



Vecinos de las Nieves, monitoreo participativo de eventos de precipitación sólida en la precordillera de la Región de Coquimbo.

1. Resumen

En los territorios de zonas áridas, una de las principales fuentes de agua dulce es el aporte de nieve en la cordillera. En los últimos años, el cambio climático a nivel global ha generado modificaciones en los procesos de acumulación y derretimiento de la nieve, que después discurre por quebradas y ríos hasta llegar finalmente a nuestros hogares y zonas productivas. El proyecto de ciencia participativa “Vecinos de las Nieves” ha buscado aportar con información sobre la nieve, y por consiguiente del agua, en términos de la disponibilidad del recurso. Esta información sólo fue posible de obtener en alianza con los habitantes de lo más alto de las cuencas, quienes han recopilado datos de nieve fresca in situ, proveniente de 9 puntos de muestreo, localizados en las comunas de Vicuña, Paihuano y Río Hurtado, durante la temporada invernal del año 2018. La información recopilada y su seguimiento a largo plazo contribuyen a un mejor entendimiento del sistema hidrológico en la zona cordillerana de la Región de Coquimbo, su interacción con los ecosistemas altoandinos y el desarrollo sustentable del territorio.

1. Introducción

Desde el año 2015 el Centro Científico CEAZA se encuentra implementando un Programa de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas, con el propósito de involucrar a ciudadanos de la Región de Coquimbo en el quehacer científico y aportar a la toma de decisiones. Bajo ese contexto, es relevante considerar el interés y preocupación de los habitantes en las problemáticas relacionadas a la escasez hídrica, la fragilidad de los ecosistemas y las repercusiones directas del cambio climático.

La Región de Coquimbo se encuentra en un progresivo proceso de aridez, donde la disponibilidad del recurso hídrico depende en gran medida de los glaciares (glaciares blancos, cubiertos y rocosos), y de las precipitaciones sólidas en cordillera. Gracias a las imágenes satelitales podemos obtener mucha información, sin embargo, aún desconocemos las características de los eventos de precipitación sólida en alta y precordillera. La generación de vínculos con los habitantes de las zonas más altas de cada microcuenca, podría ser una alianza virtuosa para comprender la climatología de cordillera en zonas áridas y responder diversas preguntas como los tipos de nieve, la cantidad de agua que ésta contiene, cuánto tiempo permanecerá sobre el suelo, entre otras preguntas que solamente la observación de nieve fresca puede responder. Por esta razón, el proyecto *Vecinos de las Nieves* busca involucrar a personas comunes en la indagación científica, en relación a los eventos de nieve que alimentan los glaciares y así aportar al entendimiento de las zonas de recarga hidrológica donde habitan.

El presente estudio contempla una etapa piloto, que se centra en las comunidades de La Laguna, Alcohuaz y Cochiguaz en el Valle de Elqui y Las Breas en la comuna de Río Hurtado. Todas estas comunidades se encuentran sobre los 1.400 m.s.n.m. y fueron partícipes de la totalidad de las etapas del estudio.

2. Pregunta de investigación

A través de este trabajo buscamos en conjunto responder a la pregunta:

¿Cómo varía la cantidad y calidad de la nieve fresca en diferentes meses y años?

La información recopilada es de utilidad para entender la disponibilidad del recurso hídrico en la cordillera de zonas áridas.

3. Metodología

Luego de una etapa de capacitación de los científicos ciudadanos, que tuvo por objeto la comprensión y aplicación de la metodología, los voluntarios han adquirido el compromiso de realizar registros de información después de un evento de nieve, de mantener una constante comunicación con la coordinación del proyecto, y de recibir un kit con los materiales y las instrucciones necesarias para realizar cuatro experimentos sencillos, una vez finalizado el evento de nieve. Para llevar a cabo estos experimentos, los participantes cuentan con una bitácora donde anotan los datos de nieve recopilados. Las muestras de nieve deben tener un mínimo de entre 5 y 10 cm de profundidad.

Experimento 1: Descripción y test de dureza del evento de nieve

Esta etapa metodológica comprende la observación directa del evento meteorológico para clasificar la dureza de la nieve. También se incluye la descripción de las características del evento nombres vernáculos, para rescate del conocimiento local.

Los materiales necesarios para realizar el experimento son una espátula o pala metálica y una bitácora para anotar los datos recopilados. Así, el primer experimento consta de dos etapas:

1) *Descripción del evento de nieve*: En la bitácora de datos, se presenta una tabla de preguntas abiertas y con alternativas. Primero se consulta por el tiempo transcurrido hasta realizar el experimento luego del evento de nieve y, en segundo lugar, se abre la pregunta para describir cómo ocurrió el evento (si hubo tormenta, lluvia, viento, tipos de nubes, radiación, etc). Por último, los participantes deben responder si hubo o no, lluvia después del evento y si es que había nieve en el lugar antes del evento de nieve que se medirá. Todas estas preguntas pueden ser completadas dentro de las casas, ya que el evento de nieve puede ser observado desde la puerta o ventana.

2) *Test de dureza de la nieve*: Este test es muy utilizado para conocer el nivel de dureza de la nieve de manera sencilla utilizando las manos (o bien un cuchillo en el caso de la nieve dura). Para realizarlo se debe cavar un agujero en la nieve utilizando la espátula metálica. En el agujero se debe buscar la pared más lisa y en ella realizar el experimento para clasificar la dureza de la nieve, seleccionando letras de la “A” a la “F”, donde “A” corresponde a la nieve muy suave y “F” a hielo (ver Figura 1). Luego de clasificar la dureza de la nieve, se debe anotar si existe un nombre local para el tipo de nieve observada, y así vincular la dureza de la nieve con los nombres vernáculos relativos al conocimiento local.

Experimento 2: Estaca de Nieve

El objetivo de este experimento es conocer la profundidad que alcanza la nieve caída tras un evento de precipitación sólida, midiendo la altura de la nieve caída en un punto despejado y georreferenciado, que abarque un radio de 3 metros, aproximadamente. Conocer la profundidad de la nieve caída ayuda a calcular de manera fiable el volumen aproximado de nieve en un lugar determinado. Para medir la profundidad de la nieve caída, los científicos ciudadanos reciben dos estacas graduadas a cada 5 y 10 centímetros. Una de las estacas queda instalada de manera fija en el sitio de estudio, mientras que la estaca móvil, se mantiene en el taller o casa. Tras ocurrido un evento de nieve, se lleva la estaca móvil al lugar donde se encuentra la estaca fija, se mide la profundidad a su alrededor usando el esquema de 9 recuadros dibujados en forma de cruz, donde cada uno corresponde a un punto de medición (ver Figura 1), ocupando en total una superficie aproximada de 16 m². Finalmente se registran los resultados en la bitácora de datos.

Experimento 3: Peso de la Nieve

Al pesar un volumen conocido de nieve podemos determinar la cantidad de agua que ésta contiene, lo cual hace posible calcular de manera aproximada la cantidad de agua equivalente de una cuenca o sector determinado. El objetivo de este experimento consiste en pesar un volumen conocido de nieve caída para determinar su densidad y su contenido en agua equivalente. Para llevar a cabo este experimento se necesita una espátula metálica grande y una pequeña (tipo cuchillo), un tubo para

muestra de nieve, una tabla de la bitácora de datos, un vaso plástico y una pesa digital (0,1g). El cálculo del peso de la nieve se realiza sólo si la medición de la profundidad de la nieve alcanza al menos 7 cm.

El procedimiento que se debe seguir, comienza con la excavación de un hoyo o calicata, dejando una pared lisa donde se realiza el muestreo con el tubo que se llena completamente de nieve, sacando la nieve que rebasa de los bordes con la espátula pequeña. Luego se pesa el vaso plástico para descontar su peso y se deposita todo el contenido de nieve en el vaso para pesar la muestra (ver Figura 1). La toma de muestras se debe realizar 3 veces por cada evento de nieve, con una distancia mínima de 10 centímetros entre cada punto de muestreo.

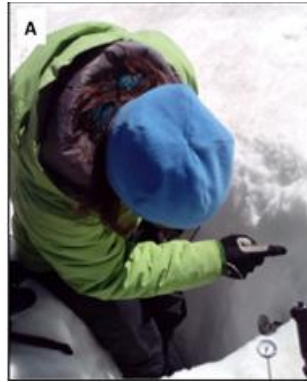
Experimento 4: Huellas de la nieve

Un isótopo corresponde a un átomo de un mismo elemento cuyo núcleo posee una cantidad diferente de neutrones, lo que significa que existen moléculas de agua (HOH) más pesadas que otras y gracias a esto es posible estudiar la huella isotópica. Durante los cambios de fase en el ciclo hidrológico, los procesos naturales más importantes que hacen variar la composición isotópica son la evaporación y la condensación, donde las moléculas más pesadas tienden a concentrarse en la fase líquida. Por tanto, conforme se condensa y precipita el agua, esta experimenta una reducción de isótopos pesados. La observación de las variaciones en el contenido isotópico de las aguas naturales, son interpretadas para obtener información acerca del origen en el área de recarga del sistema o hasta dónde llega el agua derretida después de una nevazón en un día particular. Así, con pequeñas muestras de nieve o agua, podemos estimar qué quebradas, cuencas, valles o glaciares aportan más o menos agua a un río y cómo cambia este aporte entre los diferentes meses o años.

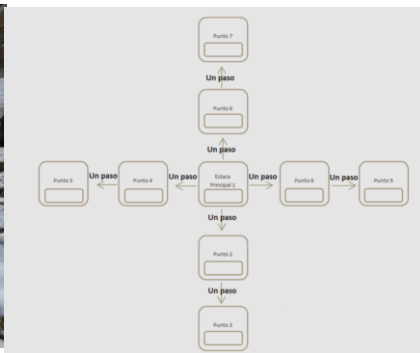
El objetivo de este experimento es obtener muestras de nieve tras un evento de precipitación sólida, y en el laboratorio conocer los isótopos de agua que la componen. Para realizar este experimento se requiere de 3 frascos estériles de 50 ml, una espátula para nieve, cinta parafilm y huincha para medir. Al igual que en el experimento anterior, la profundidad mínima de la nieve debe ser de 7 cm. Primero, se debe cavar una calicata o ampliar la utilizada anteriormente, para tomar las muestras en la pared del agujero. Con los guantes quirúrgicos puestos, hay que llenar el frasco con nieve rozando la boca de éste con la nieve, cuidando no manipular la nieve con las manos u otro objeto. Si es posible, se recomienda introducir el frasco completo dentro de la nieve y rápidamente poner la tapa, aun estando dentro de la nieve. Finalmente se enrolla la tapa con cinta parafilm y se guarda el frasco enumerándolo con el evento de nieve correspondiente. Para cada evento de nieve se llenan 2 frascos, donde cada muestreo estará separado por 10 cm, de manera horizontal.

Experimento 1 - descripción del evento de nieve: Test de dureza y relato

	A	Nieve muy suave
	B	Nieve suave
	C	Nieve media
	D	Nieve dura
	E	Nieve muy dura
	F	Hielo (No entra)



Experimento 2 - Altura de



Experimento 3 - Peso de la nieve



Experimento 4 - Huella de la nieve / Isotopos de nieve

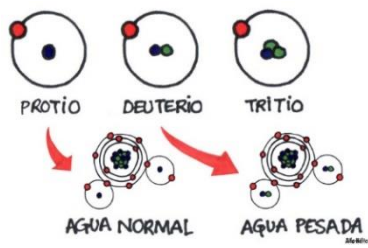


Figura 1. Lamina de los experimentos realizados en el monitoreo participativo de eventos de nieve

4. Resultados

Se presentan los principales resultados obtenidos del muestreo ciudadano de nieve realizados en el marco del proyecto Vecinos de las Nieves durante el año 2018. Durante la ejecución de la iniciativa fue posible captar mucho interés y compromiso de los voluntarios que habitan los últimos pueblos de cada cuenca, lo cual resulta de gran importancia para poder dar continuidad al trabajo y expandirlo a otras cuencas de la región.

Preliminarmente, el 77% de los participantes pudieron realizar entre 2 a 3 experimentos. Entre los resultados se observan algunas similitudes en la dureza de la nieve y diferencias en el peso de la nieve entre dos microcuencas vecinas. Cabe mencionar que en el caso del muestreo de isótopos, fue posible recolectar sólo una muestra durante el tercer evento de nieve.

4.1 Participación de la comunidad

A la fecha han participado 36 personas que representan a tres microcuencas del río Elqui. Ellos abarcaron todos los afluentes del río y una microcuenca del río Hurtado. Los voluntarios son mayores y menores de edad, constituyéndose un grupo heterogéneo, unido gracias a las características que comparten en su espacio geográfico, el interés por la ciencia y la cordillera de los Andes. Están representados por instituciones públicas y privadas, como la Junta de Vigilancia del Río Elqui, Tenencia de Carabineros y Paso Fronterizo Junta El Toro, en el valle del río Turbio; la Organización Comunidad Indígena Canihuante, en el valle de río Cochiguaz; Vecinos de Horcón, Escuela Básica de Alcohuz y la Comunidad Agrícola Estancia Estero Derecho (administradores del Área Protegida Privada y Santuario de la Naturaleza Estero Derecho). En tanto, en la provincia del Limarí, aportaron con sus observaciones la Escuela Básica de Las Breas en la cabecera del río Hurtado. Los voluntarios demostraron entusiasmo y compromiso al participar del proyecto, quienes se mantienen en comunicación por medio de un grupo WhatsApp, donde se comparte información acerca de los pronósticos del tiempo, la observación atmosférica de los participantes, reporte de información y fotografías de los eventos de nieve.

Se presenta un mapa donde se visualiza la localización y distribución espacial de los 9 sitios de muestreo de científicos ciudadanos localizados en las comunas de Vicuña, Paihuano y Río Hurtado en la temporada de invierno 2018 (ver Figura 2).

4.2 Descripción de los eventos de nieve y test de dureza

Durante el invierno del 2018 se registraron tres eventos de nieve entre los 1.400 y 3.100 m.s.n.m. En el primer evento se muestrearon 7 puntos donde se registró un tipo de nieve A (muy suave) en el test de dureza, la que es denominada como nieve tipo “plumilla o “polvo”, en algunos sectores de la precordillera. En el caso del segundo y tercer evento, sólo se registró caída de nieve en el sector de mayor altitud, correspondiente al Embalse La Laguna, donde se registró nieve tipo C (media), la que los habitantes de las localidades cercanas suelen llamar “estrellada”.

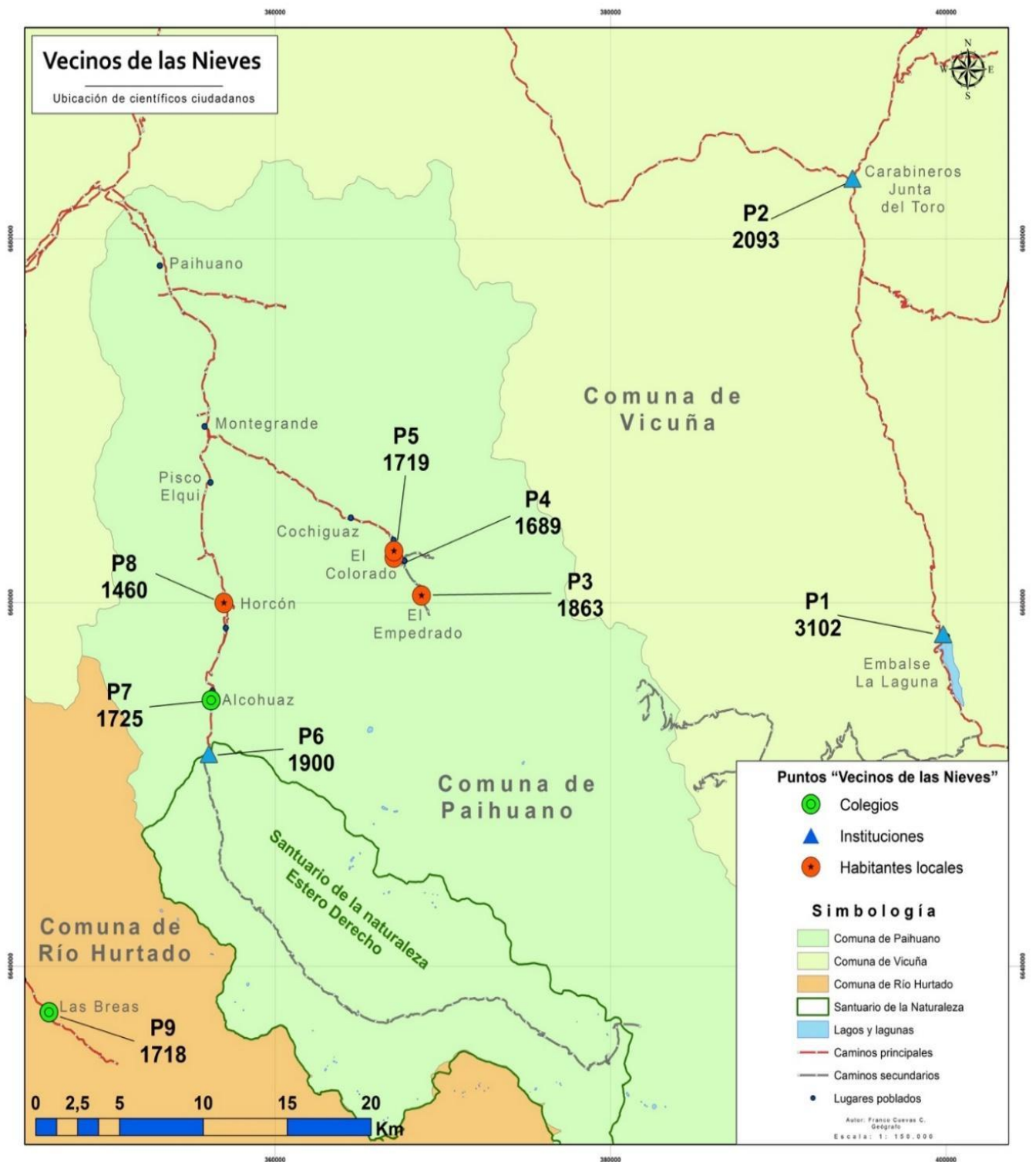


Figura 2: Mapa de localización de 9 puntos de muestreo de eventos de nieve durante el año 2018. Los puntos están simbolizados con la letra P, el número y su altitud.

Evento N°1: 10 al 11 de Junio de 2018

De acuerdo a las descripciones de los científicos ciudadanos, el primer evento de nieve fue precedido por precipitaciones líquidas, vientos N-S, nubes y neblina, desde la tarde del día domingo 10 hasta la madrugada del lunes 11 de junio. Así, desde la madrugada del día lunes comenzó el evento de nieve con mucho viento y copos grandes de nieve, que en su última etapa disminuyeron de tamaño hasta ser una fina plumilla. El evento concluyó aproximadamente a las 10:00 am, teniendo una duración de 5 a 6 horas aproximadamente, y cuyo resultado fue una capa de nieve de unos 24 cm de espesor, con una dureza clasificada como muy suave, que se dispersaba como arena al golpearla con los pies.

Evento N°2: 4 Julio de 2018

En el segundo evento sólo se registró caída de nieve en el sector del embalse La Laguna, cuya medición arrojó una altura de 6 cm, medida que es insuficiente para realizar el muestreo de la dureza, y densidad de la nieve, así como el muestreo de isótopos. En este sector, el evento tuvo una duración de 2 a 3 horas y estuvo acompañado de una lluvia tenue y vientos, que en su etapa final presentó una ligera caída de nieve, sin registrarse precipitación líquida después del evento de nieve.

Evento N°3: 10 de Octubre de 2018

Al igual que en el evento de julio, en este evento sólo se registró nieve caída en el sector del embalse La Laguna. Se describe como un evento de nieve media (tipo C), conocida localmente como tipo estrella, que se presentó sin viento y con una elevación del nivel del agua de la Laguna.

4.3 Altura de nieve

En los tres eventos de precipitaciones nivales que fueron registradas por los científicos ciudadanos, se midió la altura de la nieve en 8 puntos a distintas altitudes. Durante el segundo y tercer eventos, sólo hubo registro de caída de nieve en el lugar de mayor altitud, correspondiente al sector del Embalse La Laguna (3.102 msnm). Sólo pudo medirse la dureza de la nieve en el tercer evento, ya que en el segundo, no se alcanzó la profundidad mínima (7 cm) para hacer el muestreo completo. De manera inversa, en el primer evento se observa que el único lugar donde no cayó nieve fue en el embalse La Laguna. En el resto de los puntos, excepto en la Junta del Toro, las alturas de nieve sobrepasaron los 14 cm (ver Tabla 1).

Se presenta un gráfico (Figura 3) que permite visualizar las diferencias en la medición de la altura de nieve para el primer evento del 11 de junio de 2018, donde se observa que en el lugar de menor altitud se registró la mayor profundidad o altura de nieve, y de manera inversa, en el lugar de mayor altitud, fue el único punto donde no hubo registro de caída de nieve para la misma fecha.

Tabla 1: Datos de los eventos de nieve ocurridos durante el año 2018, de acuerdo a los sitios de muestreo, con mediciones de altura y dureza de nieve, junto a nombres locales para los tipos de nieve.

Sitio	Lugar	Comuna	Altitud (msnm)	EVENTO 1: 11 de junio 2018			EVENTO 2: 4 de julio 2018			EVENTO 3: 10 de octubre 2018		
				Altura de nieve (cm)	Dureza de nieve	Nombre local	Altura de nieve (cm)	Dureza de nieve	Nombre local	Altura de nieve (cm)	Dureza de nieve	Nombre local
1	Embalse la Laguna	Vicuña	3102	0			6	no se pudo realizar test		10,6	media	estrellada
2	Carabineros Juntas del Toro	Vicuña	2093	3	suave	s/n	0			0		
3	El Empedrado	Paihuano	1863	14,4	suave	s/n	0			0		
4	Camping Ganimedes	Paihuano	1689	15,0	suave	polvo	0			0		
5	Entrada El Colorado	Paihuano	1719	17,5	suave	s/n	0			0		
6	Entrada Estero Derecho	Paihuano	1900	21,8	suave	s/n	0			0		
7	Pueblo Horcón	Paihuano	1460	24,0	suave	s/n	0			0		
8	Escuela de Las Breas	Río Hurtado	1718	18,8	suave	plumilla	0			0		

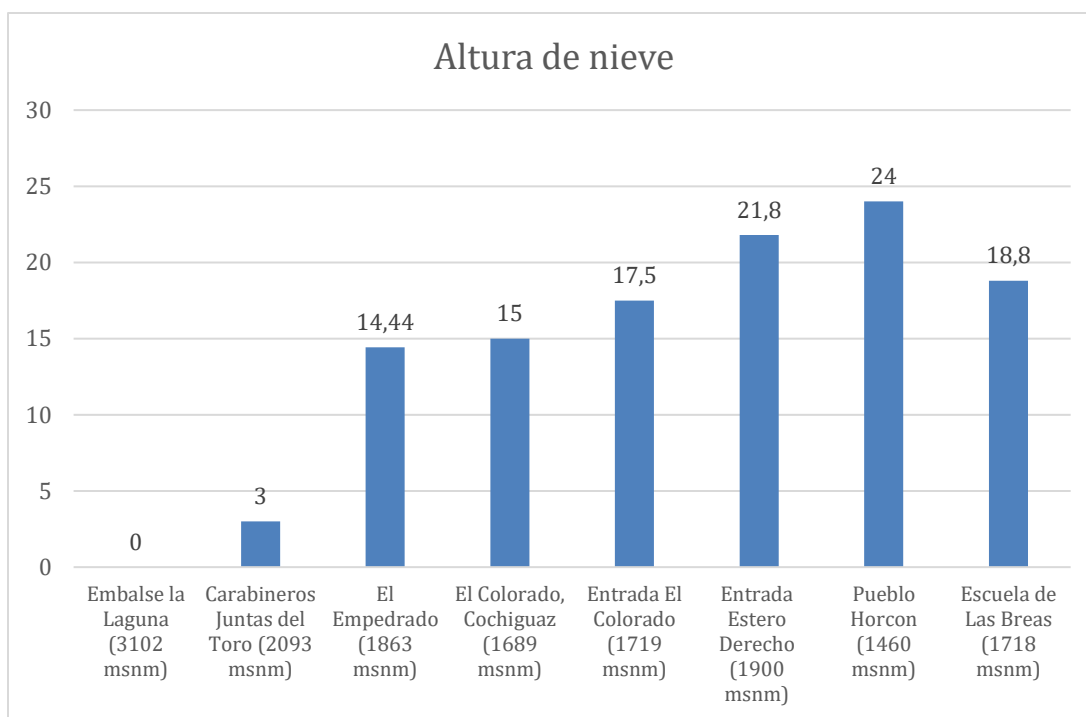


Figura 3: Resultados muestreo de altura de nieve evento 1 (11 de junio de 2018)

4.4 Peso y densidad de la nieve

Los datos que resultaron de las mediciones de peso de la nieve y su equivalencia en agua, corresponden en primer lugar, a dos puntos de muestreo durante el primer evento de nieve. Gracias a esto, es posible comparar y observar una diferencia notable en el peso de la nieve en dos microcuencas vecinas, en puntos de similar elevación, correspondientes al valle del río Cochiguaz (25,83 g) y Estero Derecho (6,56 g). De este modo, el muestreo a mayor altitud resultó ser menos denso, con menor contenido de agua, que en el lugar que está relativamente a menor altitud.

Tabla 2: Mediciones de peso de la nieve en dos puntos de muestreo del primer evento de nieve.

Lugar	Altitud (msnm)	Peso nieve (g)	Densidad nieve (kg/m ³)	Equivalencia en agua (mm)
Empedrado, Cochiguaz	1863	25,83	571,25	0,57
Estero Derecho, Alcohuz	1900	6,56	145,08	0,15

4.5 **Isótopos de agua**

El muestreo de isótopos de agua durante el 2018, fue posible realizarlo sólo en el tercer evento de nieve en el sitio de muestreo del Embalse La Laguna, donde se logró hacer una muestra en un lugar donde la nieve tenía un espesor de 15 cm. Se verificó que los frascos estuvieran estériles y no fueran abiertos antes, que se encontraran almacenados lejos de la luz del sol, que la cantidad de nieve caída permitiera llenar los frascos y que el voluntario tuviera guantes y todo el material necesario para sacar las muestras.



Figura 4: Fotografías de los sitios de monitoreo participativo posterior al evento de nieve. (A) Empedrado, Valle Cochiguaz; (B) Portón Estero Derecho, Valle de Alcohuz; (C) Escuela Las Breas, Río Hurtado.

5. Discusión y análisis

La experiencia adquirida en el corto plazo, nos sorprende, nos motiva a continuar y ampliar el área de estudio participativo. El proyecto ha sido exitoso en cuanto a la participación, compromiso, aplicabilidad de los experimentos e información generada por los últimos habitantes de cada microcuenca. Los participantes demostraron gran interés en realizar los experimentos en su localidad y ahondar en el conocimiento del ciclo del agua, glaciares, en saber qué son los isótopos y en los diferentes procesos naturales y culturales que ocurren a su alrededor. De esta forma, este proyecto se convierte en un ejemplo de trabajo colaborativo entre la comunidad y la ciencia, logrando generar nueva información sobre el sistema hídrico de zonas áridas.

La información de caída de nieve se obtuvo gracias a observaciones a pequeña escala, que corresponden a momentos y lugares específicos. Se trata de muestras de nieve fresca a las que los habitantes de la cordillera pueden acceder con mayor facilidad. Los datos obtenidos entregan información valiosa para la ciencia, que pueden contribuir al conocimiento de la dinámica de la nieve en la cordillera, las diferencias entre microcuencas y eventos durante el año. Además, a largo plazo pueden aportar a la calibración de modelos climáticos de mayor escala.

Experiencias similares se han realizado en el mundo, como es el caso del proyecto *Cocorahs* (Red Comunitaria Colaborativa de Lluvia, Granizo y Nieves), red de 20.000 voluntarios presentes en Estados Unidos, Puerto Rico, Canadá, Islas Vírgenes y Bahamas. Los participantes son capacitados y reciben herramientas de medición de bajo costo para medir precipitación sólidas y líquidas en sus comunidades locales, proporcionando datos de alta calidad para investigación y educación (ver www.cocorahs.cl). Otro proyecto nacional es *Pluviómetros Ciudadanos*, una iniciativa de la Dirección General de Aguas (DGA) que distribuye pluviómetros a escuelas y organizaciones para medir la lluvia caída. Los datos obtenidos se ingresan en una plataforma web llamada “Mi Lluvia” y es posible acceder libremente a los datos en una descarga en formato XLS (<http://milluvia.dga.cl/>)

Los eventos de nieve observados durante el 2018 en el proyecto *Vecinos de las Nieves*, sugieren que la altitud del lugar no necesariamente tiene una relación directa con la cantidad de nieve caída o la densidad de ésta. Los datos entregados por los científicos ciudadanos nos muestran que en el primer evento de nieve el lugar a mayor altitud no registró nieve; mientras que el lugar a menor altitud registró la mayor altura o profundidad de nieve respecto a los demás puntos de muestreo. En el caso de la medición del peso de la nieve, se pudieron comparar los valores de dos microcuencas vecinas, de similar elevación. De esta manera se midió una diferencia notable en la densidad de la nieve fresca, ya que en Estero Derecho, del valle Alcohuaz, se registró un menor peso de la nieve, menos densa y con menos cantidad de agua equivalente respecto a El Empedrado, del valle Cochiguaz.

Debido a que el año 2018 fue un año seco, los participantes sólo registraron 1 a 2 eventos, lo que se vuelve poco motivante para los voluntarios. Si bien esta fue una experiencia piloto de ejecución del programa, se espera que durante los próximos años sea posible aplicarlo en el resto de la región. Por ello, es necesario continuar el monitoreo de nieve durante varios años, entrenar a los actuales y nuevos voluntarios para ampliar a diferentes zonas del territorio. Igualmente genera espacios de intercambio de experiencias, resultados de la nieve caída y del proceso educativo. Se sugiere aplicar el modelo en otras zonas de Chile con mayores eventos de precipitación sólida durante el invierno.

6. Agradecimientos

Agradecimientos a participantes

Alex Cortes Flores (Junta de Vigilancia Río Elqui), Bruno Cerón (Carabineros Juntas del Toro), Luis Canihuante, Carmen Canihuante, Daniela Canihuante, José Canihuante, Aldair Parraguez (Comunidad Indígena Canihuante), Jilda Pizarro (Santuario de la Naturaleza Estero Derecho), Ana Muñiz Rojas, Daniela Aravena y estudiantes Escuela de Alcohuaz, Profesora Gloria Oporto y estudiantes escuela Las Breas.

Agradecimiento instituciones que colaboraron

Municipalidad de Paihuano, Municipalidad de Río Hurtado, The Nature Conservancy, PROMMRA de la Universidad de La Serena, Tierra y Valle de los Niños y Niñas de Pisco Elqui, Junta de Vecinos de Cochiguaz, Club de Adulto Mayor Nuevo Amanecer de Horcón, Club de Adulto Mayor Años Felices de Quebrada de Paihuano, Radio Cuna del Sol de Paihuano.

Proyecto financiado por

Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica – CONICYT.
Proyecto R16A10003 “Fortalecimiento de la generación y transferencia del conocimiento científico interdisciplinario de CEAZA, a partir de la vinculación con los territorios y ecosistemas de la región de Coquimbo”, ejecutado desde 2017 al año 2020.

7. Bibliografía

- Bonney, R., Shirk, J., Phillips, T., Wiggins, A., Ballard, H., Miller-Rushing, A., & Parrish, J. (2014). Next Steps for Citizen Science. *Science*, 343(6178), 1436-1437.
- Fierz, C., Armstrong, R.L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D.M., Nishimura, K., Satyawali, P.K. and Sokratov, S.A. (2009). *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground*. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.
- Gobierno Regional de Coquimbo (2009). Estrategia Regional de Desarrollo, Región de Coquimbo al 2020.
- Rivera, A., Bown, F., Napoleoni, F., Muñoz, C., & Vuille, M. (2016). Balance de masa glaciar. *Valdivia, Chile: Ediciones CECs*.
- Schaffer, N., Shelley, M., Réveillet, M., Yañez, E., & Valois, R. (2018). Rock glaciers as a water resource in a changing climate in the semiarid. *Regional Environmental Change*, 1-17.

