



Manual del Científico Ciudadano

Vecinos de las Nieves: Monitoreo de eventos de nieve en la precordillera





Calendario de monitoreo de los eventos de nieve en cordillera

| AÑO: _____

Este calendario te ayudará a registrar las fechas y duración de los eventos de nieve ocurridos durante el año, así como otros fenómenos meteorológicos que desees recordar. Puedes utilizar una simbología propia para cada tipo de evento o fenómeno meteorológico. Indicar fecha y año.

❄️ Abril						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Mayo						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Junio						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Julio						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Agosto						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Septiembre						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Octubre						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

❄️ Noviembre						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

Autores: Shelley MacDonell, Paloma Núñez, Franco Cuevas y Valentina Aliste

Diseño y diagramación: Janina Guerrero Espinoza

Asesores científicos: Shelley MacDonell, Nicole Schaffer, Simone Schauwecker y Álvaro Ayala

Diseño y coordinación de indagación ciudadana: Paloma Núñez y Franco Cuevas

Instituciones asociadas: Municipalidad de Paihuano, Municipalidad de Río Hurtado, el Laboratorio de Prospección, Monitoreo y Modelación de Recursos Agrícolas y Ambientales de la Universidad de La Serena (PROMMRA) y Junta de Vigilancia Río Elqui.

Organizaciones y ciudadanos participantes temporada 2018: Junta de Vigilancia Río Elqui, Tenencia de 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.

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

Contacto:

Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas
Raúl Bitrán #1305, La Serena (51) 2 204378
ciencia.ciudadana@ceaza.cl
www.ceaza.cl



ÍNDICE

PROGRAMA CIENCIA CIUDADANA PARA ZONAS ÁRIDAS	05
La Criósfera: ¿Qué es un glaciar?	06
Tipos de glaciares en la Región de Coquimbo	07
Requerimientos previos para desarrollar la investigación	09
Kit de Vecinos de las Nieves.....	10
CICLO DE INDAGACIÓN CIUDADANA	
PRIMERA ETAPA: LA PREGUNTA	11
SEGUNDA ETAPA: LA ACCIÓN	12
Metodología del experimento N°1: Descripción del evento y medición dureza de nieve.....	12
Metodología del experimento N°2: Cristales de hielo.....	14
Metodología del experimento N°3: Estaca de nieve.....	16
Metodología del experimento N°4: Peso de la nieve	18
Metodología del experimento N°5: Huellas de la nieve	20
Resumen de resultados de la indagación ciudadana 2018	22
Mapa de la zona cordillerana de la Región de Coquimbo	22
Bitácora de datos	26
Resultados anuales.....	33
TERCERA ETAPA: LA REFLEXIÓN	38
BIBLIOGRAFÍA	40



PROGRAMA CIENCIA CIUDADANA PARA ZONAS ÁRIDAS

El Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) es una entidad de investigación científica y tecnológica de la Región de Coquimbo fundada en el año 2003. Su misión es promover el desarrollo científico y tecnológico, a través de la realización de ciencia avanzada a nivel interdisciplinario en zonas áridas, ciencias biológicas y ciencias de la Tierra, desde la Región de Coquimbo con un alto impacto en el territorio y orientado a mejorar la calidad de vida de las personas, promoviendo la participación ciudadana en la ciencia a través de actividades de generación y transferencia del conocimiento.

La Ciencia Ciudadana es un enfoque de participación colectiva que está ganando relevancia en el mundo, tanto en científicos como en personas que han visto en ella una oportunidad para generar información de su propio interés. La ciencia participativa permite que cualquier persona se integre a los procesos científicos, aportando con datos experimentales, planteando nuevas preguntas y creando en conjunto con los investigadores una nueva cultura científica. De este modo, se otorga valor a los proyectos de investigación, donde los ciudadanos adquieren nuevos conocimientos y habilidades, así como una comprensión más profunda y atractiva del trabajo científico (Fundación Ciencia Ciudadana, 2017).

Desde el año 2015 el Centro Científico CEAZA ejecuta un Programa de Ciencia Ciudadana para Zonas Áridas, el cual tiene como propósito poner en valor los ecosistemas hídricos de la región, mediante la formación de capacidades y articulación de los habitantes locales en proyectos de ciencia participativa para apoyar la toma de decisiones en los territorios, con bases científicas.

El proyecto “*Vecinos de las nieves*” es parte de este programa y busca aportar con información sobre la nieve, y por consiguiente del agua, en términos de la disponibilidad del recurso. Esta información sólo ha sido 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 diversos puntos de muestreo ubicados en la zona cordillerana de la Región de Coquimbo por sobre los 1.390 metros de elevación a partir de 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 andinos y el desarrollo sustentable del territorio.



LA CRIÓSFERA: ¿QUÉ ES UN GLACIAR?

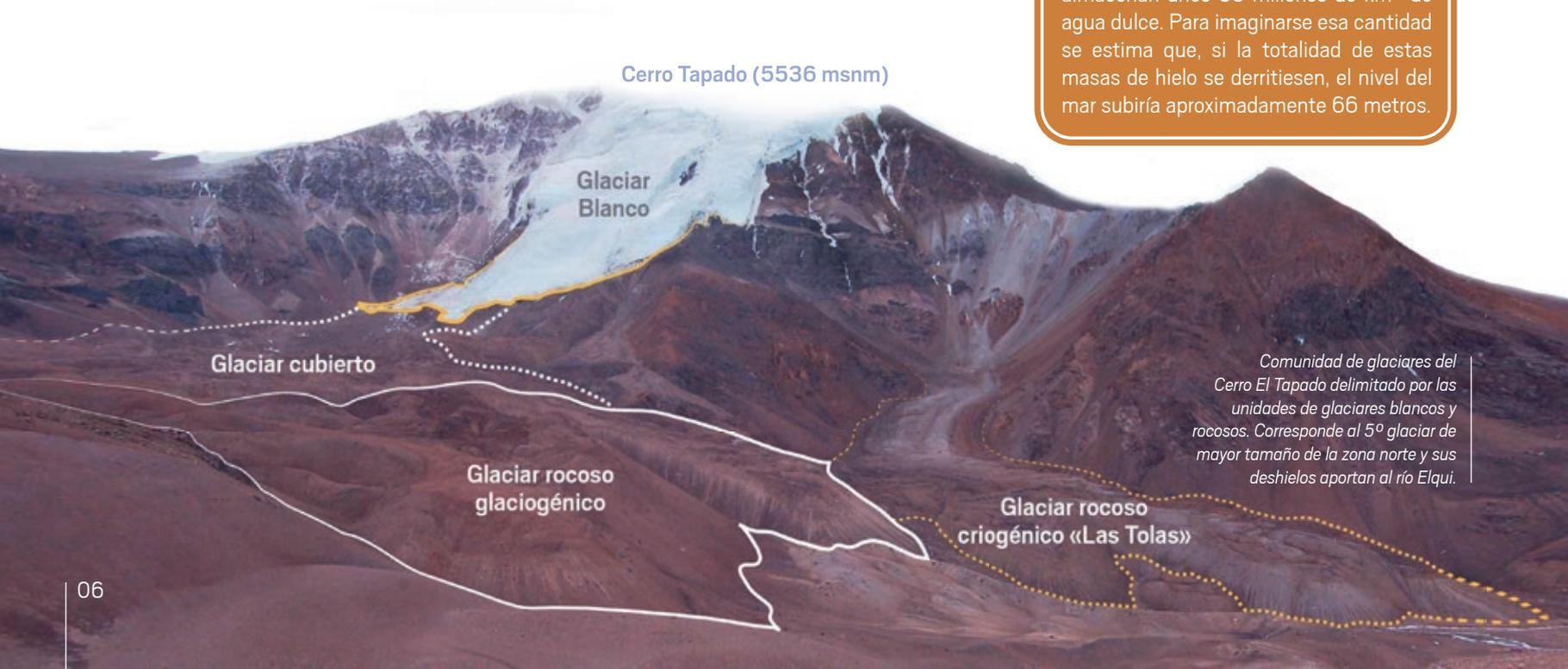


El agua es un elemento de la naturaleza fundamental para el sostenimiento y continuidad de la vida en el planeta, siendo el componente principal de los organismos vivos. Solo el 2,5% del agua del planeta Tierra corresponde a agua dulce, de la cual el 68,7% está en estado sólido (congelada) y es lo que llamamos "criósfera". Por esta razón, al hablar de la criósfera destacan inmediatamente los glaciares, casquetes polares y las plataformas de hielo flotante.

Los glaciares se forman a partir de la nieve y hielo recristalizados, que se ha depositado y compactado en la superficie terrestre por efecto del tiempo y temperaturas bajo cero. Un glaciar subsiste gracias a la acumulación y compactación de nieve durante los periodos fríos año tras año. Esto se compensa por la fusión, derretimiento, evaporación o desprendimiento de hielo, generando aportes de agua al sistema hidrológico.

A nivel internacional, existe un consenso entre la comunidad científica sobre el hecho de que el retroceso y la desaparición de glaciares corresponde a un proceso real. Se estima que a finales de este siglo el derretimiento del hielo y el calentamiento del océano pueden causar un incremento del nivel del mar de hasta casi 1 m.

Los glaciares cubren aproximadamente un 10% de la superficie de la Tierra y almacenan unos 33 millones de km² de agua dulce. Para imaginarse esa cantidad se estima que, si la totalidad de estas masas de hielo se derritiesen, el nivel del mar subiría aproximadamente 66 metros.



Cerro Tapado (5536 msnm)

Glaciar Blanco

Glaciar cubierto

Glaciar rocoso glaciogénico

Glaciar rocoso criogénico «Las Tolas»

Comunidad de glaciares del Cerro El Tapado delimitado por las unidades de glaciares blancos y rocosos. Corresponde al 5º glaciar de mayor tamaño de la zona norte y sus deshielos aportan al río Elqui.



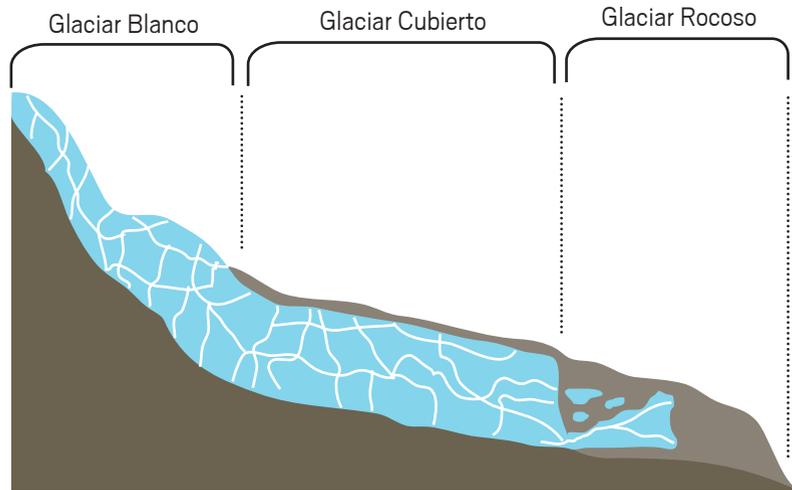
TIPOS DE GLACIARES EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Los glaciares son una de las principales reservas de agua dulce del planeta y segunda fuente de agua dulce en las zonas áridas, después de la nieve. La gran altitud que alcanza el macizo andino determina la generación de glaciares de cumbres que permiten almacenar precipitaciones sólidas. Parte de ellas se derriten en verano, y suministran agua a los ríos y acuíferos.

En la Región de Coquimbo existen dos tipos principales de glaciares de cordillera: glaciares blancos y glaciares rocosos.

a. Glaciares blancos

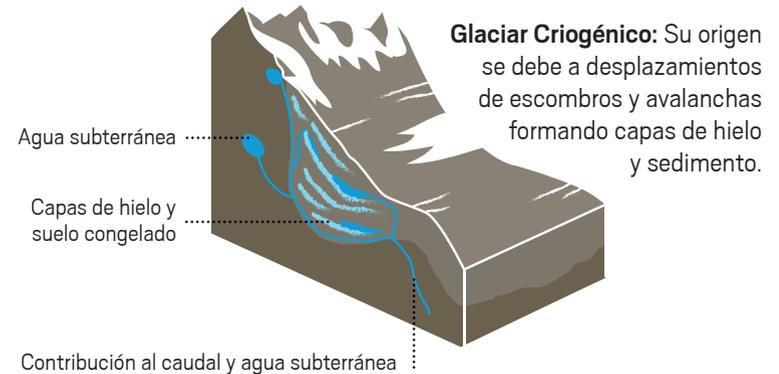
Los glaciares blancos están compuestos por hielo puro y nieve, y se ubican sobre los 4.000 m de altitud. En nuestra región existen 18 glaciares blancos y 151 glaciaretos (de menor tamaño) (Estrategia Nacional de Glaciares, 2019).



Corte transversal de glaciar blanco, glaciar cubierto y glaciar rocoso.

b. Glaciares rocosos

Los glaciares rocosos son geformas compuestas por hielo, nieve, roca y tierra. De acuerdo a los datos de la Dirección General de Aguas (DGA), en nuestra región existen 864 glaciares rocosos sobre los 3500 msnm. Estos son importantes reservas de agua cuya magnitud desconocemos debido a que no existen estudios respecto a su capacidad de almacenamiento hídrico en la zona. Es por esta razón, que el desafío a futuro es entender su rol hídrico para aportar con información al uso sostenible del agua en diversas cuencas. Actualmente, se clasifican en dos tipos de formación: Glaciogénico o criogénico.



Glaciar Criogénico: Su origen se debe a desplazamientos de escombros y avalanchas formando capas de hielo y sedimento.



Glaciar Glaciogénico: Aquellos que se forman a partir de glaciares, presentando un núcleo de hielo cubierto por una capa gruesa de sedimentos.



Imagen satelital [MODIS] que muestra la cobertura de nieve en la Región de Coquimbo, 12 de junio 2018.

En materia de glaciares, nieve y agua, nuestra zona tiene mucho trabajo pendiente, que permita generar información científica y asegurar el uso sostenible del agua en las diferentes cuencas de la región, considerando que la mayoría de las comunas de la Región de Coquimbo se encuentran declaradas como zonas de escasez hídrica. Por ello, durante los periodos secos, importantes cursos de agua disminuyen su caudal, generando desequilibrios en el ecosistema y repercusiones en las actividades humanas.

Sabías que....

Con imágenes satelitales podemos recopilar mucha información sobre la cobertura de nieve en el territorio. Sin embargo, aún desconocemos las características físicas y químicas de la nieve fresca que sólo son posibles de averiguar estando en los lugares mientras ocurre un evento de nieve.

Tras observar los eventos de nieve en nuestra cordillera surgen las siguientes preguntas: ¿Cuánta nieve cae en las microcuencas de la región?, ¿Cuánta agua contiene la nieve caída? o también, ¿Cuánta de esta nieve aporta agua a los ríos?

Respuestas a estas preguntas se esperan resolver a través de la alianza virtuosa, entre las comunidades que habitan en las partes más altas de las cuencas y el equipo científico de CEAZA, quienes recibirán información sobre la nieve fresca, datos a los que la ciencia no podría acceder de otra manera



Requerimientos previos para desarrollar la investigación.

1. Un terreno disponible y plano de 4 metros de largo y 4 metros de ancho (16 m²).
2. Voluntarios responsables para realizar los experimentos y la toma de datos.
3. Personas que residan constantemente en la zona del experimento.

Una vez participando del programa, tendrás que esperar a que ocurra un evento de nieve. Recuerda que tu seguridad es lo más importante, por lo que al momento de realizar los experimentos, debes estar completamente seguro(a) de que no es peligroso salir al aire libre.

Recibirás un Kit de Vecinos de las Nieves con los materiales que necesitas, una Bitácora de Datos que contiene las instrucciones, y una serie de cuestionarios y tablas con espacios en blancos que debes llenar una vez ocurridos los eventos de nieve.

Importante

Para todos los experimentos pon mucha atención al lugar donde los realizas. El área con nieve no debe estar pisada por animales, personas o automóviles, ya que la compactación de la nieve altera los resultados.



KIT DE VECINOS DE LAS NIEVES



▶ Vasos plásticos

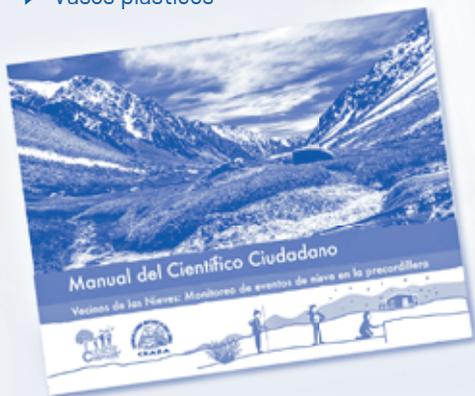
▶ Balanza (0,01g)



▶ Tarjeta de cristales



▶ Guantes quirúrgicos



▶ Manual y Bitácora de datos



▶ Bolsas de muestreo

▶ Lupa 40x



▶ Espátula de laboratorio



▶ Termómetro

▶ Huincha de medir



▶ Espátula



▶ Caja ordenadora



▶ Cilindro para muestra de nieve

▶ Paño

▶ Estaca fija



▶ Estaca móvil

Fotografía de los elementos del kit del científico ciudadano

PRIMERA ETAPA: LA PREGUNTA

CICLO DE INDAGACIÓN CIUDADANA



Observación:

La comunidad residente de las zonas altas de la cordillera posee un entramado y complejo saber sobre el territorio que los rodea. La relación entre el conocimiento científico y los saberes locales permiten reconstruir la historia natural de un sector al comparar y complementar datos que confirman o reconstruyen sucesos. Este conocimiento combinado sobre el entorno local puede aportar tanto a los científicos, como a los habitantes locales. En este marco, *la ciencia ciudadana, aplicada por los habitantes de la zona, se presenta como una herramienta que nos puede ayudar a conocer mejor nuestro territorio y tomar decisiones basadas en el conocimiento.*

En particular, desde el saber local se observan variaciones en los eventos de nieve que ocurren cada año, entre los años y entre lugares o microcuencas cercanas, lo que ha generado cambios en el acceso, disponibilidad de agua y en las características de las nevadas en la cordillera.

Concepto de fondo:

En la Región de Coquimbo, territorio de zonas áridas, muchas de nuestras comunas se encuentran decretadas como zonas de escasez hídrica, donde una de las principales fuentes de agua dulce es el aporte de nieve en la cordillera. El cambio climático a escala global ha generado modificaciones en los procesos de acumulación y derretimiento de la nieve que discurre por quebradas y ríos hasta llegar finalmente hasta nuestros hogares y zonas productivas. Por esta razón, es un gran desafío poder generar información que ayude a la toma de decisiones efectiva para el uso sostenible del agua.

Inquietud ciudadana:

¿De qué manera afecta el cambio climático a la problemática de escasez de agua en los ecosistemas áridos y a la ocurrencia de nevadas en la cordillera de la Región de Coquimbo?

La pregunta:

¿Cómo varía la calidad y cantidad de nieve caída en la Región de Coquimbo entre los meses y años?

A continuación, se presentan 5 experimentos para medir las características de la nieve fresca y responder esta pregunta de indagación en un formato de ciencia participativa.



SEGUNDA ETAPA: LA ACCIÓN

METODOLOGÍA EXPERIMENTO N°1: Descripción del evento de nieve

La descripción local sobre cómo se desarrollan los diferentes eventos de nieve resulta importante a la hora de entender la cosmovisión de los habitantes en torno al territorio que los rodea.

Objetivo:

Describir el evento de nieve en sus características climáticas, sociales y en la dureza de la nieve caída.

Materiales

- Espátula o pala metálica
- Bitácora para anotar tus datos

En el Experimento 1 **Descripción del evento de nieve** existen dos pruebas: La primera trata sobre la descripción del evento de nieve y la segunda es un test de dureza de nieve.

Ambas pruebas se describen a continuación:

1) Descripción del evento de nieve.

En la tabla de preguntas encontrarás una serie de celdas en blanco con preguntas abiertas y con alternativas. Todas estas preguntas pueden ser completadas dentro de los hogares, observando el evento de nieve desde la puerta o ventana de la casa.

2) Test de dureza de nieve

Para realizar el test de dureza, la profundidad mínima de nieve debe ser de **10 cm**

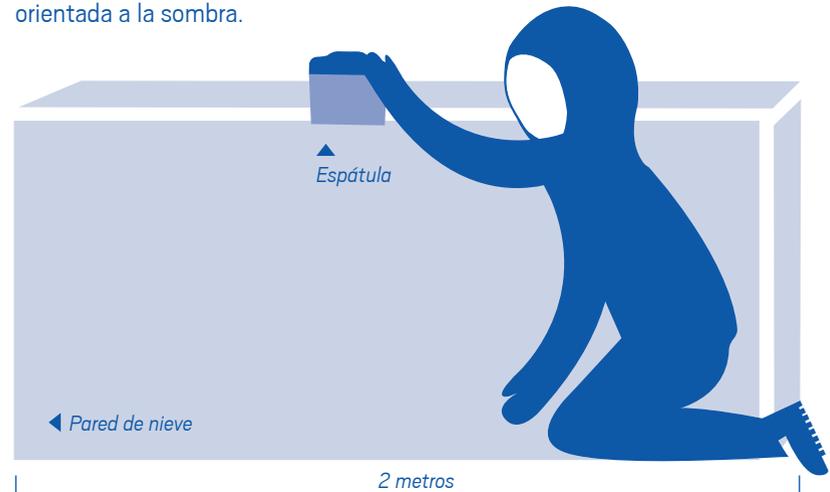
Primero deberás cavar una calicata en la nieve utilizando tu espátula metálica grande.

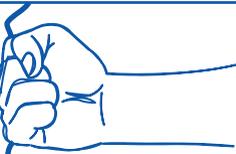
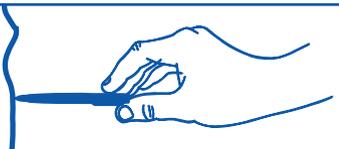
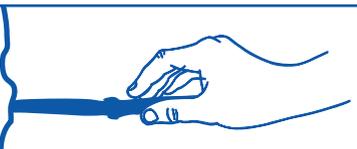
Sabías que...

Una calicata es una excavación mediana o pequeña que permite visualizar un corte vertical en el terreno, para analizar características y propiedades del suelo (o nieve) y, además, tomar muestras para analizarlas en el laboratorio.

LA CALICATA

La calicata debe tener 2 metros de longitud aproximadamente, para realizar todos los experimentos. Se recomienda que la pared de la calicata quede orientada a la sombra.



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

Esquema para aplicar el test de dureza de nieve. Recuerda realizar el experimento de manera horizontal (de lado).

En el agujero o calicata buscarás la pared más lisa, y en ella realizarás el experimento de la siguiente manera: En tu bitácora verás que hay varias casillas con letras de la “A” a la “F”, donde “A” corresponde a la nieve muy suave y “F” a hielo. Partiendo por la letra “A” introducirás tu mano en la nieve en forma de puño, si en esa posición tu mano penetra en la nieve, entonces marcarás con un círculo la letra “A”. Si, por el contrario, tu mano no logra ingresar realizarás la prueba “B” (enterrar nuestra mano en la nieve en posición de flecha con cuatro dedos), y así sucesivamente hasta que logres ingresar en la nieve en alguna de las opciones,



METODOLOGÍA EXPERIMENTO N°2: Cristales de hielo



A grandes rasgos, la forma de un cristal de hielo se encuentra determinada por la humedad y la temperatura a la cual este fue sometido durante su formación, mientras descendía hacia la superficie terrestre y luego mientras se acumuló en diferentes estratos (capas) una vez ya depositado. Los cristales de hielo se hacen cada vez más pequeños y empiezan a entrelazarse, formando una masa movible por acción de la fuerza de gravedad.

Objetivo:

Reconocer la forma, tamaño y temperatura de los diferentes cristales de hielo caídos y sus estratos, luego de un evento de nieve en tu sector.

Materiales:

- Espátula metálica grande
- Tarjeta de cristales de nieve
- Termómetro con medición menor a 0°
- Lupa 40x

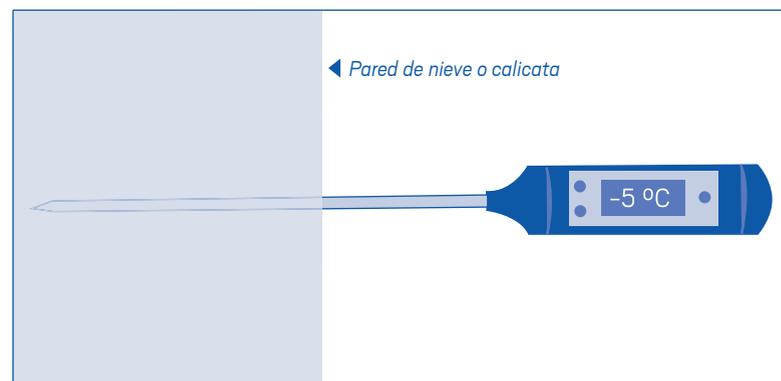
Profundidad mínima
de nieve: 2 cm

Para realizar este experimento necesitaremos ampliar nuestra calicata (ideal) o bien excavar una nueva (opcional) en la cercanía de la zona de los demás experimentos. Con el experimento anterior (test de dureza de la nieve), veremos si la calicata presenta diferentes estratos (capas) o sólo uno. Se espera que después de una nevada resulte sólo una capa de nieve, ya que deben haber varias nevadas que no alcancen a derretirse para que se formen más capas o estratos de nieve.

Sabías que...

Un estrato de nieve se identifica como una capa horizontal de nieve de espesor uniforme y características propias que la distinguen respecto de las capas superior e inferior, en términos de su densidad (experimento 4) y tamaño de cristales (experimento 2).

A continuación, utilizando nuestro termómetro de mano, procederemos a tomar la temperatura de la(s) capa(s) de nieve existente(s). Para esto, en posición horizontal ingresaremos el termómetro penetrando en la pared de la calicata, esperando el tiempo necesario (mínimo 1 minuto) para que el sensor se ajuste a la temperatura de la nieve. La cantidad de muestras de temperatura dependerá del número de estratos de nieve presentes, es decir, si sólo tenemos un estrato, realizaremos una sola medición, mientras que, si tenemos varios estratos tomaremos la temperatura de cada uno.

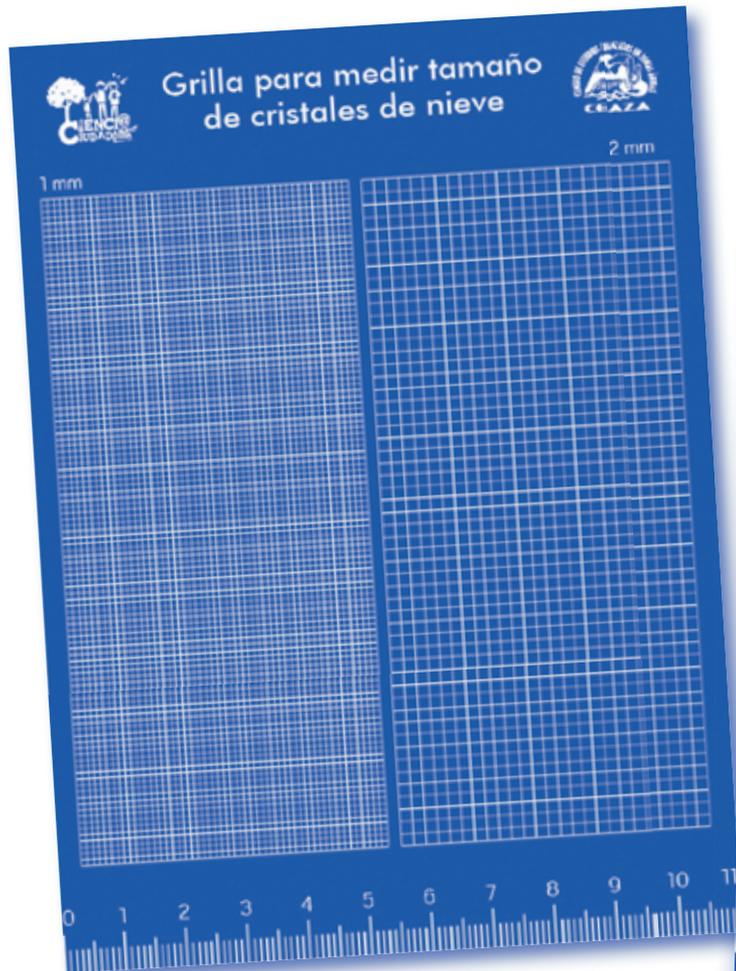


Toma de datos de temperatura de la(s) capa(s) de nieve presentes en la calicata.

Luego, clasificaremos el tamaño y la forma de los cristales de nieve con la tarjeta de cristales de hielo. Para esto, tomaremos una pequeña muestra de la capa de nieve presente en nuestra calicata raspando con mucha delicadeza la tarjeta, poniendo atención en que la nieve quede sobre la cara que presenta la cuadrícula. Finalmente, con la lupa observaremos el tamaño y la forma de los cristales de nieve en cada estrato, para anotar el resultado en nuestra bitácora de datos.

TARJETA DE CRISTALES DE NIEVE

- Gráfico de tipos de cristales según su formación, transformación y tamaño.
- Elaborado en plástico PAI (plástico especial que resiste el agua y la nieve)
- Grilla de 1 mm y 2 mm.



¡Ojo!

Dependiendo de la temperatura ambiental, la muestra de cristales solo durará un determinado tiempo sobre nuestra tarjeta. Si se derrite, tomaremos una nueva muestra de nieve.

Clasificación internacional de nieve para precipitación sólida

Símbolo gráfico	Ejemplo	Símbolo numérico	Nombre
		F1	Cristal de placa
		F2	Cristal estrella
		F3	Columna
		F4	Aguja
		F5	Dendrita espacial
		F6	Columna tapada
		F7	Columna irregular
		F8	Grumo de nieve
		F9	Pelota de hielo
		F0	Granizo

METODOLOGÍA EXPERIMENTO N°3:

Estaca de nieve



Conocer la profundidad de la nieve caída, nos ayuda a calcular de manera fiable el volumen aproximado de nieve en un determinado territorio.

Objetivo:

Conocer la profundidad que alcanza la nieve caída tras un evento de precipitación sólida.

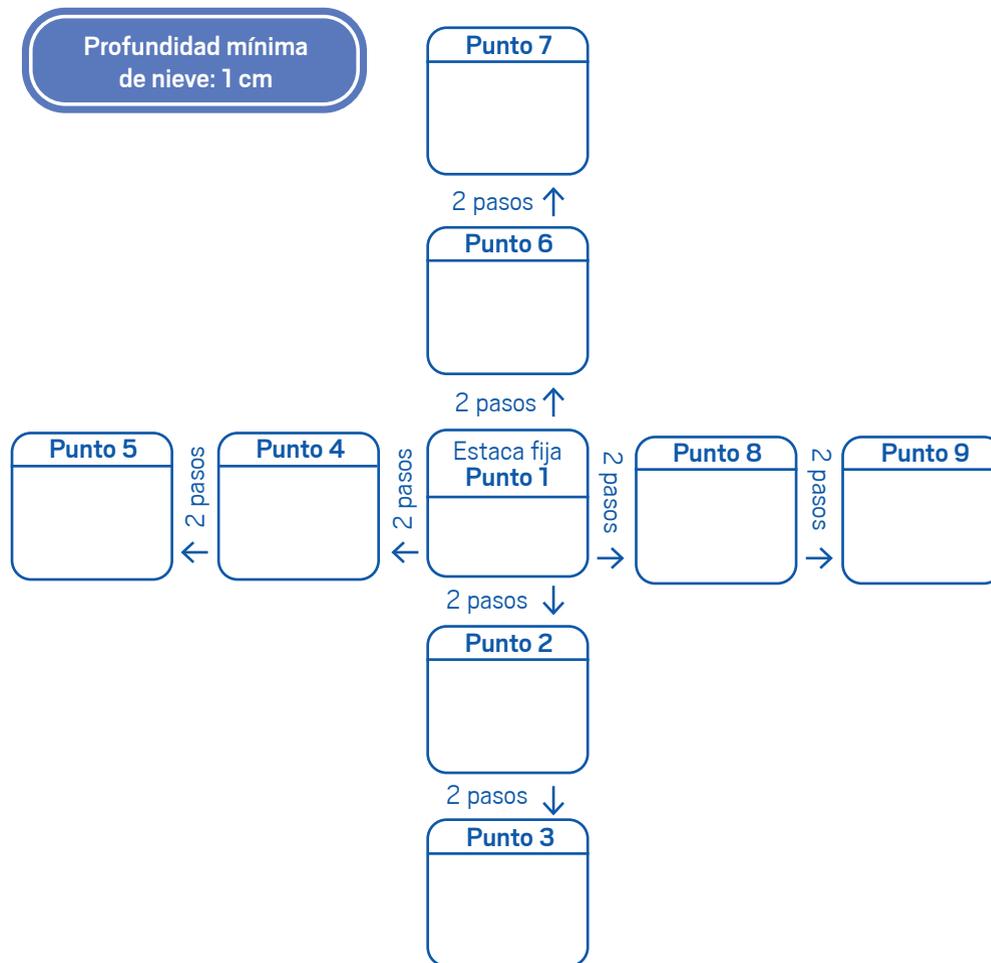
Materiales:

- 1 estaca instalada de manera fija para medir la profundidad del centro de la muestra
- 1 estaca móvil para tomar la muestra de los 8 puntos restantes
- Huincha de carpintería (opcional a medir con dos pasos)

Para medir la profundidad de la nieve caída, recibirás dos estacas graduadas cada 5 y 10 centímetros. Una de las estacas quedará instalada de manera fija en el sitio de estudio, donde se deberá disponer de una superficie aproximada de 16 m², mientras que la estaca móvil la mantendrás en tu taller o casa.

Tras ocurrido un evento de nieve, dirígete con tu estaca móvil al lugar donde se encuentra la estaca fija (preocúpate que el lugar no haya sido pisado), y realiza los siguientes pasos:

1) Primero observa tu bitácora de datos. En la página del experimento 2 verás dibujados 9 recuadros en forma de cruz, como se ve en la siguiente figura:



Cada recuadro corresponde a un punto de medición, siendo el recuadro del centro la zona donde se ubica la estaca fija.

2) Dirígete en línea recta hacia la estaca fija y observa qué profundidad tiene la nieve, luego anota el resultado en tu bitácora de datos.



3) Ya anotada la profundidad de la estaca fija (Punto 1), darás 2 pasos en la misma dirección en que ingresaste y con la estaca móvil, medirás la profundidad de nieve en ese punto y lo anotarás en el recuadro del Punto 2. Luego darás nuevamente 2 pasos en la misma dirección y anotarás los resultados en el recuadro del Punto 3.



4) Una vez anotada en tu bitácora las profundidades de los puntos 2 y 3, regresa a la estaca fija por la misma línea donde pisaste la nieve (es importante solo dibujar una línea de pasos), y en el mismo sentido en que giran las agujas del reloj realizarás la medición hasta completar los 9 puntos.

A continuación, se muestra la forma en que se ubican los puntos y las posiciones en las cuáles tú tienes que realizar el experimento.



Partiendo desde el punto 1, la dirección de medición sigue el mismo sentido que las agujas del reloj.

Recuerda

Entre cada punto de medición la distancia es de dos pasos.



Esquema que indica el sentido para tomar las muestras de profundidad de nieve y la ubicación de los 9 puntos.

METODOLOGÍA EXPERIMENTO N°4:

Peso de nieve



Al pesar un volumen conocido de nieve podemos determinar la cantidad de agua que ésta contiene. Con este importante dato, sumado a imágenes satelitales, podemos calcular de manera aproximada, la cantidad de agua equivalente de una cuenca o sector determinado.

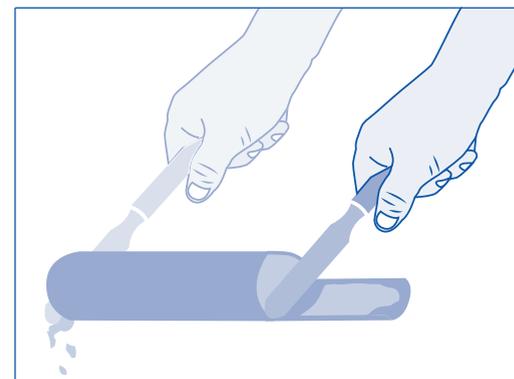
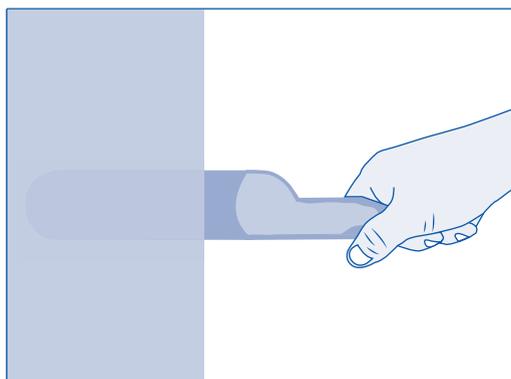
Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **10 cm**.

Para calcular el peso de la nieve, sigue los pasos que se muestran a continuación:

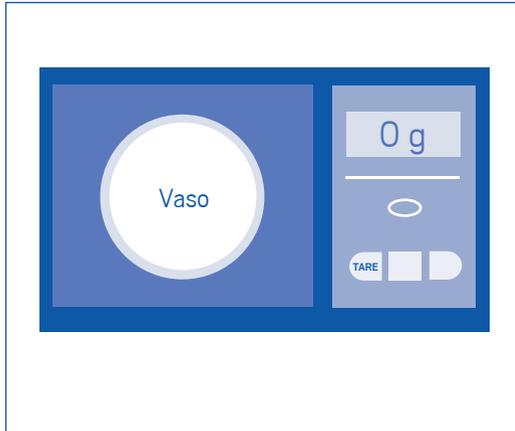
1) Al igual que los experimentos “test de dureza de nieve y cristales de hielo” necesitarás hacer una calicata. Puedes ampliar la que has utilizado para los experimentos anteriores (ideal) o puedes excavar una nueva en la misma zona en que realizas tus experimentos.

2) En la pared de la calicata, introduce con cuidado el “*tubo para muestras de nieve*”. Teniendo mucho cuidado de no generar demasiada presión sobre la nieve cercana a este, llena la parte interior del tubo completamente con nieve, como se muestra en la siguiente figura:

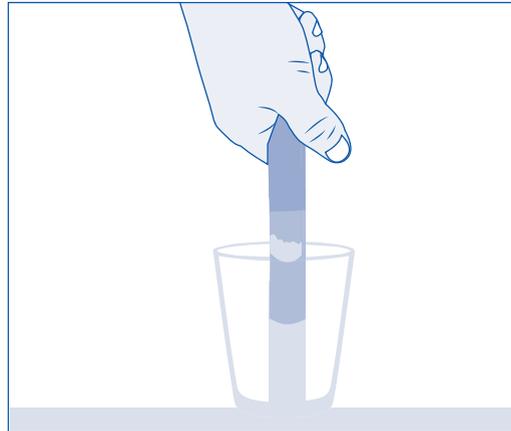
3) Al introducir el tubo en la nieve, se llenará todo su interior e incluso rebasará en los bordes de éste. Con mucho cuidado y sin alterar el volumen interior del tubo, saca la nieve que rebase de los bordes con la espátula de laboratorio (tipo cuchillo).



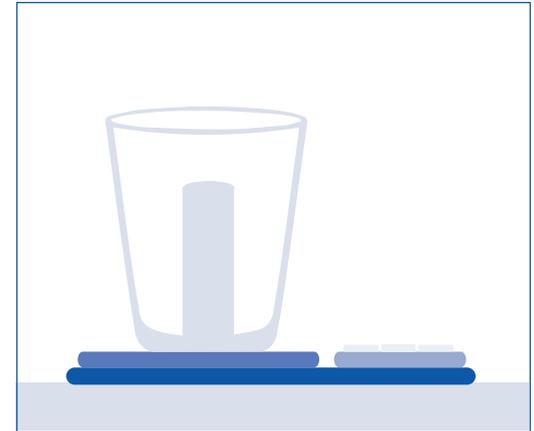
4) El siguiente paso es tarar el vaso plástico. Coloca en vaso plástico sobre la pesa y presiona la tecla "TARE", con esto se descontará el peso del vaso plástico cuando peses la nieve.



5) Deposita todo el contenido de la nieve en el vaso plástico.



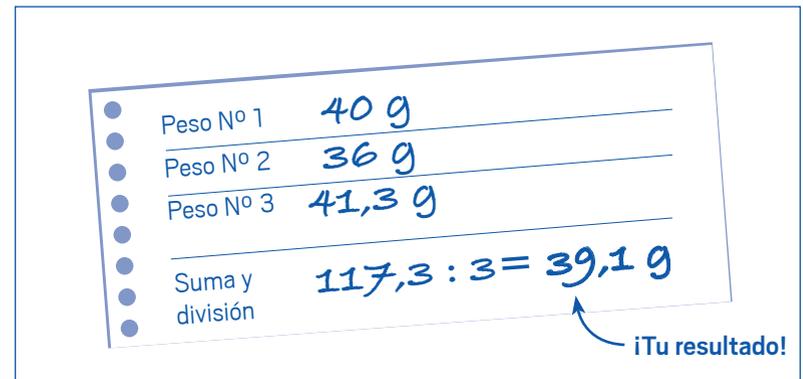
6) Pesa el vaso con la muestra de nieve.



7) La toma de muestras se debe realizar 3 veces por cada evento de nieve, teniendo siempre de distancia mínima 10 centímetros entre cada muestra dentro de la calicata



Las 3 muestras se deben anotar en tu bitácora de datos de la misma manera en que se muestra a continuación:



METODOLOGÍA EXPERIMENTO N°5: Huella de la nieve/ Medición de isótopos



Un átomo es una partícula formada por protones y neutrones en el núcleo rodeado por electrones. Cada elemento químico presente en la naturaleza se identifica y diferencia por la cantidad de protones que posea en el núcleo, sin embargo, la cantidad de neutrones puede variar.

Sabías que...

Los isótopos son átomos de un mismo elemento químico que tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones en su núcleo. Por esta razón, existen átomos de agua más ligeros y pesados que otros.

En la naturaleza se conocen cerca de 1.300 isótopos, pero sólo 274 que corresponden a 81 elementos permanecen sin alterarse durante largos períodos de tiempo. A estos átomos se les conoce como isótopos estables.

Los procesos naturales más importantes que hacen variar la composición de los isótopos estables son cambios físicos del agua como la evaporación y la condensación. Estos procesos dejan una huella isotópica en el agua que es posible rastrear mediante el análisis químico de los isótopos estables en muestras de agua o nieve. Así, con pequeñas muestras de nieve o agua, podemos saber 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.

Objetivo:

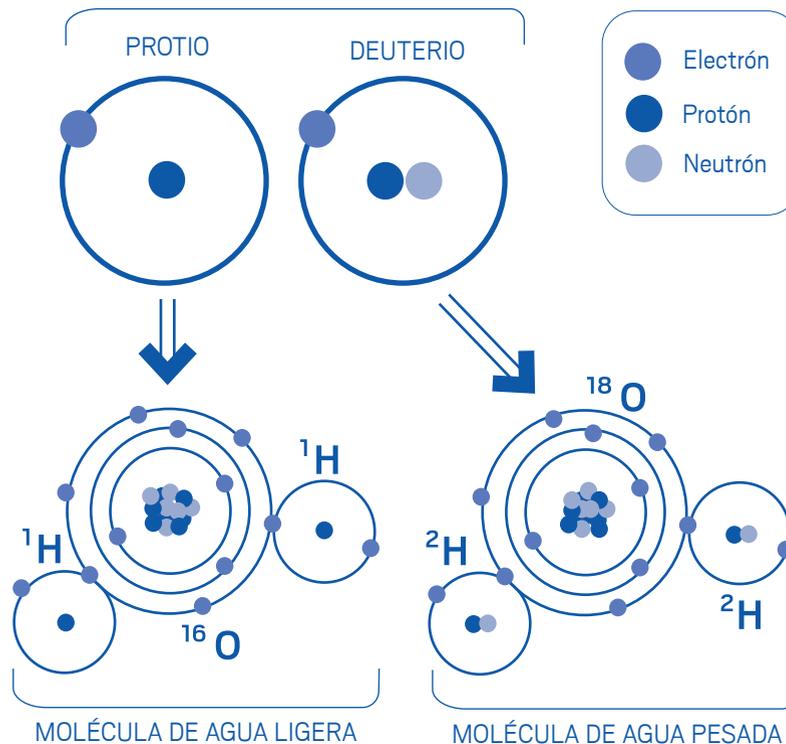
Obtener muestras de nieve, tras un evento de precipitación sólida, para ser llevadas al laboratorio y conocer los isótopos estables del agua que la componen.

Materiales:

- Bolsas estériles Whirl pak
- Cilindro para muestra de nieve
- Espátula para nieve
- Huincha para medir

Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de 10 cm.

ISÓTOPOS ESTABLES DE HIDRÓGENO

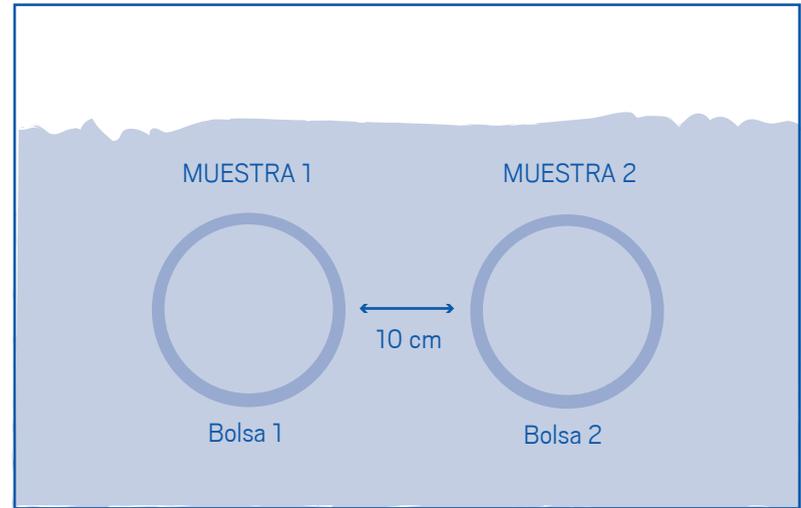


Importante

Recuerda no introducir tus dedos dentro de tu bolsa estéril antes del experimento, ya que las muestras son muy sensibles a contaminación y agentes biológicos.

Para tomar una muestra de isótopos, debes seguir los pasos que se describen a continuación:

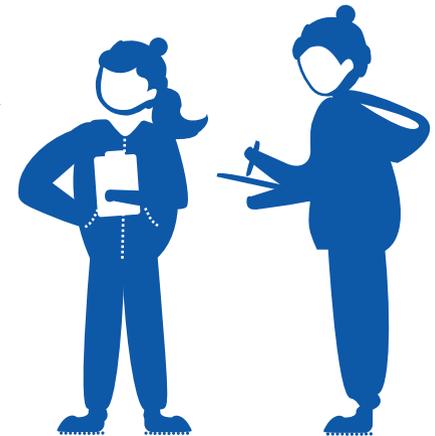
- 1) Excava una calicata utilizando la espátula metálica (la muestra la tomarás desde la pared de ésta).
 - 2) Luego ponte los guantes quirúrgicos y con delicadeza abre la bolsa cerca de la pared de nieve.
 - 3) Introducir el tubo para muestra de nieve horizontal en la pared de nieve, llenándolo completamente y verter cuidadosamente todo el contenido de nieve en la bolsa de muestreo.
 - 4) Cerrar la bolsa de muestreo, girando o doblando las bandas de cierre tres veces para lograr el cierre hermético de la bolsa y asegurar la integridad de la muestra de nieve. Una vez realizadas las dos muestras, guardar las bolsas en una bolsa oscura en el congelador del refrigerador.
- Para cada evento de nieve llenarás 2 bolsas. La separación entre cada muestra será de 10 cm de manera horizontal, como se muestra en la siguiente figura:



Procedimiento para tomar las 2 muestras de nieve.

● Anota tus resultados y comentarios en la bitácora de datos.

● ¡Manos a la obra!!



RESULTADOS PRELIMINARES AÑO 2018



La experiencia adquirida en el corto plazo es sorprendente y nos motiva a continuar y ampliar el área de estudio participativo. El proyecto ha sido exitoso en la participación y compromiso de los voluntarios, científicos ciudadanos, a quienes se agradece por la rigurosidad de aplicar la metodología y generar información que de otra forma no se podría obtener. Se ha promovido de manera concreta el trabajo colaborativo entre la comunidad y la ciencia, otorgando valor al sistema hídrico de zonas áridas desde la experiencia de los habitantes y la investigación aplicada.

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. Preliminarmente, el 77% de los participantes pudieron realizar entre 2 a 3 experimentos, a distintas altitudes.

A continuación, se muestra un mapa donde se visualiza la localización y distribución espacial de los 9 puntos de muestreo de científicos ciudadanos localizados en las comunas de Vicuña, Paihuano y Río Hurtado (ver mapa).



Mapa de localización de 9 puntos de muestreo de eventos de nieve durante el año 2018.

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 msnm. En el primer evento se muestrearon 7 puntos donde el 100% de los participantes registró un tipo de nieve A (muy suave) en el test de dureza, la que es denominada como tipo “plumilla” o “polvo”, en algunos sectores de la precordillera. En los casos 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”.

Evento N°1: 10 al 11 de junio de 2018

De acuerdo con las descripciones de los voluntarios, el primer evento de nieve fue precedido por precipitaciones líquidas, vientos N-S, nubes y neblina, desde la tarde del domingo 10 hasta la madrugada del lunes 11. Así, desde la madrugada del 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 16 cm de profundidad, 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 nieve caída 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, peso y densidad de la nieve, así como las muestras de isótopos. En este sector, el evento 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, cuya duración fue de 2 a 3 horas.

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 un evento de nieve suave, conocida localmente como tipo estrella, sin viento y una elevación del nivel del agua de la laguna.

Altura de nieve

En los tres eventos de precipitaciones nivales que fueron registradas por los voluntarios, se midió la altura de la nieve en 8 puntos a distintas altitudes. Cabe señalar que en los eventos 2 y 3, sólo hubo registro de caída de nieve en el punto de muestreo más alto del estudio, 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).



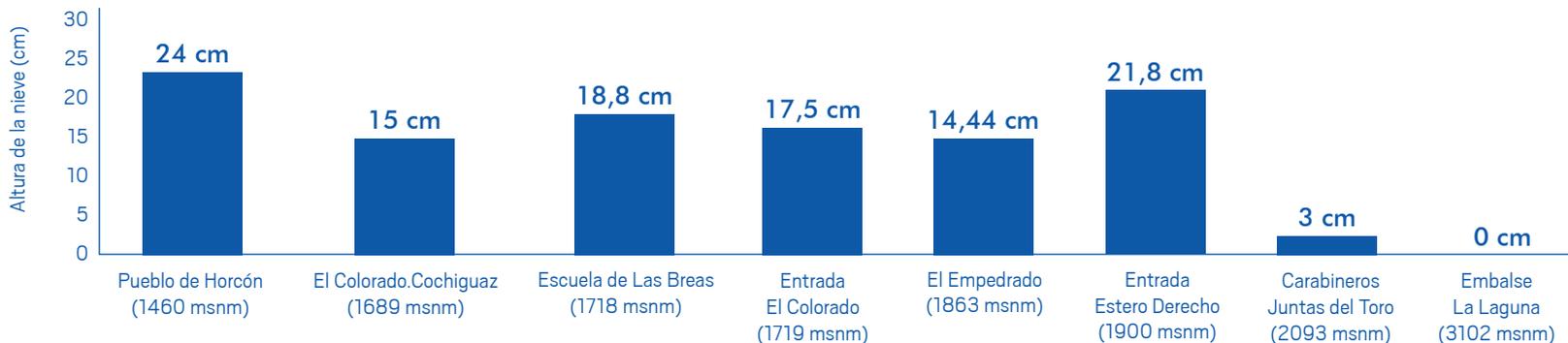
Tabla N°1: Datos de los eventos de nieve ocurridos durante el año 2018, de acuerdo con los sitios de muestreo, con mediciones de altura y dureza de nieve, junto a nombres locales para los tipos de nieve.

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	Muy suave	s/n	0			0		
3	El Empedrado	Paihuano	1863	14,4	Muy suave	s/n	0			0		
4	Camping Ganimedes	Paihuano	1689	15,0	Muy suave	Polvo	0			0		
5	Entrada El Colorado	Paihuano	1719	17,5	Muy suave	s/n	0			0		
6	Entrada Estero Derecho	Paihuano	1900	21,8	Muy suave	s/n	0			0		
7	Pueblo Horcón	Paihuano	1460	24,0	Muy suave	s/n	0			0		
8	Escuela de Las Breas	Río Hurtado	1718	18,8	Muy suave	Plumilla	0			0		

A continuación, se presenta un gráfico que permite visualizar las diferencias en la medición de la altura de nieve para el primer evento del 11 de junio de 2018. 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.

GRÁFICO DE RESULTADOS DE MUESTREO DE ALTURAS DE NIEVE EN EL EVENTO DEL 11 DE JUNIO DE 2018



Resultados muestreo de altura de nieve evento 1 (11 de junio de 2018).



Fotografías de los sitios de monitoreo participativo posterior al evento de nieve. (A) El Colorado, Valle Cochiguaz; (B) Portón Estero Derecho, Valle de Alcohuaz; (C) Escuela Las Breas, Río Hurtado.

BITACORA DE DATOS:

Evento de nieve N°



Una vez finalizado el evento de nieve por favor anotar la siguiente información:

Fecha del evento		Hora de comienzo del evento	
		Hora de finalización del evento	
Fecha del experimento		Hora de comienzo del experimento	
Nombres de las personas que registran la observación			



EXPERIMENTO 1. Descripción del evento de nieve



Objetivo: Describir el evento de nieve en sus características climáticas y en la dureza de la nieve caída.

DATOS DEL EVENTO DE NIEVE

Hora de comienzo del experimento	
Describa cómo ocurrió el evento de nieve (si hubo tormenta, lluvia, dirección de los vientos, tipos de nubes, radiación, etc.)	
¿Hubo lluvia después de la nieve? Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	¿El lugar en que realizó el experimento se encontraba nevado antes de caer nuevamente nieve? Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>

EXPERIMENTO 1. Descripción del evento de nieve



Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **10 cm.**

TEST DE DUREZA DE NIEVE

Indicadores para determinar la dureza de nieve	Tipo de nieve (Dureza)	Seleccione la alternativa en la cual logró introducir su (mano, lápiz o chuchillo) en la nieve. (Marcar sólo una alternativa por prueba)	Si usted conoce un nombre local para este tipo de nieve, anótelo aquí
Logras introducir el puño 	Nieve muy suave	<input type="checkbox"/>	
Logras introducir 4 dedos en flecha 	Nieve suave	<input type="checkbox"/>	
Logras introducir el dedo índice 	Nieve media	<input type="checkbox"/>	
Logras introducir un lápiz desde la punta 	Nieve dura	<input type="checkbox"/>	
Se logra introducir un cuchillo 	Nieve muy dura	<input type="checkbox"/>	
No se logra introducir el cuchillo 	Hielo	<input type="checkbox"/>	

EXPERIMENTO 2. Observando los cristales de hielo



Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **2 cm**.

Análisis de cristales de hielo									
Estrato o capa	Temperatura °C	Tamaño (mm)					Símbolo numérico	Forma del cristal	
		menor a 1	igual a 1	entre 1 y 2	igual a 2	mayor a 2		Nombre	
1									
2									
3									

EXPERIMENTO 3.

Estaca de nieve

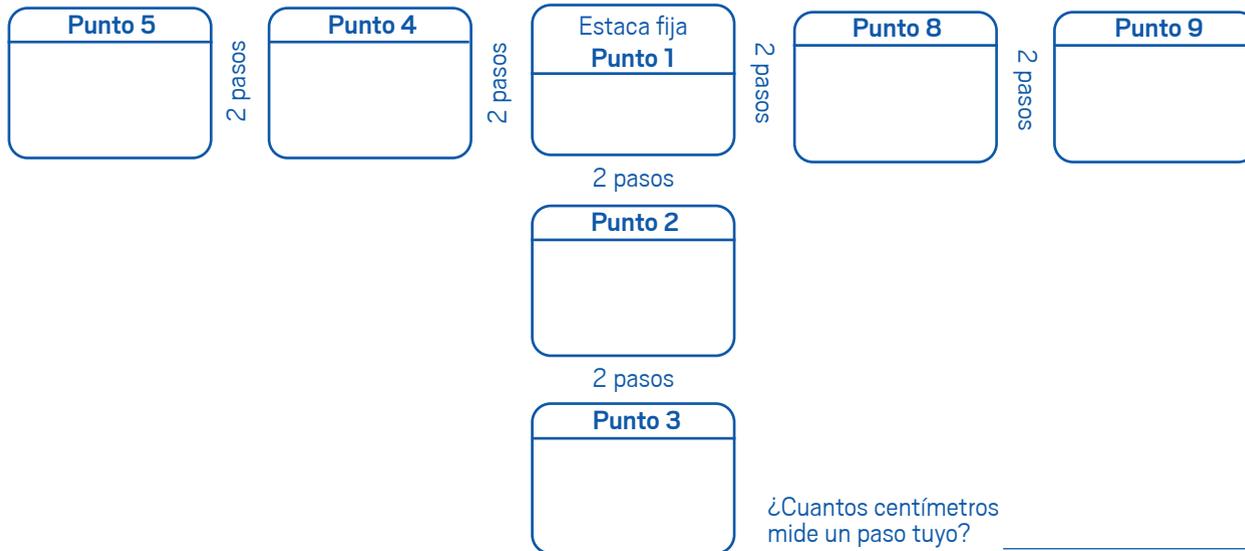


Objetivo: Conocer la profundidad que alcanza la nieve caída tras un evento de precipitación sólida.

Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **1 cm**.

Calculo promedio opcional

Punto	Profundidad en centímetro
Estaca fija	
Punto 2	
Punto 3	
Punto 4	
Punto 5	
Punto 6	
Punto 7	
Punto 8	
Punto 9	
Promedio:	



EXPERIMENTO 4. Peso de la nieve



Objetivo: Pesar un volumen conocido de la nieve caída para determinar su densidad y su contenido en agua equivalente.

Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **10 cm**.

Anota el peso (en gramos) de las muestras de nieve en la tabla. El espesor de la nieve se mide desde el suelo (tierra) hasta la superficie de capa de nieve.

Peso N° 1 (g)		Espesor de la nieve (cm)	
Peso N° 2 (g)		Espesor de nieve (cm)	
Peso N° 3 (g)		Espesor de nieve (cm)	
Promedio peso de nieve (g)		Espesor promedio (cm)	

FÓRMULA PARA MEDIR LA DENSIDAD DE TU MUESTRA DE NIEVE (OPCIONAL)

Densidad: masa (peso) / volumen conocido

$$\begin{array}{l} \text{Densidad de tus} \\ \text{muestras de nieve} \end{array} = \frac{\text{Peso promedio (g)}}{\text{Volumen de la pala de muestra (cm}^3)} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \boxed{} \text{ g/cm}^3$$

¡Tu resultado!

FÓRMULA PARA MEDIR LA EQUIVALENCIA DE LA NIEVE EN AGUA (OPCIONAL)

$$\begin{array}{l} \text{Equivalencia de agua} \\ \text{de la nieve} \end{array} = \boxed{} \times \frac{\boxed{}}{1 \text{ g/cm}^3} = \boxed{} \text{ cm (agua equivalente)}$$

Espesor promedio (cm) Densidad del agua ¡Tu resultado!

¡Tu resultado!

Copiar este resultado aquí →

EXPERIMENTO 5. Huella de nieve / muestras de isótopos



Objetivo: Obtener muestras de nieve, tras un evento de precipitación sólida, para ser llevadas al laboratorio y determinar los isótopos de agua que la componen. Estos datos nos permitirán conocer la fuente agua de los eventos de nieve.

Para realizar este experimento, la profundidad mínima de nieve debe ser de **10 cm**.

Antes de sacar las muestras de nieve realiza la siguiente lista de chequeo.

LISTA DE CHEQUEO

Verifica que:	Agrega un check ✓
Las bolsas están estériles y no fueron abiertas antes	
Las bolsas se encontraban almacenadas lejos de la luz del sol	
La cantidad de nieve caída me permite llenar las bolsas	
Poseo guantes y todo el material necesario para sacar las muestras	

Ahora puedes tomar las muestras de nieve. Recuerda seguir las instrucciones del manual.

¡MANOS A LA OBRA!

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

Número de muestras logradas	
Profundidad de la nieve desde el suelo hasta donde sacaste las muestras (cm)	
Profundidad de la nieve desde el suelo hasta la superficie (cm)	

RESULTADOS ANUALES



AÑO: _____

En esta sección anotarás los resultados de los eventos ocurridos durante 1 año de investigación, además expondrás tus observaciones e ideas al momento de reflexionar los resultados de los diferentes eventos de nieve. En relación con el primer experimento, anota en el cronograma el tipo de nieve según dureza para cada evento ocurrido en el año, además de la duración en horas que tuvo cada evento.

Test de dureza de nieve	
Símbolo	Tipo de nieve
A	Nieve muy suave
B	Nieve suave
C	Nieve media
D	Nieve dura
E	Nieve muy dura
F	Hielo

Detalles y observaciones

Dureza de la nieve, duración del evento de nieve según número de eventos registrados en el año							

Resulta importante recopilar todos los nombres de nieve locales que anotaste durante los diferentes eventos de nieve. En la siguiente tabla ingresa los diferentes nombres y su descripción, característica u otro detalle que conoces sobre cada tipo de nieve.

Nombres locales de tipos de nieve		
Nº	Nombre de la nieve	Descripción (características, con qué tipo de eventos aparece, otros...)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Para el segundo experimento “Cristales de hielo” crearemos un gráfico de temperatura de la nieve en el primer estrato a lo largo de los diferentes eventos registrados en el año, para ello marque con un punto el rango de temperatura al que corresponde cada evento y luego una los puntos con una línea.

Gráfico de temperatura de la nieve del primer estrato (capa) a lo largo del año							
Temperatura/Evento	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4	Evento 5	Evento 6	Evento 7
5							
0							
-5							
-10							
-15							
-20							
Fecha del evento							

Temperatura máxima registrada: _____ Temperatura mínima registrada: _____ Promedio anual: _____

A continuación, graficaremos el tamaño de los cristales de hielo para los diferentes eventos de nieve registrados durante el año. Marque con un punto el tamaño aproximado del cristal para cada evento y luego una los puntos con una línea (graficar), agregando la fecha de cada evento y símbolo de forma de cristales.

Gráfico de tamaño de los cristales de hielo en diferentes eventos de nieve							
Tamaño en mm	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4	Evento 5	Evento 6	Evento 7
Mayor a 2							
Igual a 2							
Entre 1 y 2							
Igual a 1							
Menor a 1							
Fecha del evento							
Símbolo numérico del cristal							

Tamaño máximo registrado en el año: _____

Tamaño mínimo registrado en el año: _____

En el siguiente ejercicio realizaremos un gráfico de doble entrada en el cual trazaremos las gráficas de peso de la nieve para los diferentes eventos del año, versus profundidad del manto nivoso y la fecha de cada evento (recuerda trazar una línea entre los diferentes puntos y si es posible, utilizar un color diferente para cada medida).

Gráfico de peso de la nieve y profundidad del manto en diferentes eventos de nieve								
Peso de la nieve	Evento 1	Evento 2	Evento 3	Evento 4	Evento 5	Evento 6	Evento 7	Espesor de la nieve
35 gramos								70 cm
30 gramos								60 cm
25 gramos								50 cm
20 gramos								40 cm
15 gramos								30 cm
10 gramos								20 cm
5 gramos								10 cm
0 gramos								0 cm
Fecha del evento								

Comentarios y reflexión

Para el experimento de profundidad de nieve, realizaremos un cronograma anual de profundidades de nieve por mes. Para ello anotaremos la profundidad promedio de los 9 puntos del Experimento 3. En caso, en caso de tener más de un evento en el mismo mes, anotaremos el promedio del (los) eventos de dicho mes.

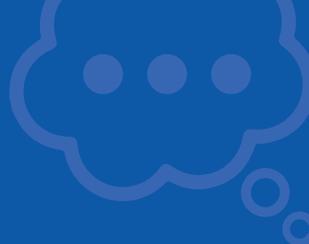
Profundidad de nieve promedio por evento durante el año														
Profundidad	95 cm													
	85 cm													
	75 cm													
	65 cm													
	55 cm													
	45 cm													
	30 cm													
	15 cm													
	0													
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		

Resultado anual de profundidad de nieve (los resultados se calculan con los datos de la tabla anterior).

Categoría	Evento de la medición (1, 2, 3, 4...)	Resultado
Profundidad máxima registrada		
Profundidad mínima registrada		
Suma de profundidad en el año		



TERCERA ETAPA: LA REFLEXIÓN



A continuación, exprésanos tus comentarios, sugerencias e ideas para mejorar y hacer más amigable esta investigación participativa.

1. ¿Qué es lo que más y lo que menos te gustó de los experimentos?

2. ¿Qué dificultades se te presentaron al realizar los experimentos?

3. A partir de sus resultados y observaciones ¿Cuál fue el mes más intenso en cuanto a eventos de nieve?

4. ¿Qué nuevas preguntas te surgen después de realizar los experimentos y vivir un evento de nieve?

Empty rounded rectangular box for writing answers to question 4.

5. ¿Crees que este tipo de experimentos son un aporte para tu comunidad? ¿Por qué?

Large empty rounded rectangular box for writing answers to question 5.



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.

Centro de Estudios Científicos (CECs) (2009). Estrategia Nacional de Glaciares. Santiago: Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Aguas.

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°91, UNESCO-IHP, Paris.

Fundación Ciencia Ciudadana (2017). Guía para conocer la Ciencia Ciudadana. Santiago: Universidad Autónoma de Chile.

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.

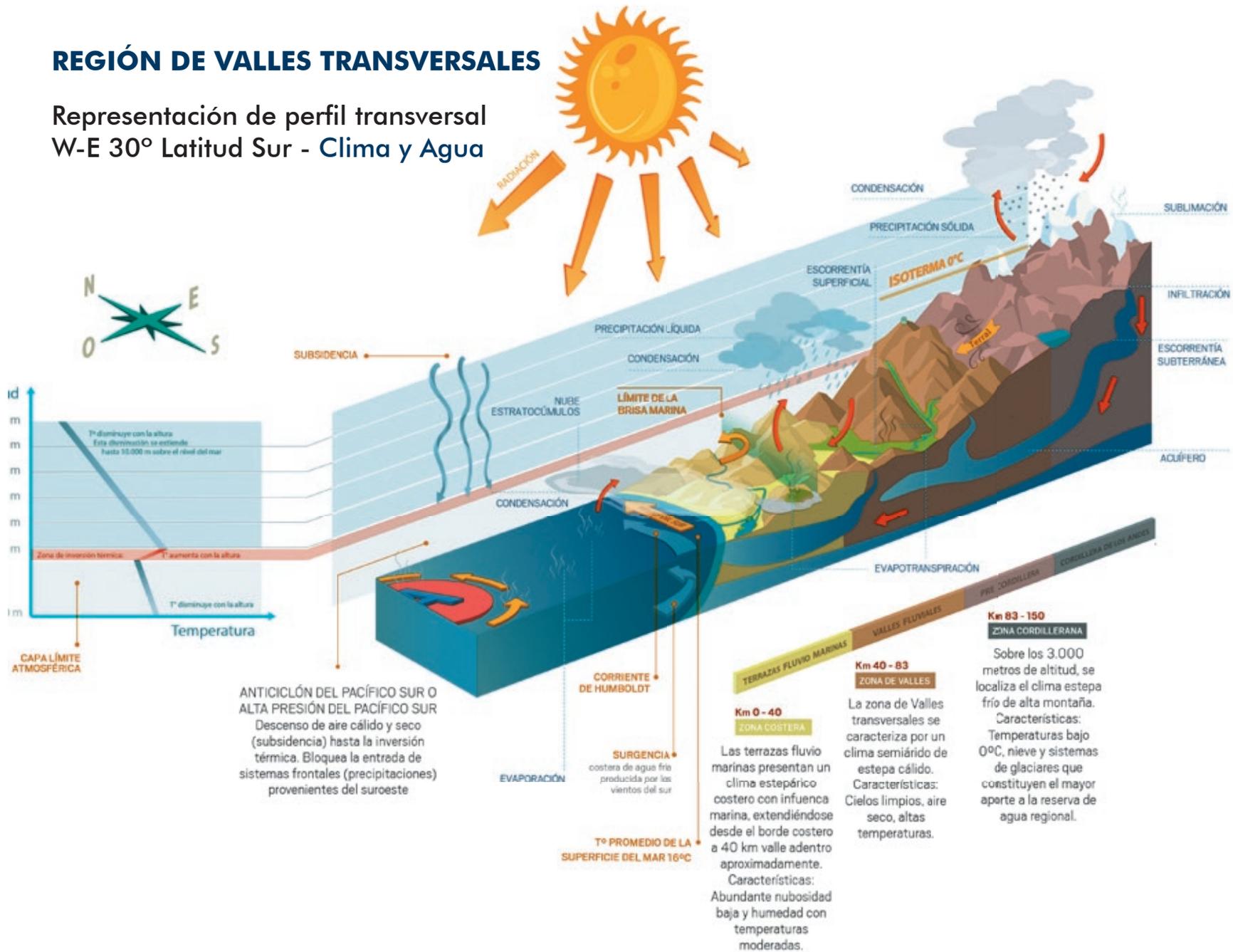
Schaffer, N., MacDonell, S., Réveillet, M., Yañez, E., & Valois, R. (2018). Rock glaciers as a water resource in a changing climate in the semiarid. *Regional Environmental Change*, 1-17.



¡La Ciencia Ciudadana
la hacemos todos!

REGIÓN DE VALLES TRANSVERSALES

Representación de perfil transversal W-E 30° Latitud Sur - Clima y Agua





Manual del Científico Ciudadano

Vecinos de las Nieves: Monitoreo de eventos de nieve en la precordillera

www.ceaza.cl

