
Anexo Inscripción de Tema de Tesis: Resumen

Título de Tesis: *“Eventos hidrometeorológicos de lluvia sobre nieve en los Andes de Chile Central: variabilidad espacio-temporal, patrones sinópticos y relevancia en la generación de crecidas nivo-pluviales”.*

Alumno: Lucas Glasner Vivanco

Profesor Guía René Garreaud Salazar

28 de marzo de 2022

Antecedentes

Los eventos de lluvia sobre nieve (ROS¹) son situaciones en donde una tormenta precipita agua líquida sobre un manto de nieve preexistente. Los fenómenos de ROS son comunes en zonas polares y regiones montañosas, e influyen en distintas escalas temporales y espaciales, a diversos peligros naturales. Durante ellos, se ha observado que la percolación de agua líquida en la nieve y suelos tiende a desestabilizar la matriz porosa produciendo avalanchas y deslizamientos de tierra [Harr (1981), DeGraff et al. (1984), Stemberis and Rubin (2011)]. Por otra parte, el ambiente cálido de los eventos junto con el agua líquida favorecen el derretimiento de nieves que de otra manera hubiesen permanecido congeladas, contribuyendo a suelos secos en la temporada de verano e incrementando localmente el volumen de agua disponible para las crecidas de ríos. Estas situaciones se han documentado como causas de la erosión de suelos, cambios en la geomorfología fluvial, pérdidas de infraestructura, inundaciones, entre otros conflictos socioambientales [Waananen et al. (1970), McCabe et al. (2007), Pomeroy et al. (2016), Musselman et al. (2018)].

Desde un punto de vista hidrológico las crecidas durante eventos de ROS tienen la peculiaridad de que el volumen de escorrentía directa (exceso asociado a la tormenta) es de origen mixto. Por un lado, parte de la escorrentía está asociada a las precipitaciones líquidas del evento, mientras que por otro lado existe una contribución adicional por el derretimiento de la nieve acumulada en tormentas previas. Esto conduce al fenómeno a ser un potencial riesgo de inundaciones por el efecto que tiene en la escorrentía, la cual se pueden intensificar en eventos cuyo pronóstico de precipitaciones indica intensidades regulares para la región.

Poco se sabe de la distribución espacial de frecuencias de eventos ROS, menos aún, su relevancia en eventos de crecida y en que se podrían diferenciar de eventos extremos producidos por otros mecanismos (e.g lluvias intensas, deshielo, etc). ¿Cuál cuenca de Chile Central es la más afectada por el fenómeno?, ¿Una alta frecuencia de eventos ROS significa un alto riesgo de crecidas por este medio?, ¿Siempre los grandes caudales tiene una contribución de derretimiento de nieves?, ¿Es esta contribución significativa respecto a la precipitación y el

¹Rain On Snow

área pluvial?, ¿Cuales patrones sinópticos podrían ser útiles para anticiparse a una crecida por ROS?. Estas son algunas de las preguntas que motivan y se aspiran a responder en esta tesis, en donde en última instancia se espera contribuir al desarrollo del conocimiento, y eventualmente de manera indirecta a la planificación territorial, el pronóstico y anticipación de peligros naturales.

Objetivos

Objetivo General:

Determinar la existencia e influencias que tienen los eventos de lluvia sobre la nieve en las cuencas de Chile Central y los principales elementos meteorológicos asociados a los eventos de caudales extremos que ocurren en esas situaciones.

Objetivos Específicos:

1. Diagnosticar la **frecuencia de eventos de lluvia sobre nieve** en las cuencas andinas de Chile Central, especificando tendencias y patrones espaciales.
2. Analizar la **contribución del derretimiento de nieves a la esorrentía en crecidas** donde llueve sobre la nieve..
3. Distinguir los principales patrones de escala sinóptica que dan origen a **tormentas donde llueve sobre la nieve**.

Metodología

Los eventos de lluvia sobre nieve se pueden detectar mediante el uso de tres variables geofísicas: (i) la elevación de la isoterma 0°C ($H0$) y el respectivo nivel de congelamiento (FL), (ii) el límite inferior de la nieve (SL) y (iii) la precipitación (PR). Con estas variables los eventos de lluvia sobre nieve quedan determinados por las condiciones lógicas $FL > SL$ y $PR > 0$, las cuales aseguran la existencia de lluvia y la condición térmica en donde el nivel de congelamiento está por encima del límite inferior de la nieve, de manera que está ocurriendo precipitación líquida sobre el manto nival.

Debido a que estas variables se pueden encontrar en diferentes fuentes de información (observaciones, información satelital, reanálisis, etc), la metodología se descompone en encontrar los eventos de ROS para una cuenca (Rio Maipo En El Manzano) piloto mediante el uso de observaciones. El FL se determinará mediante el perfil de temperatura del radiosonda de Santo Domingo como $FL = H0 - 300m$ (estrategia justificada en [Garreaud (1992)]), el límite

inferior de la nieve se obtendrá mediante los datos del observatorio andino (IANIGLA-CR2) [Cara Ramírez (2018)], los cuales son un producto preprocesado de cobertura nival por imágenes MODIS, y finalmente la precipitación se obtendrá mediante estaciones pluviométricas de terreno (San José de Maipo).

Por último los resultados de la cuenca piloto se utilizarán para calibrar un método de cálculo de eventos ROS mediante datos de reanálisis (ERA5, CR2MET y Cortés and Margulis (2017) SWE reanalysis) el cuál permitirá expandir los resultados a la escala espacial de Chile Central. El análisis de impacto hidrológico se realizará luego de determinar los eventos ROS y estudiar sus diferencias en los caudales respecto a la totalidad de eventos de crecida. Igualmente el análisis sinóptico (mediante ERA5) se realizará mediante un análisis compuesto utilizando los eventos ROS más significativos de la cuenca con mayor número de eventos detectados.

Resultados esperados

Dentro de los resultados esperados se espera encontrar lo siguiente:

1. El número de eventos promedio ROS y su estacionalidad en la cuenca del Río Maipo En El Manzano (inicialmente) y luego en las principales cuencas andinas de Chile Central.
2. Un máximo de eventos ROS en alguna cuenca de la zona del Maule (donde la altura es suficiente para haber nieve, pero suficientemente pequeña para que ocurran eventos de precipitación líquida).
3. Una diferencia significativa en las crecidas por ROS respecto a las crecidas pluviales normales (diferencias en magnitud o forma del hidrograma).
4. Algún rasgo o patrón de escala sinóptica único y representativo del riesgo hidrometeorológico.

Referencias

- Cara Ramírez, L. J. (2018). Desarrollo de una plataforma web para el procesamiento digital de imágenes satelitales enfocada al estudio del hidroclima. *Universidad Nacional de Córdoba*, (Tesis para obtener el grado de Magíster en aplicaciones de información espacial).
- Cortés, G. and Margulis, S. (2017). Impacts of El Niño and La Niña on interannual snow accumulation in the Andes: Results from a high-resolution 31 year reanalysis. *Geophysical Research Letters*, 44(13):6859–6867.

-
- DeGraff, J. V., McKEAN, J., Watanabe, P. E., and McCaffery, W. (1984). Landslide activity and groundwater conditions: insights from a road in the central sierra nevada, california. *Transportation Research Record*, 965:32–37.
- Garreaud, R. (1992). Impacto de la variabilidad de la linea de nieve en crecidas invernales en cuencas Pluvio-Nivales de Chile Central.
- Harr, R. D. (1981). Some characteristics and consequences of snowmelt during rainfall in western Oregon. *Journal of Hydrology*, 53(3-4):277–304.
- McCabe, G. J., Clark, M. P., and Hay, L. E. (2007). Rain-on-snow events in the western United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88(3):319–328.
- Musselman, K. N., Lehner, F., Ikeda, K., Clark, M. P., Prein, A. F., Liu, C., Barlage, M., and Rasmussen, R. (2018). Projected increases and shifts in rain-on-snow flood risk over western North America. *Nature Climate Change*, 8(9):808–812.
- Pomeroy, J. W., Stewart, R. E., and Whitfield, P. H. (2016). The 2013 flood event in the south saskatchewan and elk river basins: Causes, assessment and damages. *Canadian Water Resources Journal/Revue Canadienne Des Ressources Hydriques*, 41(1-2):105–117.
- Stimberis, J. and Rubin, C. M. (2011). Glide avalanche response to an extreme rain-on-snow event, snoqualmie pass, washington, usa. *Journal of Glaciology*, 57(203):468–474.
- Waananen, A. O., Harris, D. D., and Williams, R. C. (1970). *Floods of December 1964 and January 1965 in the Far Western States*. US Government Printing Office.