego de Almagro*". En este trabajo, se buscó que fuesen plasmados en el mapa: espacios de reunión, lugares históricos, transformación del territorio, monumentos, sectores vulnerables, sectores seguros, lugares característicos o típicos, lugares que evoquen recuerdos o sentimientos, etc., obteniendo una primera imagen construida colectivamente del territorio y su historia (Figuras 1 y 2). Al final de la sesión se realizó una plenaria en la que cada grupo expuso su trabajo, a través de una mímica, a todos los participantes.

Figura 1. Mapa de Chañaral realizado bajo la consigna "Lo que queremos contar de Chañaral" por el grupo N°3 de estudiantes de la Escuela Diego Portales Palazuelos.
Fuente: Registro propio.

24 Los talleres convocaron un total aproximado de 30 participantes, subagrupados en cuatro secciones que, en las dos primeras tareas, separaron niños/as y adultos/as. Cada grupo contaba con un facilitador (4 en total).

Figura 2. Mapa realizado bajo la consigna "Lo que queremos contar de Diego de Almagro" por el grupo N°3 de estudiantes de la Sara Cortés Cortés.
Fuente: Registro propio.

Proyectar el Territorio

El objetivo de esta sesión fue trabajar de manera proyectiva los territorios, es decir, considerar la historia, la identidad, las condiciones físicas y los saberes acumulados para reflexionar un futuro posible. En grupos de 5 ó 6 integrantes se trabaja en una cartulina, similar a la sesión anterior, un mapa del territorio, recordando los elementos y saberes importantes del territorio mencionados en el mapa de lo vivido. Ésta vez se trabaja bajo la consigna *"Un nuevo Chañaral/ Diego de Almagro"*.

- En Chañaral: el mapa corresponde a un dibujo con una playa y barcos (Figura 3). En la arena de la playa se ubica el mapa con los elementos y saberes importantes del territorio. Luego, se les pide que ubiquen en los barcos aquello que deseen llevar, considerando sobre todo, aquellos saberes y aprendizajes necesarios para vivir y construir el nuevo Chañaral.
- En Diego de Almagro: se les entrega un mapa de un desierto sobre el cual hay muchos

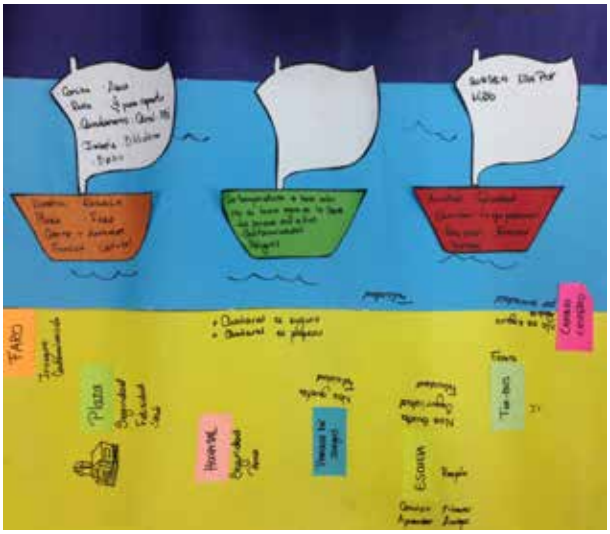


Figura 3. Mapa realizado bajo la consigna "Un nuevo Charañal".
Fuente: Registro propio.

globos aerostáticos (Figura 4). En el desierto está mapa de Diego de Almagro con sus principales características. En los globos, se les pide que ubiquen todo aquello que desearían llevar para la construcción de un "nuevo Diego de Almagro", subrayando la idea de los aprendizajes necesarios para vivir ahí y los saberes locales.

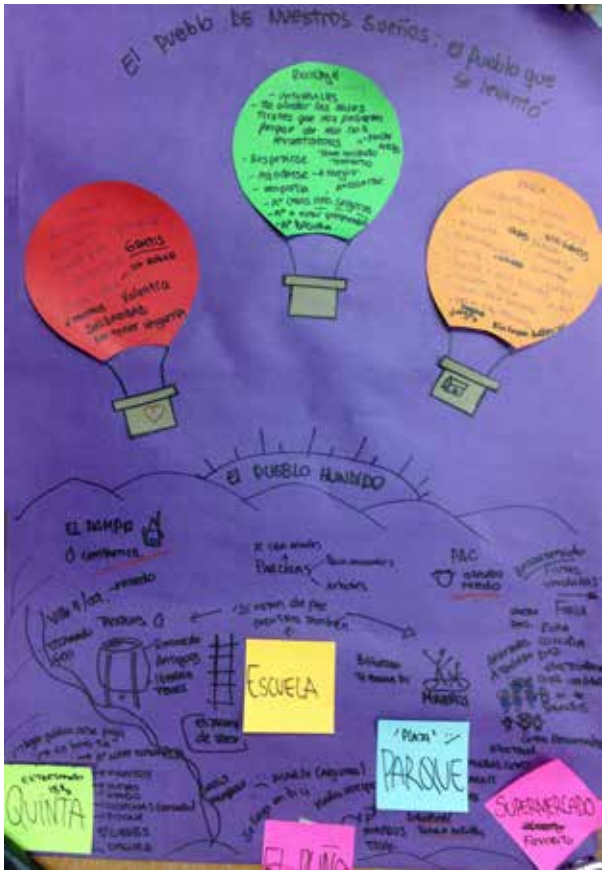


Figura 4. Mapa realizado bajo la consigna "Un nuevo Diego de Almagro".
Fuente: Registro propio.

Al finalizar la sesión se realiza una representación actuada del trabajo realizado.

4.2. Talleres de lenguaje artístico y construcción del relato

En esta segunda fase de talleres se desarrolló un trabajo de expresión corporal y lenguaje artístico con los grupos de ambas escuelas. Luego, la construcción del relato sobre el territorio y el desastre del 25 M, para finalmente crear una obra de circo teatro callejero que represente la historia que se quiere contar. Los ejercicios introductorios de expresión corporal se basaron en el uso de elementos como pelotas de malabarismo que son facilitadores de la potencia expresiva del cuerpo. Se trabajó una sesión de 2 horas con cada grupo donde se construyeron patrones de movimientos. Finalmente en grupos de 2 a 3 personas presentaron al cierre del taller el trabajo realizado.

Trabajo creativo en la construcción de piezas artísticas

Las sesiones tuvieron por objetivo preparar piezas callejeras de circo teatro según los contenidos trabajados en los talleres anteriores. Se llevaron a cabo dos sesiones de 2 horas en la construcción de las piezas artísticas. Los monitores apoyaron a los grupos en la construcción de la obra mediante la guía de dirección teatral. Este trabajo tuvo a la base la cualidad expresiva del teatro físico, el mimo y el teatro del gesto, donde el cuerpo es el principal motor comunicativo de lo que se presenta frente al público. El producto de estos talleres correspondió a piezas escénicas, por cada grupo, que fueron mostradas en espacios públicos y escuelas.

5. Las capacidades educativas frente a las viejas y nuevas vulnerabilidades

El diálogo entre academia y comunidad educativa, sustentado en los principios aquí expuestos, demostró ser un terreno fértil para la identificación de cinco capacidades educativas que permiten la proyección de la vida social en el territorio. Estas son: el juego y la imaginación, la capacidad de organización social, la reconstrucción de la vida cotidiana, los saberes relativos al habitar y la identidad territorial.

El juego y la imaginación son capacidades humanas que contienen integradamente distintos pilares de resiliencia (Suárez, 1994), tales como la creatividad, el humor, la capacidad de relacionarse, la iniciativa, la pertenencia y la empatía.Si bien, en la tradición psicológica, ambos procesos han sido asociados principalmente a la etapa infanto-juvenil, el que sean reconocidos como capacidades educativas implicala valoración de su función transversal en el desarrollo humano. La complejidad del juego se manifiesta en la activación de recursos cognitivos, afectivos y morales, cuya cualidad activa le otorga un status de capacidad en cuanto sitúa el cuerpo en un espacio a través del uso efectivo de símbolos y normas. Su aliada, la imaginación, mostró una importante función de comunicación y transferencia de aprendizajes y sentires; vínculo necesario para la resiliencia que aquí interesa analizar. Los contenidos y conocimientos compartidos en los talleres a través del juego conformaron un material creativo y sensorial con un valor personal y colectivo, en la medida que potencia las futuras posibilidades de acción de los sujetos. La instalación y fortalecimiento de esta capacidad fue además perdurable en el tiempo, tal como se constató una vez finalizados los talleres. De todas las capacidades aprendibles y enseñables, ésta se aloja en el cuerpo de los participantes, con un potencial creador para futuras situaciones personales y colectivas.

La reconstrucción de la vida cotidiana aparece como una capacidad apuntalada en el esfuerzo subjetivo de mantener formas y estilos de vida que sustenten los sentidos, valores y significados de lugares públicos y privados. En este sentido, los valores que se identificaron como necesarios para esta reconstrucción se refieren a la normalización de la vida escolar y personal, y a la recuperación de posibilidades de encuentro y dispersión, denotando la necesidad de mayores y mejores instancias de cultura y entretención para niños, niñas, jóvenes y adultos. Las acciones relacionadas con la reconstrucción de la vida cotidiana, tales como el retorno a las actividades escolares y las relaciones comunitarias, son además expresadas con felicidad por niños y niñas, quienes proyectan un buen futuro en la vida comunitaria.

Relacionado a lo anterior, los saberes relativos al habitar se refieren al adecuado uso del territorio con sus espacios públicos y privados y con sus bienes y recursos. Destacan aquí el aprovechamiento de recursos escasos como el agua (debido a la histórica escasez hídrica) y el

cuidado e higiene del entorno, dándole importancia al reciclaje y a la educación ambiental como capacidades incipientes que demandan ser asistidas con conocimientos técnicos y científicos.

La capacidad de organización social es una de las capacidades de mayor ambivalencia entre los actores de la comunidad. Mientras para niños y niñas ésta es identificable en acciones de solidaridad, compañerismo, reciprocidad y unión familiar, para los y las adultos/as la percepción es más bien negativa, asociada a la desesperanza de enfrentar organizadamente las condiciones socioeconómicas y la dificultad de las nuevas vulnerabilidades que enfrentan, debido a la falta de participación efectiva en las ya mermadas instancias de decisión sobre las nuevas características del territorio.

Por último, la identidad territorial ha sido referida por autores como Proshansky, Fabian & Kaminoff (1983), quienes han señalado la importancia del apego al lugar en la construcción del sí mismo, convirtiéndose el territorio en una dimensión vivida subjetivamente como un pilar del propio ser que da sentido a las experiencias a largo plazo. En los casos estudiados, este concepto se ratifica en la identificación de todos los actores con la "condición de pueblo minero" que se construye a propósito de la histórica actividad en el territorio y en torno a la importancia de ser "valiente y luchador", características atribuidas a vivir en el desierto. Esta capacidad se vivencia con fortaleza cuando se asocia a la adaptación de los estilos de vida respecto de las condiciones laborales, señalando principalmente la forma en que la identidad de pueblo minero atraviesa la constitución de las familias. A su vez, para niños y niñas, el pueblo significa felicidad y tranquilidad, aun cuando reconocen riesgos de seguridad (asociada a la delincuencia) y de salud (asociada a la contaminación ambiental).

La identidad funciona así como una capacidad de enfrentamiento y transformación de las condiciones deterioradas de vida, precisamente cuando es recuperada, conquistada, a través de la reapropiación de elementos simbólicos e históricos. Así lo demuestra, por ejemplo, la propuesta emergida en los talleres de Diego de Almagro, de rescatar el antiguo nombre de su ciudad, para que ésta sea nominada como "Pueblo Hundido". No obstante, esta capacidad se identifica de forma concomitante con una vulnerabilidad previa, es decir, vivenciada con fragilidad cuando se hace referencia a la histórica contaminación provocada por la industria de la minería[25], de la cual en algunos casos se sienten víctimas e injustamente perjudicados por una estructura de poder económico y productivo. Una tensión de doble significado que anida en sus formas de vida, en sus medios de subsistencia, a la vez que en su precariedad ambiental.

Cabe señalar al respecto que en el proceso de identificación de capacidades, las vulnerabilidades previas y nuevas (en relación al desastre) son más fácilmente nombrables y evidentemente reconocibles por la comunidad. Un ejemplo de ello lo constituye la descripción del aumento de la delincuencia luego del desastre – problema identificado tanto por niños, niñas y adultos – como una situación que, por una parte genera mayor inseguridad ciudadana y que luego, en una posterior reflexión, denota una capacidad de hacerle frente a través de la organización social; capacidad que se considera propia, se piensa como demostración de fortaleza y se vivencia con orgullo.

Así como esta vulnerabilidad, se encuentran también otras vulnerabilidades que evocan potencialmente capacidades de resiliencia (esta vez menos distinguibles), tales como el aislamiento geográfico, la pobreza, las difíciles condiciones de vida en el desierto debido a la escasez hídrica y el alto costo de ciertos servicios. Todas ellas presentes desde antes del evento catas-

25 Detalles de este punto se encuentran en el prólogo de este libro.

trófico. Por su parte, dentro de las vulnerabilidades posteriores al 25 M, se comparte inter-generacionalmente la visión de empeoramiento del riesgo por contaminación, sumado a la invisibilización de los problemas locales por parte de las autoridades, identificada por los adultos. Son precisamente estos aspectos los primeros en aparecer cuando se les pide escoger qué quieren contar de su propio territorio.

Con todo, las capacidades nombradas integran recursos y habilidades tanto personales como colectivos, cuya realización depende de una estructura de oportunidades adecuada y pertinente a la cultura local y a las condiciones previas de vulnerabilidad. Esto es, que existan instancias e instrumentos que favorezcan su activación para que puedan ser desplegadas en las modalidades que las personas reconocen como posibles. Si bien, todas estas capacidades han sido identificadas y descritas como recursos para una vida mejor, algunos se expresan aún de manera potencial debido a la falta de vinculación intencionada entre éstas y las estrategias eficientes de reconstrucción. En este sentido, la experiencia aquí analizada hace notar que, si bien las comunidades cuentan con recursos que puedan ayudar a su esperada resiliencia, su activación puede resultar bloqueada o limitada si no hay un trabajo explícitamente orientado a que sean reconocidas como recursos pertinentes al enfrentamiento de un desastre como el vivido. Ello supone un proceso de significación de la resiliencia, es decir, de distinción subjetiva de los recursos y habilidades con los que se cuenta y de valoración respecto al efecto que éstas puedan tener en el mejoramiento de sus condiciones actuales de vida. En condiciones de desastres socionaturales, este proceso puede ser asistido, cuando la situación de incertidumbre, pérdida e impacto psicosocial no sean favorables a una activación autónoma y libre que suponga la identificación inmediata de las capacidades o la elección estratégica de las instancias que sirvan a su realización.

6. Conclusiones

La compleja realidad social de la región de Atacama y el alto índice de vulnerabilidad escolar en la que se encontraban sus escuelas requieren una atención específica para avanzar en el camino de la transformación hacia condiciones de vida más dignas. Por lo tanto, se precisa que el acercamiento académico parta por facilitar experiencias educativas, que permitan la emergencia local tanto de los propios saberes sobre el medioambiente y sus recursos, las fortalezas del territorio, la relación de las personas con su entorno, como así también significados, símbolos, discursos, normas y valores de su cotidiano vivir. En términos de Paulo Freire, esto implica respeto por el saber del otro y su realidad, como parte de un encuentro que humaniza las relaciones con el mundo y su transformación (Freire, 1997).

No hay diálogo si no se parte de la validación de las comunidades, de su poder de hacer y rehacer, de crear y recrear, fe en su vocación de ser más, que no es privilegio de algunos sino derecho de todos y todas. La asesoría plantada como diálogo de saberes, es un ejercicio de comunicación entre lógicas diferentes: una propia a las comunidades que han vivido la experiencia de desastre, con sus distintos lugares en la estructura social y en el ciclo vital (niños, niñas, madres padres, profesores, directores de escuelas); otra que tiende a querer encontrar la resiliencia y las vulnerabilidades desde el conocimiento científico.

Nuestros principios para la asesoría y acompañamiento a escuelas implican transgredir los argumentos exclusivamente académicos; problematizar lo que las ciencias sociales puedan entender por vulnerabilidad ante desastres y extender los ámbitos del vivir en el que asesores y

afectados participan en conjunto. Un encuentro entre diversas posiciones respecto al problema del desastre que logre un marco de referencia que legitime la experiencia como fuente de saberes (Pérez, Sánchez y Norys, 2009) y en el que cada posición se reconozca en el otro como parte de la misma experiencia colectiva.

En este sentido, resulta importante construir capacidades de educación, "que les facilite la reflexión sobre su propio poder de reflexionar y que tenga su instrumentación en el desarrollo de ese poder, en la explicación de sus potencialidades, de la cual nacería su capacidad de opción" (Freire, 1969, p.52). Es preciso entonces que la experiencia de acompañamiento tenga como punto de partida las circunstancias y realidades locales.

Contar la propia historia, en la calle o en la escuela, y con el propio cuerpo, son los ingredientes de una receta que busca ser auténtica, rescatando lo que viven y piensan los protagonistas de la trama del desastre. Los deseos por una reconstrucción que no sea meramente de infraestructura, si no que tal como ellas y ellos lo expresaron, sea la íntegra construcción de un "nuevo Chañaral" o un "nuevo Pueblo Hundido", activan las capacidades para identificar la vulnerabilidad y transformarla, rescatando lo bueno, lo propio, lo que se quiere resguardar para el futuro.

La historia la contaron ellas y ellos, lo hicieron dándole vida en un circo teatro que sirvió de facilitador y de vehículo para expresar lo vivido y lo sentido, lo logrado, la historia y los deseos. En sus propias palabras, el aprendizaje más importante del 25M para las comunidades educativas fue resignificar sus potencialidades, las que permitieron a los estudiantes sobreponer la adversidad. Concebir que la escuela es un espacio de valor social en los contextos adversos, implica reconocer su función de educar capacidades que fortalezcan el desarrollo presente y futuro, no solo de sus estudiantes, sino también de la comunidad que le sustenta.

Referencias

Aravena, V. (2012). Dinámicas de resiliencia en niños y niñas con experiencia de terremoto y tsunami: un estudio narrativo. En Capella, C. &Steinberg, M. (comp.), *Investigaciones en psicología clínica infanto-juvenil tercer compendio de tesis magíster en psicología mención psicología clínica infanto-juvenil* (257-291). Santiago: El Buen Aire.

Cyrulnik, B. (1999). *Un merveilleux malheur*. Francia: Odile Jacob

Dettmer, G. (2002). Educación y desastres: reflexiones sobre el caso de México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México),* 32, 43-72.

Espinoza, A.., Espinoza, C. & Fuentes, A. (2015). Retornando a Chaitén: diagnóstico participativo de una comunidad educativa desplazada por un desastre socionatural. *Magallania (Punta Arenas), 43*(3), 65-76.

Fals-Borda, O. (2013). *Ciencia, compromiso y cambio social: Antología.* Buenos Aires: Extensión Libros.

Freire, P. (1969). *La educación como práctica de la Libertad*. España: Siglo XXI.

Freire, P. (1997). *Pedagogía de la autonomía: saberes necesarios para la práctica educativa*. España: Siglo XXI.

Freire, P. & Faúndez, A. (1985). *Por una pedagogía de la pregunta: crítica a una educación basada en respuestas a preguntas inexistentes.* Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Fundación Superación de la Pobreza [FSP] (2016). *Jugando entre riesgos: Representaciones, sentimientos e imágenes de niños y niñas afectados por tres siniestros socioambientales en la región de Valparaíso*. Disponible en http://www.superacionpobreza.cl/presentamos-el-estudio-jugando-entre-riesgos-en-la-u-de-valparaiso/

Gómez, D. (2012). *Significados de la experiencia de terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 en un grupo de niños y niñas de la comuna de Paredones, VI Región, a través de sus narrativas (Tesis de Postgrado).* Universidad de Chile, Santiago

Habermas, J. (1998). *Teoría de la Acción Comunicativa*. Bogotá: Santillana

Heller, A. (1997). *Sociología de la vida cotidiana. Barcelona: Península.*

Leiva-Bianchi, M., Araneda, A., Fresno, A., & Spencer, R. (2017). Whath appens to Children after an Earthquake? Psychosocia lImpact of Disasters in Chilean Children Seven Years after the Earthquake and Tsunami occurred onFebruary 27th, 2010. In Hoven,C., Lawrence, A. &Tyano, S. (Eds.), *Children's Mental HealthNeedsafterMajorDisasters*. New York: SpringerPublishing Company.

Lillo, M. (2013*). Influencia de la reapertura de la Escuela Almirante Juan José Latorre en el proceso de retorno de población desplazada por la erupción volcánica en Chaitén (Tesis de Pregrado).* Universidad de Chile, Santiago.

Marcelo C. & López J. (1997). *Asesoramiento curricular y organizativo en la educación.* Barcelona: Ariel.

Martinic, S. (1996). La construcción dialógica de saberes en contextos de Educación Popular. *Aportes, (46),* 65-81.

Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Intervención del currículo de los niveles de educación inicial, básica y bachillerato en situaciones de emergencia y desastres. Fase de apertura y desarrollo lúdico del currículo formal.* Disponible en https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Fase2-desarrollo-ludico.pdf

Moen, P., Sweet, S., & Hill, R. (2010). Risk, resilience, and life-course fit: older couples' encores following job loss. *New frontiers in resilient aging: Life-strengths and well-being in late life*, 283.

Osorio-Parraguez, P., & Espinoza, A. (2016). Salud mental en desastres naturales: estrategias interventivas con adultos mayores en sectores rurales de Chile. *Global health promotion*, *23*(2), 84-91.

Pérez, E., Sánchez, J., & Norys, A. (2009). Saber pedagógico y diálogo de saberes en la formación docente. *Laurus, 15,* 421-434.

PNUD (2014*). Human Development Report 2014 Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience*. Disponible en http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2014 http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-report-en-1.pdf

Proshansky, H., Fabian, A. & Kaminoff, R. (1983). Place identity: physical world socialisation of the self. *Journal of Environmental Psychology*, 3, 57–83.

Servicio de Salud de Reloncaví (2016). *Aproximación a los impactos en salud de la erupción del Volcán Calbuco, en la comuna de Puerto Varas 2015-2016* Informe Final del Ministerio de Salud del Gobierno de Chile: Región de Los Lagos.

UNICEF (2010). *Rearmemos la vida de los niños y niñas. Guía psicoeducativa*. Disponible en http://www.unicef.cl/web/wp-content/uploads/doc_wp/MANUALrearmemosWEB.pdf

Zemelman, H. (1992). *Los Horizontes de la Razón, uso crítico de la teoría I Dialéctica y apropiación del presente*. España: Anthropos.

Conocimientos e información como pilares para la construcción de resiliencia

Paulina Aldunce Ide, Dania Mena Maldonado y Gloria Lillo Ortega

Desastre 25M Chañaral. Fuente: Dania Mena

Resumen

El desastre conocido como 25M resultó en numerosas pérdidas de vidas humanas, así como en daños materiales, posicionándose como uno de los desastres de mayor magnitud registrado en Chile. Un desastre como éste nos entrega la oportunidad de recoger lecciones, con miras a mejorar la gestión y reducir el riesgo de desastres en nuestro país, siendo tanto la información entregada a la población, como los conocimientos experiencial, local, tradicional y ancestral, pilares fundamentales para avanzar en la construcción de la resiliencia de las comunidades afectadas. Es por ello que la presente investigación tuvo por objetivo narrar cómo la información y los distintos tipos de conocimientos, contribuyeron o no a la resiliencia de las comunidades de Atacama ante el desastre del 25M. La metodología utilizada en el presente estudio fue casos de estudio, con una aproximación de multi-métodos, que incluyó entrevistas semi-esctructuradas a la población afectada de Chañaral y Diego de Almagro, complementado por observación no participativa de actividades, y del entorno social y físico en que se emplazan dichas comunidades. La etapa de terreno de la investigación se realizó en tres campañas de terreno entre abril y julio 2016. Las principales conclusiones de esta investigación son una serie de lecciones que emergen del análisis de lo declarado por los entrevistados, que implican un potencial aporte a la reducción del riesgo de desastres a través de la construcción de resiliencia. Una de las lecciones más trascendentales se refiere a la necesidad de contar con información oportuna respecto de la amenaza, tanto en las etapas de preparación, como en la de emergencia como aspecto

fundamental para generar la proactividad de la población respecto a este tema, como también para disminuir substancialmente las pérdidas de vida y daños asociados. Por su parte, se hace evidente que la combinación de los distintos tipos de conocimientos estudiados con el conocimiento científico y la información entregada a los damnificados, permite una comprensión más completa de la realidad vivida y del proceso posterior al evento del 25M.

1. Introducción

La resiliencia que poseen las comunidades para enfrentar los desastres de origen natural se desenvuelve alimentada por una multiplicidad de elementos, siendo uno de los más trascendentales los conocimientos e información con que cuentan las personas (Djalante & Thomalla, 2011; Norris, Stevens, Pfefferbaum, Wyche, & Pfefferbaum, 2008; Paton& Johnston, 2006; UN/ISDR, 2007). Respecto de la información, ésta no solo debe acompañar las distintas etapas (previas, durante y posterior a la emergencia), sino también, para ser efectiva y útil, debe poseer ciertas características, como por ejemplo: ser oportuna y pertinente a las particularidades de cada contexto, tanto sociales como físicas; es decir, a las distintas realidades en las que se encuentran inmersas las comunidades. Más aún, el solo hecho de entregar información no asegura que ésta trascienda o se convierta en conocimiento, o que resulte en información útil para fortalecer la resiliencia de las comunidades, ya que muchas veces los esfuerzos están concentrados en la entrega, unidireccional e impuesta, de información. Esto ha sucedido, en algunos casos, en que la entrega de mapas y datos no ha sido acompañada de un formato comprensible para las personas o si la información es significativa para las comunidades, en términos de si es aquella que las mismas personas declaran necesitar.

Es relevante considerar también que la información no es la única fuente de conocimiento útil y válida que alimenta la construcción de la resiliencia comunitaria ante los desastres de origen natural. Existen conocimientos únicos e invaluables que deben ser conocidos y reconocidos en su validez y riqueza, como el tradicional, ancestral, local y experiencial (Aldunce, 2015; Armitage, Marschke, & Plummer, 2008). Estos tipos de conocimientos son considerados como propios y confiables por las comunidades a escala local, constituyendo saberes que se encuentran disponibles de manera oportuna y pertinente a su realidad. Muchas veces aquellos transmitidos de generación en generación ofrecen conocimientos que traspasan los límites temporales de las propias experiencias (Bahadur, Ibrahim & Tanner, 2010; Bird, Gisladottir, & Dominey-Howes, 2011; O'Brien, O'Keefe, Gadema, & Swords, 2010; Paton, McClure, & Bürgelt, 2006).

Consecuente con lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente capítulo es narrar cómo la información y los distintos tipos de conocimientos contribuyeron o no a la resiliencia de las comunidades de Atacama afectadas por el desastre del 25M. El espíritu final de lo aquí narrado es contribuir con lecciones que puedan servir para avanzar en la construcción de resiliencia y la mejora de la gestión para la reducción de riesgo de desastres para esta y otras comunidades de contextos similares.

El alcance del análisis presentado a continuación abarca aspectos de la información y conocimientos relacionados a la amenaza, la preparación y la emergencia. Para el levantamiento de la información se realizaron tres campañas de terreno, entre el 9 de abril y el 3 de julio 2016, en Chañaral y Diego de Almagro, Región de Atacama, donde se aplicaron entrevistas semi-

esctructuradas a 38 personas afectadas directamente[26] por el evento del 25M. Esté método fue complementado por observación no participativa de actividades y del entorno social y físico en que se emplazan las comunidades. El análisis de los datos e información levantados incluyó un análisis temático utilizando el programa NVivo, el cual permite organizar la información obtenida en las campañas de terreno en base a categorías. La distribución de los entrevistados por género, rango etario y localidad se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de género, etaria y por localidad de los entrevistados.

	Chañaral	Diego de Almagro	Total entrevistados
Género			
Femenino	15	11	26
Masculino	7	5	12
Rango etario (según INE)			
18 – 29	2	0	2
30 – 44	5	5	10
45 – 64	11	11	22
65 <	4	0	4

El presente trabajo se encuentra organizado en tres secciones, comenzando por la presente sección introductoria, donde se expone brevemente la justificación y relevancia de lo investigado. La segunda sección presenta los resultados obtenidos respecto de la información y conocimiento de los entrevistados, relacionados a la amenaza, la preparación y la emergencia, resultados que son acompañados por la discusión de las implicancias teóricas y prácticas de éstos. Finalmente, se presentan reflexiones y las principales conclusiones que emergen del trabajo.

2. Resultados y discusión de las implicancias que emergen del caso de estudio

Los resultados están organizados en relación a la amenaza y exclusivamente a las etapas de preparación y emergencia. Para cada uno de estos temas se incluyen aspectos relacionados con la información y conocimientos detectados en las comunidades, estos últimos agregados en los tipos tradicional/ancestral y experiencial/local. Los resultados se presentan un solo cuerpo de datos, sin realizar distinción entre Chañaral y Diego de Almagro. La presente sección finaliza con un análisis transversal de los resultados y sus implicancias.

Resiliencia se refiere a las capacidades de un sistema, persona, comunidad o país, expuestos a una amenaza de origen natural, para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, de modo de lograr la preservación, restauración y mejoramiento de sus estructuras, funciones básicas e identidad (CNID, 2016:9).

El nodo de información incluyó respuestas de los entrevistados en que se describieron aspectos relacionados con contenidos recibidos, desde actores formales o informales que participan activamente en la gestión de desastres, como por ejemplo, agencias de gobierno u

26 Las personas afectadas directamente son aquellas que sufrieron la pérdida parcial o total de sus viviendas, uno o más familiares que resultaron heridos o muerte de familiares.

Organizaciones No Gubernamentales (ONG). Esta información puede haber sido recibida por distintos medios de transmisión, que incluyen, entre otras, la entrega en forma verbal directa (por parte de organismos de gobierno o vecinos) y por medios de comunicación.

El nodo de conocimiento abarca, por una parte el conocimiento tradicional/ancestral que incluye respuestas de los entrevistados que hicieron referencia a aquellos saberes acumulados y transmitidos a través de las generaciones y que se van actualizando para adaptarse a los cambios de su entorno (Lara & Vides-Almonacid, 2014). Por otra parte, este nodo incluyó el conocimiento experiencial/local que abarcó conocimientos relacionados a la propia experiencia, entendido como aquél que emerge de un proceso de creación de conocimiento a través de la exposición a un desastre y de la práctica, incluyendo el "aprender haciendo" (Armitage, Marschke, & Plummer, 2008:3). Es en esta exposición a los desastres donde los individuos aprenden o adquieren conocimientos a través de la experiencia de cómo enfrentar o vivir un desastre, lo que a su vez aporta en el entendimiento y conciencia de la amenaza y del riesgo (Gopalakrishnan & Okada, 2007; O'Brien, O'Keefe, Gadema, & Swords, 2010; Tompkins, 2005). Se incluyó, por ejemplo, los conocimientos adquiridos en vivencias de acontecimientos como aluviones, inundaciones, desbordes o similares antes del aluvión del 25M. Lo anterior se complementó con el saber local, el cual hace referencia a los saberes y las habilidades que han sido desarrollados por los individuos en su interacción con el medio ambiente (UNESCO, 2016).

2.1 ¿Fue la inf ormación recibida por los damnificados, suficiente, útil y oportuna?

Qué, cómo y quiénes entregaron información a la comunidad

La totalidad de las personas entrevistadas respondieron no haber recibido información, de ninguna fuente sobre la amenaza a la que estaban expuestos, ni relacionada a la preparación para enfrentar el desastres, ya sea de actores formales o informales asociados a la gestión de desastres o que participan activamente en ella (ver Tabla 2. Sin embargo, para la etapa de preparación existe una contradicción, ya que aunque ningún entrevistado declaró haber recibido información, luego tres de ellos ahondaron en la utilidad de la misma. De manera similar ocurre para el caso de la etapa de emergencia, dónde solo 11 entrevistados afirman haber recibido información, pero luego, durante el resto de la entrevista un mayor número de ellos mencionaron que esta información fue entregada de forma oportuna y les fue de utilidad.

Respecto de la amenaza, los entrevistados, sin excepción, indicaron no haber recibido información en cuanto a estar emplazados en una zona donde existiera la posibilidad de sufrir daños por lluvia, aluviones, desborde de río o similares. Según los entrevistados, no se entregó información específica respecto de que su hogar o lugar de trabajo estaba ubicado en una zona de riesgo de este tipo, o bien, que podría ocurrir un desastre de la magnitud del 25M (Figura 1).

> "Nunca recibimos información detallada, así como 'tengan cuidado cuando llueva' o 'puede venirse un aluvión'." (Hombre, 25 años, Chañaral)

Las respuestas declaradas por los entrevistados, respecto a la amenaza y la etapa de preparación, no se centraron en desastres relacionados a lluvias extremas, sino exclusivamente en terremotos y tsunami (esto último solo para el caso de Chañaral), a pesar de que las preguntas realizadas incluían de forma clara referencia a lluvias, desborde de río o similares. Es por ello

Tabla 2. Resumen de frecuencia de lo declarado por los entrevistados respecto a información recibida y conocimiento adquirido para las distintas etapas del desastre.

	Respecto a la Amenaza		Respecto a las etapas del desastre			
			Durante la Preparación		Durante la Emergencia	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No
¿Recibió usted información de que se encontraba en una zona donde podría sufrir daños por lluvias, aluvión, desborde de ríos o similares?	0	38	0	38	11	27
¿Fue esta información oportuna para usted?	NA	NA	0	5	1	24
¿Fue esta información útil para usted?	NA	NA	3	16	18	11
¿Tenía usted conocimiento previo de que se encontraba en zona donde podría sufrir daños por lluvias, aluvión, desborde de ríos o similares?	35	3	20	18	26	12
¿Fue este conocimiento útil?	10	25	7	13	13	13

Número: frecuencia de entrevistados en que su respuesta a una pregunta específica es "sí o no"
NA = No Aplica. No fue posible realizar un análisis respecto a la oportunidad y utilidad de una información que no fue entregada

Figura 1. Fotografía que muestra la magnitud del desastre 25M, Chañaral. Fuente: Dania Mena

que la mayoría de los entrevistados hicieron énfasis en que, para estar preparados y responder de mejor manera a un desastre, es necesario que la población reciba información de la amplia gama de amenazas a la que está expuesta, y no solo de las más recientes o frecuentes.

> "Aquí habría que culturizar a toda la población con respecto a las catástrofes posibles que se pueden suscitar acá y eso no se hace" (Hombre, 43 años, Diego de Almagro).

Por otro lado, es relevante señalar que los entrevistados hicieron alusión a que la información entregada, en relación a los tsunamis, no se puede extrapolar a otras emergencias, ya que las vías de evacuación y zonas de protección son distintas.

> "No sabía dónde ir a protegerme... haber estado preparado para que el agua llegara desde el mar y no desde la cordillera" (Mujer, 48 años, Chañaral).

Para el caso del desastre 25M, se considerará el período de emergencia desde el día 24 de marzo, día en que los entrevistados identificaron la gestación de un desastre de gran magnitud por la intensidad de las lluvias, finalizando esta etapa 2 o 3 días después del 25 de marzo.

Según los entrevistados que señalaron haber recibido información, durante el día del evento del 25M, o bien los días inmediatamente previos al desastre. Ésta se centró en la amenaza, específicamente en las fuertes precipitaciones que se acercaban a la región y las localidades donde habitan. Además, en algunos casos se detallaba sobre la lluvia en la cordillera, de características tropicales, con una isoterma alta y altas temperaturas. Es importante mencionar comentarios realizados por algunos entrevistados al respecto, como por ejemplo, la anormalidad de la lluvia y la posibilidad de que "se saliera el río", lo que se informó por internet o por noticias de fuentes extranjeras, como por ejemplo de EEUU, que comunicaban una alta probabilidad de producirse aluviones; información, que se comenta "nadie creyó". Otros entrevistados, indicaron haber recibido información de lo que ocurría en otras localidades, específicamente Copiapó, Tierra Amarilla y Alto del Carmen, en las cuales el agua ya "estaba bajando" y algunos caminos se habían cortado.

En relación a la información entregada a la población durante los días previos, específicamente sobre qué hacer o cómo actuar durante la emergencia, pocos entrevistados mencionan indicaciones como, por ejemplo, proteger sus viviendas y techumbre con nylon entregado por la municipalidad; proveerse de alimentos básicos, velas y agua; o estar alerta al uso de sirenas en caso de ser necesaria la evacuación. Según los entrevistados no existieron instrucciones claras ni oportunas respecto de qué hacer en caso de utilizarse la sirena.

> "Dijeron que iban a tocar la sirena cuando viniera el río; nos dijeron 'se viene el río', pero nunca nos dijeron 'tienen que salir' o 'saquen sus cosas porque se viene algo grande', nada" (Mujer, 48 años, Chañaral).

> "Lo único que decían es que el comité de ONEMI, el COE, estaba reunido no más, estaban reunidos y que en cualquier momento iban ellos a dar una información y seguían reunidos, nunca dieron información clara" (Mujer, 35 años, Chañaral).

Por su parte, durante el día del evento, el 25 de marzo, y los días inmediatamente posteriores, menos de la mitad de los entrevistados señalaron haber recibido aviso de evacuación o de alejarse de las cercanías del río. Esta información, según algunos participantes del estudio, fue entregada solo momentos antes o durante el desastre. La implicancia de recibir información oportuna es fundamental, pues puede significar la diferencia entre decisiones que podrían minimizar los daños (Figura 2) e incluso evitar la pérdida de vidas.

Figura 2. Fotografía que muestra daños ocurridos en Diego de Almagro. Fuente: Dania Mena.

Además, algunos entrevistados se refirieron a que la información recibida era incompleta, ya que solo se daban indicaciones de evacuar y "salir de sus casas" sin mayores explicaciones, resultando en que en algunos casos la población no abandonó sus hogares, por no darle la importancia o no dimensionar lo que estaba ocurriendo.

> "... sí, el gran problema de todo fue que hubo mucha desinformación" (Mujer, 71 años, Chañaral).

En relación a otros aspectos informados durante la emergencia, solo un cuarto de los entrevistados señalaron haber recibido información de los lugares habilitados como albergues. Similar cantidad de ellos mencionaron haber sido advertidos sobre "un tranque" que se encontraba cercano a la cordillera y que se habría desbordado, con el riesgo de afectar a Chañaral y Diego de Almagro, lo que algunos de ellos indican como una información falsa, "ya que no bajó nunca el tranque".

Basado en lo declarado por las personas entrevistadas, los principales medios por los cuales se difundió información, los días previos al evento, fueron la radio, televisión e internet. Por su parte, durante el 25 de marzo y los días inmediatamente posteriores, estos medios disminuyeron su impacto debido principalmente al corte de energía y a que la población afectada tuvo que abandonar sus hogares, perdiendo acceso a estos medios. Lo afirmado por las personas en-

trevistadas fue que, durante la emergencia, en general la información fue entregada de forma oral y presencial por distintos actores, como agencias de gobierno, funcionarios y autoridades municipales de Chañaral y Diego de Almagro. Por ejemplo, se menciona el aviso realizado por una camioneta municipal respecto de las acciones a seguir y cuáles serían los lugares asignados como albergues. Algunas de las personas entrevistadas mencionan que recibieron información de vecinos de la comunidad y de las Fuerzas Policiales y una cantidad mayor de entrevistados mencionó al Cuerpo de Bomberos.

> "Los bomberos tenían información, toda la información... es que ellos fueron los mismos que a nosotros nos ayudaron a que no nos muriéramos producto del aluvión, a toda la gente ellos le pasaron avisando" (Hombre, 25 años, Chañaral).

Destaca la reflexión realizada por una entrevistada respecto de su reacción proactiva e individual de avisar a sus vecinos sobre la necesidad de evacuar, lo que no fue creíble ni considerado en medio de la confusión. Esto realza la importancia respecto a que la información entregada no solo debe ser clara, sino también debe provenir de organismos oficialmente encargados de difundirla, los cuales deben ser conocidos con anticipación por la población.

En cuanto a las fuentes de información que generan confianza, los entrevistados mencionaron al Cuerpo de Bomberos y Carabineros. Esto es relevante, pues son instituciones con una mayor vinculación ciudadana, que tienen como función principal resguardar la seguridad de las personas, y nuevamente destaca la importancia de recibir información de fuentes validadas y respetadas localmente.

> "Yo confiaba más en carabineros y en bomberos, porque yo decía carabineros va a pasar, bomberos dijo que iba a tocar la sirena..." (Mujer, 48 años, Chañaral).

En contrapunto, algunas de las personas entrevistadas señalaron haber recibido información confusa o errónea sobre cómo actuar, la cual provenía de las Fuerzas Policiales y autoridades municipales. En relación específicamente a las precipitaciones, indican que "se le bajaba el perfil" o no creían en la información entregada por los medios de comunicación, ya que habían ocurrido eventos similares años anteriores, donde se advertía que llovería y esto no ocurría. Lo aquí expuesto releva la necesidad de generar acciones coordinadas, siendo la entrega de información un aspecto crítico, fundamental para una asertiva toma de decisiones de la población, que incluso puede llegar al extremo de poner vidas humanas en peligro. Además, si la entrega de información no es asertiva ni coherente, se merma la confianza en las instituciones y actores de los cuales las comunidades reciben información.

Cuándo la información es útil y oportuna y cuándo no lo es

La presente sección posee un carácter de resumen, ya que muchos de los antecedentes presentados anteriormente detallan argumentos respecto de la utilidad y oportunidad de la información entregada. Es importante recordar que esta sección se centra en la etapa de emergencia, ya que es la única etapa en que quienes fueron entrevistados señalaron haber recibido información .

Respecto de la utilidad de la información durante la etapa de emergencia, cerca de la mitad de los entrevistados consideró que ésta les fue útil de una u otra forma, ya que, por ejemplo, les permitió evacuar a tiempo y salvar sus vidas, acumular elementos básicos como agua y ali-

mentos, y resguardar a sus familias.

Por su parte, más de un tercio de las personas entrevistadas, señaló que la información entregada no les fue útil, ya que no era lo suficientemente específica, clara, coherente y fidedigna, de modo que les permitiera tomar decisiones. Por ejemplo, que la información era muy general respecto a lo que estaba ocurriendo y que no permitió dimensionar la magnitud del evento (Figura 3); que se generó confusión debido a lo contradictorio que resultaba, sobre todo cuando era entregada por distintas fuentes; que en algunas ocasiones se utilizó lenguaje técnico, que no siempre es conocido por la población, como "isoterma"; que se ocultó cierta información, y que incluso algunas veces se tergiversó. Por último, que hubo ciertas indicaciones que incluso pusieron en riesgo la vida de las personas. Éste es el caso de una radio, que dio la noticia que "el río estaba subiendo" y se instaba a la población a acercarse para verificarlo.

> "Yo creo que no, a nadie le fue útil, no a nadie, porque nadie sabía lo que iba a pasar" (Hombre, 68 años, Chañaral).

> "Yo creo que la gente no dimensionó, yo creo que a través de internet sabía, porque había información en internet de la cantidad de agua, pero no se dimensionaba el fenómeno" (Hombre, 51 años, Diego de Almagro).

Uno de los aspectos más críticos relacionado a la entrega de información, fue que no se informó de forma clara cómo proceder en caso de ser utilizada la sirena.

Figura 3. Fotografía que muestra la magnitud del impacto del aluvión del 25M en Chañaral.

Fuente: Dania Mena.

Gran parte de la población entrevistada señaló que la información recibida no fue oportuna, y según lo afirmado "sorprendió a todos" y que "se avisó momentos antes o cuando el río ya se estaba desbordándose y por lo tanto algunas personas no alcanzaron a salvarse".

> "Solo avisaron lo obvio, ya que llegaron en ese momento, cuando ya no se podía hacer nada, solamente evacuar" (Hombre, 43 años, Diego de Almagro).

Para esas personas, haber contado con información oportuna habría permitido una mejor respuesta, como acciones para proteger sus viviendas, sacos de arena para contener el agua, una oportuna evacuación, entre otros aspectos. Algunas de las personas entrevistadas argumentaron que era difícil la entrega de información.

> "Es que a la final no podían dar información acá, porque estaban todas las comunicaciones cortadas" (Mujer, 35 años, Chañaral).

> "Es que ya era todo un caos, no veo la manera que podría haber sido" (Mujer, 46 años, Diego de Almagro).

Características necesarias para que la información sea de utilidad

Existen aspectos de la información entregada que pueden ser mejorados, de modo de lograr una mayor efectividad en la disminución del riesgo. Específicamente, nos referimos a los contenidos y características que debiese tener la información, en qué formatos y por quiénes debiese ser entregada, entre otros aspectos.

Respecto de las características de la información para que fuese útil, los entrevistados indicaron que ésta debe ser clara, fidedigna, según sus palabras "debe ser transparente y que digan la verdad"; que sea entregada periódica y oportunamente, de modo de aportar en la toma de conciencia por parte de la población y con la suficiente antelación para permitir una preparación planificada; debe ser entregada por canales de comunicación que lleguen de forma más directa a la comunidad.

Adicionalmente, algunos entrevistados mencionaron que es necesario que a la población se le entregue información acompañada de una explicación de los términos técnicos utilizados, de modo que sea comprensible, les haga sentido y por lo tanto sea de utilidad. Ejemplos de lo anterior son, "cómo me afecta 'x' milímetros de lluvia" o "qué es una isoterma". Solo dos entrevistados mostraron interés en saber cómo se relaciona el cambio climático con eventos como este aluvión u otros futuros. La implicancia de lo aquí expuesto es que al momento de entregar información sobre la amenaza a la población, hay que poner énfasis en traducir la información desde un lenguaje técnico o científico a uno que sea lo suficientemente simple para ser entendido por todos (Aldunce, Beilin, Handmer, & Howden, 2016).

Un aspecto relevante de mencionar es lo señalado por algunos entrevistados, en cuanto a que la información debería ser entregada en alguna modalidad que promueva la participación de la comunidad, de modo de alcanzar una mayor cohesión comunitaria, la que sería de gran utilidad al momento del desastre. Lo anterior debido a que los entrevistados le asignan valor a fortalecer el tejido social (Figura 4), ya que según sus palabras "es importante estar unidos con sus vecinos, organizarse y ayudarse mutuamente para salir adelante". Algunos de ellos ahondaban en esta idea, señalando que ahora valoran más a la familia y están más unidos, y que la

juventud también puede ayudar mucho, dando luces sobre cómo este tipo de eventos puede acortar la brecha generacional.

> "Al final era como... como todos uno solo, porque yo creo que los vecinos que jamás se hablaban en su vida, se hablaban" (Mujer, 29 años, Chañaral) .

Figura 4. Expresión de solidaridad, Diego de Almagro.

Fuente: Dania Mena

Respecto de los contenidos de la información, ésta debería incluir las zonas de riesgo y comportamiento del río, así como "si podría volver a ocurrir un evento como el del 25M" y en cuánto tiempo, lo que es conocido en términos técnicos como período de retorno. Por otro lado, se hace necesario que a la población se le proporcione información más concreta, en cuanto a qué significa estar en una zona de riesgo y a los posibles daños a los que cada habitante está expuesto (Figura 5).

Complementariamente, los entrevistados aludieron a una serie de otros contenidos necesarios a ser considerados. Por ejemplo, las condiciones climáticas específicas del evento, con un mínimo nivel de detalle que incluya una explicación concreta, entendible y aplicable a la realidad de sus localidades y a las distintas zonas emplazadas en cada una de ellas. También, respecto a estar alerta y preparados para una posible evacuación, con señaléticas, sirenas o señales de alarma distinta que para tsunami, es decir, específica para el caso de aluviones, desborde de río o similares, así como que se informara claramente cuándo y hacia dónde evacuar, junto con las zonas de protección. El contar con señales de alarma e información relacionada, diferentes a las que se utilizan para casos de tsunami, no es suficiente, y se hace necesario que sean educadas a través de simulacros y capacitación para evitar que las señales se confundan.

Otro aspecto a considerar se refiere a los elementos básicos que debían preparar, como alimentos y agua, y de ser necesario de abandonar sus hogares, cuáles serían los lugares desti-

Figura 5. Fotografía que muestra daños en viviendas de Chañaral. Fuente: Dania Mena.

nados a albergues. Relacionado con lo anterior, algunos entrevistados señalaron que la información entregada para hacer frente a un tsunami, les fue útil para el evento del 25M.

Otro elemento mencionado con menor frecuencia, pero de gran relevancia, es contar con información de la localización de viviendas donde habitan personas con movilidad restringida, como adultos mayores. Si bien esto es un elemento con mayor presencia en las zonas rurales, requiere de coordinación a nivel de barrios pues en una emergencia son los vecinos más próximos quienes podrían acudir en su socorro, lo que significa no solo contar con la información, sino también con un sentido de comunidad por parte de los vecinos.

Todos los contenidos aquí mencionados son importantes, desde el punto de vista de los entrevistados, ya que aportaría a una mejor preparación y reacción frente a una emergencias, lo que resulta en una mayor confianza por parte de ellos de cómo actuar, evitando lo más posible el caos.

En los siguientes párrafos nos referimos a los formatos y fuentes, que los entrevistados consideran serían de utilidad al momento de ser entregada información. Respecto de las fuentes, es decir quiénes, qué instituciones u organismos, serían responsables de transmitir información a la población, la mayoría menciona a organismos gubernamentales como municipios, intendencias, gobernaciones, Fuerzas Armadas, principalmente Fuerzas Policiales, Comité de Operaciones de Emergencia (COE) y la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI). Al respecto, algunos entrevistados hicieron hincapié en que debe mejorarse la preparación interna en las agencias de gobierno y la coordinación entre ellas, de modo de poder entregar información coherente a las comunidades. Es importante destacar que tres entrevistados declararon que no aceptarían instrucciones proveniente de actores gubernamentales, ya que no confían en que entreguen contenidos fidedignos, lo que da luces respecto a la importancia de crear y construir confianza, y de la simetría de la información, entendida como un acceso igualitario a ésta, no existiendo privilegio de unos actores en desmedro de otros. Lo que es relevante, y que emerge de las respuesta de los entrevistados, es el énfasis que dieron a los municipios en este rol. Esto coincide con resultados

de diversas investigaciones, en que se concluye que uno de los principales actores en la gestión del riesgo es el municipio (Aldunce, Beilin, Handmer, &Howden, 2016;Collins &Ison, 2009:367; Nelson, 2011). Estos autores argumentan que existen diversas expresiones en que se relaciona el gobierno local con las comunidades. Por ejemplo, que son los gobiernos locales los que: más directamente entregan ayuda y proveen servicios a la comunidad durante un desastre; están en capacidad de adecuar la normativa y respuestas, provenientes de los niveles administrativos superiores de gobierno, a los contextos específicos de cada localidad; por estar en una posición estratégica, están en condición de articular las organizaciones de base con niveles superior de gobierno, llevando entre otros aspectos, las ideas, puntos de vista y conflictos presentes en las comunidades de su comuna.

Además de las agencias de gobierno, los entrevistados otorgan un rol principal a las Juntas de Vecinos como ente que entrega y transmite información, considerándolo como un nexo válido entre las autoridades de gobierno y la comunidad. Sin embargo, es importante resaltar que se hace hincapié en la baja asistencia de los vecinos a estas reuniones. Es así que una solución práctica propuesta por ellos es entregar un incentivo a las personas para que asistan y que promueva la sociabilización entre vecinos, por ejemplo, algo tan simple como un té para compartir. Una de las posibles interpretaciones a esta baja participación, coincide con lo expuesto en otros casos de estudio, esto es, que como resultado de la vida moderna, prima el individualismo por sobre las actitudes comunitarias (Aldunce, Beilin, Handmer, & Howden, 2016; Norris, Stevens, Pfefferbaum, Wyche, & Pfefferbaum, 2008). Lo relevante de este hecho, es que la baja participación en estas actividades merma el impacto de este tipo de organizaciones, en su rol, por ejemplo, de entregar información, pero al mismo tiempo es reconocida como una fuente confiable de información, lo que, nuevamente habla sobre la importancia de la confianza y de la validación a los actores locales.

También el Cuerpo de Bomberos es mencionado, pero con una menor frecuencia, así como expertos o profesionales relacionados al tema, para los cuales se les da una mayor relevancia en la entrega de información antes y después del desastre, pero no durante la emergencia. Lo anteriormente expuesto revela la importancia, no solo de la participación de expertos y la comunidad científica, sino también de la urgente necesidad de disminuir la brecha entre la ciencia con la sociedad/política, de modo que, basado en principios éticos, la información científica generada, no sea de utilidad exclusiva para el avance de la ciencia y la teoría, sino también que esté disponible y accesible, para quienes más lo necesitan, es decir para las poblaciones vulnerables a desastres como el 25M.

Otra fuente, de entrega de información, que fue reconocida por los entrevistados fueron los medios de comunicación, como radio y televisión, que presentarían utilidad, por ejemplo, en conversaciones con expertos o para su uso por autoridades para entregar comunicados. En este punto es importante reflexionar sobre las diferencias existentes, como fuente de información, entre la radio y la televisión, respecto a la importancia de los medios locales. La televisión es por lo general un medio donde los actores locales no tienen mayor implicancia y que además, frecuentemente, utilizan un enfoque de victimización y sensacionalismo, lo que les resta credibilidad. En cambio la radio se caracteriza por ser un medio local, en el que se abarcan temáticas relevantes para cada contexto, además de ser utilizado por las poblaciones locales. Respecto a la radio local como fuente de información, los entrevistados hicieron hincapié que, para evitar confusión, recomiendan designar una radio oficial para entregar este tipo de contenidos. Junto a lo anterior, ellos valoraron el alcance de este medio en los distintos grupos etarios, ya que tanto

adultos mayores como la población más joven tiene a su disposición este medio, no así medios como internet.

Complementariamente, respecto a los formatos para entregar información que los entrevistados consideraron útiles, destacan las charlas, reuniones y capacitaciones a la comunidad en general, en los lugares de trabajo y colegios (Figura 6).

Figura 6. Ejemplo de talleres de trabajo con alumnos post-desastre en Diego de Almagro.
Fuente: Dania Mena.

Por su parte, entregar información a través de videos, internet, folletos y afiches informativos, son mencionados con menor frecuencia como un medio útil de comunicación. La implicancia de lo aquí mencionado es el cuidado que hay que tener al utilizar de forma masiva estos medios, especialmente internet, ya que su cobertura varía dependiendo del contexto de cada localidad, considerando que en zonas rurales tiene un menor impacto y que, en contextos de desastres, es más susceptible a sufrir cortes e intermitencias.

Específicamente para el caso de la evacuación, según los entrevistados, "debería ser a través de una sirena", complementando con la información de evacuación entregada por las Fuerzas Policiales, Cuerpo de Bomberos e Infantes de Marina. Por otro lado, se señala que aquellos organismos que están relacionados a la gestión del riesgo, deberían contar con teléfonos satelitales y radios, para informar y coordinarse a través de los distintos niveles, por ejemplo desde Intendencias a Gobernación y Municipios, como también para comunicarse tanto dentro de la localidad o con otras localidades que se encuentran más aisladas. Por último, el aviso de alerta utilizado para los tsunamis a través de celulares, se considera efectivo, y por lo tanto, podría ser adaptado para el caso de lluvias extremas.

2.2 Conocimientos experiencial, ancestral y local: fuente válida y útil

En esta sección nos referimos al conocimiento tradicional/ancestral, según lo definido al inicio de la sección de resultados y discusión.

La mayor parte de los entrevistados, aproximadamente dos tercios, señalan poseer conocimiento, que corresponden a los conocimientos discutidos en esta sección. Estos conocimientos, que se conservan en la memoria de las comunidades, resultaron presentarse con una frecuencia

muy por sobre la información recibida, tanto con respecto a la amenaza, como para las etapas de preparación y emergencia (Tabla 1).

Qué sabíamos, cómo nos ayudó

Casi la totalidad de los entrevistados mencionaron poseer conocimientos respecto de las amenazas, relacionadas a lluvias extremas, que podrían afectar a su localidad o de vivir en una zona de riesgo, conocimiento que según lo señalado por quienes fueron entrevistados, ha sido adquirido a través de las generaciones o de la experiencia propia o de otras personas que han estado expuestas a un desastre en el pasado o aprendido por su interacción con el medio ambiente. Es así que, gran parte de estos saberes está relacionado a desbordes de río, inundaciones y aluviones de ocasiones anteriores, pero en general haciendo referencia a experiencias de menor magnitud que el evento del 25M. Las personas entrevistadas explicaban por ejemplo, que si bien entraba el agua a las casas, era un menor volumen, pudiendo contenerla, y mayoritariamente era agua y no barro (Figura 7), por lo que la destrucción de viviendas no llegaba a la magnitud de lo que sucedió el 25M.

> "No le voy a mentir, que se bajaba como le digo yo el río, sí, siempre bajó en las lluvias el río Salado, pero bajaba agua no más, se desbordaba, se metía para el centro y no hacía tanto daño" (Mujer, 48 años, Chañaral).

> "De todas las experiencias que nosotros habíamos tenido nunca nos había sucedido... o sea a mi casa, en la que yo me crié, en ese sector en la casa de mi madre, nunca antes nos había entrado agua" (Mujer, 63 años, Chañaral).

Figura 7. Nivel del barro tras aluviones, Chañaral.
Fuente: Dania Mena.

Para un cuarto de las personas entrevistadas este conocimiento les fue de utilidad. Sin embargo, aproximadamente dos tercios de los entrevistados, aludieron que no les fue útil, debido específicamente a que la magnitud del evento excedió en grandes proporciones lo experimentado en eventos pasados o que para aquellos que habían experimentado eventos similares, esto había sucedido en la niñez.

> "Nunca se pensó que podía pasar algo de esta envergadura, los aluviones anteriores no fueron tan desastrosos, hicieron daño, rompieron las casas igual, pero no murió gente" (Hombre, 51 años, Diego de Almagro).

> "Nunca fue tan importante, porque como uno no lo conocía, entonces como que no... no lo dimensionaba y jamás pensó que podía ocurrir" (Hombre, 46 años, Chañaral).

Algunas de las personas entrevistadas afirmaron poseer conocimiento de vivir en zona de riesgos, debido a haber sido afectadas en el pasado y en más de una ocasión, ya sea con referencia a episodios recientes, como también a eventos de larga data. Sin embargo, también mencionan que aún residen en el mismo lugar o vivienda.

> "Siempre éramos los más afectados, porque siempre el agua llegó a la mitad de la casa, el barro en ese tiempo era borra, era puro concentrado en realidad" (Mujer, 46 años, Diego de Almagro).

Cabe señalar que un entrevistado indicó haber investigado respecto a la historia local, averiguando que hace 100 años hubo un aluvión con la fuerza del ocurrido el 25M, de una descripción similar, pero al no haber poblaciones cercanas al río no afectó de la misma forma. Esto se relaciona con comentarios expresados por otras personas entrevistadas, quienes afirmaban que se le estaba quitando espacio al río instalando poblaciones en las cercanías de éste o incluso en el mismo cauce (Figura 8), reflexionando y cuestionándose sobre el lugar donde estaban viviendo, y por lo tanto, "saber que las vidas que se perdieron fueron por falla humana".

> "También hay registros históricos de que los aluviones son parte de la historia de Chañaral, pero no en las dimensiones que se vio ahora" (Hombre, 46 años, Chañaral).

Un análisis que deriva de lo anterior es que, a pesar de poseer el conocimiento de vivir en una zona de alto riesgo, información que los gobiernos locales también deberían disponer como parte de las zonificaciones de riesgo, estos lugares, en general, siguen siendo ocupados por los mismos habitantes que sufren una y otra vez las consecuencia de este tipo de eventos, o por nuevas familias que buscan un lugar para habitar. Relacionado a esto, emerge la discusión respecto de la complejidad social y política, debido a que el instrumento de mayor efectividad en la prevención de desastres, es la planificación y ordenamiento territorial, donde se incluya la componente de desastres, y de esa manera evitar que las poblaciones estén expuestas en zonas de riesgo. Esta complejidad se expresa por ejemplo, en que los desastres sean o no un tema prioritario para el Estado o en la transversalidad de la temática de los desastres naturales, por lo que no solo pueden ser trabajados desde este ámbito de la política pública, sino también debe ser integrado a otros ámbitos de la política pública, siendo uno de los más relevantes las políticas

Figura 8. Zona habitacional en cauce del río, Diego de Almagro. Fuente: Dania Mena.

para la reducción de la pobreza. Lo anterior debido a que son los estratos más pobres de la población, los que se ven forzados a hacer ocupación ilegal en zonas de alto riesgo, por no poseer los medios y oportunidades para vivir en un lugar más seguro (Schippper & Pelling, 2008). El tema es también complejo debido a las posibilidades reales de relocalización de estas familias en el futuro, las implicancias de medidas como éstas y los criterios que se debiesen tener en cuenta para este tipo de decisiones.

Relacionado a lo anterior los entrevistados hacen énfasis en la realización de medidas como un adecuado encauzamiento del río Salado y la implementación de piscinas de decantación.

> "El estudio hidrográfico de comportamiento del agua todavía no está terminado y mientras eso no se reciba ningún proyecto de encauce va a estar, ni siquiera en etapa de diseño" (Hombre, 46 años, Chañaral).

Por su parte, respecto a la utilidad de este conocimiento, para la etapa de preparación, a pesar que la mitad de los entrevistados indicaron tener conocimiento, solo a la mitad de ellos les fue útil para preparase para el desastres del 25M. Esta preparación les sirvió, entre otros aspectos, para abastecerse con elementos básicos como víveres, agua y velas; para saber dónde recurrir en cuanto a los lugares de albergue; y para proteger sus viviendas.

Algunos entrevistados afirmaban que, "hay muy poca cultura preventiva", a pesar de la recurrente exposición a distintos tipos de desastres. A pesar de lo anterior, basados en el conocimiento de haber experimentado catástrofes anteriores ellos han realizado pequeñas obras de infraestructura, como la construcción de muros de contención alrededor de la casa para evitar la entrada de agua, o la reconstrucción de su vivienda con una mayor altura.

Alrededor de la mitad de quienes mencionaron tener conocimiento relacionado a la etapa de preparación ante el desastre, éste no les fue utilidad. Lo anterior debido principalmente a la magnitud del evento (Figura 9), la cual sobrepasó experiencias anteriores.

Figura 9. Magnitud del evento 25M, Chañaral. Fuente: Dania Mena.

Aproximadamente dos tercios de la población entrevistada posee conocimiento relacionado a la respuesta durante la emergencia. Éste les fue útil a la mitad de ellos para estar alertas y evacuar a tiempo, aunque, una vez más por la magnitud y rapidez en que sucedió el desastre, algunas personas no alcanzaron a evacuar y buscaron refugio en los techos de sus casas. Éstas afirman que "sabíamos que teníamos que escapar a un lugar alejado y con altura"; "que si el agua entraba a nuestras casas, teníamos que levantar nuestras pertenecías del hogar o sacarlos para protegerlos" y "poner sacos de tierra, piedras, latas o cualquier cosa que sirviera para que el agua no entrara a las casa"; "dónde estaban los albergues, ya que están casi siempre en el mismo lugar"; y "a quién se puede acudir por ayuda e información".

> "Usted tiene que pescar a los niños e irse pa' donde su mamá o a un cerro, váyase al cerro más alto" (Mujer, 46 años, Diego de Almagro).

Este conocimiento también les sirvió para mantener la calma para poder "actuar razonablemente", dar tranquilidad a las personas cercanas y contener a sus familiares, y especialmente, a los menores de edad y más jóvenes que no han tenido experiencias parecidas. Un entrevistado ahondó más en este tema aludiendo a que, basado en experiencias anteriores, utiliza este conocimiento para preparar a la familia, traspasándolo a sus hijos, el cómo prepararse y actuar ante una emergencia, inculcando la protección de la vida por sobre cualquier bien material, y la

organización, por ejemplo, en el caso que se produjera una situación de caos, tenían establecida la casa de una amistad para reencontrarse ante alguna eventualidad.

> "Esto que sucedió, yo se los voy a contar a mis hijos, porque después de cuantos años puede volver a suceder lo mismo, entonces para que ellos también tengan precaución... es lo que a mí no se me enseñó, nunca se conversó" (Mujer, 48 años, Chañaral).

Para aquellos, que manifestaron que este conocimiento no les fue de utilidad, argumentaron que esto sucedió debido a que "quedaron bloqueados" al momento del desastre o por el miedo no actuaron; que no estaban preparados para la magnitud del evento y no supieron qué hacer durante la emergencia o solo se actuó por instinto; y que al no saber que el fenómeno se acercaba, el conocimiento no pudo ser utilizado de forma oportuna.

Relacionado a la interacción de los entrevistados con el medio ambiente, durante las entrevistas, un aspecto relevante que emergió es que, por estar Chañaral y Diego de Almagro ubicados en una zona de bajas y esporádicas precipitaciones, al comienzo del evento fueron motivo de celebración y alegría para los habitantes, pues significaban una oportunidad de mejorar la disponibilidad de agua en la zona, en desmedro de alertarse frente a un evento que finalmente los afectó negativamente. Por otro lado, el conocimiento local, es decir el adquirido por vivir en un lugar, es valioso en cuanto permite complementar la información recibida, así como con otros tipos de conocimientos.

> "En caso de emergencia, conozco la localidad y se cómo llegar a un lugar seguro de forma rápida" (Mujer, 35 años, Chañaral).

De quiénes y cómo adquirimos estos saberes y conocimientos

Cerca de la totalidad de quienes fueron entrevistados aseguraron haber adquirido estos tipos de conocimiento, principalmente, por la experiencia personal de haber vivido otros desastres similares. Algunas personas también comentan que obtuvieron este conocimiento por el hecho de vivir en la zona; de familiares cercanos; de vecinos tanto de la propia comunidad, como de localidades aledañas; de la gente que vive en la cordillera, como la etnia Colla y de registros históricos.

> "Yo creo que primó la experiencia no más de todo lo que uno sabe de años anteriores" (Mujer, 50 años, Diego de Almagro).

Una reflexión importante relacionada específicamente al conocimiento experiencial es que, según la opinión de las personas entrevistadas, el haber sufrido un desastre como el del 25M y otros de gran magnitud en el pasado, les ha permitido adquirir un conocimiento que es útil, por lo que debería ser transmitido a las próximas generaciones, por ejemplo, para que se logré una disminución del sufrimiento de las personas expuestas, como para fomentar la toma de conciencia.

> "Hay que crear conciencia en la gente, yo creo que es re importante, yo creo que... bueno sería importante también recordarle a la gente, no sé yo creo que para nadie es bueno recordar una tragedia, pero sería importante recordar suponte tú los 25 de marzo ¿Qué pasó? Que la gente más o menos... en marzo es como que nos prepa-

remos para el invierno, que puede haber una lluvia, cualquier cosa, entonces como recordar a la población lo que pasó el 25 de marzo del 2015 cada vez que se pueda, para que la gente diga 'ha pasado un año' 'dos años' 'tres años' 'diez años' y 'puede que vuelva a pasar'. Hacer como un recordatorio siempre de lo que pasó el 25 de marzo del 2015..." (Mujer, 48 años, Chañaral).

Finalmente, un entrevistado comentó que el conocimiento, transmitido de "boca a boca" a través de las generaciones, es una fuente importante para preservar y difundir la información. Una reflexión que emerge de esto es que, aunque estos tipos de conocimientos, son en general transmitidos oralmente, esto no es suficiente, por lo que hay que complementarlo con registros y sistematizaciones de este aprendizaje a través de libros, videos, investigaciones, charlas y otras alternativas, para facilitar su difusión para la misma comunidad en el futuro cercano y en el largo plazo. Es así que resulta también relevante integrar estos tipos de conocimientos con los generados por la comunidad científica. Esta temática es la que se discute en la siguiente sección.

Importancia de los conocimientos local, experiencial, tradicional y ancestral, y su integración con el científico

Los conocimientos experiencial, local, tradicional y ancestral, que poseen individuos y comunidades, adquieren un rol fundamental en crear oportunidades para construir resiliencia ante desastres. Es por ello que es pertinente considerar a las comunidades como una fuente valiosa y única de información, además de ser rica en diversidad de estos conocimientos, ya que emergen de distintos contextos sociales y físicos (Aldunce, 2013). Sin embargo, a pesar que la mayoría de los entrevistados poseía un conocimiento tradicional, experiencial y local, relacionado a eventos de lluvias extremas, solo para un tercio de ellos estos conocimientos les fueron de utilidad. Lo anterior debido, por ejemplo, a la magnitud del evento que sobrepasó la experiencia vivida en desastres de menores dimensiones; a que las condiciones del medio son dinámicas; o al cambio climático, que adquiere un factor relevante en el aumento de la magnitud y frecuencia de eventos (IPCC, 2014), como el 25M, el cual además es acompañado por altos niveles de incertidumbre.

Debido a lo aquí expuesto, surge la necesidad de una co-producción de conocimientos que involucre a distintos actores y que los aborde en sus distintos tipos, como por ejemplo el ancestral, local o tradicional, junto con el científico y técnico, además de complementarlo con la entrega de información dada por organismos oficiales, todo lo cual permitiría generar bases para enfrentar este tipo de evento extremos a través del fortalecimiento de la resiliencia. Por otro lado, como fue mencionado anteriormente, lo anterior facilitaría obtener una visión más completa y clara de la realidad, no solo como una fotografía de lo ocurrido en un evento específico, sino también a partir de los procesos e historia que sustentan la situación actual.

3. Conclusiones

Muchas lecciones pueden delinearse a partir de esta investigación, no solo respecto de aquello que las personas entrevistadas mencionaron explícitamente, sino también respecto de cómo la ciencia aporta con conocimiento, que emerge basado en información empírica, entregada generosamente por quienes sufrieron los impactos del evento 25 M.

El presente estudio aporta con resultados empíricos que, a pesar de parecer evidentes y llevar a conclusiones que han sido mencionadas reiterativamente en investigaciones tanto a nivel nacional como internacional, no han logrado permear en forma suficiente u oportuna en las prácticas y políticas públicas que permitieran una mejora substantiva en la gestión y la reducción de riesgo de desastres.

Es importante señalar la valoración, por parte de los entrevistados, de la confianza y validación de distintos actores para transmitir y entregar información de la manera más eficientemente posible. Fue un factor crítico para las personas entrevistadas que la información entregada a los habitantes de Diego de Almagro y Chañaral no fue del todo clara y oportuna, limitando el fortalecimiento de resiliencia. Esto incidió en generar confusión y toma de decisiones, muchas veces poco asertivas, por parte de la población. Es por ello que es pertinente plantear si la entrega de información clara y oportuna por parte de instituciones públicas y otros actores con este rol, hubiese permitido tomar acciones distintas a las realizadas, como también más efectivas, de modo de disminuir los daños materiales, pero sobretodo la pérdida de vidas.

Chile es un país que no solo experimenta frecuentemente desastres de origen natural, sino también una diversidad de ellos, lo que pareciera que ha resultado en una población más resiliente que ha ido aprendiendo cómo reaccionar frente a este tipo de situaciones, basado en el conocimiento experiencial que han construido los habitantes de nuestro país, pero con un alto costo en términos de pérdidas. Sin embargo, esto no es suficiente para enfrentar un evento como el del 25M. Es por ello que es relevante reconocer y conocer los distintos tipos de conocimiento, como el local, experiencial y ancestral, siendo estos tan válidos como el conocimiento científico. Además, la integración de estos conocimientos, es la que permite construir una más completa historia del proceso, que sirva para captar la complejidad social de la realidad y, de la cual emerjan las respuestas más apropiadas para enfrentar los desastres y minimizar sus impactos.

Debido a lo anteriormente expuesto, entre otros argumentos, se puede explicar que de gran parte de las entrevistas emana una suerte de insatisfacción respecto del actuar de las autoridades, y que más allá de la evaluación precisa que se puede realizar, los entrevistados mantuvieron una percepción de fracaso respecto de la gestión a lo largo del evento. Lo anterior, desde un desconocimiento de la amenaza y una deficiente preparación, al no ser informados sobre la magnitud que podría alcanzar una inundación, desborde de río, aluviones y similares en la zona, hasta la misma fase de emergencia, donde se consideró que la información fue poco oportuna e insuficiente.

Por otro lado, la misma comunidad reconoce como un aprendizaje primordial la unión entre vecinos en una situación de emergencia como ésta, donde se valoró la capacidad de la comunidad de mantenerse unida frente a la adversidad y de cuidarse los unos a los otros. Este sentido de unidad es trascendental, pues sienta las bases sobre las cuales se puede construir resiliencia. Mantener los vínculos y el tejido social tiene el potencial de aumentar las posibilidades de estas comunidades de enfrentar de mejor manera los eventos extremos que puedan suceder en el futuro. Sin embargo, una de las instancias reconocidas como fundamental para mantener el tejido social, son las Juntas de Vecinos, en las cuales, según lo declarado por los entrevistados, hay poca participación. Se hace necesario estudiar entonces las razones por las cuales se produce este hecho, de manera de poder aumentar la participación de la población en estas instancias.

Es sabido que el ampliar la participación de actores, incluyendo no solo a un mayor a número, sino también a una diversidad mayor de estos, da la posibilidad de contar con una mayor

diversidad de ideas para enfrentar la incertidumbre asociada a los desastres de origen natural, sobretodo en un contexto de cambio climático. Es reconocido que, tanto en la práctica como en la literatura científica, aumentar la participación, es uno de pilares para la construcción de la resiliencia.

Los entrevistados destacaron que debiesen ser los municipios los encargados de transmitir información a la población, como la magnitud del evento, sin embargo, debemos recordar que los funcionarios municipales reaccionaron frente a la emergencia de la mejor manera posible y que probablemente tampoco conocían a cabalidad la magnitud, ni los conceptos técnicos que estaban relacionados al evento del 25M, y que difícilmente entonces podrían transmitir información con este nivel de complejidad a los vecinos. Al respecto, vale la pena reflexionar sobre cuál es el rol de los científicos en transmitir esta información, así como los esfuerzos que deben hacer éstos no solo para entregar información a quienes la necesitan de manera oportuna, sino también proporcionarla en formatos y lenguaje entendible, es decir traducida desde el lenguaje científico a un lenguaje accesible para los ciudadanos comunes. Por otra parte, es relevante considerar y consultar a las mismas comunidades respecto de qué información es de su propio interés, siendo este último aspecto pocas veces consultado. De este modo, resulta relevante consultar a las personas de la propia comunidad qué información necesitan o están interesados en recibir, de modo que se pueda avanzar no solo en la entrega de información unidireccional, sino también para que exista una mayor posibilidad que esta información se convierta en conocimiento accesible por parte de la población. Por último, es necesario poner atención a la llamada interfaz ciencia-política y sociedad, la cual requiere de un urgente acercamiento no solo a nivel central, en donde se han realizado avances, sino también, y especialmente, a escala local. Este trabajo coordinado, que debiese guiar las acciones futuras, no debiese dejar indiferente a los centros de investigación y universidades del país.

La información fue entregada a la comunidad principalmente durante la emergencia, y en una menor medida (casi nula), en la etapa de preparación para la comprensión de la amenaza. Es esta última fundamental de robustecer, de modo de lograr moverse desde la reactividad a la proactividad, y así fortalecer la resiliencia de la comunidad.

Por último, es importante mencionar que el presente estudio generó información de campo (Figura 10), que busca no solo contribuir a la teoría, por lo cual sería relevante realizar una devolución de esta misma información a quienes más la necesitan, es decir, la población vulnerable y expuesta a este tipo de desastres. Lo anterior, por ejemplo, a través de talleres o de la distribución del presente libro, de modo de aportar en la construcción de la resiliencia que permita disminuir el riesgo.

Finalmente, para futuras investigaciones se recomienda no solo recoger la opinión de los damnificados, sino también de otros actores relacionados a la gestión del desastre.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a los entrevistados por su generosidad y disposición en participar de la presente investigación. También agradecemos a los siguientes proyectos: "Red Unida" Plataforma Universitaria para el desarrollo de Atacama, financiado por el fondo U-Redes; y Apoyo a la sistematización de resultados de investigación, Desastre Atacama, financiado a través del fondo Programa de fomento a iniciativas interdisciplinarias y transdisciplinarias, FIT, 2015, ambos otorgados por la Universidad de Chile.

Figura 10. Fotografía de efectos del desastre del 25M en Diego de Almagro. Fuente: Dania Mena

Referencias

Aldunce, P., Beilin, R., Handmer, J., &Howden, M. (2015). Resilience for disaster risk management in a changing climate: practitioners frames and practices. *Global Environmental Change*, 30:1-11.

Aldunce, P., Beilin, R., Handmer, J., &Howden, M. (2016). Stakeholder participation in building resilience to disasters in a changing climate. *Environmental Hazard, 15*(1), 58-73.

Armitage, D., Marschke, M., & Plummer, R. (2008). Adaptive co-management and the paradox of learning. *Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions*, *18*(1), 86-98.

Bahadur, A., Ibrahim, M., & Tanner, T. (2010). The resilience renaissance? Unpacking of resilience for tackling climate change and disasters. *Strengthening climate resilience discussion paper 1*. Brighton: Institute of Development Studies.

Bird, D., Gisladottir, G., &Dominey-Howes, D. (2011). Different communities, different perspectives: issues affecting residents' response to a volcanic eruption in southern Iceland'. *Bulletin of Vulcanology*, *73*, 1209-1227.

Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, CNID. (2016). *Hacia un Chile resiliente frente a desastres, una oportunidad*. Informe a la Presidenta de la República Michelle Bachelet.

Collins, K., &Ison, R. (2009). Jumping off Arnstein's ladder: social learning as a new policy paradigm for climate change adaptation. *Environmental Policy and Governance*, *19*(6), 358-373.

Djalante, R., &Thomalla, F. (2011). Community resilience to natural hazards and climate change: a review of definitions and operational frameworks. *Asian Journal of Environment and Disaster Management, 3*(3), 339-355.

Gopalakrishnan, C., & Okada, N. (2007). Designing new institutions for implementing integrated disaster risk management: key elements and future directions. *Disasters*, *31*(4), 353-372.

Intergubernamental Panel of Climate Change,IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the F ifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. *In* Field, C. B., Barros, V. R, Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L.,Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. S., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R & White, L. L. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Lara, R., & Vides-Almonacid, R. (2014). *Sabiduría y Adaptación: El Valor del Conocimiento Tradicional en la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur*. Quito, Ecuador.

Nelson, D. (2011). Adaptation and resilience: Responding to a changing climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, 2(1), 113–120.

Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., &Pfefferbaum, R. L. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology, 41*, 127-150.

O'Brien, G., O'Keefe, P., Gadema, Z., & Swords, J. (2010). Approaching disaster management through social learning'. *Disaster Prevention and Management*, *19*(4), 498-508.

Paton, D., McClure, J., &Bürgelt, T. (2006). Natural hazards resilience: the role of individual and household preparedness. *In* Paton, D & Johnston, D (eds), *Disaster resilience: an integrated approach*. 105-212. Illinois, Springfield: Charles C. Thomas Publisher.

Paton, D., & Johnston, D. (2006) *Disaster resilience: an integrated approach*. Illinois, Springfield: Charles C. Thomas Publisher.

Schipper, L., &Pelling, M. (2008). Disaster risk, climate change and international development: scope for, and challenges to, integration. *Disasters,* 30(1), 19-38.

Tompkins, E. L. (2005). Planning for climate change in small islands: insights from national hurricane preparedness in the Cayman Islands. *Global Environmental Change, 15*(2), 139-149.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction, UN/ISDR. (2007). *Hyogo framework for action 2005-2015: building resilience of nations and communities to disasters*. Geneva

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, UNESCO. (2015) *¿Qué son los conocimientos locales e indígenas?* http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/priority-areas/links/related-information/what-is-local-and-indigenous-knowledge. Visitado: 10 enero 2016.

Desafíos y propuestas de políticas públicas ante riesgos y desastres socionaturales

Paulina Vergara Saavedra, Daniela Ejsmentewicz Cáceres, Juan Pablo Araya Orellana y Xenia Fuster Farfán

Resumen

Los aluviones de Atacama en 2015 implican no sólo un desastre socionatural, sino sobre todo una oportunidad para reformular cómo se elaboran e implementan las políticas públicas en Chile. El presente trabajo teoriza sobre la política pública ante el riesgo considerando las vulnerabilidades que se develan en dicho contexto (Handmer y Dovers, 2007; Wilches-Chaux, 1993). A partir de la evidencia que entregan los estudios de los capítulos anteriores sobre el evento de 2015, se realizan propuestas con el propósito de entregar recomendaciones para una política pública que incluya a las comunidades para enfrentar las catástrofes socio-naturales, en el entendido que esta inclusión es una manera efectiva de reducir las distintas vulnerabilidades presentes en los territorios. En particular, se explicitan sugerencias sectoriales sobre el contenido de las alertas, el rol de la escuela en la contención psicosocial de las comunidades afectadas, la perspectiva de género en los planes de reconstrucción así como también sobre los desafíos en temas habitacionales y de planificación territorial.

1. Introducción

Chile es un país conocido mundialmente como uno de los más sísmicos del planeta, solo comparable a Japón en los niveles de fuerza que los terremotos llegan a alcanzar en ese territorio. No obstante, nuestro país no se destaca solo por su sismicidad, sino que cada año se presenta a lo menos un evento catastrófico. En una revisión de desastres y catástrofes ocurridos en Chile entre 1541 y 1992, los autores Urrutia y Lanza (1993), identificaron más de 120 terremotos, 46 erupciones volcánicas y a lo menos 36 sequías, sin contar aluviones, inundaciones, incendios, entre otras. Sumado a lo anterior, el año que se produjeron los aluviones de Atacama, Antofagasta y Coquimbo (2015) también se vieron afectadas otras regiones por eventos críticos como el terremoto 8,4° Richter en la Región de Coquimbo, los incendios forestales en la región de Bio-Bio y Valparaíso, entre otros. Es así como la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos y Desastres (UNISDR) señaló ese mismo año que Chile se encontraba, a nivel mundial, entre los 10 países con más desastres y gastos asociados a éstos[27]. Es más, de acuerdo a fuentes del Ministerio del Interior[28], 13 de las 16 regiones existentes se encontraban en reconstrucción post-desastre (terremotos, volcanes, aluviones, incendios) durante el año 2017.

27 Artículo "Chile está entre los 10 país que más desastres y gastos asociados tuvieron en 2015" en el sitio oficial del Programa de Reducción de Riesgos y Desastres de la Universidad de Chile CITRID en el link https://citrid.uchile.cl/2016/09/28/chile-esta-entre-los-10-paises-que-mas-desastres-y-gastos-asociados-tuvieron-en-2015/ (revisado en septiembre de 2017)

28 Entrevistas a funcionarios del Ministerio del Interior, Archivo del Grupo de Investigación sobre Alianzas Público Privadas y desastre del Instituto de Asuntos Públicos INAP de la Universidad de Chile, realizadas en Agosto de 2017.

Tal como ya había ocurrido con la catástrofe post-terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010, el desastre de Atacama vino a mostrar una serie de desafíos para la política pública a partir del conocimiento sistematizado desde diferentes disciplinas tanto de las ciencias naturales como de las ciencias sociales. En el presente capítulo se analiza el conocimiento desarrollado por académicos de la Universidad de Chile y de la Universidad de Atacama tras el desastre del 25 de marzo de 2015 (también conocido como 25M), con el propósito de entregar recomendaciones para una política pública enfocada en las comunidades para enfrentar las catástrofes socio-naturales junto a la sociedad en su conjunto y no sólo basado en conocimiento técnico-científico. Los aluviones en Atacama se constituyen como un caso de estudio a considerar por los *decidores políticos* (*policy makers*) al momento de diseñar e implementar futuras intervenciones públicas en territorios propensos a distintos riesgos. También, este capítulo se constituye como un llamado desde la academia a integrar el componente de riesgo y desastre en los distintos sectores que componen la administración del Estado, considerando a las comunidades como actores relevantes para la reducción de las vulnerabilidades.

El presente trabajo se estructura abordando, en un primer momento, la discusión teórica sobre diseño e implementación de políticas públicas en contexto de desastre, de modo de contar con una posición teórica clara ante la evidencia recogida por los académicos y académicas en los diversos estudios que componen este libro. Luego, se identifican y analizan los distintos desafíos que presenta cada uno de los planteamientos de los investigadores para, en un tercer momento, realizar recomendaciones para la toma de decisiones en materia de política pública para la disminución del riesgo y mitigar futuros desastres.

2. Políticas públicas en contexto de catástrofes

Una de las principales debilidades en la respuesta de las instituciones públicas frente a eventos de catástrofes socio-naturales es que éstos son concebidos como eventos aislados, en un momento y un lugar determinado. Específicamente las instituciones públicas responden a través de lo que la literatura denomina como *gestión de emergencia* (*emergency risk management*). En general, la naturaleza de las instituciones públicas o de los programas y políticas públicas en torno a la gestión de emergencia no han sido diseñados con el objetivo de establecer estrategias de largo plazo, sino más bien como respuestas acotadas y contextualizadas, con muy poco énfasis en la prevención. Desde esta perspectiva, es menester desarrollar una mirada conceptual más amplia, con el objeto de prevenir, gestionar la emergencia y enfrentar el momento de la reconstrucción.

Al analizar las complejidades que conllevan los desastres estudiados en el presente siglo, Handmer y Dovers (2007) evidencian importantes desafíos frente a los cuales es necesario establecer estructuras de respuesta basadas en modelos de relación y jerarquías distintos a los utilizados para enfrentar otros tipos de problemas públicos. En específico, el problema que conlleva el enfrentar una situación de emergencia es definido por la literatura de política pública como un *problema retorcido* (*wicked problem*), concepto que nace como una crítica a los enfoques técnico-racionales, que pretendían que era posible dar respuesta a los problemas públicos a través de la predicción y planificación mediante sofisticados instrumentos y modelos numéricos desarrollados por tecnócratas (Rittel y Webber, 1973).

Claramente, las catástrofes y las emergencias, en los contextos actuales de gobernanza, desafían los modos tradicionales en los cuales se elaboran e implementan las políticas públicas. Para Hanmer y Dovers (2007) algunos de estos desafíos tienen relación con diferentes parti-

cularidades, entre las cuales señalan, por ejemplo, que la escala temporal y espacial en las que acontece una emergencia es ampliamente mayor que los espacios formales habituales en los que se desenvuelven normalmente las instituciones políticas y administrativas. En este sentido, las catástrofes tendrían características contradictorias: un largo tiempo de preparación para enfrentar emergencias versus una actuación en extremo rápido cuando ocurre el desastre. Desde otra perspectiva, las emergencias conllevan causas múltiples y que interactúan entre sí, pudiendo ser provocadas tanto por fenómenos naturales como por patrones de comportamiento de una comunidad, como se verá más adelante. Otro elemento reconocido por estos autores es una poderosa demanda de participación por una gran variedad de actores en diversos niveles, dentro de los que destacan las instituciones gubernamentales, actores locales, las comunidades, ONGs, entre otros. Junto con lo anterior, los desafíos de la respuesta a catástrofes está relacionado con reconocer la dimensión moral de ésta, ya que pueden existir valores en contradicción entre el gobierno y las localidades intervenidas como, por ejemplo, una mayor valoración por la recuperación económica promovida por el gobierno versus una mayor valoración por parte de la comunidad de la permanencia en un territorio, pese a los riesgos asociados a éste. Los autores destacan que esto implica reconocer e incorporar en la preparación y la respuesta ante emergencias, elementos como la vulnerabilidad y la resiliencia de la comunidad, incluyendo aspectos muchas veces no reconocidos como los valores espirituales, la cultura, las relaciones sociales y las actividades económicas informales de la comunidad.

Dentro de la literatura de la política pública, una de las aproximaciones que permite desarrollar un análisis más amplio es la denominada *Teoría del Proceso de las Políticas Públicas* (Theory of Policy Process) (Sabatier y Weible, 2014). De acuerdo a Howlett y Ramesh (2003) una de las ventajas de este enfoque es que permite clasificar en etapas la política pública analizando las complejidades de cada una de ellas y su interrelación con las otras etapas de su ciclo. Estas etapas son: definición del problema, diseño de política, implementación de política y finalmente la evaluación de política.

2.1. Definición del problema

La etapa de definición del problema tiene relación con cómo el problema es reconocido y estructurado por los actores de poder y los actores institucionales involucrados en la gestión de la emergencia. La definición del problema es una etapa fundamental ya que de ella dependen los objetivos e instrumentos que tendrá la política. En el caso de las políticas públicas de respuesta a emergencia, Handmer y Dovers (2007) argumentan que para lograr una apropiada definición de problema es necesario la creación de espacios de debate social con diversos actores de la comunidad local, el monitoreo continuo y autogeneración de conocimiento, la identificación causas directas e indirectas que producen vulnerabilidad y resiliencia, una evaluación del riesgo más abierta y que considere la incertidumbre, teniendo siempre presente que los distintos actores poseen diferentes grados de poder e influencia en la decisión.

En la definición del problema frente a situaciones de catástrofes socio-naturales deben estar incorporados el análisis de los factores institucionales y de las fuerzas sociales, históricas y económicas (Handmer y Dovers, 2007). Dentro de los factores institucionales se identifican diferentes problemas, como la falta de coordinación entre las distintas organizaciones que participan tanto en la prevención como en la respuesta a una situación de emergencia, o la asimetría en la distribución de poder, lo que dificulta el reconocimiento de la unidad de mando, entre otros

aspectos. En el caso de los factores sociales y económicos, es importante el reconocimiento de las comunidades vulnerables a las catástrofes y emergencias. Esta vulnerabilidad no necesariamente está vinculada con factores de pobreza, sino que puede tener relación también con una escasa conexión política, exclusión de oportunidades de empleo o falencias en la atención de salud, entre otras. En efecto, para Wilches-Chaux (1993) la influencia y cruce de distintos tipos de vulnerabilidades implican mayor o menor propensión a que un riesgo se transforme en desastre para las comunidades. El autor identifica 11 tipos de vulnerabilidades cuya reducción generaría una reducción considerable del riesgo socio-natural : a) vulnerabilidad natural de los ecosistemas (como podría ser una sequía); b) vulnerabilidad física que se presenta en casos de localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo y/o a las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de los riesgos; c) vulnerabilidad económica pues existe una relación inversamente proporcional entre mortalidad e ingresos en casos de desastre (a mayor ingreso menor mortalidad y vice versa); d) vulnerabilidad social según el nivel de cohesión social que existe al interior de las comunidades (a mayor cohesión, mayor capacidad de enfrentar el desastre para emprender acciones de recuperación); e) vulnerabilidad política que constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de las decisiones que la afectan; f) vulnerabilidad técnica (contar o no con expertos, conocimiento y tecnologías para enfrentar los riesgos); g) vulnerabilidad ideológica (las comunidades responden ante los desastres según sus concepciones del mundo, cosmovisiones, saberes locales); h) vulnerabilidad cultural (de acuerdo a los rasgos de "personalidad" de las comunidades, subjetividades que construyen su organización interna, y de los medios de comunicación masivos que en ellas influyen); i) vulnerabilidad educativa (que debería considerar la validez de las experiencias cotidianas para reducir las vulnerabilidades a las que la comunidad se enfrenta); j) vulnerabilidad ecológica (alcanzar un desarrollo sustentable, evitando alterar y destruir los ecosistemas); k) vulnerabilidad institucional (instancias reales de coordinación institucional para el manejo de desastres, entrenamiento permanente del personal directivo, consolidación de planes, actualización de la normativa y la información ad-hoc).

2.2. Formulación e implementación de política

Posterior a la definición del problema, la etapa de formulación de política tiene relación con el desarrollo y la selección de los mejores medios para dar respuesta al problema concebido inicialmente. Handmer y Dovers (2007) evidencian dos estrategias que se aprecian en la formulación: construir resiliencia en las comunidades (aproximación genérica) y la aplicación de mecanismos tecnológicos directos solamente enfocados en reducir el riesgo (aproximación específica). El promover la resiliencia y comunidades adaptativas conlleva abarcar áreas de la sociedad distintas a las que tradicionalmente son abordadas por la gestión de emergencia, como materias educacionales, por ejemplo, y no solamente acotar esta etapa a respuestas más tecnocráticas. En este sentido, quienes formulan la respuesta a las catástrofes naturales deben considerar qué hace más vulnerables a las comunidades.

La formulación también estará influida por el tipo de emergencia. En el caso de ser emergencias menores o rutinarias, los problemas pueden ser anticipados y planificados, debido a que existe un contexto de baja incertidumbre. Las estrategias ocupadas usualmente en estos casos son la reducción de la probabilidad de ocurrencia del evento, el establecer sistemas de prevención y alarmas, junto con la entrega de asistencia por parte del gobierno y organismos no guber-

namentales a la población afectada. En el caso de emergencias complejas, vale decir, aquellas emergencias que no pueden ser abordadas sólo por los medios locales, siendo necesario acudir a medios nacionales o internacionales de asistencia, una de sus principales características es la baja probabilidad de ocurrencia pero el alto impacto que provoca. En este caso, la respuesta de política debiese estar orientada hacia la construcción de resiliencia económica y social. En este contexto, la planificación y anticipación de largo plazo es fundamental y las respuestas deberán tener el componente de flexibilidad y adaptabilidad.

En relación con la implementación de la política, Handmer y Dovers (2007) señalan que pueden desarrollarse tres estilos de implementación: a) *coercitivo*, a través del cual el gobierno establece marcos regulatorios y procedimientos para prevenir los riesgos o enfrentar las emergencias; b) *cooperativo*, donde se busca integrar a la comunidad y los niveles de los gobiernos locales del Estado como aliados en la gestión de la emergencia c) *persuasivos,* con el objetivo de concientizar a las comunidades sobre los riesgos a través de la educación pública u otros instrumentos educativos.

2.3. Evaluación de política

Finalmente, la etapa de evaluación de política conlleva una observación continua de la efectividad de la política diseñada en base a información empírica, recolectada y analizada periódicamente. Específicamente, en materia de respuesta a catástrofes socio-naturales la evaluación y aprendizaje es un proceso crucial porque determinará la permanencia, ajuste o reemplazo de la política pública.

Sin duda, es importante destacar que a través de cada una de las etapas del proceso es pertinente la participación ciudadana, con el objetivo de alcanzar las metas inicialmente definidas en la política y con el fin que la comunidad la haga suya (Fuster, 2017; Imilan, Fuster y Vergara, 2015).

3. 25M: Evidencias de la vulnerabilidad de una política pública para enfrentar catástrofes

Uno de los elementos más distintivos al analizar la respuesta de las instituciones públicas a la catástrofe del 25M es la ausencia de una política pública integral, que incluya la prevención, la respuesta misma a la emergencia y el proceso de reconstrucción como un todo. Esto puede ser explicado en parte, porque el problema público definido por los *policymakers* es la situación de emergencia solamente, en un período de tiempo muy acotado, no incorporando en la definición factores preexistentes que podrían ser prevenidos o, por otro lado, porque la reconstrucción puede ser entendida solo como la reconstrucción de los bienes materiales afectados, no considerando otros factores como la estructura social y cultural impactada por esta catástrofe.

3.1. Vulnerabilidades de las acciones de prevención

Desde el punto de vista técnico, en el caso de la tormenta del 25 de marzo del 2015, se evidencia que no existía la capacidad técnica instalada en los organismos gubernamentales en distintos niveles para analizar las diferentes variables meteorológicas ni tampoco antecedentes sociales, como los registros históricos de eventos anteriores, el grado de vulnerabilidad de la población,

las bajas segregadas, las temperaturas, la altura geopotencial, el flujo de vapor de agua y los datos de precipitación, para utilizar esta información de modo tal de prevenir la magnitud del desastre. De esta forma, para poder considerar la mayor cantidad de escenarios posibles, se hace necesaria una investigación constante que permita monitorear el desarrollo de las diferentes variables, tanto físicas como sociales, que determinan el proceso de generación de riesgos. Este tema es abordado en el presente libro en el trabajo de Cartes y Lara (2018), en lo concerniente a la información necesaria para proyectar y realizar grandes obras de ingeniería. En efecto, al ser Chile un país con alto nivel de exposición al cambio climático, nuestro riesgo se ha modificado, siendo necesaria una actualización constante de la información determinante para calcular los periodos de retorno en el caso de las inversiones públicas.

En lo referente a las características del evento, Rondanelli *et al.* (2018), concluyen que la tormenta de marzo del 2015 ha sido la de mayor extensión desde 1980, teniendo un carácter inusual. Lo anterior demuestra que el riesgo es un fenómeno variable a lo largo del tiempo, de tal manera que, al momento de planificar la gestión del riesgo presente en un territorio, no basta considerar los escenarios probables, sino extender el análisis a la mayor cantidad de escenarios posibles.

Desde el punto de vista institucional, tampoco fue posible apreciar una coordinación intersectorial explícita entre los diferentes organismos del gobierno central, regional y local (Instituto Nacional de Derecho Humanos Chile, 2015). En específico, no existían planes preparados para hacer frente a posibles catástrofes y menos una definición del rol que deberían haber jugado los actores en estos casos. Más bien, lo que fue posible apreciar fue una marcada dependencia de las instrucciones que venían del nivel central, lo que provocó lentitud y descoordinación en la respuesta.

La falta de planes de prevención es apreciable también en la gestión de los instrumentos de planificación territorial que permitieron el crecimiento de la ciudad en áreas de peligro, generando escenarios de riesgo por la existencia de una disociación entre las políticas de ocupación territorial y las amenazas naturales presentes en la región. Lo anterior no es exclusivo de la región de Atacama, sino que es un fenómeno presente en diferentes asentamientos humanos en Chile (Romero, Hugo & Vidal, Claudia, 2014). Así, de la revisión de los instrumentos de planificación territorial y considerando lo señalado en los capítulos anteriores, se evidencia una falta de consideración de la real dimensión de las amenazas naturales existentes, de tal manera que es posible concluir que la ocupación de áreas de peligro se debe a una cierta indolencia o abierta ignorancia de los riesgos reales presentes en el territorio más que a una decisión expresa de asumirlos y gestionarlos. En efecto, en el caso de Copiapó, las académicas Castro et al. (2018), identifican la existencia de una tensión o conflicto territorial entre las necesidades de crecimiento de la ciudad y las necesidades de reducción de riesgo. Sin embargo, los estudios desarrollados en los capítulos anteriores, demuestran que esa tensión se ha "resuelto" invisibilizando u obviando la existencia de riesgos.

Esta falta de planificación territorial tiene relación tanto con el establecimiento de asentamientos para población, como también en la definición de zonas industriales. En el caso particular de la Región de Atacama esto cobra mayor relevancia por la actividad minera que se desarrolla en este territorio, y las subsecuentes externalidades negativas producto de la contaminación[29]. En el caso de Copiapó, a partir del estudio de Castro et al. (2018), es posible concluir que la actividad económica generó una intervención en la cuenca hidrográfica en el valle del río

29 Al respecto se puede consultar Yurisch Toledo, Telye, 2016.

Copiapó, produciendo una modificación en su dinámica natural. Sumado a lo anterior, en la ciudad ocurrió un fenómeno de urbanización de quebradas que históricamente se activan ante lluvias extremas (como ocurre en el caso del sector Distrito Cerro) y la ciudad creció de una forma tal que se encontró expuesta a inundaciones por las crecidas de los ríos Copiapó y la quebrada de Paipote, en particular el sector del Llano de Chamonate. Así, no es de extrañar que las áreas con mayores daños en vivienda correspondan con las zonas de mayor acumulación de agua y fango, como lo son los sectores de Paipote, población Los Pintores, Centro y Alameda-Juan Martínez, que en su mayoría son también los sectores más pobres.

3.2. Fragilidades en la gestión de la emergencia

En lo concerniente a las fragilidades encontradas en torno a la gestión de la emergencia, estas subyacen en la falta de acciones previas de prevención. Por ejemplo, en la comunicación del riesgo y en particular la emisión de alertas, es interesante considerar lo expuesto en la investigación realizada por Aldunce et al. (2018), quienes concluyen que las personas no lograron entender el significado de las alertas emitidas por la autoridad pública, lo que no les permitió tomar suficientes medidas de resguardo. Al respecto, es importante tener presente que el sistema frontal se desarrolló a lo largo de varios días (del 23 al 27 de marzo del 2015), generándose la situación de desastre el día 25 de marzo. Así, durante el primer día de lluvias, las reacciones de las personas fueron de curiosidad o incluso alegría al ver que lechos de ríos secos durante años, volvían a tener agua[30]. Sin embargo el escenario cambió radicalmente cuando, producto de las lluvias, se activaron 190 quebradas generando 17 aluviones y crecidas de ríos con las trágicas consecuencias ya conocidas.

A lo largo del desarrollo del evento, se decretaron diferentes alertas[31] por parte de la autoridad pública[32]. En términos generales, las alertas dependían del Centro de Alerta Temprana (CAT) de la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI), el cual tiene presencia regional. Así, el CAT recibe las informaciones de los diferentes servicios técnicos que monitorean amenazas[33], las

30 Sobre este tema, se puede consultar Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2015, p. 26.

31 Según el informe emitido por la Oficina Nacional de Emergencia, la cronología fue la siguiente (Oficina Nacional de Emergencias, 2015):

El día domingo 22 de marzo del 2015 a las 13:25 horas se declara alerta temprana preventiva para la región de Atacama.

El día lunes 23 de marzo del 2015 la alerta preventiva se extiende a las regiones de Antofagasta y Coquimbo.

El martes 24 de marzo del 2015 a las 6:10 am se declara alerta amarilla para Atacama. Luego, a las 23:35 se declara alerta roja para la comuna de Alto del Carmen.

El miércoles 25 de marzo del 2015 se declara alerta roja para la región de Atacama y se declara Estado de Excepción Constitucional para la región de Atacama.

32 La determinación y emisión de alertas se encuentran reguladas en el Decreto 156 del Ministerio del Interior, en particular su anexo 5, el cual determina la forma en la que se emiten las alertas, la definición de su extensión territorial y señala la caracterización de cada grado de alerta siguiendo una guía de colores similar a los semáforos. Así, la alerta amarilla corresponde cuando una "amenaza crece en extensión y severidad, lo que lleva a suponer que no podrá ser controlada con los recursos locales habituales, debiendo alistarse los recursos necesarios para intervenir, de acuerdo a la evolución del evento destructivo". Por su parte, la alerta roja "se establece cuando una amenaza crece en extensión y severidad, requiriéndose la movilización de todos los recursos necesarios y disponibles, para la atención y control del evento destructivo".

33 Los organismos técnicos que colaboran con el CAT son Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Arma-

cuales son evaluadas para luego determinar la necesidad de emitir alertas según las características y extensión de los eventos. Por lo tanto, se aprecia en este caso la necesidad de robustecer la capacidad de observación que tienen los órganos que colaboran con el CAT, así como de la mantención, fluidez y rapidez de las comunicaciones y del apoyo de las autoridades regionales y locales para la transferencia de la información a la población afectada.

3.3. Aproximación material de la reconstrucción

El modelo de reconstrucción del 25M está casi exclusivamente enfocado en la recuperación de la pérdida material, sin mayor consideración de los factores sociológicos, psicológicos y /o políticos relacionados con los modos de vida de la comunidad afectada por el desastre. Dicha forma de reconstrucción es reiterativo en nuestro país[34] y, en este sentido, el caso del 25M reitera la necesidad de incorporar a la población en el diseño, implementación y evaluación de las políticas de reconstrucción a través de mecanismos participativos apropiados. En este contexto, los capítulos anteriores invitan a una reflexión sobre el rol de los colegios y escuelas en los procesos de reconstrucción luego de una catástrofe, la aplicación de perspectivas de género en el diseño de planes y proyectos de reconstrucción, junto con la importancia del tejido social de los afectados en el proceso. El trabajo de Tacan et al. (2018) y el de Pérez et al. (2018), demuestran cómo la escuela es un espacio de construcción de resiliencia, no solo para los niños que son estudiantes, sino también para toda la comunidad escolar. En lo concerniente al rol de las mujeres en el proceso de reconstrucción, el trabajo Guzmán et al. (2018) concluye que las mujeres experimentaron un cambio de rol con ocasión del desastre. En efecto, en los casos estudiantes las mujeres se enfrentaron a dos tipos de situaciones: o mantenían su actividad laboral, a lo cual se sumaba su trabajo dentro del hogar (muchas veces perdiendo la ayuda de las personas que las asistían en estas labores y que fueron también afectadas por el desastre) generándose una sobrecarga en su rol o abandonaban sus actividades remuneradas fuera del hogar dedicándose al cuidado de la familia, pasando a depender económicamente de sus maridos. En ambos casos, en un contexto de catástrofe y posterior reconstrucción, la vulnerabilidad de la mujer aumentaba.

Además de su análisis sobre el rol de la mujer, las autoras se refieren a la importancia de las relaciones comunitarias. En este sentido, sus estudios analizan el desplazamiento forzado de familias en Copiapó e identifican la importancia de "la red de apoyo" de la familia al momento de tomar la decisión de migrar de la zona del desastre (Guzman et al., 2018). De la lectura de su trabajo, se puede identificar la importancia del tejido social como espacio de contención, ayuda y de formación de resiliencia de las personas afectadas. A su vez, se evidencia la importancia de trabajar en la recuperación de los medios de vida, como una de las formas de mantener los tejidos sociales del territorio y considerar los saberes de la comunidad al momento de diseñar estrategias de reconstrucción.

Luego de concluida la emergencia, en el mes de noviembre del 2015, el Gobierno Regional junto con la División de Desarrollo Regional de Subsecretaría de Desarrollo Regional y Adminis-

---

da, Centro Sismológico Nacional, el Servicio Nacional de Geología y Minería dependiente del Ministerio de Minería, Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, la Red de Vigilancia Volcánica, la Corporación Nacional Forestal y la Dirección del Territorio Marítimo de la Armada de Chile. Para mayores antecedentes, se puede consultar http://www.onemi.cl/cat/.

34 Al respecto, se puede consultar Cares, Carolina, Imilan, Walter, & Vergara, Paulina, 2011 y Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014.

trativo, presentaron el Plan de Reconstrucción para la Región de Atacama (Gobierno de Chile, 2015). Dicho plan tiene como ejes estratégicos las obras públicas e infraestructura, el fomento productivo, la vivienda y espacios públicos y el saneamiento sanitario[35]. A su vez, este plan señala que su proceso de creación fue participativo (División de Desarrollo Regional, 2015, p. 22), liderando el trabajo de elaboración el Gobierno Regional e involucrando a los Municipios de las zonas afectadas. Si bien es importante la elaboración del plan de reconstrucción, el plan de la región de Atacama aparenta tener un enfoque de reposición y estar centrado en medidas de carácter estructural. En efecto, si bien se menciona la intención de elaborar nuevamente los planes reguladores comunales de las zonas afectadas (División de Desarrollo Regional, 2015, p. 17), el plan no se hace cargo de una perspectiva de género ni del fortalecimiento del tejido social más allá de enunciar que se buscará la participación sin especificar el tipo y modo de ésta. En este sentido, es importante tener presente que las catástrofes son una oportunidad para reconstruir mejor con el objetivo de lograr el desarrollo de las regiones afectadas, y que la participación activa de las comunidades afectadas es una forma eficiente de reducir las vulnerabilidades sociales, políticas, ideológicas y culturales, puesto que dichas comunidades se transforman en actores principales de la reconstrucción y la prevención de riesgos. Por ello, a continuación se plantean consideraciones sobre cómo desarrollar políticas públicas de gestión, luego de la catástrofe del 25 de marzo del 2015.

4. Desafíos y propuesta de política pública

A la luz de la evidencia académica que este libro recoge y de las recomendaciones que los expertos a nivel internacional destacan para el diseño e implementación de políticas públicas en caso de desastre, se han podido definir algunos retos a los que el caso de Atacama, invita a responder en términos de acción pública. Sin embargo, a partir del análisis del conjunto de estudios sobre el desastre 2015 en Atacama y sobre todo considerando la particularidad de Chile de ser un país propenso a las catástrofes, se plantean a continuación propuestas para una política pública integral que no sólo pueden ser un insumo para la reconstrucción y prevención de riesgos de la región de Atacama sino a nivel nacional.

4.1. Conocimiento y visión integrada del riesgo

Como se ha señalado anteriormente, el desastre 25M es el resultado de un proceso de vulnerabilidad global ante el riesgo en un escenario de desigualdad ecológica. En este contexto, todo intento por reducir el riesgo de la región debería considerar prioritariamente acciones de largo plazo, más allá de los gobiernos locales y nacionales de turno, de modo de reducir en general el riesgo a niveles tolerables y distribuirlos de manera equitativa.

El primer paso de este proceso de reducción del riesgo debería ser la identificación del mismo. En esta línea, se considera de vital importancia desarrollar y promover la investigación

35 Sobre este punto, es necesario hacer presente que los aluviones generaron una crisis sanitaria sin precedentes en la historia de la región, al colapsar las redes de alcantarillado y de distribución de agua potable de las ciudades afectadas. Dicha crisis fue enfrentada con especial entrega por los funcionarios de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Para mayores antecedentes, se puede consultar la publicación "25/M-Atacama: Estado de catástrofe. Tarea: dar agua y alcantarillado a la población", disponible en http://www.siss.cl/577/w3-printer-12085.html .

sobre el territorio y sus riesgos, de tal manera de contar con insumos objetivos, respaldados académicamente, tanto para adoptar decisiones de diseño e implementación de políticas y programas, así como también para mantener un seguimiento y evaluación constantes. Por ejemplo, se considera necesario contar con instrumentos que permitan determinar tempranamente las áreas de afectación por eventos hidrometeorológicos para así reducir el tiempo de respuesta en emergencias (Comité Científico Técnico, 2015, p. 24)[36].

Cabe destacar que luego del 25M, se han evidenciado algunos aprendizajes institucionales en este ámbito, por ejemplo el Ministerio del Medio Ambiente ha licitado estudios para contar con diagnósticos y evaluaciones sobre la región[37]. No obstante, un nuevo desafío que surge a partir de lo anterior, se refiere a la publicación y conocimiento por parte de la ciudadanía, junto con el modo cómo se incorporan a la acción pública las sugerencias de dichos diagnósticos (mapas de riesgo, los planes de descontaminación, los planes reguladores comunales, planes regionales de ordenamiento territorial). En paralelo, se requiere contar con información permanentemente actualizada, sin perder los datos que permitan re-trazar la historia de riesgos del territorio, lo que implica un ejercicio de observación y análisis constante, puesto que el riesgo es dinámico. Se sugiere entonces, instalar y desarrollar capacidades investigativas especializadas en reducción de riesgos en cada una de las regiones, lo que permitiría una evaluación regional constante y coordinada de las políticas que se implementen considerando vulnerabilidades, amenazas y el monitoreo de éstas, por ejemplo.

Es preciso señalar que una mirada integral de las políticas públicas implica no sólo fomentar investigación propia de las ciencias naturales e ingeniería (geología, meteorología, hidrología, etc.), sino que es también indispensable realizar investigaciones que permitan conocer los efectos sociales de los desastres así como su prevención, reduciendo de este modo los distintos tipos de vulnerabilidades. Considerando que la reducción de riesgos es un *problema retorcido* (*wicked problem)*, la investigación aplicada debe ser indiscutiblemente transdisciplinaria. Para ello, se recomienda fortalecer y potenciar el trabajo de las universidades de la región, en particular de las instituciones públicas, lo que se puede alcanzar mediante fondos tanto del Gobierno Regional como del Gobierno Central por medio, por ejemplo, de la Comisión Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT).

Sobre este punto, si bien es posible solicitar apoyo del sector privado en el financiamiento de actividades de investigación, es recomendable que la principal fuente de financiamiento sea pública considerando que existen bastantes tensiones entre algunos privados presentes en las regiones y la población en general[38] (como ocurre en sectores como la minería o la industria forestal). Así, para no comprometer la credibilidad de las investigaciones ante los ojos de la opinión

36 Sobre este punto, es de especial importancia considerar lo señalado por el Comité Científico Técnico de la Oficina Nacional de Emergencia, en su informe "Análisis Multisectorial Eventos 2015: Evento Hidrometeorológico marzo – Terremoto/Tsunami Septiembre" el cual está disponible en http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/1744

37 Algunos de estos estudios sobre la situación de la región fueron: "Propuesta de medidas para gestionar las matrices ambientales afectadas por la catástrofe ocurrida en la zona norte del presente año", "Diagnóstico y Evaluación de Potenciales Riesgos en las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla" y "Diagnóstico y Evaluación de Potenciales Riesgos en las comunas de Chañaral y Diego de Almagro".

38 Sobre este tema, se puede consultar el informe del Instituto Nacional de Derechos Humanos, "Informe Misión de Observación a las Comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Chañaral", en particular las páginas 34 y siguientes. El documento se encuentra disponible en http://bibliotecadigital.indh.cl/handle/123456789/883

pública, en caso de contar con financiamientos privados se recomienda la mayor transparencia, y en lo posible crear un fondo común destinado a investigaciones relevantes en la materia con criterios objetivos y transparentes de asignación.

Adicionalmente, para responder a la vulnerabilidad tecnológica y educativa es necesario invertir para construir redes de investigación con universidades nacionales y extranjeras, que cuenten con capital humano y tecnologías para apoyar y desarrollar el monitoreo y modelamiento de riesgos, permitiendo la instalación de dichas capacidades en la región a mediano y largo plazo. Junto con lo anterior, se quiere destacar que una medida imprescindible para reducir las vulnerabilidades educativas, ideológicas y culturales es complementar la información emanada de estudios especializados con los saberes locales de las comunidades expuestas a la amenaza, en particular los relatos de las víctimas de los eventos. Al respecto, como se desprende del trabajo de Vargas y Ortega (2018) expuesto en este libro, los registros y las narraciones locales de las catástrofes tienen un importante valor histórico y científico, precisando los resultados que pueden obtenerse a partir de su comparación con mediciones e índices climáticos de carácter regional y global. Por ello, se recomienda fuertemente, fomentar una preocupación constante por identificar y sistematizar los registros de saberes colectivos así como los relatos individuales de las personas afectadas.

Por otro parte, se insiste en la necesidad que la información no solo debe estar a disposición de las autoridades y decidores públicos, sino que debe ser conocida por la población en general, de manera fácil y accesible. En este sentido, se destaca como avance la Plataforma en internet de ONEMI que informa sobre las amenazas presentes en los territorios[39], aunque es recomendable que ésta sea complementada incluyendo otras amenazas (hasta el momento sólo se informa sobre las amenazas de incendios forestales, tsunamis y erupciones volcánicas), considerando también los relatos y experiencias de los habitantes de cada localidad. Para ello, se propone coordinar un trabajo conjunto con la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM), con objeto de tener un registro de acceso permanente sobre los desastres naturales en Chile, su historia y evolución.

4.2. Inclusión de la perspectiva de reducción de riesgo de desastre en las Estrategias Regionales de Desarrollo.

La actual Estrategia Regional de Desarrollo abarca un período de 10 años, desde el 2007 al 2017 (Gobierno Regional de Atacama, 2007), por lo que se recomienda presentar una nueva estrategia que recoja elementos de gestión de riesgo de desastre, en particular aquellos relativos al ordenamiento territorial. En este sentido, se propone que la estrategia considere dos escenarios: uno de prevención y otro que contemple escenarios de eventos dañinos en diferentes grados (desastre, catástrofe, cataclismo), de modo que se pueda identificar las características, probabilidades y zonas críticas de ocurrencia de dichos daños. El considerar escenarios adversos por eventos naturales o antrópicos en la Estrategia Regional de Desarrollo implica un ejercicio de planificación que, de ser apropiadamente realizado, puede permitir a la autoridad pública

39 En efecto, en la página web de la Oficina Nacional de Emergencia se encuentra a disposición del público una aplicación gráfica llamada "Visor Chile Preparado" que permite consultar sobre la presencia de las amenazas naturales por erupciones volcánicas, tsunamis e incendios forestales en cualquier ubicación del territorio nacional. La aplicación se puede utilizar en el siguiente enlace: http://www.onemi.cl/visor-chile-preparado/

anticipar daños, reconocer vulnerabilidades y hacer de los desastres una oportunidad real para el desarrollo regional. Si se planifica considerando la eventual ocurrencia de eventos dañinos o desastres, se da el primer para paso para el diseño de una reconstrucción asertiva pues permite priorizar eventuales acciones ante emergencias.

Sobre este punto, cabe destacar que la Estrategia Regional de Desarrollo 2007-2017 de la región de Atacama se acerca, de manera indirecta, a una perspectiva de reducción de riesgos de desastres en tres de sus lineamientos[40]:

a) Lineamiento 3 sobre promoción de la investigación e innovación.

"Descripción lineamiento: Capacidad del sector público y privado para impulsar y llevar a cabo los procesos mediante los cuales productos, procesos productivos y servicios desarrollados en base a nuevos conocimientos o a la combinación novedosa de conocimiento preexistente, son introducidos eficazmente en los mercados y en la vida social.

Objetivos generales:

1. Desarrollar procesos L+D-+i en diferentes sectores, la mayoría de ellos en la actualidad ajenos a este proceso y que son relevantes para la región, como los son el área social, educación, salud, medio ambiente, energías renovables no convencionales (ERNC) y recursos hídricos.

2. Desarrollar L+D+I para potenciar el desarrollo de sectores productivos que contribuyan a una diversificación de la base económica regional y para darle sustentabilidad a su explotación y procesos productivos" (p.47).

b) Lineamiento 6 de integración y ordenamiento del territorio para un desarrollo armónico.

"Descripción del lineamiento: Se refiere a la forma en que es gestionado y utilizado el territorio de la región, tanto física como espacialmente, así como también sus recursos naturales, caracterizando y otorgando una fisonomía particular a los espacios intervenidos por el hombre y afectando la competitividad y desempeño de su tejido empresarial.

Objetivos generales:

1. Gestión integrada del territorio de Atacama que artículo en forma coherente los distintos instrumentos regulatorios del uso del suelo.

2. Crecimiento de las ciudades armónico y sustentable, que considera la disponibilidad del recurso hídrico."(p.63).

c) Lineamiento 9 sobre el medio ambiente para el desarrollo sostenible.

"Descripción del lineamiento: La Región de Atacama es una de las regiones del país que concentra los mayores porcentajes de inversión privada y que consecuentemente tiene una dinámica actividad económica-productiva. En este marco y considerando la percepción de los ciudadanos respecto al impacto ambiental de estas actividades económicas, resulta relevante fomentar y velar por un proceso de desarrollo regional que resguarde el equilibrio medioambiental.

40 A continuación se transcribirán partes de la Estrategia Regional de Desarrollo 2007-2017 de la región de Atacama. Para mayor abundamiento, se puede consultar el documento completo en la siguiente dirección: http://www.subdere.gov.cl/documentacion/atacama-periodo-2007-2017-estrategia-regional-de-desarrollo-regi%C3%B3n-de-atacama-0

Objetivos generales:

1. Fortalecer la institucionalidad regional encargada de la planificación e implementación de las Políticas Públicas de Medioamente de Atacama.

2. Gestionar el uso sustentable del patrimonio natural regional, promoviendo el desarrollo de una Educación para la Sustentabilidad y garantizando el acceso a la información ambiental" (p. 81).

Considerando estos lineamientos y que la gestión de riesgos es un elemento necesario para lograr el desarrollo sostenible, es posible incluir la perspectiva de reducción de riesgos de desastres en las Estrategias Regionales de Desarrollo ampliando la concepción que generalmente se tiene sobre la "gestión ambiental". En efecto, los temas ambientales no sólo dicen relación con la protección al medio ambiente, sino con el entendimiento de los procesos naturales que, de no ser comprendidos y considerados, pueden ocasionar importantes daños a los asentamiento humanos. En esta línea, se requiere entonces que las Estrategias Regionales de Desarrollo contengan definiciones claras y precisas de lineamientos, objetivos y metas (entendidas éstas como indicadores de logro), adaptadas a las necesidades priorizadas de la región. Por lo tanto, el cumplimiento de metas en reducción del riesgo de desastres, así como la realización de trabajo intersectorial entre los distintos órganos públicos relacionados a dichas metas, debería asociarse a las evaluaciones del desempeño del sector público[41].

4.3. Implementación de políticas de descontaminación y manejo de pasivos ambientales

Como ya se ha señalado en los trabajos de los investigadores Cortés y Tchernitchin (2018), así como en el de Cáceres y Yohannessen (2018), de ellos se desprende la urgencia de planes de descontaminación y manejo sustentable del territorio, sobre todo en aquellas zonas directamente relacionadas con actividades mineras por constituirse una amenaza para la salud de la población. Al respecto, se refuerza la necesidad de profundizar aún más esfuerzos tales como la elaboración de la Política Ambiental para el Desarrollo Sostenible de Atacama (2000) y los objetivos del lineamiento 9 sobre Medio Ambiente para el Desarrollo Sostenible de la Estrategia Regional de Desarrollo del 2007-2017.

La prioridad respecto de este tema se hace evidente al considerar el informe de la Misión de Observación de Copiapó, Tierra Amarilla y Chañaral del Instituto de Derechos Humanos (2015), pues en él se señala que la situación de contaminación de las ciudades y sectores en estudio podrían constituir una amenaza de vulneración de los derechos a un medio ambiente libre de contaminación; a la salud; a la integridad física y psíquica; a la vida; al trabajo; a la educación de niños y niñas; al máximo desarrollo material, espiritual y psicológico; a la vivienda adecuada; al agua y al saneamiento y al acceso a la información (Instituto Nacional de Derecho Humanos Chile, 2015, p. 6). Como lo refuerzan las investigaciones incluidas en el presente libro, la situación

41 Sobre este punto, es interesante considerar las evaluaciones realizadas sobre el Programa de Mejoramiento de la Gestión del sector público. En particular, destaca el trabajo realizado por el Centro de Sistemas Públicos del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile en su informe de junio del 2016 llamado "Estudio de Diseño e Implementación de los Incentivos Institucionales del Sector Público", el cual se puede consultar en http://www.sistemaspublicos.cl/2016/09/19/estudio-diseno-e-implementacion-de-los-incentivos-institucionales-del-sector-publico/ .

de los pasivos ambientales es un elemento que agrava el riesgo de la zona, configurando un escenario de multi-amenazas para los habitantes de la región.

4.4. Sugerencias sectoriales: sobre el contenido de las alertas, el rol de la escuela en la contención psicosocial de las comunidades afectadas, la perspectiva de género en los planes de reconstrucción y los desafíos en temas habitacionales y de planificación territorial.

Sobre el contenido de las alertas

Como se mencionó anteriormente, se recomienda que las alertas no sólo entreguen información sobre las características del evento, sino que precisen cómo dicho evento se materializará en las zonas afectadas. Esta sugerencia implica importantes desafíos, tanto de carácter técnico como de preparación de estrategias de comunicación del riesgo, puesto que la precisión de la información no tiene en absoluto como fin la generación de pánico en la población, sino más bien la entrega de antecedentes para la toma de decisiones asertivas por las autoridades y el autocuidado de las personas más vulnerables, de tal manera que éstas últimas sean consideradas como actores relevantes de los procesos y no como potenciales víctimas pasivas, objetos de la gestión de la emergencia.

Cabe recordar que el desastre del 25M provocó la muerte de 31 personas y 16 desaparecidos (Comité Científica Técnico, 2015, p. 6), lo que refuerza la necesidad en la mejora de emisión de alertas así como el contenido de las mismas (localización de lugares seguros y evacuación de zonas de alto riesgo, posibles alcances, etc.). Con respecto a esta recomendación, se quiere hacer un alcance para la inclusión de personas con capacidades diferentes así como para extranjeros presentes en las zonas de riesgo. Es necesario considerar la accesibilidad a la información, sobre todo durante la emergencia, de personas en situaciones de sordera, ceguera, baja movilidad u otros, y además considerar que Chile se ha transformado en un polo tanto de inmigración como de turismo, por lo que la información debe ser comprensible para población extranjera. Sin embargo, y haciendo una relación con las sugerencias anteriores, la precisión y efectividad de las alertas dependerá sobre todo de la investigación previa sobre riesgos presentes en la zona, así como de la preparación de la población local por medio de campañas educativas, relevar los saberes locales y realizar regularmente ejercicios de simulacros[42].

Sobre el rol de las escuelas en el trabajo psicosocial de las comunidades afectadas.

Como se ha señalado en lo referente a la vulnerabilidad educativa, cultural e ideológica, especialmente en el trabajo sobre escuelas de Pérez et al. (2018), las comunidades educativas son de vital importancia en el proceso de rehabilitación, aprendizaje del riesgo y reconstrucción post-catástrofe. Lo anterior no sólo por el trabajo de cuidado de los niños sino porque se constituyen como centros sociales, que reúnen a una comunidad local en torno a la comunidad educativa (docentes, estudiantes, familias y cuidadores). Por ello, se recomienda evitar el constante uso de las instalaciones de escuelas y liceos como albergues o refugios, y más bien entregar tiempo y herramientas a las comunidades escolares para procesar la experiencia del desastre, aprender

42 Sobre este punto, cabe destacar que la Oficina Nacional de Emergencias cuenta con un calendario de simulacros dentro de su programa "Chile Preparado". Para mayores antecedentes, se puede consultar el siguiente enlace: http://www.onemi.cl/simulacros/

de ésta y reconstruirse en lo simbólico además de lo material. Así, se apuesta por la promoción del espacio de trabajo escolar para reponerse de la experiencia traumática vivida, no sólo en beneficio del estudiante sino de toda la comunidad. Si bien suele considerarse positivamente el reinicio de las jornadas escolares, se requiere reformular las actividades que la comunidad realiza al retomar el semestre/trimestre. En ese sentido, se recomienda que no se busque retomar la programación académica regular, sino destinar tiempo al trabajo terapéutico sobre los impactos emocionales del desastre en la comunidad. Para implementar esta propuesta, no sólo se requiere prestar apoyo metodológico a los equipos docentes, sino que es necesario sobre todo formalizar dicha labor por parte del Ministerio de Educación, de tal manera que las horas destinadas a este tipo de trabajo sean imputadas a las jornadas laborales regulares, reciban su remuneración y no se los considere como un mero trabajo voluntario cuya realización queda a discreción de cada institución. Para esto, también se recomienda que, luego de la declaración de una zona de catástrofe o de estado de excepción constitucional de catástrofe ante cualquier desastre se implemente, como política permanente del Ministerio de Educación, la realización de un trabajo terapéutico en la comunidad escolar antes que el reinicio de las actividades planificadas por los programas escolares regulares.

Respecto de la perspectiva de género en las actividades de reconstrucción

En el capítulo concerniente a comunidades y desastre de Guzmán et al. (2018), se hizo referencia a la fuerte presión sobre las mujeres puesto que, además de responsabilizarse por sus respectivos hogares, deben lidiar con el proceso de reconstrucción mientras los hombres se ven obligados a seguir trabajando o buscar urgentemente trabajo (incluso fuera de la región). Sobre este punto, es preciso señalar que, incluso antes del desastre, la situación de las mujeres en Atacama era crítica por ser sobre exigida. Así, la mujer es jefa de hogar principalmente en Chañaral (31,8%) y Freirina (32,6%) las cuales superan el promedio nacional del 29,7% (informe 2008, Fundación para la Superación de la Pobreza), siendo la primera de dichas comunas gravemente afectada por el aluvión del 25 de marzo del 2015.

Al respecto, la sobre-exigencia de la mujer no es un fenómeno nuevo en los procesos de reconstrucción (Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014, p. 37), por lo que se propone entonces, reformular la sobrecarga de las mujeres para promover la igualdad de género también en las políticas ante desastres. Se recomienda fomentar el cuidado de niños, enfermos y adultos mayores, que continuamente recae sobre las mujeres, hacia un cuidado comunitario en caso de catástrofes. Por ello, se sugiere fomentar políticas públicas que motiven y validen la igualdad de género tanto para espacios públicos (como liderazgos en proceso de reconstrucción) así como en espacios domésticos, de tal manera que no se genere una sobrecarga en el rol de la mujer sino una distribución equitativa de las diferentes tareas que deben asumirse en los procesos de emergencia y reconstrucción.

Desafíos habitacionales y ordenamiento territorial

El apropiado ordenamiento del territorio sigue siendo una de las problemáticas más relevantes en Chile (al respecto Precht, Reyes & Salamanca, s.f.) , siendo uno de los factores más críticos relativos a la generación del riesgo (Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2016). Así, durante la emergencia se requiere contar con territorios seguros para localizar las viviendas de emergencia, pero en tiempos de "vida cotidiana" sigue siendo un proceso complejo. En efecto, considerando el resultado de las investigaciones del presente libro,

el desarrollo de ciudades disociado de las amenazas presentes en sus territorios, se encuentra al origen de uno de los grandes problemas de la región de Atacama (así como también se ve en zonas costeras por riesgos de tsunami o asentamientos cerca de volcanes, etc.), sin contar que ya Chile se encuentra en un contexto de cambio climático donde las amenazas (lluvias intensas, marejadas, etc.) se ven agudizadas.

De esta forma se recomienda urgentemente considerar las dinámicas socio-naturales de manera holística, de modo que la acción pública y los instrumentos de planificación referentes a asentamientos humanos, incluyan un claro manejo integrado de las cuencas hidrográficas. Si bien existen avances en la materia[43], el actual diseño jurídico para el ordenamiento territorial es extremadamente atomizado, existiendo diversos organismos e instrumentos con competencia para regular el uso del territorio, sin tener una obligación legal de coordinación (Departamento de Políticas y Descentralización, 2013). Por lo tanto, para lograr los objetivos señalados en dicho documento guía, se propone reforzar un trabajo conjunto y de largo plazo entre los Municipios de la zona, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la Dirección General de Agua, el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio del Medio Ambiente, junto con ciertas organizaciones privadas (como juntas de vigilancia o asociaciones de canalistas), además de aquellas instituciones con competencia en los territorios costeros en el caso de cuencas hidrográficas que tengan desembocadura en el mar.

Además de los problemas propios del modelo sectorial en la gestión de las cuencas hidrográficas (Ossandón, 2012), es necesario considerar las situaciones de viviendas regularizadas (es decir, que no se encuentran en situación de informalidad) ubicadas en zonas de riesgo. En aquellos casos, donde existe un derecho de propiedad consolidado en suelo riesgoso, deberán considerarse diversas estrategias de mitigación y transferencia del riesgo, siendo la relocalización la más extrema. No obstante, cualquier medida que se tome al respecto debe ser previa entrega de información veraz, completa, oportuna y comprensible a los propietarios, quienes deberán estar conscientes de los riesgos a los que se enfrentan, así como también de procesos participativos en que las comunidades puedan ser actores relevantes de las soluciones que se planifican.

Finalmente, luego de la catástrofe del 2015 se comprometió la revisión de los planes reguladores comunales de las localidades afectadas. Al respecto, es de esperar que los estudios encargados por los ministerios sectoriales, en particular el Ministerio del Medio Ambiente, permitan considerar las múltiples amenazas de los territorios de Atacama, tanto los de origen natural como aquellos generados exclusivamente por la acción humana, como la contaminación minera. En ese sentido, es de especial importancia el rol de la Evaluación Ambiental Estratégica la cual, justamente, tiene por objetivo la incorporación de la dimensión ambiental en los procesos de ordenación del territorio con el fin de asegurar una intervención que se ajuste a los criterios del desarrollo sustentable (es decir, una Ordenación Territorial Sustentable u OTS).

No se puede dejar de mencionar que al cierre de este capítulo, dos años después de la catástrofe del 25M, nuevas lluvias generaron inundaciones y afectaron viviendas en Atacama, Antofagasta y Coquimbo. Si bien la fuerza de los eventos fue menor que en 2015 y se evidenció una preparación mayor ante el riesgo, muchos de los desafíos presentes en este libro, vuelven a relevarse y se hace aún más urgente integrar a la sociedad en su conjunto, enfocándose en las comunidades como actores que aportan de manera relevante a la reducción de vulnerabilidades

43 Como el documento "Guía de Análisis y Zonificación de Cuencas Hidrográficas para el ordenamiento territorial" del año 2013.

en distintos ámbitos.

5. Conclusiones

La presente obra es el resultado de un trabajo transdisciplinario entre la Universidad de Atacama y la Universidad de Chile, motivados por la profunda preocupación ante las consecuencias del desastre del 25M y por la oportunidad de mejora que se podría implementar a partir de los resultados obtenidos por cada estudio. Así, se aunaron esfuerzos académicos guiados por el espíritu de universidad pública, con el fin de colaborar de la manera en que el trabajo universitario se encuentra llamado a hacerlo: el estudio riguroso de las realidades, la generación de conocimiento nuevo y su difusión. Entonces, considerando que uno de los roles importantes de la universidad, es justamente la comprensión de su entorno velando por la accesibilidad del resultado de sus investigaciones, se puede decir que el presente libro tributa a dicho deber.

A partir del análisis del caso del 25M desde diferentes disciplinas, se evidencia la complejidad de la problemática, y no sólo en su comprensión, sino también en las intervenciones que deben realizarse con el objeto de reducir los riesgos de desastres. En efecto, al ser el riesgo un proceso donde interactúan y se entrelazan diferentes variables, las interrelaciones entre ellas son difíciles de identificar con precisión y el intervenir sólo una de dichas variables generadoras de riesgo, siempre será un esfuerzo insuficiente aun cuando implique importantes recursos y conocimiento técnico-científico. Esto pues la ocurrencia de un desastre obliga a responder a necesidades urgentes, incluso hacer frente a la desesperación, lo que muchas veces impulsa a las autoridades a buscar respuestas rápidas que den auxilio a la población y seguridad a los afectados. Sin embargo, la búsqueda de la "bala de plata" para solucionar el problema de los riesgos socionaturales no es más que una ilusión. No hay salidas fáciles para problemas complejos y si el riesgo es originado por un proceso social, debe ser entonces un proceso social el que debe reducirlo. Por lo tanto, se requiere de liderazgo y visión política para hacer comprender a la ciudadanía, a las instituciones públicas y a las organizaciones privadas, que se necesita aunar voluntades y coordinar esfuerzos para un trabajo de largo plazo. Dicho trabajo requiere de tenacidad, ya que implica etapas de diagnóstico del riesgo, diseño de planes de reducción, implementación de políticas y evaluación, que deben desarrollarse de manera consecutiva y reiterada en los territorios a lo largo del tiempo.

En este contexto, tres son las amenazas que afectan la investigación sobre temáticas de riesgo: el que sea parcializada en el tiempo o en el lugar (es decir, que corresponda a "la fotografía de un momento"), que se concentre únicamente en un diagnóstico siendo demasiado genérica en la propuesta de soluciones, y que solo analice la problemática desde una disciplina del conocimiento, sin considerar un diálogo con otras ciencias u otro tipo de saberes que no sean estrictamente académicos o científicos. El trabajo realizado por las y los investigadores universitarios a lo largo de este libro enfrenta estas tres amenazas. En efecto, no solo cada equipo académico realizó su investigación en el ámbito de su disciplina, sino que también explicó y comentó sus resultados en mesas ampliadas de trabajo transdisciplinares que reunían a gran parte de los autores del libro. Este libro abrió el diálogo entre académicos para analizar el desastre más allá del 25M; así, la geología dialogaba con la sociología, las ciencias jurídicas con meteorología o la psicología con la ingeniería, buscando entender un problema común para plantear soluciones consensuadas. Dichas reuniones fueron desafiantes y esclarecedoras, constituyendo un real trabajo interdisciplinario. Este último capítulo intentó recoger dicha labor y es probable

que lo escrito no haga justicia a la profundidad de los análisis desarrollados a lo largo de dichas sesiones de estudio.

Respecto de la gestión del riesgo de desastres, Atacama tiene importantes desafíos, siendo el primero de ellos el estudio y observación constante de los riesgos presentes en su territorio. A partir de dicha información, permanentemente actualizada, será posible realizar los mapas de riesgo y, a partir de ellos, priorizar acciones de reducción apropiadas, según las necesidades y capacidades de la región y luego de una discusión pública sobre riesgos aceptables. Sobre esto, mención especial merece la necesidad de realizar acciones concretas sobre los pasivos ambientales o externalidades negativas de la actividad minera, ya que la contaminación existente, en un contexto de cambio climático, genera un escenario multi-amenaza de gran peligro para las personas y ecosistemas de la región. En este sentido, al momento de diseñar políticas públicas, es necesario definir metas en extremo concretas, determinar criterios de avances detallados pero comprensibles y asignar responsabilidades claras. Lo anterior permitirá que las evaluaciones de las políticas de descontaminación y de reducción de riesgo no solo sean realizadas por autoridades o entes técnicos, sino que por la propia población a quienes dichas políticas deben beneficiar y proteger. En efecto, toda política implica un compromiso, el cual debe ser específico y ajustado a las realidades de la región para que sea efectiva.

Esperamos que esta publicación sirva de testimonio y de advertencia que es necesario asumir con responsabilidad los riesgos que nuestro propio actuar ha construido, ya que la reducción de los riesgos socio-naturales no es solo un tema de desarrollo económico sino de desarrollo humano y, sobre todo, de justicia. Ningún habitante de nuestro país merece vivir con miedo a que un día las fuerzas de la naturaleza parezcan ensañarse contra su comunidad, solo porque como sociedad no nos hemos ocupado de las amenazas de su situación. Es nuestro deseo que dichos temores se disipen y es por ello que este libro se ha escrito con la aspiración de un futuro donde la naturaleza ya no nos asuste, sino que solo nos maraville.

Referencias

Cares, C., Imilan, W., & Vergara, P. (Eds.) (2011). *Reconstruccion(es) Sociedad Civil. Experiencias de reconstrucción en Chile post 27F desde la sociedad civil*. Chile: Instituto de la Vivienda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Chaumel, M. & La Branche, S. (2008). *"Inégalités écologiques: vers quelle définition?"*, Espace populations sociétés, pp 101-110.

Centro de Investigación Periodística de Chile [CIPER]. (2017). Cartillas de Información Territorial, Región de Atacama. Disponible en: http://ciperchile.cl/wp-content/uploads/region_de_atacama-fundaci%C3%B2n-superaci%C3%B2n-de-la-pobreza.pdf

Comité Científica Técnico (2015). *Análisis Multisectorial Eventos 2015: Evento Hidrometeorológico marzo – Terremoto/Tsunami Septiembre* (Informe anual) (p. 56). Oficina Nacional de Emergencial del Minsterio del Interior y Seguridad Pública. Disponible en: http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/1744

Delegación Presidencial para la Reconstrucción (2014). *Diagnóstico Estado de la Reconstrucción: Terremoto y Tsunami del 27 de febrero de 2010* (p. 295). Chile: Gobierno de Chile.

Departamento de Políticas y Descentralización (2013). *Guía de Análisis y Zonificación de Cuencas Hidrográficas para el Ordenamiento Territorial*. Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo.

Dirección de Investigación e Intervención Social, Fundación para la Superación de la Pobreza (2008). Cartillas de Información Territorial: Región de Atacama. Documento obtenido a partir de la página web oficial del Centro de Investigación Periodística de Chile

División de Desarrollo Regional (2015). *Plan de Reconstrucción Atacama* (p. 27). Chile: Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo del Ministerio del Interior. Recuperado a partir de http://reconstruccionatacama.subdere.gov.cl/

Fuster, X. (2017). Participación y planificación territorial estratégica: Reflexiones y desafíos del caso de Constitución post 27F. En Imilan, Larenas, Carrasco & Rivera, *¿Hacia dónde va la vivienda en Chile? Nuevos desafíos en el hábitat residencial*. Instituto de la Vivienda INVI, Universidad de Chile, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, pp 147-158.

Gobierno Regional de Atacama (2007*). Estrategia Regional de Desarrollo de Atacama 2007-2017.* Recuperado a partir de http://www.subdere.gov.cl/documentacion/atacama-periodo-2007-2017-estrategia-regional-de-desarrollo-regi%C3%B3n-de-atacama-0

Handmer, J. & S. Dovers (2007). Handbook of Disaster & Emergency Policies & Institutions. Earthscan, London

Imilan, W.; Fuster, X. & Vergara, P. (2015). Post-disaster reconstruction without citizens and their social capital in Llico, Chile en Environment & Urbanization. *International Institute for Environment and Development (IIED). 27*, (1), 317–326.

Instituto Nacional de Derecho Humanos Chile (2015). *Informe Misión de Observación a las Comunas de Copiapó, Tierra Amarilla y Chañaral* (Misión de Observación) (p. 60). Recuperado a partir de http://bibliotecadigital.indh.cl/handle/123456789/883

M. Howlett & M. Ramesh (2003). *Studying public policy. Policy cycles and policy subsystems.* OUP, Canada.

Ministerio de Desarrollo Social (2015). *Informe de Desarrollo Social. Documento oficial obtenido de la página del Ministerio de Desarrollo Social de la República de Chile*. Recuperado de: http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/upload/IDS_INAL_FCM_3.pdf (visitado en julio 2017)

Oficina Nacional de Emergencias [ONEMI] (2015). *Secuencia ONEMI - Emergencia En El Norte* (Secuencia de medidas de gestión de emergencia) (p. 3). Chile: Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Recuperado a partir de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nQ05fqumZgIJ:subinterior.gob.cl/media/2015/03/SECUENCIA-ONEMI-EMERGENCIA-EN-EL-NORTE.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&client=firefox-b

Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2016). *Plan Estratégico Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastres 2016.*

Ossandón, J. (2012). El Manejo Integrado de Cuencas como Solución Jurídico-Territorial en la Administración Ambiental del Agua. *Justicia Ambiental, Revista de Derecho Ambiental de F iscalía de Medio Ambiente*, *Año IV*, *n°4*, 191–212.

Precht, A., Reyes, S. & Salamanca, C. (s. f.). *El Ordenamiento Territorial en Chile* (Primera edición). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Romero, H. & Vidal, C. (2014). Exposición, sensibilidad y resiliencia ante los desastres en las ciudades de Concepción-Talcahuano, Chile Central. En *Vulnerabilidades y desastres socionaturales. Experiencias recientes en Chile* (Primera edición, pp. 23–39). Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Sabatier, P. & Weible, c. (2014*) Theories of the Policy Process*. Westview Press.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2015). *25M Atacama Estado de Catástrofe. Tarea: dar agua potable y alcantarillado a la población.* Chile. Recuperado a partir de http://www.siss.cl/577/w3-printer-12085.html

Urrutia, R. & Lanza, R. (1993). *Catástrofes en Chile: 1541-1992*. Editorial La Noria.

Wilches-Chaux, G. (1993). *La vulnerabilidad global in Maskrey, Andrew (Compilador). Los desastres no son naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres de América Latina

Epílogo

Profesora Ruth Carrizo Peña
Directora de la Escuela Diego Portales Palazuelos de Chañaral

Mi Abuela nació en agosto de 1910 y vivió 103 años, 84 de ellos residiendo en Chañaral. Tuve la suerte de compartir con ella muchas historias, que más que historias eran aprendizajes que me ayudaron, entre otros aspectos, a comprender y querer nuestro espacio, nuestro territorio y nuestra geografía.

Yo tenía 11 años, cuando una noche, desde la ventana del segundo piso de mi casa, veía como se iluminaba la playa grande de Chañaral con los imponentes relámpagos y los retumbantes truenos, los que me hicieron correr despavorida a los brazos de mi abuela. Con los truenos y relámpagos la lluvia era copiosa.

Ella me explicaba que cada cierto tiempo se daba este fenómeno, pero que debía estar tranquila ya que, en el sector donde residíamos la lluvia no nos haría daño, repitiendo, "estamos en una zona que el río Salado no daña las casas" ... "pobre gente, Dios se apiade de ellos" ... "en septiembre tendremos muchos lirios, iremos al cerro y tomaremos té remojado con cáscaras de naranja seca".

Yo tenía conciencia de un río llamado Salado y de la bajada de la quebrada de Conchuelas por los relatos de mi abuela, pero, existía una dicotomía en mi registro memorístico ya que, hasta ese momento, conocía un río de tierra, sin caudal y no conocía los daños causados por las quebradas del sector de Conchuelas.

Ya en ese tiempo existía la Población Aeropuerto e identificábamos surcos que delimitaban el río Salado y con ello un puente de madera, máxima obra de ingeniería que permitía la conectividad entre la población y el resto de la ciudad.

Después de la lluvia, por primera vez vi agua en el lecho del río y también vi destrucción y dolor en el sector de Conchuelas, había bajado la quebrada. De igual forma, a mis cortos 11 años, no entendía por qué las personas residían en esos sectores, ya que, de acuerdo a lo relatado por mi abuela, se conocían los riesgos de habitar esos lugares.

En su primer capítulo, la lectura de este libro no solo remueve la memoria y el conocimiento que fuera transmitido por la tradición oral, sino que, además, con los datos históricos presentados, me pareciera estar viviendo cada uno de los episodios, permitiéndome realizar una comparación e identificación casi calcada de los eventos que provocaron los mayores desastres en la historia de Atacama, tal como ocurrió el 25 de marzo de 2015.

En sus doce capítulos, esta obra muestra las diferentes perspectivas de un mismo problema, a partir de disciplinas que ponderan y ponen énfasis en el conocimiento que se tiene respecto de los riesgos a los que nos enfrentamos los ciudadanos que formamos parte de este amado territorio, la región de Atacama.

El libro, además, devela y visibiliza un problema que por muchos años ha avanzado silenciosamente bajo el cobijo y amparo de la llamada fuente laboral de la región, además del ausentismo de políticas de resguardo, mitigación y recuperación ambiental, me refiero al impacto que generan las empresas de la pequeña y gran minería al medio ambiente y con ello, sus repercusiones a la salud de quienes estamos expuestos a los sedimentos que se removieron con mayor fuerza después del evento del 25M.

Por otra parte, es importante destacar que su lectura nos posiciona en un escenario de alta vulnerabilidad que sobrepasa las dimensiones ambientales, climáticas y geográficas, relevando la vulnerabilidad social que trasciende y penetra las esferas de las desigualdades de oportunidades de género, educación, acceso a la información, estabilidad sicológica y económica, entre otras, y con esto eleva un constructo social que resulta difícil de integrar en las personas que residimos en la zona, ya que, en un problema que se ha hecho evidente históricamente, los distintos gobiernos parecieran hacer oído sordo de las definiciones e implementaciones de una política pública integral, que considere por ejemplo la planificación urbana, las vulnerabilidades y debilidades ante la presentación de desastres naturales tanto en Atacama como en otras zonas del país.

También, resulta difícil para quienes vivimos este desastre, mirar o avizorar las oportunidades que permitan reconocernos individual y colectivamente, sobre todo cuando es el mismo Estado quien no propicia una adecuada estrategia ante estos eventos, minimizando su actuación hacia coberturas asistencialistas sin una planificación sostenida que incorpore el reconocimiento de saberes y con ello, una cultura de prevención, como bien se argumenta en uno de los capítulos de este libro cuando se señala la necesidad de "Readecuar la conciencia de la comprensión y análisis del territorio como espacio físico pasando a ser un espacio de construcción social"

A través de su recorrido, el libro genera una articulación entre lo concerniente a las causas de estos fenómenos y su impacto en el ámbito social. Llama mucho la atención, por ejemplo, reconocer entre sus líneas la ausencia de una memoria histórica y de una recuperación verbal que permita reconocer y no dejar en el olvido el impacto de estas catástrofes.

Impacta, además, y no sólo por el desastre de Atacama sino también por otros desastres ocurridos en Chile, la invisivilización del rol social de las escuelas por parte de los gobiernos y sus políticas, reduciendo sus aportes a aspectos relacionados con el cobijo estructural de las familias siniestradas, en vez de potenciarlas o proyectarlas como participes en la normalización y recuperación de la vida de la comunidad. Resulta importante en este punto, el énfasis que se pone en la necesaria reivindicación, por parte de las autoridades, del sentido comunitario de las escuelas y en la prioridad de estas en cuanto a su rol social, supeditando sus actuaciones a la recuperación sicológica y social de los estudiantes, además de la revisión pertinente a las acciones y estrategias de seguridad que operan en casos de catástrofes.

También, las descripciones que se hacen de las condiciones atmosféricas e hidrometeorologicas, junto a las anomalías, patrones y otros factores involucrados en la génesis de estos fenómenos, permiten conectar el conocimiento popular con el científico, generando una comprensión más amplia de lo ocurrido el 25 de marzo. Las explicaciones a partir de la ciencia, nos permiten entender que estas condiciones podrían repetirse, no pretendiendo con esto un afán alarmista, sino que más bien, planteando la necesidad real y urgente de sostener la esperada política pública que se requiere para mitigar y prevenir el impacto de estos eventos en la población.

Tal y como se sostiene es este libro, nuestra comunidad debiera orientarse a resignificar y generar aprendizajes que rescaten la tradición oral, permitiendo su transmisión en el tiempo, fortaleciendo el tejido social en la medida que aporten a la mitigación de riesgos ante catástrofes así como en la reconstrucción de la memoria colectiva, consi-

derando la identidad local, reconciliando el antes y el después, generando cohesión en las localidades, conectando el saber popular con el científico, priorizando como principal desafío la implementación de un diseño público que considere los aprendizajes y recomendaciones de las ciencias sociales y naturales en la evaluación e implementación de la reconstrucción de los diferentes territorios afectados.

Atacama y especialmente nuestro puerto, Chañaral, aún es testigo del fatídico evento del 25 de marzo de 2015. Cuando nuestras memorias se adormecieron en el olvido, aun caminando sobre las calles con los vestigios del impacto anterior, naturalizando el paisaje presente, nuevamente el 13 de mayo de 2017, la naturaleza, el cauce del río y de las quebradas de Conchuelas y Cabritos, nos despertaron y nos recordaron que estos acontecimientos están presentes y que no es posible borrarlos.

Desde el año 2015 que nuestro puerto no se ha recuperado totalmente, con deudas aun pendientes en cuanto a temas de reconstrucción, y luego, con lo sucedido en mayo de 2017, nuestra ciudad actualmente apila grandes morros de arena que se han levantado como medida de mitigación ante una nueva crecida del río o bajadas de quebradas. Los últimos aluviones han minimizado los espacios en la ciudad, además de acrecentar los problemas de polución y contaminación.

Aun duele recordar el 25 de marzo de 2015 y el 13 de mayo de 2017, aun se anuda la garganta al tratar de incorporar palabras que expresen cómo hemos tratado de construir en la adversidad a partir de discursos individuales que trascienden a lo colectivo. Es difícil construir, ponerse de pie cuando no se rescatan los saberes y no se apoya la adaptación a lo que resulta nuevo e incomprensible.

Sería una importante oportunidad que este libro se revelara como una posibilidad de impulso hacia una política pública que priorice la sostenibilidad de los asentamientos humanos, así como su adecuada preparación ante situaciones de catástrofe, entendiendo que en esta obra se compilaron y aunaron los esfuerzos de las ciencias, no a modo de crítica de la "ausencia de", sino más bien como fundamento con justificación sostenida en el estudio, que es lo que se requiere para iniciar lo que los gobiernos debieran impulsar en este tema y lo que los ciudadanos por derecho, debiéramos tener.

Chañaral, octubre de 2017

Fotografía tomada el 31 de marzo desde el sector de la playa, en el pueblito artesanal. Constituye una muestra de cariño de los rescatistas hacia los animales, en medio del desastre.

Fotografía tomada durante una noche en abril. Constituye una muestra de solidaridad y compromiso por parte de un empresario, trabajando en su máquina durante la noche para aportar a la comunidad.

Fotografía tomada el 5 de abril desde la calle Las Eras. Muestra gente chañaralina trabajando en labores de despeje y limpieza.

Fotografía tomada el 6 de abril desde la calle Las Eras. Muestra labores de limpieza apoyadas por gente y maquinaria de mineras y portuarios.

Fotografía tomada el 8 de abril en una estación de servicio. Evidencia la esperanza aportada por el trabajo de personas comprometidas en recuperar su espacio laboral.

CIRCA

Fotografía tomada el 10 de abril desde la costanera. Evidencia la solidaridad de estudiantes universitarios chañaralinos en labores de despeje y limpieza.

Autores

Ennio Vivaldi Véjar. Rector de la Universidad de Chile. Médico Cirujano y Académico de la Universidad de Chile.

Gabriel Vargas Easton. Geólogo y MCs. Geología, Universidad de Chile, DEA y Dr. en Oceanografía, Université Bordeaux I. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la Universidad de Chile. Contacto: *gvargas@ing.uchile.cl*

Sonia Pérez Tello. Doctora en Psicología Social del Desarrollo, Università Cattolica del Sacro Cuore, Italia. Departamento de Psicología, Facultad de Ciencias Sociales, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la Universidad de Chile. Contacto: *sonperez@u.uchile.cl*

Paulina Aldunce Ide. Ph.D en Ciencias Sociales y Gestión de Recursos Naturales, U. de Melbourne, Ingeniera Agrónomo y MCs. Gestión y Planificación Ambiental, Universidad de Chile. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la Universidad de Chile. Contacto: *paldunce@uchile.cl*

Fernanda Flores-Haverbeck. Psicóloga y Magíster(c) en Psicología Educacional, Universidad de Chile. Contacto: *fernandacfh@gmail.com*

Cristina Ortega Caurapán. Geóloga y Dra. en Geología, Universidad de Chile. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Contacto: *crortega@ing.uchile.cl*

Roberto Rondanelli Rojas. Ingeniero Civil Químico y MCs. mención Geofísica, Universidad de Chile. Ph.D Atmospheric Sciences MIT, Cambridge. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Centro del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile. Contacto: *ronda@dgf.uchile.cl*

José Rutllant Costa. Ingeniero Civil Electricista, Universidad de Chile. DEA en Geofísica, Universidad de París. Ph.D en Meteorología, Universidad de Wisconsin, Madison. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile & Centro de Estudios de Zonas Aridas (CEAZA). Contacto: *jrutllant@dgf.uchile.cl*, *jose.rutllant@ceaza.cl*

Alejandra Molina Monje. Licenciada en Astronomía y en Geofísica, Magíster en Meteorología y Clima, Universidad de Chile. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. Contacto: *alejandra.mm@gmail.com*

Andrés Arriagada Pinto. Licenciado en Geofísica y Geofísico, Universidad de Concepción. Meteodata, Santiago de Chile. Contacto: *aarriagadap@meteodata.cl*

Raúl Fuentes Lorca. Licenciado en Meteorología y Meteorólogo, Universidad de Valparaíso. Dirección Meteorológica de Chile. Contacto: *raul.fuentes@dgac.gob.cl*

Tatiana Izquierdo Labraca. Hidrogeóloga, Universidad Rey Juan Carlos (España), titulada en Ciencias Ambientales, Máster en Ciencia y Tecnología Ambiental y Doctora en Ciencia y Tecnología Ambiental. Investigadora de la Universidad de Atacama. Contacto: *tatiana.izquierdo@uda.cl*

Manuel Abad de los Santos. Geólogo, Universidad de Huelva (España), titulado en Geología y Doctor en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Investigador de la Universidad de Atacama. Contacto: *manuel.abad@uda.cl*

Brayan Justo Araza Astudillo. Geógrafo, titulado en Geografía, Universidad de Playa Ancha. Grupo de Investigación de Recursos hídricos y Geología del Cuaternario de Atacama. Contacto: *brianaraza@gmail.com*

Enrique Bernárdez Rodríguez. Geólogo, Universidad de Oviedo (España), titulado en Geología y Doctor en Geología. Investigador de la Universidad de Atacama. Contacto: *enrique.bernardez@uda.cl*

María Ester Arancibia Fernández. Geógrafa, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad de Santiago de Chile, titulada en Geografía y Magíster en Gestión y Ordenamiento Ambiental. Grupo de Investigación de Recursos hídricos y Geología de Cuaternario de Atacama. Contacto: *mares.geo@gmail.com*

Carmen Paz Castro Correa. Geógrafa, Universidad de Chile, Magister Universidad Federal Do Rio Grande Do Soul, Dra. Universidad de Zaragoza. Departamento de Geografía, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la Universidad de Chile. Contacto: *cpcastro@uchilefau.cl*

Vanessa Magallanes Luna. Geógrafa, Universidad de Chile.
Contacto: *vmagallanes@geoforma.cl*

María-Victoria Soto Bauerle. Geógrafa, Universidad de Chile, Magister Universidad Federal Do Rio Grande Do Soul, Dra. Universitat Tubingen. Departamento de Geografía, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la Universidad de Chile. Contacto: *mvsoto@uchilefau.cl*

Mauricio Andrés Cartes Valdivia. Ingeniero Civil Hidráulico y MCs. en Ciencias de la Ingeniería mención Recursos Hídricos y Medio Ambiente, Universidad de Chile. Socio Director empresa ERIDANUS Ltda. Contacto: *macartes@eridanus.cl*

Marisol Lara Castillo. Geóloga y MCs. Geología, Universidad de Chile. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Contacto: *mlara@ing.uchile.cl*

Isel Cortés Nodarse. Jefe de Laboratorio de Química Ambiental, Centro Nacional del Medio Ambiente. Profesor Adjunto Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile. Instituto de Salud Pública, Departamento de Salud Ambiental. Contacto: *icortes@ispch.cl*

Andrei Tchernitchin Varlamov. Médico-cirujano y especialización en biología de la reproducción, Universidad de Chile. Postdoctorado en la Universidad de Carolina del Norte y en la Universidad de Pennsylvania. Presidente, Departamento de Medio Ambiente del Colegio Médico de Chile, Profesor Titular, ICBM, Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Contacto: *atcherni@gmail.com*

Dante Cáceres Lillo. Doctor en Salud Pública, Universidad Autónoma de Barcelona, Posdoctorado de North Carolina University at Chapell Hill, Magíster en Salud Publica, Universidad de Chile, Postitulado en Gestión y Ordenamiento Ambiental, Universidad de Santiago de Chile, Médico Veterinario, Universidad Austral de Chile. Programa de Salud Ambiental, Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Contacto: *dcaceres@med.uchile.cl*

Karla Yohannessen Vásquez. Magíster en Salud Pública, Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile. Programa de Salud Ambiental, Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Contacto: *karlayohannessen@med.uchile.cl*

Daniela Guzmán Sanhueza. Asistente Social, Magíster en Trabajo Social y Políticas Sociales. Académica y directora del Departamento de Trabajo Social, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Atacama. Contacto: *daniela.guzman@uda.cl*

M. Cristina González Campos. Asistente Social, Universidad de Concepción, Antropóloga y Licenciada en Antropología, Universidad Austral de Chile, Máster en Historia Latinoamericana, Universidad Internacional de Andalucía, Máster en Metodología de Investigación en Ciencias Sociales, Universidad Complutense de Madrid, Doctora en Sociología, Universidad Complutense. Departamento de Trabajo Social, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Atacama.
Contacto: *cristina.gonzalez@uda.cl*.

M. Alejandra Mora Castillo. Asistente Social, Magister en Políticas Públicas y Gestión Local, Académica del Departamento de Trabajo Social, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Atacama. Contacto: *alejandra.mora@uda.cl*

Pía Honores Mundaca. Trabajadora Social, Licenciada en Trabajo Social, Universidad de Atacama. Contacto: *pia.honores@gmail.com*

Patricia Tello Rojas. Trabajadora Social, Licenciada en Trabajo Social, Universidad de Atacama. Contacto: *patricia.tello.90@gmail.com*

Darleing Tirado Mena. Trabajadora Social, Licenciada en Trabajo Social, Universidad de Atacama. Contacto: *d.tirado.mena@gmail.com*

Simonne Marín Sarria. Trabajadora Social, Licenciadas en Trabajo Social, Universidad de Atacama. Contacto: *simonne.marin@gmail.com*

Allison Martínez Pérez. Trabajadora Social, Licenciada en Trabajo Social, Universidad de Atacama. Contacto: *allisonmartinezts@gmail.com*

Lised Tacán Bastidas. Psicóloga Universidad de Nariño, Colombia.
Contacto: *lisedtacan@gmail.com*

Daissy Burbano Fajardo. Psicóloga Universidad de Nariño, Colombia.
Contacto: *dabf.andrea@gmail.com*

Nancy MacCann-Alfaro. Psicóloga, Magister en Psicología, mención Social. Académica del Departamento de Trabajo Social, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Atacama. Contacto: *nancy.maccann@uda.cl*

Rayén Alday Yévenes. Psicóloga, Universidad de Chile. Contacto: *floray.29@gmail.com*

Valentina Astudillo Farías. Psicóloga, Universidad de Chile.
Contacto: *valentiast@gmail.com*

Andrés Saavedra Castro. Psicólogo, Universidad de Chile.
Contacto: *andressaavedracastro@gmail.com*

Dania Mena Maldonado. Ingeniera en recursos Naturales Renovables de la Universidad de Chile. Contacto: *dania.mena@ug.uchile.cl*

Gloria Lillo Ortega. MCs., Ingeniera Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Chile. Contacto: *glorialilloortega@gmail.com*

Paulina Vergara Saavedra. Administradora Pública, Universidad de Chile, Master en Políticas Públicas y Cambio Social, Instituto de Estudios Políticos de Grenoble-Francia, Dra.(c) en Ciencias Humanas, Políticas y del Territorio, Universidad de Grenoble-Francia. Académica Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile. Contacto: *pvergaras@u.uchile.cl*

Daniela Ejsmentewicz Cáceres. Abogada, Magister en Ciencias de la Universidad de Heidelberg Programa de Gobernanza en Riesgos y Recursos Naturales, Dra.(c) en Derecho, Universidad de Chile. Académica del Departamento de Enseñanza Clínica del Derecho de la Facultad de Derecho, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, Citrid de la de la Universidad de Chile. Contacto: *danielaec@derecho.uchile.cl*

Juan Pablo Araya Orellana. Administrador Público, Universidad de Chile, Master en Ciencia Política, Universidad de Chile. Profesor Escuela de Gobierno y Gestión Pública de la Universidad de Chile. Contacto: *jpabloaraya@iap.uchile.cl*

Xenia Fuster Farfán. Trabajadora Social, Universidad Alberto Hurtado, Magister en Hábitat residencial, Universidad de Chile, Dra.(c) en Estudios Urbanos, Centre de Recherche sur l'Habitat CRH-Lavue, Universidad de París VIII-Francia. Contacto: *xenia.fuster@gmail.com*

Ruth Carrizo Peña. Profesora General Básica- Licenciada en Educación, Mención Ciencias Sociales, Universidad de Atacama. Magister en Educación, Mención Gestión Educativa, Universidad Ciencias de la Educación ARCIS. Estudiante y postulante a Doctorado en Educación Mención Gestión Educativa, Universidad Privada de Tacna. Directora Escuela Diego Portales Palazuelos, Comuna de Chañaral. Contacto: *c.escdiegoportales@gmail.com*

Leonel Torres Carmona. Habitante y empresario de Chañaral. Miembro de la Corporación de Desarrollo de Chañaral. Contacto: *sstorreschanaral@hotmail.com*

Mural ubicado en Chañaral. Fotografía tomada en abril de 2017, por Fernanda Flores Haverbeck

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES
UNIVERSIDAD DE CHILE

¿Qué necesita saber una comunidad que ha vivido un desastre socionatural para poder transformarlo en una oportunidad para vivir mejor? El 25 de marzo del 2015 (25M) la fuerza de las comunidades de Atacama fue puesta a prueba una vez más cuando severos aluviones, provocados por un evento de intensas lluvias, bajaron por las quebradas afectando principalmente las localidades ubicadas a orillas del río Salado y Copiapó. Dejando más de treinta y cinco mil damnificados, causando la muerte y desaparición de cuarenta y siete personas y enormes daños materiales, este episodio generó un contexto de incertidumbre en todos los ámbitos de la vida y vino a mostrar, una vez más, la situación de vulnerabilidad estructural de su población ante amenazas naturales propias de un desierto imperecedero pero dinámico, como el de Atacama.

Para comprender lo sucedido en la región de Atacama con los aluviones del 2015, se requiere ir más allá del mes de marzo y del contexto regional. Los estudios que se presentan en este libro articulan la situación actual con la precedente, para configurar la complejidad del fenómeno y sus impactos a partir de las señales entregadas por la historia. Tanto la sociedad como la naturaleza han manifestado sus desacoples y sus ajustes, por lo que el conocimiento científico que hemos generado busca también en ellos las explicaciones de lo ocurrido en la actualidad. Así, el análisis de las antiguas y nuevas amenazas se propone en este libro como la llave del conocimiento del riesgo al que se enfrenta la región, con la intención de retratar en el presente también el registro del pasado que lo conforma. Es esta profundidad la que nos permite pensar la experiencia del desastre como una oportunidad de reconocernos colectivamente en sus características, evitando repetir los mismos errores y reinventar las mismas soluciones

9 789561 911161