“Determinación de áreas potenciales e implementación de barreras de nieve como método de acumulación adicional de nieve en las tres provincias de la Región de Coquimbo: Experiencia piloto”

FIC-R (2015)

Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas

Región de Coquimbo

Enero 2018

Contenido

1. Cuadro inicial del proyecto....3
2. Resumen del proyecto: 4
3. Actividades programadas y ejecutadas:....5
4. Razones que explican las discrepancias entre actividades programadas y las efectivamente realizadas: 9
5. Cuadro de antecedentes financieros:....9
6. Gráfico Curva de avance físico v/s lo programado por trimestre:....11
7. Metodología:....12
8. Resultados e hitos: 32
9. Impactos logrados:....53
10. Problemas enfrentados: 57
11. Conclusiones y recomendaciones: 60
12. Sostenibilidad del proyecto....65
13. Anexos: 66

1. Cuadro inicial del proyecto

INFORME DE AVANCE TÉCNICO FIC REGIONAL			**Fecha de emisión:** 10/01/2018
Fecha de inicio: 11/01/2016	**Fecha de término:** 11/01/2018	**N° de informe:** final	**Duración:** 24 meses
Nombre del Proyecto:	**Determinación de áreas potenciales e implementación de barreras de nieve como método de acumulación adicional de nieve en las tres provincias de la Región de Coquimbo: Experiencia piloto**		
Financiamiento:	**Monto Total del proyecto:**	M$269.963	
	Aporte FIC-R:	**Año 2015:** M$55.734 **Año 2016:** M$111.468 **Año 2017:** M$55.734	
	Aporte institución:	M$47.027	
Institución Ejecutora:	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas		
Responsable del Proyecto:	Dra. Shelley MacDonell		
Cargo:	Investigador en Glaciología		
E-mail:	shelley.macdonell@ceaza.cl		
Fono:	0512204378		

2. Resumen del proyecto:

Gran parte de las actividades productivas de la Región de Coquimbo dependen directamente de la disponibilidad de los recursos hídricos. Actualmente, esta disponibilidad se ve cada vez más afectada por escenarios adversos como los extensos períodos de sequía, asociados al proceso de desertificación, y el notorio incremento de la demanda hídrica observado durante los últimos años debido a incremento en las actividades agrícolas y mineras. Los efectos del cambio climático en la Región se manifestarán con disminuciones en los montos de precipitaciones y un alza de temperatura en las zonas cordilleranas. Estos cambios en el clima perturbarán el ciclo hidrológico, debido a que los menores montos de precipitaciones de nieve y el aumento de las temperaturas, generarán disminuciones en las reservas de nieve, y por ende, la cantidad de agua disponible en los caudales de los ríos. Dado este escenario climático y tomando en cuenta el aumento de la demanda del recurso hídrico, se hace imperativo diseñar propuestas que apunten a aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos en la Región de Coquimbo.

En la cordillera de la Región de Coquimbo la cobertura nival tiene una alta tasa de sublimación (cambio de estado directo de sólido a gaseoso, que no genera aporte de agua al sistema hídrico) entre un 60% a un 90% aproximadamente. Esto quiere decir que la mayoría de la nieve que está en la cordillera se disipa en la atmósfera y no aporta al caudal de los ríos. En este sentido, se tienen que buscar métodos para disminuir artificialmente la tasa de sublimación de la nieve con el objetivo de aumentar el caudal de los ríos en la cordillera. Un método para disminuir la tasa de sublimación es usar barreras que atrapen la nieve arrastrada por el viento, las cuales logran crear un reservorio artificial de nieve adicional hacia el lado protegido del viento.

El objetivo general del proyecto es: evaluar la factibilidad de un sistema de incremento de la acumulación de la nieve en toda la zona andina de la Región de Coquimbo.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Estudiar la factibilidad técnica del almacenamiento de nieve a través del uso de barreras de nieve.

- Mejorar los pronósticos hidrometeorológicos de la Región a través del incremento de estaciones meteorológicas.

- Evaluar en terreno la utilización de barreras de nieve en lugares precisos en las tres provincias regionales.

- Cuantificar el impacto del uso de las barreras de nieve.

Para responder a estos objetivos, este estudio será compuesto por tres módulos:
1. Mapeo de lugares idóneos para la instalación de barreras.
2. Monitoreo de nieve en la cordillera.
3. Prueba de las barreras de nieve.

Finalmente, si los resultados del período experimental de barreras de nieve confirman un aumento en las tasas de fusión, el proyecto dará pie a la construcción de un gran número de barreras de nieve, en las cuencas cordilleranas de las provincias de Elqui, Limarí y Choapa. Esto último se concretaría gracias a la información entregada por el mapa de

lugares idóneos, generando un impacto cuantificable en la disponibilidad de agua, beneficiando a miles de agricultores y usuarios de la Región de Coquimbo.

Los productos comprometidos son:

1. Informe con el resumen de los datos compilados por inclusión en el análisis geoespacial.
2. Mapa preliminar de identificación de lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve.
3. Instalación de una estación meteorológica en la Provincia de Elqui.
4. Instalación de una estación meteorológica en la Provincia de Limarí.
5. Instalación de una estación meteorológica en la Provincia de Choapa.
6. Instalación de un sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Elqui.
7. Instalación de un sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Limarí
8. Instalación de un sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Choapa.
9. Instalación de una barrera de nieve portátil en la Provincia de Elqui.
10. Instalación de una barrera de nieve portátil en la Provincia de Limarí
11. Instalación de una barrera de nieve portátil en la Provincia de Choapa.
12. Informe preliminar sobre la evaluación de los efectos de las barreras de nieve en la acumulación para cada provincia.
13. Instalación de una 2da estación meteorológica en la Provincia de Elqui.
14. Instalación de una 2da estación meteorológica en la Provincia de Limarí.
15. Instalación de una 2da estación meteorológica en la Provincia de Choapa.
16. Instalación de un 2do sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Elqui.
17. Instalación de un 2do sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Limarí.
18. Instalación de un 2do sistema de monitoreo de distribución espacial de nieve a través del uso de una cámara automática en la Provincia de Choapa.
19. Plataforma geoespacial de mapeo de lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve, publicada en la página web de CEAZA.

3. Actividades programadas y ejecutadas:

Componente	N° Actividad	Actividades Programadas	Actividades Ejecutadas	Discrepancias	% de avance Físico
1	1	Adquisición y confección de información geoespacial para la generación de una base datos para el proyecto.	Ejecutada	No	100
1	2	Análisis de datos meteorológicos disponibles en las áreas de estudios.	Ejecutada	No	100

1	3	Análisis de datos de infraestructura vial, propiedad de la tierra y concesiones mineras en las zonas potencialmente adecuadas para la instalación de barreras de nieve.	Ejecutada	No	100
1	4	Análisis de la dinámica de la cobertura nival en la Región de Coquimbo por medio de imágenes satelitales.	Ejecutada	No	100
1	5	Confección y actualización del inventario de glaciares y glaciares rocosos de la Región de Coquimbo.	Ejecutada	No	100
1	6	Procesamiento de los datos geoespaciales y meteorológicos.	Ejecutada	No	100
1	7	Confección de un mapa de lugares idóneos preliminar.	Ejecutada	No	100
2	1	Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	2	Adquisición de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	3	Terreno de reconocimiento para la instalación de estaciones meteorológicas en los lugares donde pretende instalar barreras de nieve de prueba.	Ejecutada	No	100

2	4	Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	5	Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	6	Captura de datos en los sitios de estudio	Ejecutada	No	100
2	7	Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios	Ejecutada	No	100
2	8	Adquisicion de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	9	Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
2	10	Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.	Ejecutada	No	100
3	1	Adquisición de materiales para el diseño y construcción de las barreras de nieve.	Ejecutada	No	100
3	2	Instalación de barreras de nieve experimentales en distintos tipos de terreno en la cordillera de la Región de Coquimbo.	Ejecutada	No	100

3	3	Adquisición y instalación de equipos para evaluar el impacto de las barreras de nieve (incluyendo: medición de la cantidad de nieve acumulada con un LIDAR; uso de un sistema eddy covariance para medir sublimación y instalación de instrumento hidrológicos para medir derretimiento)	Ejecutada	No	100
3	4	Evaluación y modelación de deshielo y sublimación en los sitios de barreras	Ejecutada	No	100
3	5	Evaluación del impacto de los barreras de nieve	Ejecutada	No	100
4	1	Actualización y mejora de los resultados preliminares (componente 1) para su publicación en la plataforma web.	Ejecutada	No	100
4	2	Creación de un servidor de mapas virtuales con los resultados de los lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve.	Ejecutada	No	100
5	1	Lanzamiento del proyecto	Ejecutada	No	100
5	2	Talleres sobre monitoreo de nieve en la 3 provincias	Ejecutada	No	100
5	3	Talleres sobre el uso de barreras de nieve	Ejecutada	No	100
5	4	Confección de informes	Ejecutada	No	100
5	5	Evento de cierre del proyecto	En ejecución	Sí	20%

4. Razones que explican las discrepancias entre actividades programadas y las efectivamente realizadas:

Sólo existe discrepancia en la actividad de cierre del proyecto, la cual se llevará a cabo en cuanto el Gobierno Regional entregue el visto bueno del presente informe y actividades rendidas, según convenio.

5. Cuadro de antecedentes financieros:

Actividades realizadas	Ítem al cual corresponde la actividad[1]	Gasto realizado en el periodo	Gasto acumulado a la fecha	Presupuesto de la actividad	% de ejecución financiera
C1_A1	Recursos Humanos	6.495.350	0	4.955.000	131%
C1_A1	Gastos de Administración	34.135	0	345.000	10%
C1_A1	Inversión y Equipo	0	0	750.000	0%
C1_A2	Recursos Humanos	1.505.000	20.687.968	1.505.000	100%
C1_A2	Gastos de Administración	143.000	34.135	143.000	100%
C1_A3	Recursos Humanos	1.505.000	20.687.968	1.505.000	100%
C1_A3	Gastos de Administración	143.000	34.135	143.000	100%
C1_A4	Recursos Humanos	815.000	20.687.968	815.000	100%
C1_A4	Gastos de Administración	85.000	34.135	85.000	100%
C1_A5	Recursos Humanos	1.018.618	20.687.968	815.000	125%
C1_A5	Gastos de Administración	85.000	34.135	85.000	100%
C1_A6	Recursos Humanos	383.000	20.687.968	383.000	100%
C1_A6	Gastos de Administración	21.608	34.135	40.000	54%
C1_A7	Recursos Humanos	3.803.000	20.687.968	3.803.000	100%
C1_A7	Gastos de Administración	320.000	34.135	320.000	100%
C2_A1	Recursos Humanos	1.121.000	20.687.968	1.121.000	100%
C2_A1	Inversión y Equipo	25.359.682	26.294.936	19.316.000	131%
C2_A1	Gastos de Administración	0	34.135	103.000	0%
C2_A2	Recursos Humanos	1.121.000	20.687.968	1.121.000	100%
C2_A2	Inversión y Equipo	935.254	26.294.936	7.200.000	100%
C2_A2	Gastos de Administración	0	34.135	103.000	100%
C2_A3	Recursos Humanos	1.073.000	20.687.968	1.073.000	100%
C2_A3	Gastos de operación	3.602.000	5.334.481	3.602.000	100%
C2_A3	Gastos de Administración	0	34.135	108.000	100%
C2_A4	Recursos Humanos	924.000	20.687.968	924.000	100%

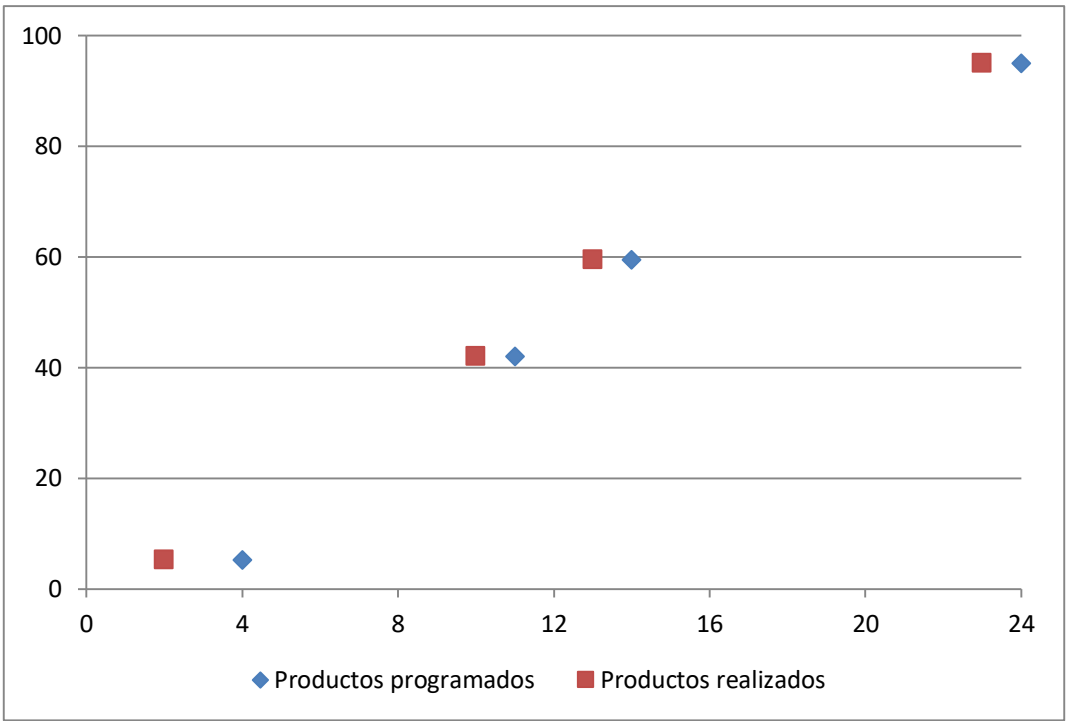
C2_A4	Gastos de operación	680.481	5.334.481	452.000	151%
C2_A4	Gastos de Administración	0	34.135	95.000	100%
C2_A5	Recursos Humanos	924.000	20.687.968	924.000	100%
C2_A5	Gastos de operación	1.052.000	5.334.481	1.052.000	100%
C2_A5	Gastos de Administración	0	34.135	95.000	100%
C2_A6	Recursos Humanos	18.876.080	97.389.578	18.864.000	100%
C2_A6	Capacitación	2.444.801	6.008.501	2.500.000	98%
C2_A6	Gastos de operación	4.499.860	24.970.000	4.487.000	100%
C2_A6	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	1.500.000	13%
C2_A7	Recursos Humanos	1.550.000	97.389.578	1.265.000	123%
C2_A7	Inversión y Equipo	23.215.828	86.246.665	23.028.000	101%
C2_A7	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	125.000	155%
C2_A8	Recursos Humanos	1.550.000	97.389.578	1.265.000	123%
C2_A8	Inversión y Equipo	6.233.315	86.246.665	7.200.000	87%
C2_A8	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	125.000	155%
C2_A9	Recursos Humanos	1.206.410	97.389.578	1.150.000	105%
C2_A9	Gastos de Operación	600.000	24.970.000	452.000	133%
C2_A9	Gastos de administración	193.542	2.903.135	116.000	167%
C2_A10	Recursos Humanos	1.400.000	97.389.578	1.150.000	122%
C2_A10	Gastos de operación	377.500	24.970.000	452.000	84%
C2_A10	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	116.000	167%
C3_A1	Recursos Humanos	815.000	23.116.968	815.000	100%
C3_A1	Gastos de Operación	6.000.000	14.670.481	6.000.000	100%
C3_A1	Gastos de Administración	85.000	282.135	85.000	100%
C3_A2	Recursos Humanos	1.614.000	23.116.968	1.614.000	100%
C3_A2	Gastos de Operación	3.336.000	14.670.481	3.336.000	100%
C3_A2	Gastos de Administración	163.000	282.135	163.000	100%
C3_A3	Recursos Humanos	27.567.880	97.389.578	16.487.000	167%
C3_A3	Inversión y Equipo	30.403.581	86.246.665	24.119.000	126%
C3_A3	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	1.472.000	13%
C3_A4	Recursos Humanos	8.803.600	97.389.578	8.050.000	109%
C3_A4	Capacitación	3.563.700	6.008.501	4.000.000	89%
C3_A4	Gastos de operación	17.072.847	24.970.000	2.487.000	686%
C3_A4	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	763.000	25%
C3_A5	Recursos Humanos	6.200.000	97.389.578	6.210.000	100%

C3_A5	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	595.000	33%
C4_A1	Recursos Humanos	3.100.000	97.389.578	1.380.000	225%
C4_A1	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	135.000	143%
C4_A2	Recursos Humanos	3.100.000	97.389.578	1.380.000	225%
C4_A2	Gastos de Operación	2.000.000	24.970.000	2.000.000	100%
C4_A2	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	125.000	155%
C5_A1	Recursos Humanos	387.500	97.389.578	250.000	155%
C5_A1	Gastos de Difusión	886.005	5.418.323	1.250.000	71%
C5_A1	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	58.000	334%
C5_A2	Recursos Humanos	387.500	97.389.578	250.000	155%
C5_A2	Gastos de Difusión	448.990	5.418.323	1.750.000	26%
C5_A2	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	101.000	192%
C5_A3	Recursos Humanos	387.500	97.389.578	250.000	155%
C5_A3	Gastos de Difusión	448.990	5.418.323	1.750.000	26%
C5_A3	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	58.000	334%
C5_A4	Recursos Humanos	11.000.000	97.389.578	11.000.000	100%
C5_A4	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	1.912.000	10%
C5_A1	Recursos Humanos	387.500	97.389.578	250.000	155%
C5_A1	Gastos de Difusión	939.858	5.418.323	1.250.000	75%
C5_A1	Gastos de Administración	193.542	2.903.135	134.000	144%

[1] *Tales ítems corresponden a lo indicado en Convenio de transferencia de capital y resolución correspondiente.*

6. Gráfico Curva de avance físico v/s lo programado por trimestre:

Todos los productos programados fueron realizados durante el período de ejecución del proyecto, excluyendo el cierre del proyecto la cual se llevará a cabo en cuanto el Gobierno Regional entregue el visto bueno del presente informe y actividades rendidas, según convenio. El gráfico presenta la relación de productos planificados versus productos terminados según nueva programación de desembolsos presentada al Gobierno Regional en cartas 283 y 285, ingresadas el día 07 de octubre de 2016.



7. Metodología:

C1 A1: Adquisición y confección de información geoespacial para la generación de una base de datos para el proyecto.

Para la realización de esta actividad, se hizo una revisión a distintas fuentes de datos para realizar la recopilación de antecedentes. Estas fuentes, en su mayoría, están disponibles en línea por distintas instituciones (Dirección de Vialidad, Dirección General de Aguas, Servicio de Impuestos Internos, Centro de Información de Recursos Naturales) y otras que se requiere una solicitud formal para obtenerlas, como es el caso del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Otras fuentes son de origen académico, como es el caso de la Universidad de Chile y otras de organismos internacionales como la NASA.

Posteriormente, se revisa el formato de dichos datos para poder estandarizarlos a dos únicos formatos de lectura que son Shapefile (.shp) para archivos vectoriales (como líneas, puntos y polígonos) y GeoTIFF (.tif) para archivos ráster o imágenes, las cuales se realizaron las conversiones respectivas. La idea de realizar dicha estandarización es de plasmarlos en un software de Sistema de Información Geográfica (SIG). También se revisa el período de tiempo en que se realizaron, buscando la información más actualizada posible.

Una vez realizada la recopilación de datos existentes, se revisan los datos faltantes (en este caso fueron los caminos de cordillera en predios privados) y la forma de obtener dichos datos (para este caso, las imágenes de Google Earth y planos de algunos predios).

Finalmente, todos estos datos se ordenan y se presentan en un anexo, que viene adjunto a este informe. Los datos que, por tener tamaño superior a 5 GB, no pueden ser presentados en un anexo, se muestran en un listado de datos disponibles, que corresponden a las imágenes satelitales de cobertura nival desde 2002 hasta 2016 y los datos registrados en las estaciones meteorológicas, que en su mayoría, están por cada 1 hora.

Fecha de inicio: 11/01/2016
Fecha de término: 16/02/2016
Presupuesto: $6.529.485
Porcentaje de avance: 100%

C1_A2: Análisis de datos meteorológicos disponibles en las áreas de estudios.

Para la realización de esta sección, se hizo un análisis de datos disponibles en los links mencionados en el anexo relacionado a la actividad 1 (c1_a1) por provincia. Además se crearon mapas de variables meteorológicas (Temperatura mínima, media, máxima; precipitación; dirección y velocidad del viento) a nivel regional. Los mapas fueron procesados a formato GeoTIFF para la base de datos geoespacial.

Fecha de inicio: Febrero de 2016
Fecha de término: Abril de 2016
Presupuesto: $1.648.000
Porcentaje de avance: 100%

C1_A3: Análisis de datos de infraestructura vial, propiedad de la tierra y concesiones mineras en las zonas potencialmente adecuadas para la instalación de barreras de nieve.

Una vez realizada la recopilación de la información para la base de datos se crearon archivos shapefile y KMZ de Google Earth para incorporar a la base de datos geoespacial. Además se confeccionaron fichas con la caracterización de la propiedad del terreno, presencia de concesiones mineras y la red vial asociada.

Fecha de inicio: Febrero de 2016
Fecha de término: Abril de 2016
Presupuesto: $1.648.000
Porcentaje de avance: 100%

C1_A4: Análisis de la dinámica de la cobertura nival en la Región de Coquimbo por medio de imágenes satelitales.

Dentro de los datos recopilados por CEAZA, están las imágenes satelitales diarias regionales obtenidas del sensor MODIS producto Snow Cover Area (SCA) desde el año 2002 hasta 2015. El producto SCA indica el área donde existe nieve mediante una entrega de datos binarios que determinan la existencia o no existencia de nieve por pixel. Posteriormente, en un programa SIG se demarcó el área regional donde la nieve está presente. Con este método se pudo estimar la elevación más baja en cada cuenca donde la SCA indicó la presencia de nieve. Si entre un día y otro, existió un área con mayor registro de nieve, se identificó como un evento de precipitación. De las imagenes disponibles, para el análisis preliminar, se procesaron las imágenes de los años 2014 y 2015, correspondiente a un año seco y húmedo, respectivamente. Con ello, se logro determinar la extensión máxima de nieve y la cantidad de eventos de precipitación nival durante esos años. Para el análisis preliminar, se eligió un evento por año los que correspondían a los eventos de menor cobertura por dicho año, con fines de identificar sitios con mayor probabilidad de recibir precipitación nival anualmente. Con esta información se crearon archivos GeoTIFF y KMZ para la base de datos geoespacial.

Fecha de inicio: Febrero de 2016
Fecha de término: Abril de 2016
Presupuesto: $900.000

Porcentaje de avance: 100%

C1 A5: Confección y actualización del inventario de glaciares y glaciares rocosos de la Región de Coquimbo.

Se realizaron, a partir de la recopilación de datos de imágenes satelitales disponibles en línea (Google Earth, Esri World Imagery, Bing Maps, etc.) además de inventarios anteriores (DGA y Geoestudios), la creación y actualización del inventario de glaciares y glaciares rocosos para la Región, para definir las áreas donde existen dichas geoformas. Adicionalmente, para las geoformas dudosas, se ocuparon fotografías aéreas de HYCON para confirmar que éstas se encuentran presentes en los lugares observados por imágenes satelitales, chequeando cualitativamente su existencia. Se confeccionó archivos en formato Shapefile y KMZ para la inclusión en la base de datos geoespacial.

Fecha de inicio: Febrero de 2016
Fecha de término: Abril de 2016
Presupuesto: $1.103.618
Porcentaje de avance: 100%

C1 A6: Procesamiento de los datos geoespaciales y meteorológicos.

Para la creación de la base de datos, se incorporaron los datos estandarizados de: Propiedad de la tierra, red vial, concesiones mineras e inventario de glaciares en formato Shapefile; los datos meteorológicos y de cobertura de nieve en formato GeoTIFF; y además información de sitios arqueológicos y vegas altoandinas en formato Shapefile. Los datos fueron almacenados en formato KMZ.

Fecha de inicio: Abril de 2016
Fecha de término: Abril de 2016
Presupuesto: $404.608
Porcentaje de avance: 100%

C1 A7: Confección de un mapa de lugares idóneos preliminar.

Según información de la base de datos confeccionada se realizó una cartografía de los cuatro lugares predefinidos para la instalación de barreras de nieve: Ríos Elqui, Hurtado, Grande y Choapa. En cada mapa se señalaron los lugares factibles para la instalación de las barreras experimentales. Los variables determinantes principales fueron:
1.- Apoyo de beneficiarios asociados.
2.- Caminos de acceso.
3.- Localización distante de faenas mineras.
4.- Localización distante de áreas protegidas (Bofedales, santuarios, etc.).
5.- Localización distante de Glaciares.
6.- Sitios donde existen registros de depósitos de nieve durante los años analizados (2014 y 2015).
7.- Permiso de los dueños del terreno para efectuar instalación.

Fecha de inicio: Abril de 2016
Fecha de término: Mayo de 2016
Presupuesto: $4.123.000
Porcentaje de avance: 100%

C2_A1: Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.

Según las características técnicas de los equipos necesarios para armar tres estaciones meteorológicas para efectuar el monitoreo de nieve, sensores incluyendo anemómetros, medidores y sensores de la profundidad de nieve, medidores y sensores de temperatura y humedad relativa, dataloggers y modems Satelitales. Todos los instrumentos fueron comprados en Tecnología Omega (proveedor único de sensores de Campbell Scientific en Chile).

Subítem	**Equipo**	**Cantidad Adquirida**	**Descripción Modelo**	**Función**	**Proveedor**	**Monto (M$)**	**Código Equipo**
Medidor y sensor profundidad de nieve	Medidor y sensor profundidad de nieve	3	SR50A – L34 with kit 19517	Medición de la profundidad de nieve	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	3.254.551	S/N°
Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	3	HMP155 A-L	Medición de Humedad relativa y temperatura	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	2.179.078	S/N°
Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	3	Radiation shield for HMP155 A – 41005-5	Protectores de equipo de medición de humedad relativa y temperatura	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	642.687	S/N°
Anemómetro	Anemómetro	3	05103-L	Medición de la dirección más la magnitud del viento	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	3.423.337	S/N°
Datalogger con caja	Datalogger con caja	3	Datalogger CR295X	Grabar datos de la estación meteorológica	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	2.040.586	S/N°
Torre Meteorológica	Torre Meteorológica	3	CM204 4 foot crossarm with	Partes de estructura de la estación meteorológic	Sociedad de Comercialización y	432.786	S/N°

			bracket	a	Tecnología OMEGA Ltda.		
Modem Satelital y con sus accesorios	Modem Satelital y con sus accesorios	2	Modem satelital TX320 con sus accesorios	Conexión satelital para transferir los datos meteorológicos en tiempo real	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	8.367.196	S/N°
TOTAL						**$46.468.233**	

Fecha de inicio: Enero de 2016
Fecha de término: Mayo de 2016
Presupuesto: $26.480.682
Porcentaje de avance: 100%

<u>C2_A2: Adquisición de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.</u>

Para recuperar la diferencia entre la propuesta de gastos programados en el proyecto y los gastos asociados a otros sensores (específicamente relacionados a las estaciones meteorológicas), CEAZA proporcionó tres cámaras automáticas al proyecto que solo necesitaron reparaciones mínimas para ser funcionales. Este cambio fue solicitado en carta número 92 y confirmado en ordinario 1261. Entre los meses de enero y febrero, los tres sistemas fueron arreglados. Las cámaras proporcionadas son sistemas confeccionadas por Harbortronics que consisten en una cámara SLR, un temporizador, una caja de protección, un panel solar y una batería.

Fecha de inicio: Enero de 2016
Fecha de término: Septiembre de 2016
Presupuesto: $2.056.254
Porcentaje de avance: 100%

<u>C2_A3: Terreno de reconocimiento para la instalación de estaciones meteorológicas en los lugares donde pretende instalar barreras de nieve de prueba.</u>

Se visitaron los sitios predefinidos en Actividad C1_A7 para evaluar la instalación de las estaciones meteorológicas y las barreras de nieve experimentales. Las visitas a terreno se realizan bajo coordinación con las juntas de vigilancia correspondientes a cada cuenca y se dividieron en varios días, abarcando la cabecera de las cuencas de Choapa, Grande, Hurtado y Elqui. Se realizan bitácoras de terreno, mediciones y bosquejos del sitio donde se instalarían las barreras de nieve.

Fecha de inicio: Marzo de 2016
Fecha de término: Marzo de 2016
Presupuesto: $4.675.000
Porcentaje de avance: 100%

<u>C2_A4: Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.</u>

Se instalaron tres estaciones meteorológicas en la Región, una por provincia. En la Provincia de Elqui se instaló una en el sector de Estero Derecho, en Limarí sector Hurtado y en Choapa sector Tranquilla. Las estaciones incluyen sensores de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y profundidad de nieve. Todas las estaciones se encuentran conectadas por vínculo satelital y los datos se encuentran disponibles en la página web de CEAZAmet (www.ceazamet.cl).

En la Provincia de Elqui, la estación fue instalada en Estero Derecho debido a que esta cuenca no cuenta con una estación meteorológica en altura. El sitio preciso fue elegido basado en las siguientes características:
1.- La altitud del sector es 3024 m snm.
2.- Se encuentra ubicada cercana a un refugio lo que facilita las acciones de mantención.
3.- Camino accesible durante el invierno.
4.- La comunidad y Junta de Vigilancia del sector son asociados al proyecto permitiendo un beneficio directo a estas instituciones y fortalecer el trabajo en conjunto con CEAZA para futuros proyectos.

En el sector de Río Hurtado, la estación fue instalada en Guandacol, sitio que corresponde a uno de los puntos donde se instaló una barrera de nieve. El sitio de la estación corresponde a un punto en el fondo del valle aproximadamente 50 m de la barrera. Su ubicación está determinada por los siguientes fundamentos:
1.- Cercanía a la barrera de nieve, para facilitar la toma de fotografías por la cámara automática instalada en la misma estación.
2.- El sector de instalación es plano permitiendo mejores mediciones de la profundidad de nieve.
3.- El punto donde se encuentra esta instalación es representativo de las condiciones climáticas del sector.
4.- Existen caminos con buen acceso al lugar, facilitando los trabajos de mantención.

En el sector de Tranquilla, la estación fue instalada en Perico, sitio que corresponde a uno de los puntos donde se instaló una barrera de nieve. El sitio de la estación corresponde a un punto en el camino cercano a la barrera (10 m aproximadamente). Su ubicación está determinada por los siguientes fundamentos:
1.- Cercanía a la barrera de nieve, para facilitar la toma de fotografías por la cámara automática instalada en la misma estación.
2.- El punto donde se encuentra esta instalación es representativo de las condiciones climáticas del sector.
3.- Existen caminos con buen acceso al lugar, facilitando los trabajos de mantención.

Fecha de inicio: Mayo de 2016
Fecha de término: Octubre de 2016
Presupuesto: $1.604.481
Porcentaje de avance: 100%

<u>C2 A5: Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.</u>

Se instalaron tres cámaras automáticas en la Región, una por provincia. Cada cámara fue instalada en cada estación meteorológica (Estero Derecho, Guandacol y Tranquilla). Los factores determinantes de las ubicaciones de la instalación, estuvieron relacionadas con los requisitos de las estaciones meteorológicas, más la posibilidad de visualizar las barreras de nieve en Río Hurtado (Guandacol) y Tranquilla (Perico). Cada cámara apunta a una

red de estacas. Las cámaras toman fotos diarias que se almacenan en una memoria interna, archivos que son descargados en las instancias cuando se efectúa mantención de las estaciones.

Fecha de inicio: Mayo de 2016
Fecha de término: Octubre de 2016
Presupuesto: $1.976.000
Porcentaje de avance: 100%

C2_A6: Captura de datos en los sitios de estudio

Las seis estaciones meteorológicas instaladas (C2_A4 y C2_A7) se comunican automáticamente con el servidor de CEAZAmet a través de un vinculo satelital. Los datos son autoguardados en el servidor para ser mostrados finalmente en la página del CEAZAmet, en tiempo real (www.ceazamet.cl). Las páginas correspondientes a cada estación son:

Llano de las Liebres: http://www.ceazamet.cl/index.php?pag=mod_estacion&e_cod=LLL

Estero Derecho: http://www.ceazamet.cl/index.php?e_cod=EDER&pag=mod_estacion

Guandacol: http://www.ceazamet.cl/index.php?e_cod=HDC&pag=mod_estacion

El Polvo: http://www.ceazamet.cl/index.php?e_cod=EPLV&pag=mod_estacion

Illapel: http://www.ceazamet.cl/index.php?e_cod=INILLA&pag=mod_estacion

Tranquilla: http://www.ceazamet.cl/index.php?e_cod=TRQ&pag=mod_estacion

Fecha de inicio: Junio de 2016
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $ $26.014.283
Porcentaje de avance: 100%

C2_A7: Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios

Según las características técnicas de los equipos necesarios para armar tres estaciones meteorológicas para efectuar el monitoreo de nieve, sensores incluyendo anemómetros, medidores y sensores de la profundidad de nieve, medidores y sensores de temperatura y humedad relativa, dataloggers y modems Satelitales. Todos los instrumentos fueron comprados en Tecnología Omega (proveedor único de sensores de Campbell Scientific en Chile).

Subítem	**Equipo**	**Cantidad Adquirida**	**Descripción Modelo**	**Función**	**Proveedor**	**Monto (M$)**	**Código Equipo**
Medidor y sensor profundidad de	Medidor y sensor profundidad de	3	SR50A – L34 with kit 19517	Medición de la profundidad de nieve	Sociedad de Comercialización y	2.706.957	S/N°

nieve	nieve				Tecnología OMEGA Ltda.		
Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	3	HMP155 A-L	Medición de Humedad relativa y temperatura	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	2.177.160	S/N°
Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	Medidores y sensores de temperatura y humedad relativa	3	Radiation shield for HMP155 A – 41005-5	Protectores de equipo de medición de humedad relativa y temperatura	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	593.772	S/N°
Anemómetro	Anemómetro	3	05103-L	Medición de la dirección más la magnitud del viento	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	3.162.783	S/N°
Datalogger con caja	Datalogger con caja	2	Datalogger CR295X	Grabar datos de la estación meteorológica	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	1.296.834	S/N°
Torre Meteorológica	Torre Meteorológica	3	CM204 4 foot crossarm with bracket	Partes de estructura de la estación meteorológica	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	261.900	S/N°
Modem Satelital y con sus accesorios	Modem Satelital y con sus accesorios	3	Modem satelital TX320 con sus accesorios	Conexión satelital para transferir los datos meteorológicos en tiempo real	Sociedad de Comercialización y Tecnología OMEGA Ltda.	11.663.508	S/N°
TOTAL						**$21.862.914**	

Fecha de inicio: Febrero de 2017
Fecha de término: Marzo de 2017
Presupuesto: $24.959.370
Porcentaje de avance: 100%

C2_A8: Adquisición de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.

Para la adquisición de instrumental fotográfico automático, se determinan las características técnicas que debe tener el dispositivo a utilizar, de manera que permita un correcto monitoreo de las condiciones de la nieve en los sitios de estudio.

Los requerimientos de los dispositivos se basaron en la necesidad de contar con un sistema completo para documentar cambios ambientales al aire libre, que proporcionara una alta resolución y gran cantidad de imágenes de alta calidad, con una completa autonomía para su funcionamiento.

En base a estas necesidades y experiencias similares de investigaciones anteriores, se cotiza el sistema de cámara Time – Lapse, de la empresa Harbortronic, equipamiento que cumple con los requerimientos y cuenta con el respaldo comprobado para obtener los datos necesarios para la investigación.

Los artículos incluidos corresponden a:

- Cámara Canon Rebel T5 (1200D) de 18MP y lente zoom de 18-55mm
- Harbortronics DigiSnap 2700 intervalómetro
- Caja de fibra de vidrio, ventana de vidrio
- Panel solar de 5 vatios
- Paquete de batería interna de alta capacidad.
- Cargador Solar Harbortronics
- Convertidor de batería Harbortronics
- Un par (2) de tarjetas de memoria de 16 GB
- Llave hexagonal, cables, manuales y accesorios
- Montaje de cabeza esférica , hardware de montaje
- Enviado completamente ensamblado

(Los sistemas son iguales a los detallados en Sección C2_A2.)

Luego de establecer la comunicación con el proveedor y verificar disponibilidad de existencias e importación de los equipos, se efectuaron los procedimientos para la compra de los sistemas.

Fecha de inicio: Febrero de 2017
Fecha de término: Marzo de 2017
Presupuesto: $7.976.857
Porcentaje de avance: 100%

C2_A9: Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.

Se instalaron tres estaciones meteorológicas en la Región, una por provincia. En la Provincia de Elqui se instaló una en el sector de Llano de las Liebres, en Limarí sector El Polvo y en Choapa sector Tres Quebradas. Las estaciones incluyen sensores de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y profundidad de nieve. Todas las estaciones se encuentran conectadas por vínculo satelital y los datos se encuentran disponibles en la página web de CEAZAmet (www.ceazamet.cl).

En la Provincia de Elqui, la estación fue instalada en Llano de las Liebres en el sector de la barrera de nieve. El sitio preciso fue elegido basado en las siguientes características:

1.- Cercanía a la barrera de nieve, para facilitar la toma de fotografías por la cámara automática instalada en la misma estación.
2.- El punto donde se encuentra esta instalación es representativo de las condiciones climáticas del sector.
3.- Existen caminos con buen acceso al lugar, facilitando los trabajos de mantención.

En el sector de rio Grande, la estación fue instalada en El Polvo, El sitio preciso fue elegido basado por las siguientes características:

1.- Punto de mayor altitud geográfica con acceso en el sector.
2.- Mayor distancia a la estación de Tascadero dentro de la cuenca.
3.- Existen caminos con buen acceso al lugar (con vehículos), facilitando los trabajos de mantención.
4.- El punto donde se encuentra esta instalación es representativo de las condiciones climáticas del sector.

En el sector de Illapel, la estación fue instalada en Tres Quebradas. Su ubicación está determinada por los siguientes fundamentos:

1.- El sector es plano.
2.- No existe otras estaciones en esta cuenca.
3.- El punto donde se encuentra esta instalación es representativo de las condiciones climáticas del sector.
4.- Existen caminos con buen acceso al lugar, facilitando los trabajos de mantención.

Fecha de inicio: Abril de 2017
Fecha de término: Mayo de 2017
Presupuesto: $1.999.952
Porcentaje de avance: 100%

<u>C2_A10: Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.</u>

Se instalaron tres cámaras automáticas más en la Región, una por provincia. Cada cámara fue instalada en o cerca de una estación meteorológica (Llano de las Liebres, Tascadero e Illapel). Los factores determinantes de las ubicaciones de la instalación, estuvieron relacionadas con los requisitos de las estaciones meteorológicas, más la posibilidad de visualizar la barrera de nieve en Llano de las Liebres y en Tascadero. Cada cámara apunta a una red de estacas. Las cámaras toman fotos diarias que se almacenan en una memoria interna, archivos que son descargados en las instancias cuando se efectúa mantención de las estaciones.

Fecha de inicio: Abril de 2017
Fecha de término: Mayo de 2017
Presupuesto: $1.971.042
Porcentaje de avance: 100%

<u>C3_A1: Adquisición de materiales para el diseño y construcción de las barreras de nieve.</u>

Una vez determinados los sitios (C1_A7), y como parte de la presente etapa, definido el modelo a utilizar (material-madera, altura , longitud) de las barreras de nieve, para lo cual se consideró la frecuencia de mantención (material), dirección del viento (altura y dirección) y sitios donde existen registros de depósitos de nieve durante los años anteriores

analizados en informe técnico 2 (longitud), lo que determinó el diseño de una estructura de madera de 2,5 metros de altura con una inclinación de 75° y con una longitud que varía en cada sector de instalación, con el propósito de obtener datos que permitan elaborar diversas conclusiones que respondan a los objetivos del proyecto.

Una vez definido el modelo de las barreras, se procedió a confeccionar una base de datos para encontrar empresas constructoras que pudiesen desarrollar el servicio, inicialmente el método utilizado consistió en ingresar, buscar y registrar empresas de estas características a través de la página http://www.amarillas.cl/, recopilando un total de 37 empresas.

Durante el taller efectuado en marzo de 2016, se consultó por empresas constructoras a las juntas de vigilancia asociadas al proyecto, de manera de recopilar información de empresas que hubiesen desarrollado trabajos previos con ellas y pudiesen ser recomendadas para la labor requerida, obteniendo como respuesta sólo una empresa para la Provincia de Limarí, determinando un total de 38 instituciones potenciales para efectuar la selección.

Finalmente, para terminar la elaboración de base de datos, se procedió a contactar vía telefónica a las empresas que han prestado servicios de construcción a CEAZA en oportunidades anteriores (cuatro empresas), obteniendo como listado final un registro de 42 empresas potenciales para solicitar cotizaciones relacionadas a la implementación de las barreras.

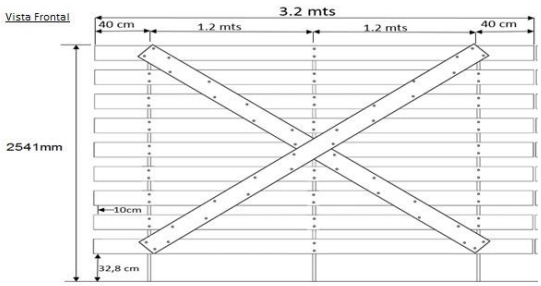
En una segunda etapa, las acciones siguientes estuvieron dirigidas a la preselección de empresas con la finalidad de filtrar el número de alternativas disponibles para ejecutar el servicio, para ello se determinan los siguientes criterios.

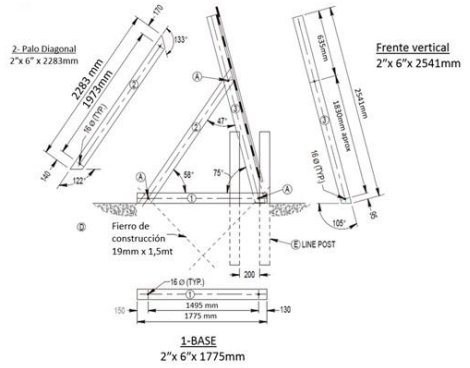
1.- Comunicación y tiempo de respuesta.
2.- Interés de la empresa.
3.- Capacidad para efectuar el servicio (Experiencia comprobada y currículum).

Fecha de inicio: Febrero de 2016
Fecha de término: Marzo de 2016
Presupuesto: $6.900.000
Porcentaje de avance: 100%

C3 A2: Instalación de barreras de nieve experimentales en distintos tipos de terreno en la cordillera de la Región de Coquimbo.

Como se señaló en la presentación de la propuesta del presente proyecto, el diseño de las barreras que se instalaron en la Región, se basó en uno de los modelos publicado por la National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board of the National Academies, un documento redactado para utilizar las barreras en el control de peligros causados por la nieve en carreteras. Estas barreras fueron instaladas en sectores extremos (alta montaña), por lo tanto están expuestas a condiciones climáticas duras, por lo que se requirió que fuesen construidas de un material resistente y de bajo mantenimiento, por lo que se optó por utilizar madera.





Las barreras están compuestas por 11 Tablas frontales horizontales y diagonales, 3 palos diagonales traseros, base de tres piezas, frente vertical de tres piezas, 6 abrazaderas de anclaje, 6 fierros de estriado de construcción y 9 pernos con golillas y tuercas (Para ver mayor detalle del diseño, ver anexo "Resumen de diseño de barreras de nieve).

Los lugares de instalación fueron definidos en los informes anteriores, en los cuales se efectuó un análisis de:

1.- Datos meteorológicos disponibles en las áreas de estudios.
2.- Infraestructura vial, propiedad de la tierra y concesiones mineras en las zonas potencialmente adecuadas para la instalación de las barreras de nieve.
3.- Confección y actualización del inventario de glaciares y glaciares rocosos de la Región de Coquimbo.
4.- Procesamiento de los datos geoespaciales y meteorológicos.

Análisis que determinó la confección de un mapa de lugares idóneos, considerando las variables meteorológicas como temperatura mínima, media, máxima, precipitación, dirección y velocidad del viento, para establecer la ubicación y orientación de las barreras de nieve instaladas, considerando además los siguientes criterios:

1.- Apoyo de beneficiarios asociados.
2.- Caminos de acceso.
3.- Localización distante de faenas mineras.
4.- Localización distante de áreas protegidas (Bofedales, santuarios, etc.).
5.- Localización distante de Glaciares.
6.- Sitios donde existen registros de depósitos de nieve durante los años analizados (2014 y 2015).
7.- Permiso de los dueños del terreno para efectuar instalación.

Posteriormente, una vez finalizado el proceso de solicitud, presentación y selección de presupuestos, se coordinan reuniones con los contratistas para determinar los plazos necesarios para efectuar la construcción e implementación de las barreras en los puntos determinados con anterioridad.

Cada contratista utilizó un método distinto para el desarrollo de la instalación de las barreras portátiles, que consistieron principalmente en construcción in situ y construcción en taller de paneles frontales y soportes para posteriormente efectuar montaje en lugar seleccionado.

Fecha de inicio: Mayo de 2016
Fecha de término: Diciembre de 2016
Presupuesto: $5.113.000
Porcentaje de avance: 100%

C3 A3: Adquisición e instalación de equipos para evaluar el impacto de las barreras de nieve.

Además de las cámaras automáticas, se utilizaron tres métodos más para medir el impacto de barreras de nieve en los sitios de estudio, junto con evaluar el comportamiento local de la nieve. Esos otro métodos fueron: 1) medición de la cantidad de nieve en el sector mediante un LiDAR terrestre, 2) uso de una sistema Eddy Covariance para medir sublimación e 3) instalación de lisímetros para medir ablación en los sectores de estudio.

a) Medición de la cantidad de nieve acumulada con un scanner LIDAR terrestre

El Escaneo láser terrestre (en inglés Terrestrial Laser Scanning o TLS) es una técnica moderna de topografía utilizando LIDAR terrestre. La posición del punto medido se calcula basándose en el tiempo del vuelo, azimut y el cenit del haz de láser. La exploración se realiza a una frecuencia de muestreo alta (del orden de kHz), y el rayo láser se refleja automáticamente a un ángulo dado con un espejo giratorio. Debido a su velocidad y su capacidad para realizar análisis de terreno remoto, TLS es ahora utilizado en topografía en las superficies de nieve y hielo. Esencialmente, un radar LiDAR emite una señal láser cercana al infrarrojo y mide el tiempo requerido que le toma a la señal en retornar después de ser reflejada en la superficie. Luego, el tiempo es convertido en distancia y con esa información se crean mapas 3D de alta resolución.

Se realizaron cinco mediciones con el LiDAR en el estudio de la Región antes del período invernal para crear mapas de la superficie sin nieve en tales sectores. Estas mediciones se efectuaron durante el período marzo-abril, en las fechas que se especifican:

- Estero Derecho: 20-04-2017
- Guadacol: 04-03-2017
- Llanos de las Liebres: 05-04-2017
- Tascadero: 15-03-2017
- Tranquilla: 30-03-2017

Durante estas campañas de terreno se han escaneado áreas que van de 0,1 a 1 km2, incluidas las barreras de nieve. Para cada escaneo, se han establecido hitos (conos) para georreferenciar los lugares. Esto se realiza para contar con la posición exacta de los puntos y para poder sobreponer otros datos. Después del procesamiento posterior de las imágenes se genera un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 10 cm de resolución.

Durante el periodo de invierno, el 31 de agosto de 2017, se realizó un escaneo en Tascadero para mapear la profundidad de la nieve alrededor de la barrera de nieve. Otra medición se efectuó durante la primavera (13 de noviembre de 2017). Las comparaciones de las mediciones sin nieve permiten conocer la evolución de la variación espacial de la profundidad de nieve alrededor de la barrera de nieve en dos períodos específicos: durante el invierno y durante el periodo de ablación (verano). Por lo tanto, se puede evaluar el impacto de las barreras de nieve en la evolución de la profundidad de nievea lo largo del tiempo.

Visitamos los otros cuatro sitios al comienzo de septiembre, en cuanto los caminos estuvieron abiertos y cuando existía una distancia razonable para llegar a la barrera con el LIDAR (el instrumento pesa alrededor de 50 kilos en total). Desafortunadamente, la mayor parte de la nieve ya había desaparecido. Además, la barrera de nieve en

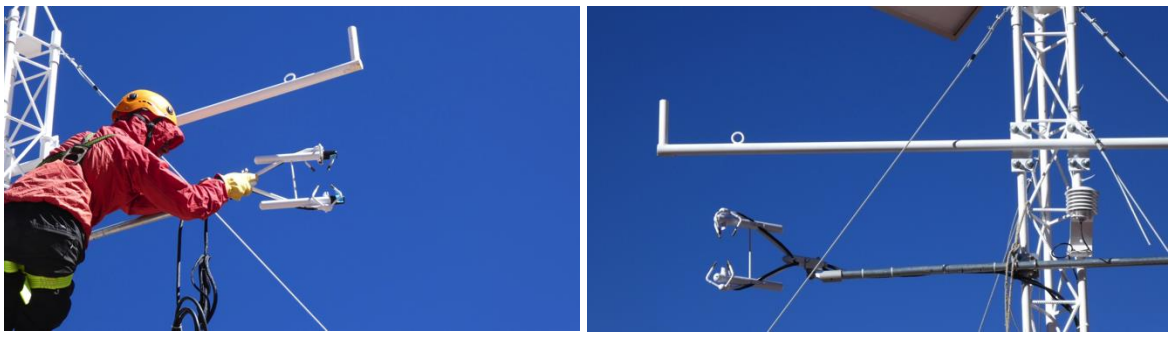
Guandacol fue destruida (ver la Sección 10 para mayor información).

Foto de medición de LIDAR hecha el 31 de agosto de 2017 en la barrera de nieve de Tascadero.

b) Uso de un sistema Eddy Covariance para medir sublimación

Un sistema Eddy Covariance permite medir viento y gases de vapor de alta frecuencia y precisión. Con estos datos se puede calcular flujos de turbulencia vertical dentro de las capas límites de la atmósfera. Los flujos turbulentos controlan la cantidad de derretimiento y sublimación en un sector. La medición del flujo turbulento latente da información directa sobre la tasa de sublimación en un sector. Esta información es especialmente importante para calibrar modelos apropiadamente y cuantificar sublimación.

Un sistema Eddy Covariance fue instalado en el Valle de Elqui en el mes de abril, específicamente en la estación meteorológica localizada cerca del glaciar Tapado (Imagen x). Este sector fue elegido debido a la presencia de una estación meteorológica permanente que contiene todos los sensores necesarios para calcular el balance de energía utilizado en la modelación de la nieve en la cuenca, entonces el sitio representa un punto de calibración de la modelación desarrollado en Sección C3_A4.



Instalación del sistema Eddy Covariance en la estación meteorológica Tapado.

c) Instalación de instrumentos hidrológicos para medir derretimiento

En conjunto con proyecto BIP: 30404077-0, anterior al invierno del 2017 se instalaron dos lisímetros: uno en Tascadero (enero) y otro en Guandacol (marzo). Estos instrumentos

permiten medir el volumen de agua originado por el derretimiento de nieve. En otras palabras, proveen información sobre la proporción de nieve derretida y de sublimación del total de la ablación de la profundidad de nieve. Estos dos sectores fueron elegidos porque corresponden a sectores con barreras de nieve, donde existen estaciones meteorológicas y son sectores de interés para los dos proyectos.

Fecha de inicio: Abril de 2016
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $58.165.003
Porcentaje de avance: 100%

C3 A4: Evaluación y modelación de deshielo y sublimación en los sitios de barreras

Acá nos concentramos en cuatro lugares de la Región para evaluar la tasa de sublimación a lo largo de la Región de Coquimbo (Tascadero, Guandacol, Tranquilla y Tapado). Los cuatro sectores corresponden a tres sitios con barreras de nieve (Tascadero, Guandacol, Tranquilla), más el sector donde existe la estación con más información dentro del sector alto andino de la Región (Tapado).

Como la sublimación es un fenómeno físico muy difícil de medir, pueden utilizarse aproximaciones numéricas para cuantificarla. De hecho, se han desarrollado modelos físicos, simulando intercambio de energía entre la superficie de nieve y la atmósfera, así como de la evolución de nieve compactada. Estos también pueden ser utilizados para modelar la evolución de la profundidad de nieve. Por lo tanto, se puede cuantificar la proporción de ablación causada por derretimiento y sublimación.

El modelo de balance de energía usado en este estudio ha sido creado por Mölg et al. (2008) utilizando el software Matlab. El modelo contempla los cálculos de flujos de radiación, turbulentos, y de conducción, pero parte del supuesto de que la energía proveniente de la precipitación es insignificante. El modelo utiliza información meteorológica y las propiedades físicas del cuerpo a modelar, para así calcular la energía que hay disponible para la fusión, entendiendo a esta como el valor residual resultante del balance entre la radiación de onda corta, de onda larga y los flujos de calor sensible y latente. Los flujos de calor turbulentos son calculados por medio del enfoque aerodinámico "bulk" e incluyen un tipo de corrección de estabilidad determinada desde el número de Richardson. Una vez que el valor residual correspondiente al flujo de fusión ha sido calculado este valor se convierte a milímetros y a milímetros de agua equivalente (mm a.e.), de tal manera que pueda ser fácilmente comparado con la ablación medida. El razonamiento que sustenta el cambio al modelo de balance de energía creado por Mölg et al. (2008) tiene tres razones: En primer lugar el modelo es flexible en términos de entradas y parametrizaciones de tal manera que permite al usuario seleccionar qué datos tiene disponibles y qué parámetros desea utilizar; en segundo lugar el modelo está bien "testeado" en ambientes como el del Glaciar Tapado ya que fue diseñado para un lugar similar a este; finalmente, la tercera razón corresponde a que es un modelo poderoso, que incluye un modelo de subsuelo de 30 capas para el cálculo de perfiles de temperatura subsuperficiales, en comparación con los modelos anteriormente usados para este tipo de modelación que contemplaban sólo dos capas subsuperficiales. De este modo, existe confianza en que con el cambio de modelo se generarán resultados de una mayor robustez que los obtenidos previamente.

Esto modelo requiere información meteorológica como datos de entrada. En nuestro caso, estos datos están disponibles en cada una de las estaciones meteorológicas, las que miden la temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, junto con la

radiación, cada una hora. La precipitación generalmente se conoce por el sensor más cercano al lugar.

El modelo es utilizado primero para simular la evolución de la profundidad de nieve en cada estación y los resultados se comparan con las mediciones de profundidad de nieve para evaluar el desempeño del modelo. En Tapado y Guandacol la evolución de la profundidad de nieve es medida utilizando un "captor (SR50)" instalado en la estación meteorológica. Como esos datos no están disponibles para dos de los otros sitios, se utilizaron diferentes fotografías de la cámara automática de Tranquilla para comparar con y sin nieve. En Tranquilla esta información se obtuvo de imágenes satelitales.

Una vez validada, el modelo se utiliza para cuantificar la sublimación en cada sitio.

Fecha de inicio: Enero de 2017
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $29.633.689
Porcentaje de avance: 100%

C3_A5: Evaluación del impacto de las barreras de nieve

Para evaluar el impacto de las barreras de nieve, se utilizaron tres métodos, dos de modelización y uno de medición.

a) Velocidad del viento y de nieve transportada.

En teoría las barreras de nieve deberían bajar la velocidad de viento en el sector, lo cual permitiría la acumulación de nieve detrás de la barrera. Para entender ese proceso, se utilizó el método de volúmenes finitos para la simulación computacional de acumulación de nieve en barreras, el cual emplea modelos de turbulencia y multifase para determinar la mecánica de fluidos y el transporte de masa. Los datos de entrada estudiados son: velocidad de viento y cantidad de partículas de nieve en suspensión, a partir de esta información se puede determinar el comportamiento del fluido y nieve, su interacción con la barrera y su evolución en el tiempo.

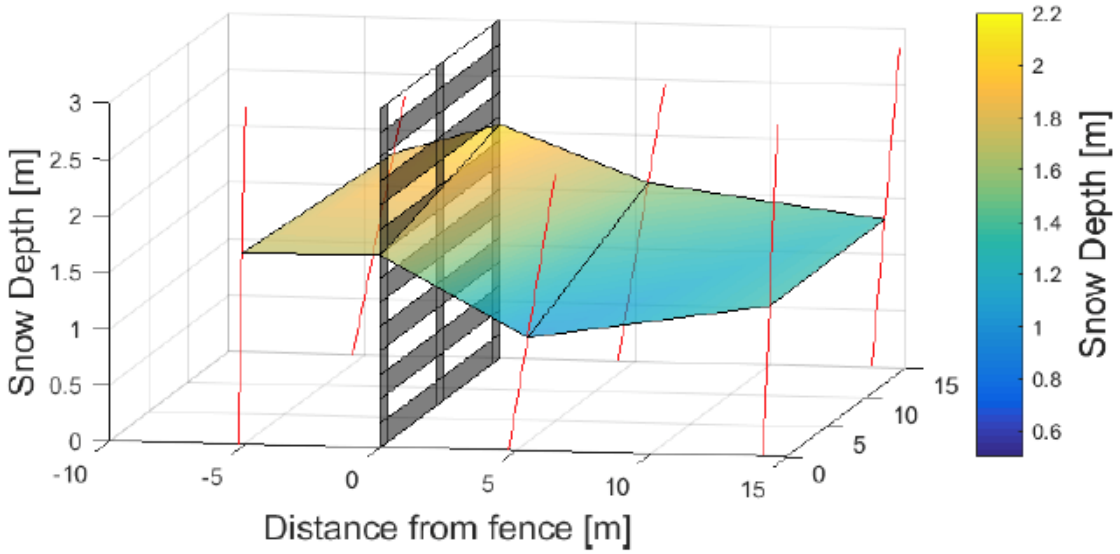
b) Cantidad de nieve

En cada sitio de estudio, cámaras automáticas fueron instaladas para evaluar la evolución de la nieve presente en cada sitio (ver C2_A5 y C2_A10). Estos datos en conjunto con los datos del LiDAR terrestre (C3_A3) se utilizaron para evaluar el impacto de las barreras de nieve sobre la cantidad de nieve acumulada durante 2017. Es necesario indicar que debido a la poca nieve caída en el sector de Tranquilla más la destrucción de la barrera de nieve en Guandacol por fuerzas mayores, la evaluación de la cuantidad de nieve fue efectuada en los sectores de Tascadero y Llano de las Liebres.

Las cámaras automáticas proveyeron una fotografía diaria de las estacas instaladas al frente y en la parte posterior de las barreras de nieve (ver imagen X). De esta manera, se puede medir la evolución de la cobertura de nieve así como el volumen de nieve alrededor de la barrera. Y para Tascadero, los resultados pueden ser comparados con los obtenidos utilizando el LIDAR.

La tasa entre la extensión total de la estaca y la extensión de la estaca encima de la nieve se utilizó para calcular la profundidad de nieve en cada estaca, la que se analizó de manera digital. Entonces, la profundidad de nieve fue calculada aplicando esta tasa

a la extensión original de la estaca medida en el terreno. Luego, la profundidad de nieve en cada estaca linealmente interpolada a través del área para generar la superficie de nieve. Posteriormente, el total de volumen de nieve fue calculado multiplicando el área por la profundidad de nieve. La fracción de nieve adicional acumulada debido a la presencia de una barrera de nieve fue entonces calculada asumiendo que la estaca más alejada de la barrera no recibió influencia de la misma barrera. El promedio de profundidad de nieve de estas estacas fue multiplicado por el total del área (área coloreada en la siguiente figura) y ese volumen fue restado del total del volumen. La diferencia es la nieve adicional.



Ejemplo de representación profundidad de nieve en 3D, utilizando estacas y cámara.

c) Sublimación

Como se mencionó la Sección C3_A5 a), las barreras de nieve reducen la velocidad del viento y aumentan la profundidad de la nieve. La sublimación está directamente relacionada a la velocidad del viento, debido al control de ese variable sobre el flujo turbulento latente. Aquí se prueba el impacto de la reducción de la velocidad del viento en la sublimación utilizando el modelo de balance de energía mencionada en Sección C3_A4. La disminución de la velocidad del viento es otorgada siguiendo el método descrito en la Sección a). Por lo tanto, el modelo (mencionado en la sección C3_A4) corre con la velocidad del viento medido, como se describe más arriba y luego con una disminución artificial del viento.

Fecha de inicio: Marzo de 2017
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $6.393.542
Porcentaje de avance: 100%

<u>C4_A1: Actualización y mejora de los resultados preliminares (componente 1) para su publicación en la plataforma web.</u>

Para completar los resultados preliminares descritos en C1, se bajó una imagen satelital DEM de 90 m de resolución. Basados en esta imagen se puede procesar el *aspect* de la pendiente (ej.: su orientación). Estas informaciones son útiles, en caso de no poderse instalar una barrera de nieve en una pendiente muy empinada o si la nieve en una pendiente Norte se derrite más rápido que la Sur, debido a su posición en relación al sol.

Utilizando estas actualizaciones y los resultados indicados en C1 se elabora el mapa, basado en la evaluación de la eficiencia de las barreras de nieve evaluada en Sección C3. Este mapa provee información relevante para la instalación de futuras barreras de nieve, dependiendo del área. Para construir este mapa, primero nos aseguramos que se cumplan las siguientes tres condiciones:

- Presencia de nieve (N)
- Ausencia de un glaciar (Gl)
- Presencia de una pendiente menor a 30º (Sl)

Además, se consideran velocidad del viento (V), cantidad de nieve (P) y aspecto (As). Un viento entre 5 a 10 m s^{-1} es indicativo de la más alta probabilidad. Una acumulación de nieve entre 1 a 3 metros se considera la mejor opción. Finalmente, las pendientes Sur son más apropiadas que las Norte debido al menor derretimiento que les afecta.
El mapa de gradiente se crea con la siguiente ecuación:

$$G = N * Gl * Sl * (V+P+AS)$$

La información otorgada en Sección C1 más el mapa forma la base de la creación del servidor de mapas virtuales (C4_A2).

Fecha de inicio: Septiembre de 2017
Fecha de término: Octubre de 2017
Presupuesto: $3.293.542
Porcentaje de avance: 100%

<u>C4_A2: Creación de un servidor de mapas virtuales con los resultados de los lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve.</u>

La metodología creación de mapas y servidor de mapas fue lo siguiente:

1. Seleccion del formato de la informacion fuente y destino: Despues de revisar los tipos de datos asociados a los inputs del modelo se decidio trabajar con datos grillados debido a que la mayoria de ellos (vientos, DEM, cobertura de nieve) son nativamente datos grillados.

2. Seleccion de herramientas de proceso de la informacion: El entorno de servidores del CEAZA esta basado en Linux y ademas junto con el requerimiento de usar software libre se decidio usar el software gdal para hacer el proceso de datos.

3. Modelo: Se creo un modelo de potencial basado en las capas de: glaciares, nieve, pendiente, velocidad de viento, orientacion y cantidad de precipitacion.

4. De generaron scripts en el servidor cuya funcion es:
    4.1 Homogeneizar la extension y tamaño de las capas geograficas.
    4.2 Eiminacion de datos nulos.

4.3 Calculo de capas intermedias con valores discretos asociados a la idoneidad particular de cada variables.
4.5 Calculo de la capa final asociada al potencial de acumulacion de nieve por medio de barreras de nieve.

5. Seleccion del tipo de servidor de mapas e implementacion: Se selecciono disponibilizar las capas mediante una interfaz web basada en la API GMAP en la direccion: http://barreras.ceazamet.cl, esta web usa tambien la herramienta GDAL, ademas de Python, Javascript, HTML y BASH. Esto permite que los datos individuales de las capas se le puedan mostrar a un usuario que haga click en el mapa dando los valores especificos de la ubicacion (lat/lon) seleccionada en el mapa.

Inicialmente, el servidor de mapas virtuales se encuentra alojado dentro del sitio web http://barreras.ceaza.cl. El sistema, se ejecuta mediante scripts o instrucciones para el proceso automatizado de datos, utilizando estándares y lenguajes del desarrollo web, como HTML, CSS, JavaScript y PHP.

Por otro lado, el sistema va a ejecutar el proceso y visualización de datos cada vez que el usuario ingrese a la sección del mapa y seleccione un punto dentro del mismo, utilizando además de los estándares y lenguajes anteriormente mencionados, comandos propios del servidor junto a "scripts" desarrollados con el lenguaje Python, para el proceso de los datos contenidos en las capas, y su posterior visualización como una tabla dentro del mapa. Esta tabla, contiene las características que deben evaluarse para la implementación de una barrera de nieve, junto a sus valores, que permiten evaluar el potencial de efectividad de la misma.

Fecha de inicio: Noviembre de 2017
Fecha de término: Enero de 2017
Presupuesto: $5.293.542
Porcentaje de avance: 100%

C5 A1: Lanzamiento del proyecto

Se estableció comunicación con la contraparte del proyecto en el Gobierno Regional para consultar disponibilidad de fechas para la realización de la actividad. Una vez aprobada la fecha por el Encargado de la "Unidad Fondo de Innovación para la Competitividad", se desarrolló la gestión necesaria para determinar el lugar, alimentación y confección de los artículos para la convocatoria del evento. Una vez confeccionados la invitación y el programa se consultó su aprobación para comenzar la difusión, la cual fue otorgada.

Se preparó una base de datos de actores relevantes y vinculados al tema que abordó el proyecto, para posteriormente enviar un correo de invitación a un universo de 110 direcciones electrónicas aproximadamente, repitiendo en tres oportunidades esta acción de manera de incentivar la participación de los convocados, a esta acción se suman algunos llamados telefónicos a instituciones asociadas al proyecto como Juntas de Vigilancia y Comunidades Agrícolas.

Paralelamente se confeccionaron las presentaciones que fueron expuestas en el desarrollo de la actividad, las que abordaron los siguientes temas:

- Avance del proyecto "Investigación Áreas Potenciales e Implementación de Barreras de Nieve", Dra. Shelley MacDonell

- Lecciones de la instalación de barreras de nieve, Sr. Robinson Godoy

- Evaluación en terreno de la efectividad de las barreras de nieve, Dra. Nicole Schaffer

- Evaluación del uso de barreras de nieve utilizando modelamiento numérico, Sr. Marcelo Marambio (practicante asociado al proyecto durante 2016)

Finalmente, se realizaron las comunicaciones necesarias para coordinar la visita del Dr. Christophe Kinnard, quien expuso sobre el tema "Aplicación de las barreras de nieve en Canadá".

Fecha de inicio: Noviembre de 2017
Fecha de término: Diciembre de 2017
Presupuesto: $1.467.047
Porcentaje de avance: 100%

C5 A2: Talleres sobre monitoreo de nieve en la 3 provincias

Con la finalidad de obtener información de las instituciones vinculadas relacionada a sectores idóneos para el monitoreo de nieve y de transmitir los avances del proyecto, se efectuaron las acciones necesarias para llevar a cabo cuatro talleres en la Región de Coquimbo.

Para la ejecución de estas actividades se estableció comunicación con Juntas de Vigilancias de las tres provincias, Comunidades agrícolas, Asociaciones de Canalistas y otras entidades relacionadas (DGA, DOH, entre otras), logrando establecer fechas idóneas para llevar a cabo los talleres planificados.

Esta gestión permitió el desarrollo de un taller interactivo sobre implementación de barreras de nieve en Elqui, dos talleres en la Provincia de Limarí y uno en la Provincia de Choapa.

Para la realización de las actividades señaladas, se confeccionó un programa que permitió el diálogo de los asistentes, logrando intercambiar información relevante para los participantes de la actividad.

Fecha de inicio: Marzo de 2016
Fecha de término: Diciembre de 2016
Presupuesto: $1.030.032
Porcentaje de avance: 100%

C5 A3: Talleres sobre el uso de barreras de nieve

Según los avances logrados por la investigación generada por el proyecto, se gestionó instancias para la transmisión de información vinculada a la información que se recopiló. Para ello, se efectuó comunicación con instituciones asociadas al proyecto, principalmente aquellas en donde se instaló barreras de nieve.

Mediante comunicaciones telefónicas y vía correo electrónico se establecen fechas y horarios para efectuar reuniones de trabajo (talleres), con la finalidad de transmitir la información lograda en base al estudio y monitoreos realizados en los puntos de pruebas.

Paralelamente, se preparó un resumen con la información desarrollada la cual se transmitió a los administradores y directores de las Juntas de Vigilancia de Río Elqui, Junta de Vigilancia Río Hurtado, Junta de Vigilancia Río Grande, Limarí y sus afluentes, Asociación de Canalistas de Embalse Recoleta y Junta de Vigilancia de Río Illapel.

Fecha de inicio: Septiembre de 2017
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $1.030.032
Porcentaje de avance: 100%

C5 A4: Confección de informes

Con la información recopilada de los diversos monitoreos e investigaciones en los puntos de observación a lo largo del desarrollo de la presente iniciativa, se confeccionaron documentos técnicos y financieros que permitieron almacenar datos relevantes para evaluar la factibilidad de un sistema de incremento de la acumulación de la nieve en toda la zona andina de la Región de Coquimbo. Este conocimiento adquirido en el transcurso del desarrollo del proyecto, ha sido dispuesto en documentos digitales e impresos con la finalidad de ser compartido con el Gobierno Regional mediante la presentación de informes de avances y el presente informe final.

A su vez, en el transcurso de la iniciativa, se elaboró y emitió informes de actividades relacionados a los trabajos ejecutados, información que fue transmitida a otros actores relacionados al proyecto, para que pudiesen contar con una base científica de información para toma de decisiones.

Fecha de inicio: Enero de 2016
Fecha de término: Enero de 2018
Presupuesto: $11.193.542
Porcentaje de avance: 100%

C5 A5: Evento de cierre del proyecto

Se llevó a cabo la gestión necesaria para determinar un lugar idóneo para la presentación de los resultados, conclusiones y productos finales del proyecto. Paralelamente se actualiza la base de datos para efectuar la convocatoria al evento, además de cotizar servicio de cafetería para la actividad.

Finalmente, el equipo se encuentra preparado para trabajar en las presentaciones finales a la espera de observaciones, sugerencias y modificaciones que puedan ser necesarias posteriormente a la revisión final del presente informe.

Fecha de inicio: Enero de 2018
Fecha de término: Por confirmar
Presupuesto: $1.520.900
Porcentaje de avance: 20%

8. Resultados e hitos:

C1_A2: Análisis de los datos meteorológicos disponibles en las áreas de estudios.

Se encontraron 25 estaciones meteorológicas dispuestas en la cordillera de la Región de Coquimbo. En la Provincia de Elqui hay un total de ocho estaciones; en Limarí existe un total de nueve estaciones y en la Provincia de Choapa, un total de ocho estaciones. En el anexo, se observa la disponibilidad de datos de cada estación.

En términos espaciales, hay mapas de temperatura, precipitación y viento para toda la Región a una escala de 1 kilómetro.

C1_A3: Análisis de datos de infraestructura vial, propiedad de la tierra y concesiones mineras en las zonas potencialmente adecuadas para la instalación de barreras de nieve.

Los resultados obtenidos de esta actividad permitieron la confección de mapas con información relacionada a lo siguiente:

Infraestructura vial: En toda la Región hay un solo camino público para acceder a la cordillera. Este camino es la Ruta 41, que va hacia el paso Aguas Negras, en la Provincia de Elqui. Para acceder a la cordillera en otras cuencas, se debe utilizar caminos privados. Por ejemplo, en la Provincia de Limarí para acceder a la cabecera de río Hurtado se toma la ruta D-595 (Cruce Ruta 43 - Samo Alto - Hurtado – Pabellón) y por la cabecera del río Grande la ruta D-597 (Monte Patria - Carén - Tulahuén - Las Ramadas). Para acceder a la cabecera de Choapa en Tranquilla, existen dos caminos de aproximación que son la ruta D-835 (Salamanca – Cuncumén) y la ruta D-825 (Limáhuida – Almendrillo).

Propiedad de la tierra: Existe información disponible de los dueños de gran parte de la cordillera de la Región. Los sectores sin información corresponden a terrenos en litigio judicial.

Concesiones mineras: Gran parte de la cordillera de la Región de Coquimbo posee concesiones mineras, ya sea de exploración como de explotación.

C1_A4: Análisis de la dinámica de la cobertura nival en la Región de Coquimbo por medio de imágenes satelitales.

Para el análisis de la dinámica de la cobertura nival en la Región de Coquimbo, a partir de la cartografía realizada, se puede observar los sectores de mayor y menor cobertura de nieve asociada a eventos de precipitación de los años 2014 y 2015, a nivel regional.
En el año 2014, se registraron 25 eventos de precipitación nival en la Región. El 36% de la Región recibió al menos un evento nival. De los pixeles que registraron eventos, el promedio fue de 5 y la moda fue de 1 evento, el 58% de los pixeles registraron entre 1 a 4 eventos.

En el año 2015 se registraron 26 eventos basados en el análisis de imágines satelitales. El 40% de la Región registró al menos 1 evento de nieve. De los pixeles que registraron eventos, el promedio fue de 8 eventos y la moda fue de 1 evento, sin embargo, la segunda frecuencia más repetida corresponde a 12 eventos. Por ende, el 26% de los pixeles registraron 12 a 14 eventos.

C1_A5: Confección y actualización del inventario de glaciares y glaciares rocosos de la Región de Coquimbo.

Se ha realizado la elaboración del nuevo inventario de glaciares para las tres provincias, a partir de los datos recopilados de los inventarios anteriores realizados por la Dirección General de Aguas (DGA) y por Geoestudios (para la cuenca del río Elqui) y de las imágenes satelitales disponibles en el sector. En la Región de Coquimbo, se han inventariado 1033 geoformas. En la Provincia de Elqui existen 425 geoformas, en la Provincia de Limarí 372, y en Choapa 236.

C1 A6: Procesamiento de los datos geoespaciales y meteorológicos.

Respecto a los datos geoespaciales, se convirtieron todos los datos a formato Shapefile y GeoTIFF. Se incluyeron adicionalmente a la base de datos, las vegas altoandinas y los sitios arqueológicos para tomar mejores decisiones para la ubicación de las barreras de nieve experimentales. Todos los datos geoespaciales se incorporaron en el programa ArcGIS 10.2 de ESRI y se procesaron los siguientes datos:

Datos meteorológicos: Se confeccionaron mapas con promedios anuales de temperatura mínima, media y máxima y precipitación a escala regional usando los datos originales.

Viento: Se realizó una conversión a los datos de promedio de velocidad del viento anual diario de metros por segundo a kilómetros por hora, siendo el valor mínimo de 0 km/h y el valor máximo es de 34 km/h aproximadamente.

Infraestructura vial: En el mapa de lugares idóneos, se clasificó en carpeta (Pavimento, estabilizado, ripio, tierra y sin información) en distintos colores, para su fácil distinción. En esta base de datos, se incluyeron los caminos públicos asociados a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas y los caminos privados de montaña. La tabla de atributos incluye el rol, nombre, carpeta, región y largo en los 845 caminos definidos.

Propiedad de la tierra: A partir de los datos recopilados por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) y del Servicio de Impuestos Internos (SII), se definieron los deslindes de algunas de las propiedades de la tierra superficiales de la cordillera. Adicionalmente se incluyeron las comunidades agrícolas y las propiedades mineras de cordillera, con distintos colores. Los sectores bajo litigio judicial se incorporaron en el mapa sin atributos. Se incluyó en la tabla de atributos el rol, nombre de la propiedad, nombre del dueño y si es comunidad agrícola y/o propiedad minera superficial.

Concesiones mineras: se incluyeron datos de las concesiones de exploración y explotación (Códigos 1932 y 1983) de la Región. Además se clasificó por las empresas más importantes de la Región (Barrick, Antofagasta Minerals, CODELCO y Teck). En la tabla de atributos de las concesiones de exploración incluyeron el rol, concesión, ubicación, titular y hectáreas. En las concesiones de explotación es similar al anterior, pero se incluyen adicionalmente las pertenencias.

Nieve: Se incluyeron los datos procesados de los años 2014 y 2015, que incluyó la cantidad de eventos de precipitación y su extensión.

Glaciares: Se incluyeron el inventario actualizado que entrega información de los glaciares, glaciaretes, glaciares rocosos y morrenas, además de las condiciones climáticas relacionadas con las geoformas.

Vegas y sitios arqueológicos: Para el caso de las vegas, la información fue recopilada a partir del estudio de la Universidad de La Serena de 2005/06: "Diagnóstico y Monitoreo de los Pastizales Andinos de la IV Región, Etapa II, Provincias de Elqui, Limarí y Choapa. Fondo

Nacional de Desarrollo Regional/Servicio Agrícola y Ganadero IV región". En el caso de los sitios arqueológicos, se ha incluido la información geoespacial puntual y se ha clasificado los sectores cordilleranos de la Región.

C1_A7: Confección de un mapa de lugares idóneos preliminar.

Se crearon cuatro mapas de sitios factibles para la instalación de barreras de nieve experimentales. Finalmente, cuatro sitios fueron elegidos para la instalación de barreras de nieve: Llano de las Liebres, río Elqui; Guandacol, río Hurtado; Tascadero, río Grande; Tranquilla, río Choapa, lugares que cumplen las siguientes condiciones:

1.- Apoyo de beneficiarios asociados.
2.- Caminos de acceso.
3.- Localización distante de faenas mineras.
4.- Localización distante de áreas protegidas (Bofedales, santuarios, etc.).
5.- Localización distante de Glaciares.
6.- Sitios donde existen registros de depósitos de nieve durante los años analizados.
7.- Permiso de los dueños del terreno para efectuar instalación.

C2_A1: Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.

Los instrumentos fueron comprados sin novedad. No obstante lo anterior, hubo una demora en la entrega de los sensores (fecha estimada original: marzo de 2016, fecha entrega final: mayo de 2016).

C2_A2: Adquisición de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.

Los tres sistemas de cámara automática fueron reparados entre los meses de abril y septiembre. Reparaciones y ajustes incluyeron cambios de las placas madres, cambio de vidrio, revisión de baterías y la confección de soportes.

C2_A3: Terreno de reconocimiento para la instalación de estaciones meteorológicas en los lugares donde pretende instalar barreras de nieve de prueba.

En base a la información obtenida de los mapas confeccionados en c1_a7 se eligió los lugares con mayor factibilidad para la instalación de las barreras experimentales y estaciones meteorológicas. Después de la realización de las visitas a terreno, se seleccionaron cuatro sitios para instalar barreras de nieve experimentales:

El primer sitio fue Llano de las Liebres, ubicado en la Provincia de Elqui, a 22 kilómetros al interior del pretil del embalse La Laguna aproximadamente en el kilómetro 200 de la ruta 41 CH, a 3650 m snm.

El segundo sitio fue Guandacol, en la cabecera de la cuenca del río Hurtado, ubicado a 55 kilómetros de la localidad de Rio Hurtado y a 31 kilómetros del portón de entrada hacia el camino privado, a 2796 m snm.

El tercer sitio fue Tascadero, ubicado a 101 kilómetros de Monte Patria y a 57 kilómetros de la localidad de Tulahuén, en la cabecera del río Tascadero, afluente del río Grande, a 3218 m snm, cercano a las minas de extracción de lapislázuli.

El cuarto sitio fue en la cuenca de Choapa, en el sector de quebrada Perico, ubicado a 51 kilómetros de Salamanca, al sur de la localidad de Tranquilla (13 km al sur de éste) a 2018 m snm, camino a unas antenas de radio ubicadas más al sur.

C2_A4: Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.

Tres estaciones meteorológicas fueron instaladas en la Región, una por cada provincia. En la Provincia de Elqui una estación fue instalada en Estero Derecho en el sector de Refugio El Chañar. En la Provincia de Limarí, una estación fue instalada en rio Hurtado en el sector de Guandacol. En la Provincia de Choapa se instaló una estación en el sector de Perico, al sur de la localidad de Tranquilla. Todas las estaciones se encuentran operativas y cuentan con sensores de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y profundidad de nieve.

C2_A5: Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.

Tres cámaras automáticas fueron instaladas en la Región, una por cada estación meteorológica instalada en C2_A4. Estas cámaras se encuentran operativas, almacenando tres fotos diarias.

C2_A6: Captura de datos en los sitios de estudio

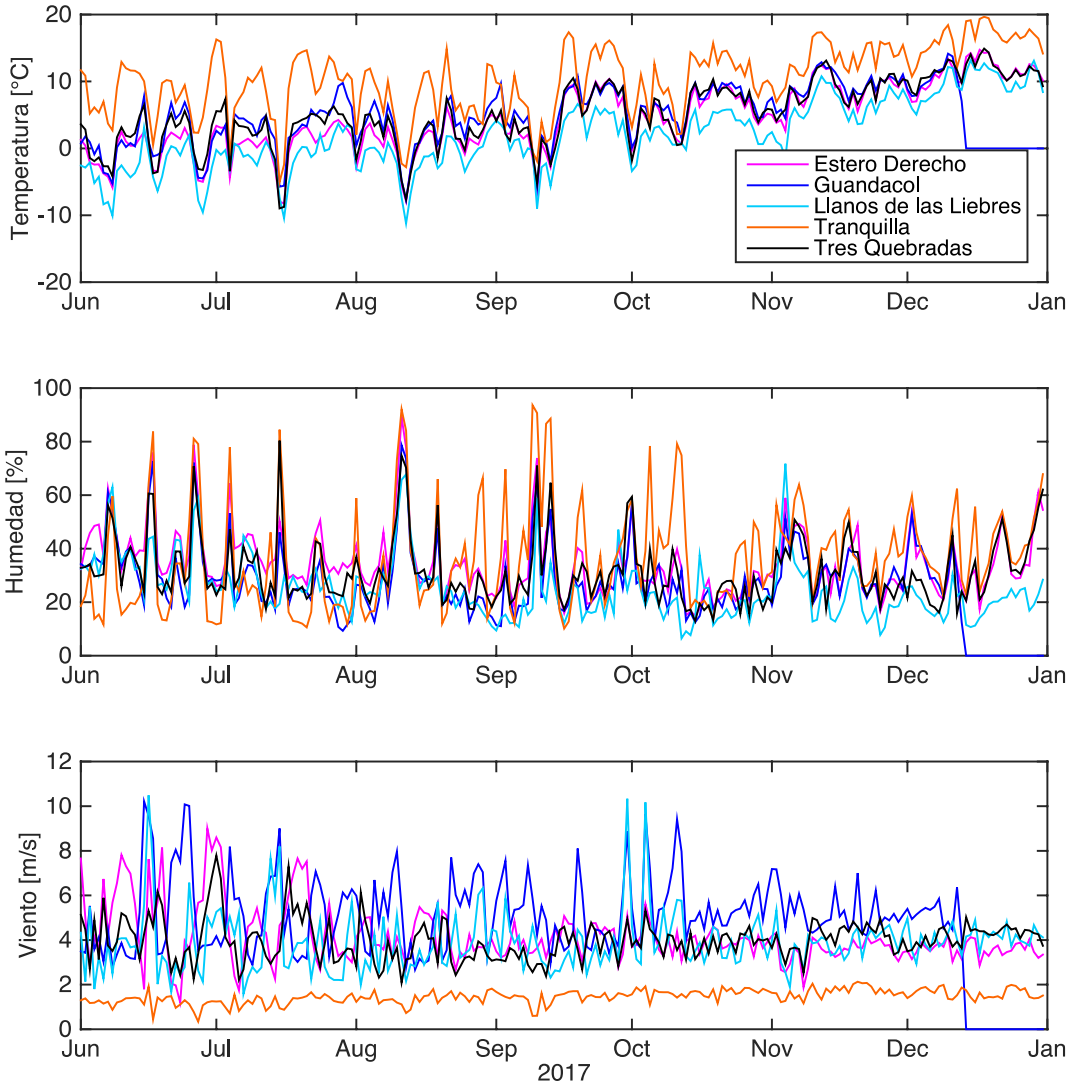
Durante la instalación de cada estación, la estación fue conectado al servidor de CEAZAmet (www.ceazamet.cl) para garantizar la colección de datos en tiempo real (ver Tabla). Sin embargo, en Guandacol la estación no ha transmitido desde febrero de 2016. La falla en la transmisión de esta estación es debido al robo del panel solar de la estación que causó daño al modem del transmisor. Desde esa fecha los datos han sido colectados manualmente.

Periodos de operación de las estaciones meteorológicas.

Nombre de la estación	**Provincia**	**Periodo**
Llano de las Liebres	Elqui	16/05/2017 - actual
Estero Derecho	Elqui	25/08/2016 - actual
Guandacol	Limarí	29/10/2016 - actual
El Polvo	Limari	15/11/2017 - actual
Tres Quebradas	Choapa	10/05/2017 - actual
Tranquilla	Choapa	11/09/2016 - actual

Para comparar los sitios, el grafico abajo muestra los datos colectados en cinco sitios durante el invierno de 2017 (junio a diciembre de 2017). Debido a la fecha de instalación de la estación El Polvo, los datos no están incorporados en el gráfico.

Las mediciones de temperatura muestran que la temperatura en la zona cordillerana de la Región de Coquimbo es más sensible a la altitud de la estación que la latitud. Por eso, la estación Llano de las Liebres consistentemente registra las temperaturas más bajas, y la estación de Tranquilla la temperatura más alta cuando las otras tres estaciones muestran patrones similares. Con relación a las mediciones de humedad relativa, todas las estaciones muestran valores similares, pero en general la humedad en Tranquilla es más alta que en los otros sitios, lo cual señala que en este sector es muy probable que la tasa de sublimación sea menor que en los otros sitios. Las velocidades de viento en cada sector son similares, menos la estación en Tranquilla. Este sitio corresponde a un sector más protegido que los otros sectores, lo cual implica que el sitio podría experimentar menos sublimación debido a la relación entre velocidad de viento y sublimación.



Temperatura, humedad relativa y velocidad de viento medido diariamente a cinco estaciones meteorológicas durante el periodo invernal de 2017. Datos están disponibles a: www.ceazamet.cl.

<u>C2_A7: Adquisición de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios</u>

Los instrumentos fueron comprados sin novedad.

C2_A8: Adquisición de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.

Los sistemas de cámara automática fueron comprados sin novedad.

C2_A9: Instalación de instrumental meteorológico para el monitoreo de la nieve en tres sitios.

Tres estaciones meteorológicas adicionales fueron instaladas en la Región, una por cada provincia. En la Provincia de Elqui una estación fue instalada en Llano de las Liebres, al lado de la barrera de nieve instalada. En la Provincia de Limarí, una estación fue instalada en la cabecera del río Grande en el sector de El Polvo, cerca de la estación Tascadero, estación utilizada para evaluar la barrera de nieve. En la Provincia de Choapa se instaló una estación en el sector de Tres Quebradas en la cuenca de río Illapel. Todas las estaciones se encuentran operativas y cuentan con sensores de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento y profundidad de nieve.

C2_A10: Instalación de instrumental fotográfico automático para el monitoreo distribuido de las condiciones de la nieve en tres sitios.

Tres cámaras automáticas adicionales fueron instaladas en la Región, una en Llano de las Liebres, una en Tascadero y otro en la estación de Tres Quebradas. Estas cámaras se encuentran operativas, almacenando tres fotos diarias. En el sector de Tres Quebradas, las fotos apuntan a una red de balizas, y en los sectores de Llano de las Liebres y Tascadero, las fotos muestran la evolución de la profundidad de nieve adyacente a las barreras de nieve.

C3_A1: Adquisición de materiales para el diseño y construcción de las barreras de nieve.

Es importante mencionar que originalmente el proyecto contempló la instalación de tres barreras de nieve experimentales, pero gracias a la contribución financiera de la Junta de Vigilancia Río Elqui y SS.AA., la Junta de Vigilancia Río Grande, Limarí y SS.AA., junto a la Asociación de Canalistas Embalse Recoleta, pudimos expandir la red a cuatro barreras.

Como consecuencia de los criterios de selección utilizados y las comunicaciones efectuadas con las empresas, el número de empresas se reduce en una primera instancia a 12 empresas que manifiestan su interés en efectuar el servicio requerido, solicitando algunas de ellas efectuar visitas a los lugares donde se efectuó la instalación con la finalidad de presentar un presupuesto más ajustado a los requerimientos del servicio, para lo cual se coordinan las visitas correspondientes con:

-Daniel Mena, en los cuatro puntos de instalación.
-Pedro Bugueño, Quebrada Los Pericos en Tranquilla, Choapa.
-Patricio Ruiz, Llano de las Liebres, Elqui.

De las 12 empresas que manifiestan su disponibilidad y cumplen con requisitos, sólo 5 presentan cotizaciones:

Contratista	Elqui (Llano de las Liebres)	Limarí (Guandacol)	Grande (Tascadero)	Choapa (Tranquilla)	Total (1 valor por todas las instalaciones)
Patricio Ruiz	$7.269.249				
Daniel Mena	$9.162.405	$9.013.655	$8.382.360	$16.117.655	
Call Ltda				$8.896.031	
Luis Pinto	$29.453.500				
Servincop					$66.464.832

Finalmente, los presupuestos aceptados fueron:

Provincia	Contratista	Largo de la barrera	Cotización final
Elqui	Patricio RUIZ	100 m	$7.269.249
Limarí (Guandacol)	Daniel Mena	60 m	$4.800.000
Limarí (Tascadero)	Daniel Mena	100 m	$8.383.360
Choapa	Call Ltda	50 m	$4.232.949

El resultado principal para esta actividad, consistió en la confección de una base de datos de empresas constructoras que pueden efectuar trabajos en alta montaña, además de constatar la calidad de las labores de tres de ellas, por medio del trabajo efectuado.

Contratista	Lugar
Patricio Ruiz	Llano de las Liebres (35 m)
Daniel Mena	Guandacol (60 m)
Daniel Mena	Tascadero (100 m)
Call Ltda	Tranquilla (50 m)

<u>C3 A2: Instalación de barreras de nieve experimentales en distintos tipos de terreno en la cordillera de la Región de Coquimbo.</u>

Para la actividad de instalación de barreras de nieve experimentales, los resultados obtenidos guardan relación con la implementación de barreras en Elqui, Limarí (las dos) y Choapa, determinando la siguiente información:

Chopa - Tranquilla.
La empresa Call Ltda., realizó un plan de instalación que consistió en efectuar todos los trabajos de dimensionamiento, corte, ensamblaje e instalación en el mismo lugar seleccionado por el equipo del proyecto (Localidad de Tranquilla, Quebrada Pericos, Coordenadas UTM: X: 339323. Y: 6463674).

Las obras de instalación comenzaron el 27 de mayo de 2016 y finalizaron el mismo día. La recepción de obra se efectúa el 02 de junio de 2016.

Limarí – Guandacol, comuna de Río Hurtado

La obra estuvo a cargo de la empresa D&M CONSTRUCTORA (Daniel Mena), quienes efectuaron la construcción de los soportes de la barrera en su taller ubicado en Ovalle y el resto de las partes fueron confeccionados en el punto de instalación, correspondiente al sector de Guandacol, Río Hurtado (Coordenadas UTM: X: 372258. Y: 6620300).

Los trabajos comenzaron el 24 de mayo de 2016 con la confección de los soportes, luego, con fecha 26 de mayo de 2016 se realizó el armado de paneles de la barrera in situ. Para ejecutar el trabajo, la empresa contó con un gran número de personas, logrando la instalación en el mismo día. La recepción de la obra se efectúa el día 31 de mayo de 2016.

Elqui – Sector Llano de las Liebres
La construcción e implementación de la barrera de Elqui estuvo a cargo de la empresa CONSTRUCCIÓN Y MANTENCIÓN PATRICIO ALEJANDRO RUIZ SAUMON E.I.R.L., cuyo método consistió en la confección de soportes y paneles en su taller en la ciudad de La Serena, para posteriormente llevarlos al lugar de instalación para la implementación de la barrera portátil (Sector Llano de las Liebres, Coordenadas UTM: X: 410207. Y: 6652611).

Los trabajos de construcción comenzaron el sábado 21 de mayo de 2016, posteriormente por coordinación de permisos y movilización, se realizó la visita al lugar de instalación el día 26 de mayo de 2016, día en que se descargaron del camión los paneles y soportes de la obra, ubicándolos en el lugar donde se instalarían. Por las condiciones del lugar de trabajo (alta montaña), se finalizaron los trabajos a las 19 horas, debiendo retornar al refugio para continuar su instalación al día siguiente. El día 27 de mayo de 2016, se retomó el trabajo efectuando las acciones previas a los montajes de las barreras, momento en el cual las condiciones meteorológicas cambiaron, comenzando a dar claras señales de que comenzaría una tormenta; por consiguiente y por motivos de seguridad fue detenido el trabajo de instalación y se realizó el retiro del personal del lugar. Al día siguiente se confirmó que hubo un evento meteorológico con precipitación de nieve y carabineros de Chile entrega la información que no sería posible acceder a Llano de las Liebres hasta que la nieve se derritiera.

El día 6 de diciembre de 2016, una vez hechas las coordinaciones con la Junta de Vigilancia del Río Elqui y ss.aa. y Carabineros de Chile, se retorna al lugar donde se percató que aproximadamente el 70% de los materiales habían sido hurtados.

Se procede a efectuar la denuncia por el incidente sufrido y a confeccionar una carta de reitemización para la adquisición de materiales con la finalidad de implementar la barrera de nieve portátil de Elqui. Finalmente, el 12 de diciembre de 2016, luego de haber comprado los materiales necesarios faltantes, se instaló los 11 paneles de 3,2 m por 2,5m de alto, lo que corresponde a 35 metros lineales de barrera de nieve portátil.

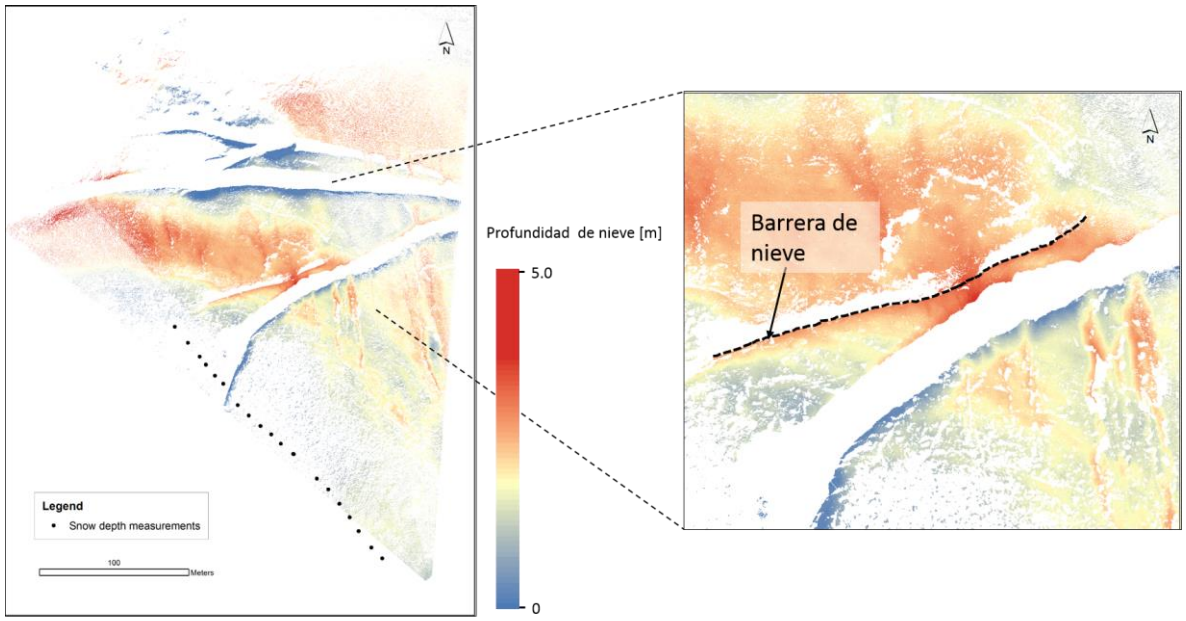
Limarí – Tascadero, comuna de Monte Patria
La obra estuvo a cargo de la empresa D&M CONSTRUCTORA (Daniel Mena), quienes efectuaron la construcción de los soportes de la barrera en su taller ubicado en Ovalle y el resto de las partes fueron confeccionados en el punto de instalación, correspondiente al sector de Tascadero, río Grande (Coordenadas 31°15'39.15"S 70°32'28.20"O 3490 m s.n.m.).

La contratista visitó el sector el día 14 de marzo de 2017 para efectuar una inspección del sitio de instalación. Los trabajos de construcción comenzaron el 9 de abril de 2017 en el sector según la misma metodología utilizado en Guandacol. Para ejecutar el trabajo, la empresa contó con un gran número de personas, logrando la instalación en dos días. La recepción de la obra se efectúo el día 24 de abril de 2017.

<u>C3 A3: Adquisición y instalación de equipos para evaluar el impacto de las barreras de nieve.</u>

a) Medición de la cantidad de nieve acumulada con un LIDAR

En Tascadero se completaron dos mediciones de LIDAR, el 31 de agosto de 2017, para determinar la variabilidad espacial de la profundidad de nieve cerca de la barrera de nieve. En la Figura 6 podemos ver que existe una gran acumulación de nieve cerca del centro de la barrera, con un máximo de profundidad de ~3 m, adyacente a la barrera de nieve. En la medida que la barrera de nieve se localiza dentro de un área de acumulación natural de nieve, también existe una gran cantidad de nieve que se acumula por encima de la barrera.



Profundidad de nieve medida con el LiDAR terrestre en Tascadero durante agosto de 2017.

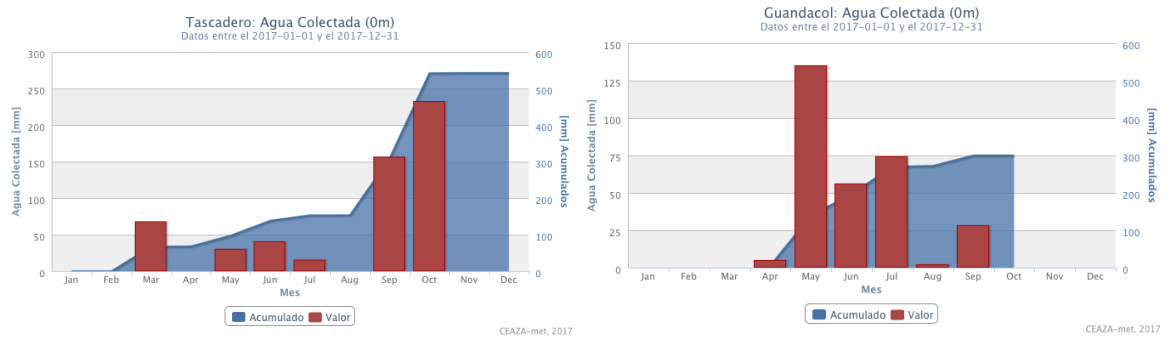
b) <u>Uso de un sistema eddy covariance para medir sublimación</u>

Debido a un problema en el código y a insuficiente espacio en la memoria digital los datos de este sensor no están disponibles. El problema fue arreglado en el dispositivo (diciembre de 2017), por lo tanto esta útil información se podrá recoger la próxima temporada.

c) <u>Instalación de instrumento hidrológicos para medir derretimiento</u>

La cantidad de agua colectada por el lisímetro es informada en la figura abajo. Los resultados muestran una fuerte variabilidad en tiempo y espacio. Estos resultados son diferentes, dependiendo del sitio. La cantidad total de agua acumulada en Tascadero es mayor debido a la mayor cantidad de nieve en el lugar, localizado a mayor altura. En Tascadero el derretimiento ocurre principalmente al comienzo de la primavera (septiembre/octubre), cuando la temperatura aumenta sobre los 0ºC. Ya que Guandacol se encuentra a menor elevación, la mayor temperatura permite el derretimiento al comenzar el mes de mayo.

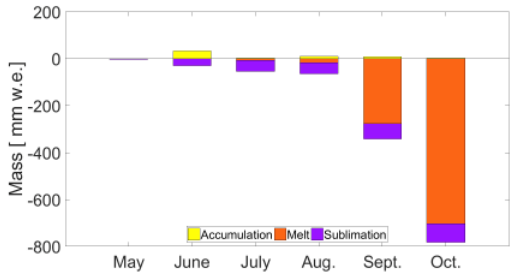
El 30 de agosto de 2017 se realizaron las mediciones de densidad y profundidad de nieve en Tascadero, durante una salida a terreno en helicóptero. Las mediciones indican un total de profundidad de nieve de 105 cm que corresponden a 544 mm agua equivalente. En diciembre de 2017 la cantidad total de esta profundidad de nieve ha desaparecido y el lisímetro indica 376 mm de agua acumulada desde el 1 de septiembre a diciembre de 2017. Esto significa que durante el período de septiembre a diciembre de 2017, el 69% del total de profundidad de nieve se derrite y el 31% es debido a sublimación.



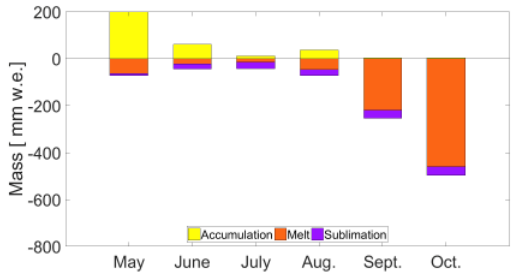
Agua acumulada, medida por lisímetros en Tascadero (izquierda) y Guandacol (derecha) durante el invierno 2017.

C3_A4: Evaluación y modelación de deshielo y sublimación en los sitios de barreras

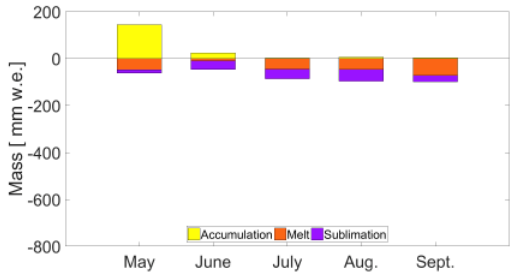
El monto total de derretimiento, sublimación y acumulación en los cuatro sitios durante 2017 es informado en la figura abajo.



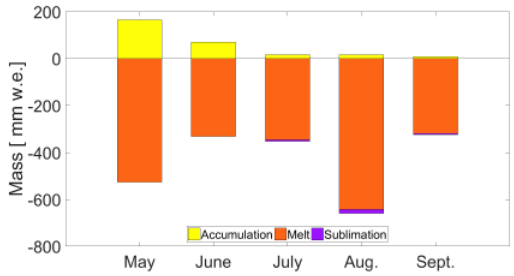
(a) *Tapado*: 275 mm w.e. of sublimation and 996 mm w.e. of melt



(b) *Tascadero*: 156 mm w.e. of sublimation and 827 mm w.e. of melt



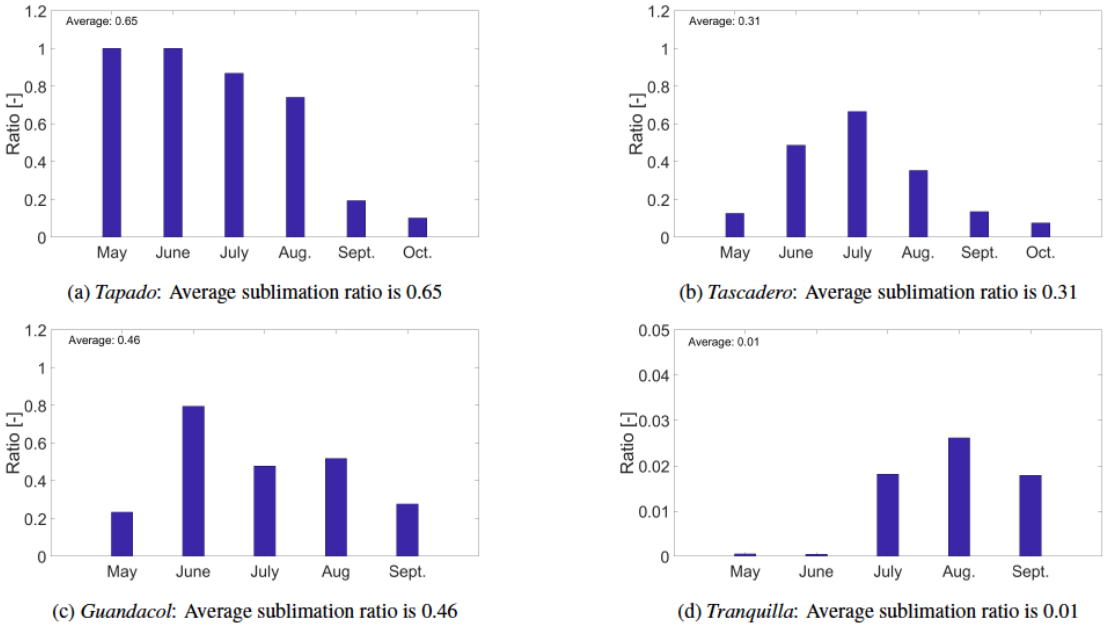
(c) *Guandacol*: 30 mm w.e. of sublimation and 220 mm w.e. of melt



(d) *Tranquilla*: 170 mm w.e. of sublimation and 2166 mm w.e. of melt

Totales mensuales de derretimiento, sublimación y acumulación modelizada en los cuatro sitios en la temporada invernal de 2017.

El derretimiento comienza en mayo, pero es mayor generalmente al comienzo de la primavera (septiembre-octubre), excepto en Tranquilla. Este lugar está en una elevación menor por lo que sus menores temperaturas medias determinan el derretimiento de la nieve durante todo el período de verano. La cantidad de sublimación parece constante durante el período de verano. Sin embargo, la tasa de sublimación (ej.: la proporción de sublimación sobre la ablación total es representada en la figura), provee una mejor idea de la variabilidad de la sublimación.



Tasas de sublimación mensual en los cuatro sitios de estudio durante el periodo de invierno de 2017.

Los resultados muestran que se encontraron tasas más altas de sublimación en Tapado y Guandacol. Estos dos sitios están localizados a mayor altura, donde la temperatura del aire es menor. Por lo tanto, el derretimiento es menor que en los dos otros sitios.

Otra observación, que requiere ser mejor investigada es que la sublimación pareciera disminuir con la longitud. De hecho, los resultados indican una tasa de sublimación más baja en el Sur (e.g. Tranquilla) que en el Norte (e.g. Tapado). Pero la comparación se necesita hacer en sitios con una elevación similar para proporcionar conclusiones relevantes.

C3 A5: Evaluación del impacto de los barreras de nieve

a) Velocidad del viento y de nieve transportada

A partir de las simulaciones computacionales, se puede estimar una reducción promedio de viento de entre 50% a 62% producto de la barrera. La disminución de viento se traduce en una pérdida de energía de transporte, permitiendo que la nieve presente en el aire sea dirigida hacia la zona posterior a la barrera y forme montículos, los que aumentan los niveles de nieve hasta en un 34%.

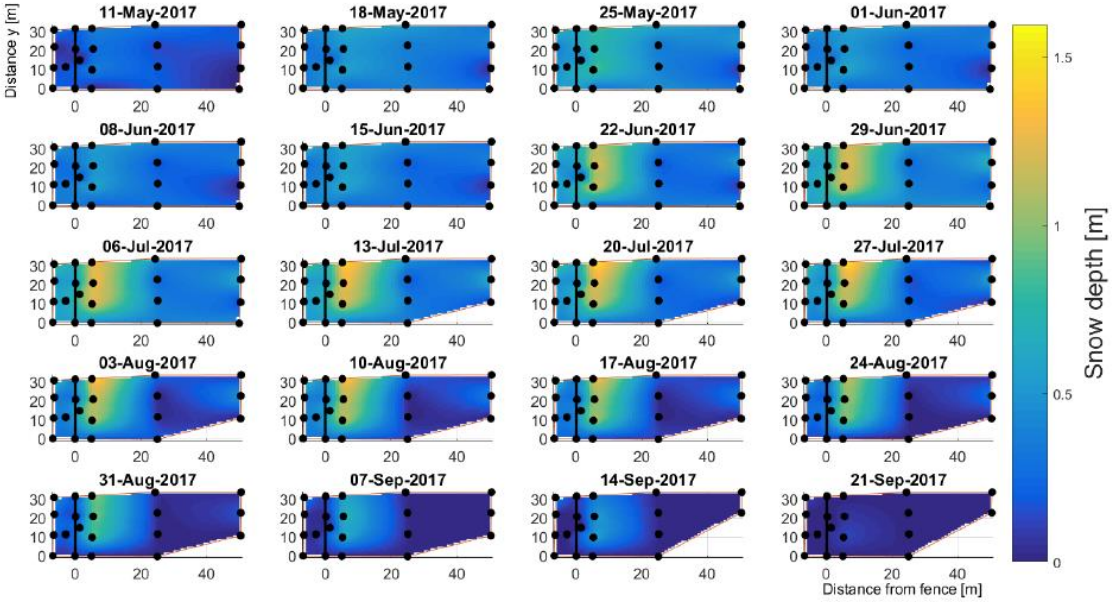
b) Cantidad de nieve (resultados de 2017)

La evolución de la profundidad de nieve ha sido representada en 2D alrededor de la barrera de nieve de Llanos de las Liebres y Tascadero (ver figuras abajo). En las figuras, los puntos negros representan estacas de nieve individuales y la profundidad de nieve en esas estacas ha sido extrapolada para crear la superficie 2D que se muestra en color.

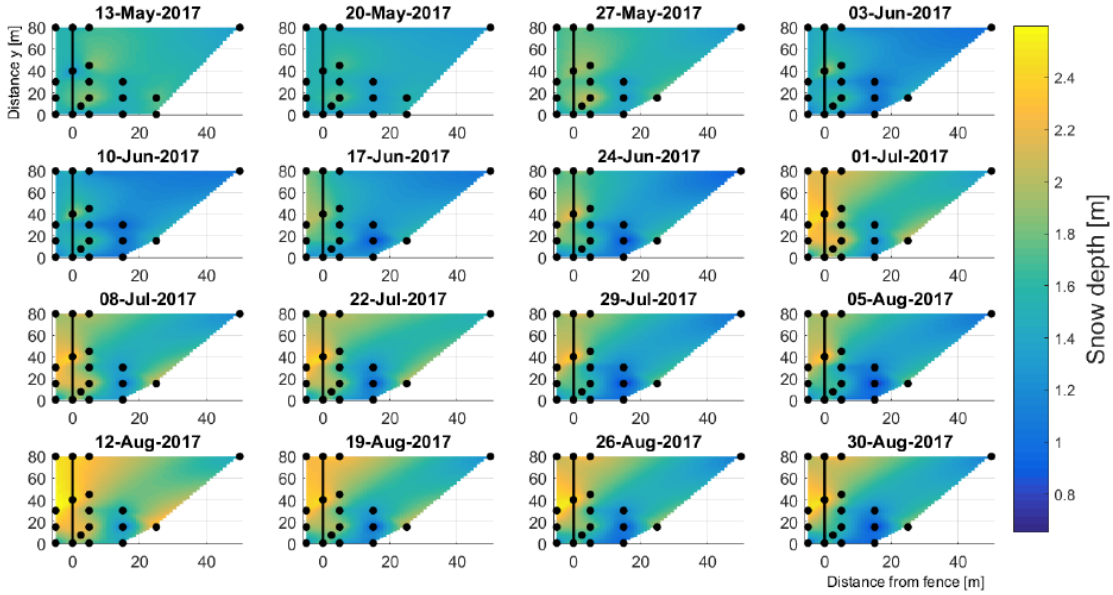
En Llanos de las Liebres, podemos ver una más alta profundidad de nieve adyacente a la barrera de nieve en junio, julio y agosto. La diferencia entre la profundidad de nieve adyacente a la barrera y la profundidad de la nieve en la línea de estacas más alejada

de la barrera es de hasta 1 metro durante el período de invierno (en julio). Esto muestra claramente que la barrera de nieve está ayudando a la acumulación de nieve.

En Tascadero, también se encuentran mayores profundidades de nieve adyacente a la barrera de nieve. La nieve se ha acumulado detrás y en frente de la barrera en este sitio. Esta barrera de nieve se localiza dentro de un área de acumulación natural de nieve y la nieve acumulada directamente encima de la barrera puede ser la que ha quedado atrapada por la barrera a medida que se mueve hacia abajo de la pendiente.



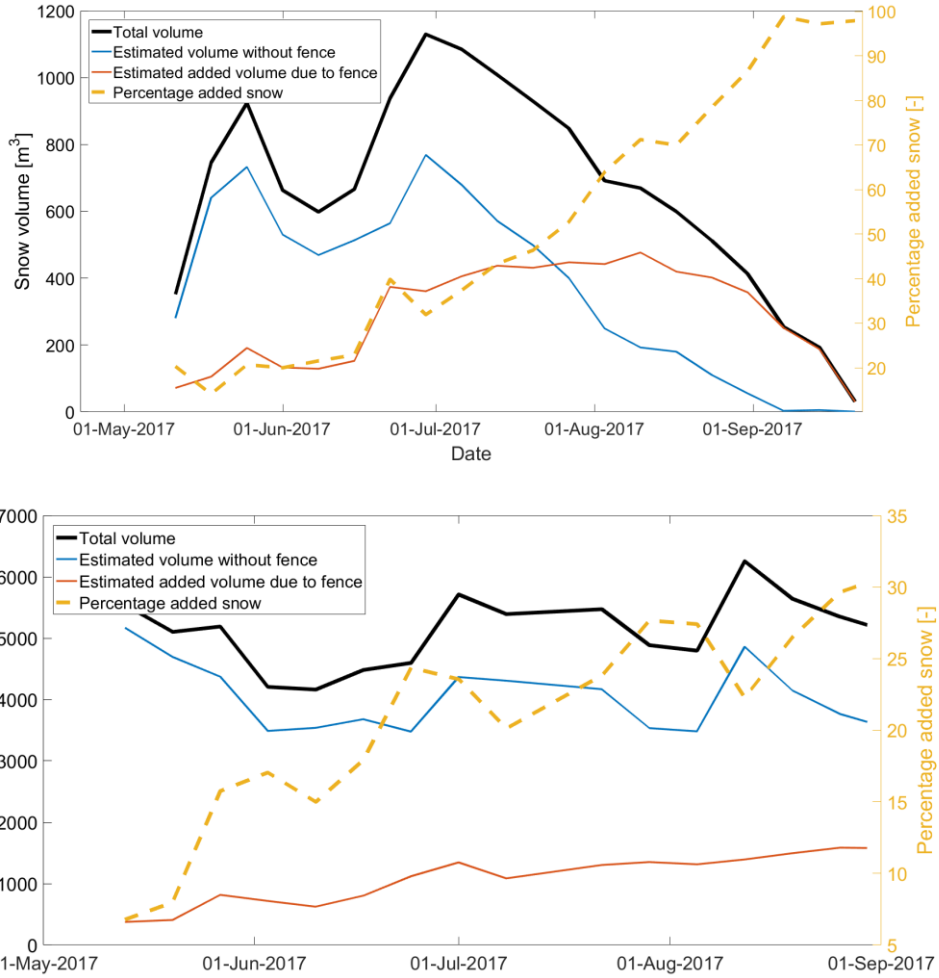
Profundidad de nieve desarrollada en Llano de las Liebres entre el 11 de mayo y el 21 de septiembre de 2017. La línea negra representa la barrera de nieve y los puntos negros muestran las estacas que fueron utilizadas para cuantificar la profundidad de nieve desde las fotos.



Profundidad de nieve desarrollada en Tascadero entre el 13 de mayo y el 30 de agosto de 2017. La línea negra representa la barrera de nieve y los puntos negros muestran las estacas que fueron utilizadas para cuantificar la profundidad de la nieve desde las fotos.

Además, el volumen modificado ha sido procesado para ambos lugares de estudio (ver Figura 12 y 13) con un máximo de volumen de nieve de ~425 m^3 and 1500 m^3 en Llano de las Liebres y Tascadero, respectivamente.

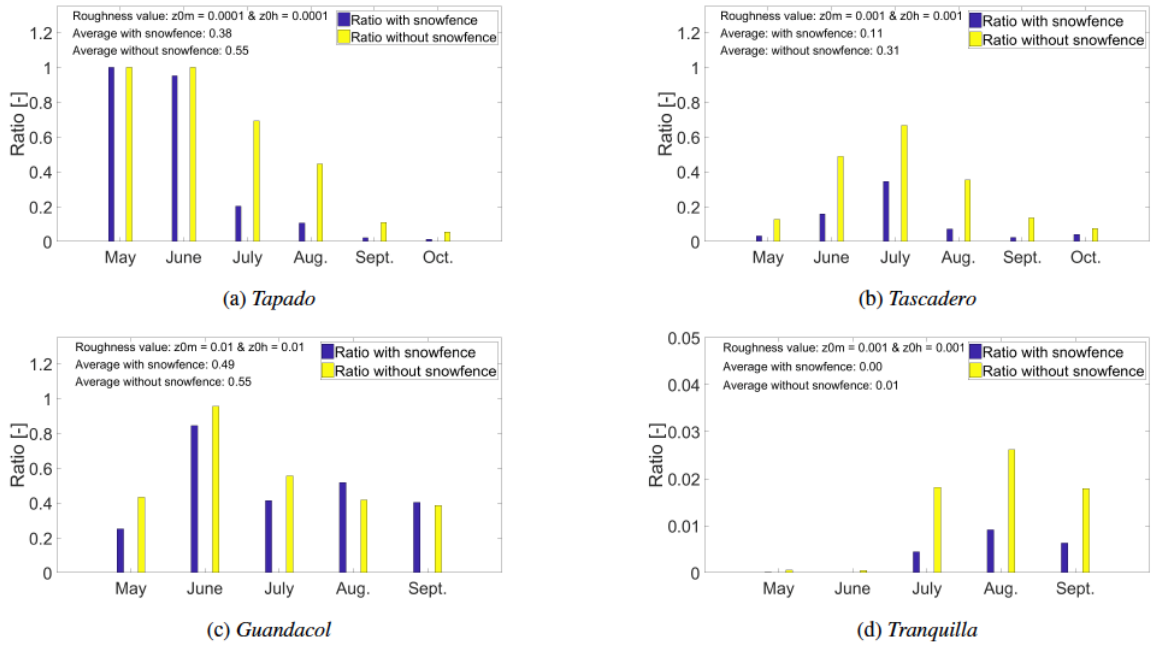
La diferencia entre contar con una barrera de nieve y no contar con una: Los resultados indican que el porcentaje de nieve añadida incrementa en ambos sitios a lo largo del tiempo. En Tascadero, la barrera de nieve es responsable del incremento de cerca del 30% del volumen de nieve, al final del estudio. En Llano de las Liebres la nieve adicional alcanza al 100%. En otras palabras, en Llano de las Liebres toda la nieve en la superficie del suelo al final del período de estudio se debe a la barrera de nieve. El porcentaje máximo de nieve adicional es más bajo en Tascadero primero porque el estudio finaliza cuando aún hay una significante cantidad de nieve en el suelo. Esta barrera de nieve también está localizada dentro del área donde la nieve naturalmente se acumula, entonces es probable que la nieve adicional debido a la barrera sea menor que en Llano de las Liebres.



(Figura arriba) Cambios en los volúmenes de nieve calculados en Llano de las Liebres durante el período del 11 de mayo al 21 de septiembre del 2017. (Figura abajo) Cambios en los volúmenes de nieve calculados en Tascadero durante el período 13 de mayo al 26 de agosto de 2017. La línea negra representa el total del volumen de nieve medido utilizando estacas y cámara. La línea azul representa el estimado de volumen de nieve sin una barrera. La línea roja corresponde al volumen de nieve añadida debido a la presencia de la barrera de nieve y también se convierte en porcentaje de nieve (línea amarilla) para facilitar la comparación entre los sitios.

c) Sublimación (resultados corresponden a 2017)

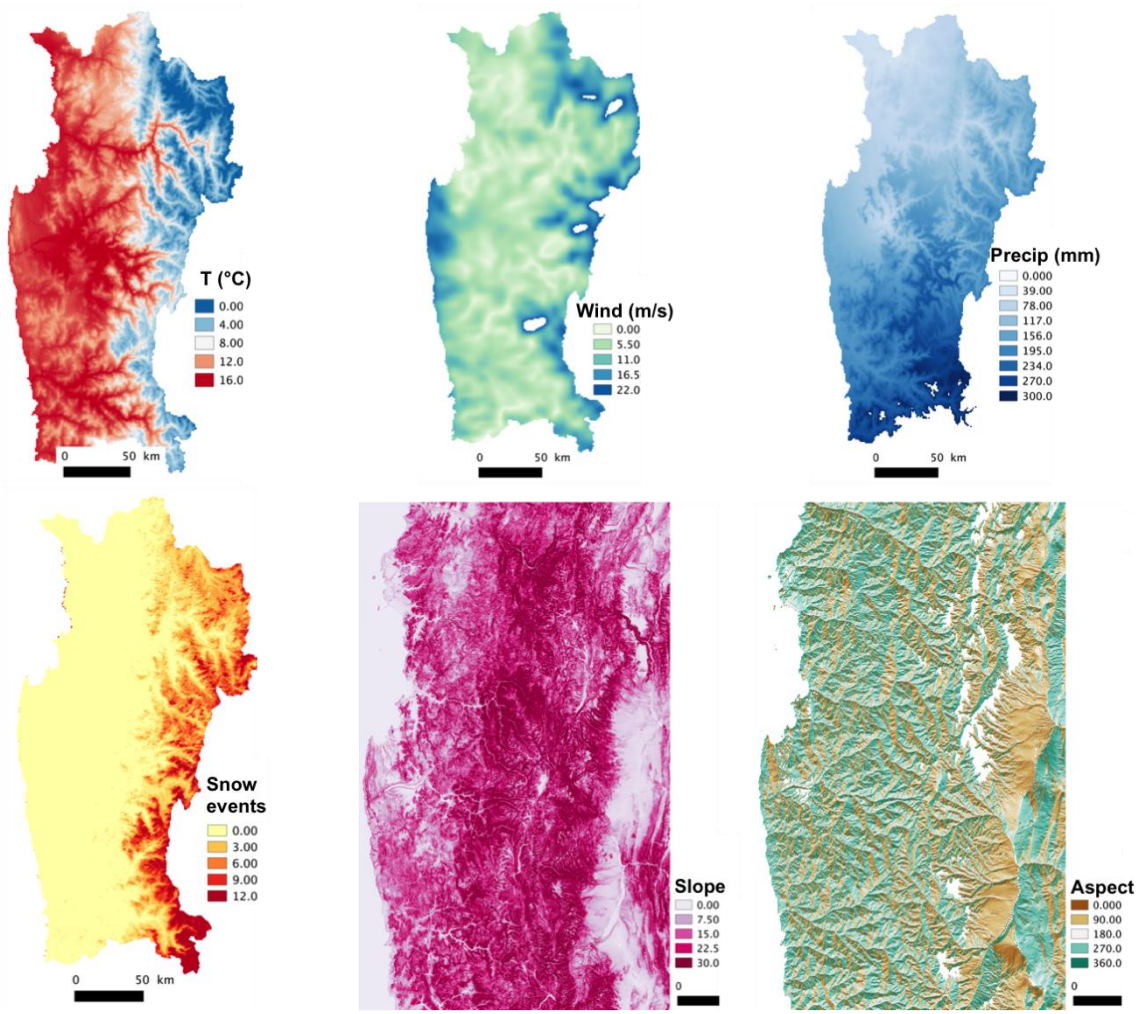
En la Figura 14 se representa el cambio en la tasa de sublimación debido a la disminución del viento. La disminución del viento, debido a la presencia de la barrera de nieve, conduce a la disminución de la tasa de sublimación en cerca de un 1% (Tranquilla) y 20% (Guandacol). Se obtiene una disminución mayor entre julio y septiembre. Los resultados indican que la disminución de la velocidad del viento debido a la presencia de la barrera de nieve reduce la tasa de sublimación.



Sensibilidad al viento que disminuye a índices mensuales de sublimación en las cuatro ubicaciones para el período de invierno de 2017

<u>C4_A1: Actualización y mejora de los resultados preliminares (componente 1) para su publicación en la plataforma web.</u>

Primero, los datos originales generados en C1_A6 fueron analizados para evaluar las formas apropiadas para el mapa final. Este análisis se basó en el formato de los archivos, la resolución y la necesidad de los datos para calcular un mapa generalizado de la evaluación preliminar de los sitios idóneos para la instalación de barreras de nieve. Fundamentado en ese análisis, se mejoraron los siguientes datos para completar el set de datos necesarios para la elaboración del mapa final: promedio anual de temperatura, velocidad de viento, precipitación computada entre 2007 y 2014 del modelo WRF; número de eventos de precipitación en un año 'seco' (2014), como proxy de cantidad de nieve (de imagines MODIS); pendiente y orientación de la superficie (calculado de un DEM de 90 m basado en imágenes de LANDSAT).



<u>C4 A2: Creación de un servidor de mapas virtuales con los resultados de los lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve.</u>

El servidor de mapas virtuales contiene un sitio web (http://barreras.ceaza.cl), que posee los siguientes elementos:

i.- La página "Inicio", compuesta por un video introductorio del centro científico CEAZA, seguido del objetivo y propósito del proyecto, con una galería de imágenes;

ii.- La página "Nosotros", donde se detalla nuevamente el objetivo y propósito del proyecto, además de la introducción al proyecto, la metodología utilizada, y el equipo de trabajo encargado de ejecutar las tareas;

iii.- La página "Mapa", que contiene un visualizador de Google Maps enfocado en la cuarta región, junto con un panel selector de capas coloreadas, correspondientes a la precipitación acumulada, velocidad de viento promedio, presencia de glaciares, entre otros, con el fin de evaluar el potencial de acumulación de nieve en la zona seleccionada, mediante un clic o un arrastre del "pin" presente en el mapa.
iv.- La página "Documentos", que pone a disposición del público la colección de documentos generados por el proyecto;

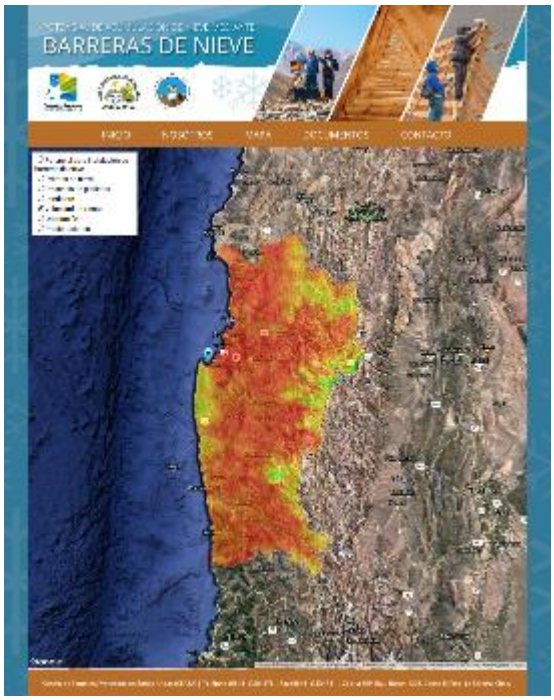
v.- La página "Contacto", que muestra las vías de comunicación con el laboratorio de glaciología, y, por extensión, con el centro científico CEAZA.

El servidor de mapas virtuales genera el siguiente resultado visual dentro de la plataforma web:

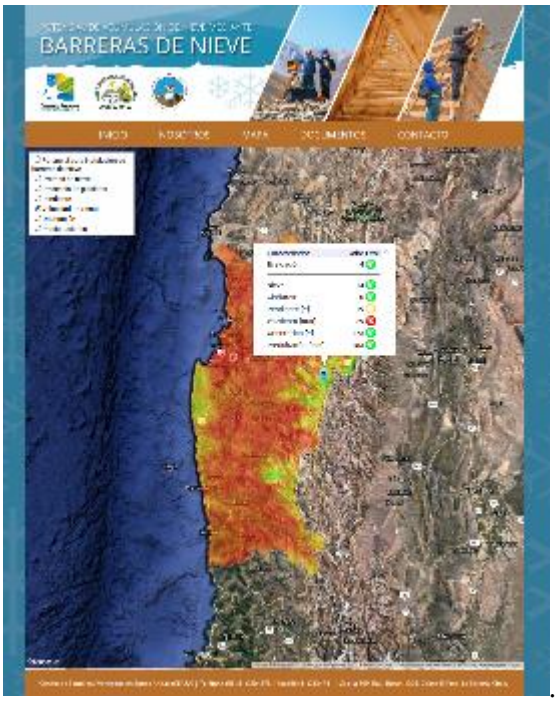
Dentro del sistema, el usuario puede visualizar las capas que desee ver, escogidas de una lista compuesta por los elementos necesarios a evaluar para la implementación exitosa de barreras de nieve.

- (●) Potencial para instalación de barreras de nieve
- ( ) Eventos de nieve
- ( ) Presencia de glaciares
- ( ) Pendiente
- ( ) Velocidad de viento
- ( ) Orientación
- ( ) Precipitaciones

Al seleccionar las distintas capas, el mapa se colorea de forma automática, cada vez que el usuario selecciona una capa distinta.



Alternativamente, el usuario puede arrastrar un pin de color azul ubicado en el mapa, o bien hacer clic en una ubicación dentro de la Región, para verificar la evaluación del potencial de una posible barrera de nieve en dicha ubicación:



C5 A1: Lanzamiento del proyecto

Transmisión de conocimientos y avances relacionados a la experimentación que se efectuó para evaluar la factibilidad de un sistema de incremento de la acumulación de la nieve en toda la zona andina de la Región de Coquimbo, mediante las barreras de nieve instaladas en los sectores de Llano de Las Liebres (Elqui), Guandacol y Tascadero (Limarí) y Tranquilla (Choapa).

Oportunidad que permitió el fortalecimiento de redes para profundizar y desarrollar nuevas investigaciones con instituciones vinculadas (SEREMI Medio Ambiente, Juntas de Vigilancia Río Elqui y Hurtado, entre otras).

Comunicación y vinculación con investigadores internacionales, mediante la participación del Dr. Christophe Kinnard de la Universidad de Quebec (Université du Québec à Trois-Rivières), el cual presentó su experiencia en Canadá relacionada a la necesidad de acumulación de nieve en sectores agrícolas, permitiendo intercambiar conocimientos relacionados al tema central del proyecto.

C5 A2: Talleres sobre monitoreo de nieve en la 3 provincias

Se logra una participación activa de instituciones asociadas al proyecto, las que permitieron identificar y facilitar la elección de los lugares idóneos para la instalación de barreras y estaciones que permitieron el monitoreo nival en las tres provincias.

Se establece una comunicación constante con administradores de los lugares seleccionados, lo que incentivó el fortalecimiento de redes de trabajo y coordinación para el desarrollo del proyecto, potenciando el intercambio de información recopilada en los diferentes terrenos que se realizaron en los distintos puntos de investigación.

C5_A3: Talleres sobre el uso de barreras de nieve

Mediante la realización de estos talleres, se transmitió información relacionada a los efectos de las barreras sobre la acumulación de nieve y la sublimación, así como permitió mostrar in situ los métodos y equipos que permitieron el monitoreo nival.

A su vez, se traspasó conocimientos relacionados a acciones y trabajos relevantes para determinar el tipo de densidad de nieve acumulada (calicatas), método que permitió obtener información relevante para determinar los volúmenes de nieve presentes en los sectores de estudios.

C5_A4: Confección de informes

A través de la información obtenida por medio del monitoreo y evaluación de los sistemas investigados, se pudo confeccionar diversos informes técnicos y financieros relacionados a las actividades ejecutadas, las que comprendieron modelamiento del comportamiento nival, simulaciones computaciones de la efectividad de las barreras, evaluación de efectividad de acumulación in situ y su impacto en el porcentaje de sublimación.

C5_A5: Evento de cierre del proyecto

Se obtuvo una base de datos actualizada para la convocatoria, así como el enlace con un centro de eventos para reservar salón y servicio de cafetería para cuando el Gobierno Regional determine la fecha para el desarrollo de la actividad.

Existe una base de información considerada en las presentaciones que se llevarán a cabo y se trabaja en un producto innovador, el cual consiste en un video de 5 minutos (aproximadamente) relacionado a las barreras de nieve que se presentará con la tecnología de Realidad Virtual.

9. Impactos logrados:

- Comunicación por correo electronico con el Seremi de Mineria para solicitar datos de las concesiones mineras y para presentar el proyecto.

Talleres (sin visita a terreno)

Taller interactivo sobre la implementación de barreras de nieve

Horario: 8/03/16, 10h – 13h
Ubicación: Asociación de Canalistas Embalse Recoleta, Ovalle
Programa: Presentaciones por Dra. Shelley MacDonell y Cristián Campos; Ronda de interacción grupal
Nº asistentes: 28
Instituciones: CEAZA, DGA, DOH, JV Elqui, ACER, JV. Hurtado, JV Grande Limarí, Liceo Agricola de Ovalle, ULS, entre otros.

Participación en la Primera Conferencia de Energía, Eficiencia y Sostenibilidad Ambiental, CEES2017.

Horario: 22 – 23 – 24 /11/17, 9h – 17h
Ubicación: Hotel Club La Serena, La Serena, Chile
Programa: Presentaciones Marion Reveillet (Modeling snow cover evolution for two contrasting years (2014-2015)); Nicole Schaffer (Snow fence effectiveness evaluated with automatic cameras and terrestrial

LIDAR, dry Andes, Chile) y Marcelo Marambio(Numerical modeling and simulation of snow-accumulation behind porous fences)

Nº asistentes: 150

Instituciones: CEAZA, Universidad de Chile, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad Católica del Norte, U. Tecnológica Nacional de Argentina, Universidad de La Serena, U. Tecnológica de Pereira de Colombia, University of Cincinnati de Estados Unidos, Ecole Polytechnique de Bruxelles de Bélgica, Complutense university de España, entre otras.

Taller sobre el uso de barreras de nieve, Elqui.

Horario: 04/01/18, 10h – 13h

Ubicación: Salón *JVRE y sus afluentes.*

Programa: Presentación relacionada a los trabajos, equipos y datos obtenidos relacionados al monitoreo nival y del funcionamiento de las barreras de nieve en el sector de Llano de Las Liebres, transmitiendo conocimientos relacionados a eficiencia de la barrera y el impacto sobre la sublimación.

Nº asistentes: 04

Instituciones: CEAZA, JVR Elqui.

Reuniones

Reunión con Junta de Vecinos Tranquilla (Choapa) - Pedro Chávez (Presidente) y Fidel Orellana (Secretario)

Horario: 9/03/16 16h-17h

Ubicación: Tranquilla, Choapa

Asistentes: Pedro Chávez, Fidel Orellana (Junta de Vecinos Tranquilla); Shelley MacDonell, Cristián Campos, Robinson Godoy (CEAZA); Ignacio Díaz (Asistente en terreno).

Temas: Apoyo del proyecto y acceso al sector de la comunidad.

Talleres incorporando visitas a terreno con partes involucrados

Visita de reconocimiento – río Grande

Horario: 10/03/16 11h-17h

Ubicación: Tascadero, río Grande, Limarí

Asistentes: Hernán Cortes (Conexión con Junta de Vigilancia río Grande, Limarí y ssaa, trabajador del dueño del sector); Shelley MacDonell, Cristián Campos, Robinson Godoy (CEAZA); Ignacio Díaz (Asistente en terreno).

Trabajo: Visita al sitio, evaluación de los lugares potenciales para la instalación de barreras

Comentarios: Gestión por Manuel Muñoz (Administrador de la Junta de Vigilancia río Grande, Limarí y ssaa) para aceder el sitio y recibir apoyo del dueño del sector.

Visita de reconocimiento – río Hurtado

Horario: 11/03/16 10h-17h

Ubicación: Cabecera río Hurtado, Limarí

Asistentes: Rubén Espinosa, Abel Torres, Rodrigo _____, Enrique _____ (Junta de Vigilancia río Hurtado); Shelley MacDonell, Cristián Campos, Robinson Godoy (CEAZA); Ignacio Díaz (Asistente en terreno).

Trabajo: Visita al sitio, evaluación de los lugares potenciales para la instalación de barreras

Visita de reconocimiento – río Choapa

Horario: 17/03/16 9h-17h
Ubicación: Cabecera río Choapa, Choapa
Asistentes: Fidel Orellana (Junta de Vecinos, Tranquella); Shelley MacDonell, Cristián Campos, Robinson Godoy (CEAZA); Ignacio Diáz (Assistente en terreno).
Trabajo: Visita al sitio, evaluación de los lugares potenciales para la instalación de barreras

Visita por invitación – río Hurtado

Horario: 15/09/16 9h-18h
Ubicación: Cabecera río Hurtado, Limarí
Asistentes: Sr. José Eugenio González del Río ('JG', Presidente Junta de Vigilancia Río Grande Limarí y sus afluentes – JVRGL ss.aa), Sr. Eliseo Pérez ('EP', Dueño terreno), Sr. Manuel Muñoz ('MM', Administrador Junta de Vigilancia Río Grande Limarí y sus afluentes – JVRGL ss.aa), Sr. Andrés Hevia ('AH', CEAZA), Sr. Eduardo González ('EG', CEAZA).
Trabajo: Visita al sitio, visualización del resultado de acumulación de la barrera de nieve en sector Guandacol, Río Hurtado.

Taller en terreno de sobre el uso de barreras de nieve, Limarí.

Horario: 11/10/17, 10h – 14h
Ubicación: Sector Guandacol, Limarí.
Programa: Presentación en terreno relacionada a los trabajos, equipos y datos obtenidos relacionados a las barreras de nieve, transmitiendo conocimientos relacionados a calicatas y sondeos.
Nº asistentes: 16
Instituciones: CEAZA, JVR Hurtado, Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta.

Taller en terreno de sobre el uso de barreras de nieve, Choapa.

Horario: 04/01/18, 9h – 17h
Ubicación: Sector Rodaito (tres quebradas), Illapel.
Programa: Presentación en terreno relacionada a los trabajos, equipos y datos obtenidos relacionados al monitoreo nival, transmitiendo conocimientos relacionados a obtención de datos meteorológicos y transmisión satelital.
Nº asistentes: 09
Instituciones: CEAZA, JVR Illapel.

Convenios

- Asociación de Canalistas Embalse Recoleta (ACER).
- Junta de Vigilancia Río Grande, Limarí y ssaa

Prensa

- Aparición en la página web de CEAZA ("Con cinco proyectos FIC CEAZA busca aportar a la toma de decisión público-privada de la Región de Coquimbo"; 15/01/16;

http://www.ceaza.cl/es/con-cinco-proyectos-fic-ceaza-busca-aportar-a-la-toma-de-decision-publico-privada-de-la-region-de-coquimbo/).

- Aparición en la página web del Diario Regional (Con cinco proyectos FIC CEAZA busca aportar a la toma de decisión público-privada de la Región de Coquimbo; 15/01/16; http://www.diarioregional.cl/notaene1516b.html).
- Aparición en la página web de CONICYT ("Shelley MacDonell: "Hay un aumento en la conciencia social sobre los glaciares""; 17/01/16; http://www.conicyt.cl/blog/2016/01/shelley-macdonell-hay-un-aumento-en-la-conciencia-social-sobre-los-glaciares/).
- Aparición en la página web de CEAZA ("En Ovalle: Realizarán taller interactivo sobre implementación de barreras de nieve"; 26/02/16; http://www.ceaza.cl/es/en-ovalle-realizaran-taller-interactivo-sobre-implementacion-de-barreras-de-nieve/).
- Aparición en la página web de La Región ("En abril la región tendrá las primeras barreras de nieve"; 28/02/16; http://www.diariolaregion.cl/portal/2016/02/28/en-abril-la-region-tendra-las-primeras-barreras-de-nieve/)
- Aparición en la página web de El Observatodo ("Analizarán implementación de barreras de nieve en la Región de Coquimbo"; 29/02/16; http://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/analizaran-implementacion-de-barreras-de-nieve-en-la-region-de-coquimbo)
- Aparición en la página web de Radio Comunicativa ("En Ovalle: Realizarán taller interactivo sobre implementación de barreras de nieve"; 29/02/16; http://www.radiocomunicativa.cl/2016/02/ovalle-realizaran-taller-interactivo-implementacion-barreras-nieve/).
- Aparición en la página web de CEAZA ("En las dependencias de la Asoc. de canalistas del Embalse Recoleta CEAZA y regantes plantearon mejores puntos para instalar barreras de nieve experimentales en la región"; 10/03/16; http://www.ceaza.cl/en/en-las-dependencias-de-la-asoc-de-canalistas-del-embalse-recoleta-ceaza-y-regantes-plantearon-mejores-puntos-para-instalar-barreras-de-nieve-experimentales-en-la-region/).
- Aparición en la página web de Ovalle Hoy ("CEAZA y Regantes plantean mejores puntos para barreras de nieve experimentales en la región"; 10/03/16; http://ovallehoy.cl/ceaza-y-regantes-plantean-mejores-puntos-para-barreras-de-nieve-experimentales-en-la-region/).
- Aparición en la página web de La Voz del Norte ("CEAZA y regantes plantearon mejores puntos para instalar barreras de nieve experimentales en la región"; 10/03/16; http://www.lavozdelnorte.cl/2016/03/ceaza-y-regantes-plantearon-mejores-puntos-para-instalar-barreras-de-nieve-experimentales-en-la-region/).
- Aparición en la página web del Semanario Tiempo ("CEAZA y regantes plantearon mejores puntos para instalar barreras de nieve experimentales en la región"; 11/03/16; http://www.semanariotiempo.cl/2016/03/11/ceaza-y-regantes-plantearon-mejores-puntos-para-instalar-barreras-de-nieve-experimentales-en-la-region/).
- Aparición en la página web de El Observatodo ("Analizan sitios donde instalar barreras de nieves en la Región de Coquimbo"; 11/03/16; http://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/analizan-sitios-donde-instalar-barreras-de-nieves-en-la-region-de-coquimbo)
- Aparición en la página web de ACER ("CEAZA y regantes plantearon mejores puntos para instalar barreras de nieve experimentales en la región"; 22/03/16; http://www.embalserecoleta.cl/noticias/2016/03/ceaza-y-regantes-plantearon-mejores-puntos-para-instalar-barreras-de-nieve)
- Aparición en Semanario Tiempo ("Comenzará instalación de las primeras barreras de nieve experimentales"; 08/04/16; http://www.semanariotiempo.cl/2016/04/08/comenzara-instalacion-de-las-primeras-barreras-de-nieve-experimentales/)

- Aparición en Semanario Tiempo ("Partió instalación de barreras de nieve en Elqui, Limarí y Choapa"; 27/05/16)
- Aparición en la página web de CEAZA ("Resultados preliminares proyecto FIC: aportarán el pronóstico de disponibilidad hídrica en la Región de Coquimbo"; 13/07/16; http://dev.4id.cl/ceaza/2016/07/13/resultados-preliminares-proyecto-fic-aportaran-al-pronostico-de-disponibilidad-hidrica-en-la-region-de-coquimbo/).
- Aparición en Semanario Tiempo ("Comprueban efectividad de barreras de nieve instaladas en la región"; 27/09/17)
- Aparación en programa de TVN "Chile Conectado" (1/10/17)

Implementación de barreras de nieve en las tres provincias

Instalación de barrera sector Llano las liebres, Elqui
Fecha de inicio: 27 de Mayo del 2016
Fecha de término: 12 de Diciembre del 2016
Presupuesto original: $7.269.249
Monto total pagado: $7.919.249 (incremento por Hurto de maderas. Número de denuncia 7561)
Monto FIC-R: $2.919.249
Monto CEAZA: $5.000.000
Porcentaje de avance: 100%

Instalación de barrera sector Guandacol Rio Hurtado, Limarí
Fecha de inicio: 25 de Mayo del 2016
Fecha de término: 25 de Mayo del 2016
Presupuesto: $4.800.000
Monto FIC-R: $1.800.000
Monto CEAZA: $3.000.000
Porcentaje de avance: 100%

Instalación de barrera sector Quebrada Los Pericos, comunidad de Tranquilla, Choapa
Fecha de inicio: 24 de Mayo del 2016
Fecha de término: 26 de Mayo del 2016
Presupuesto: $4.232.949
Monto FIC: $4.232.949
Monto CEAZA: $0
Porcentaje de avance: 100%

Instalación de barrera sector Tascadero, comuna Monte Patria, Limarí
Fecha de inicio: 9 de abril del 2017
Fecha de término: 11 de abril del 2017
Presupuesto: $8.382.360
Monto FIC-R: $3.382.360
Monto CEAZA: $5.000.000
Porcentaje de avance: 100%

10. Problemas enfrentados:

La programación de inicio del proyecto fue proyectada a partir del mes de noviembre del año 2015, y el visto bueno a la puesta en marcha de esta iniciativa, se otorgó el 11 de enero de 2016 (2 meses de desfase). Además, por razones de control interno del Gobierno Regional y con el fin de establecer las aprobaciones respectivas para la entrega del segundo desembolso, la segunda cuota del proyecto se recibió con dos meses de retraso

según lo estipulado en el programa de desembolsos del convenio de transferencia de capital entre el Gobierno Regional de Coquimbo y CEAZA. Este desfase, provocó un atraso en la ejecución de actividades (especialmente la instalación de barreras de nieve, estaciones meteorológicas, cámaras automáticas y equipos para evaluar las barreras de nieve).

Según la programación inicial del proyecto se consideraba la instalación de las barreras de nieve y sistemas de monitoreo en los lugares seleccionados durante los meses de marzo a mayo de 2016. No obstante, por las razones planteadas anteriormente, se presentó un panorama con cuatro meses de retraso en la ejecución de la iniciativa, lo que impidió el desarrollo de los trabajos hasta los días finales del mes de mayo y principios del mes de junio de 2016. Pese a lo anterior, se logró la instalación en dos de los puntos seleccionados (Guandacol, Provincia de Limarí y Tranquilla, Provincia de Choapa), inclusive con los eventos de precipitaciones que afectaron a la Región en los meses que señalamos. Debido a estos mismos sucesos atmosféricos es que se reprogramaron los trabajos a efectuar, con el fin de resguardar la seguridad e integridad del equipo del proyecto y contratistas que llevan a cabo las obras. Debido a las condiciones de las rutas de acceso, las otras dos barreras de nieve se instalaron durante el periodo estival de 2016/17.

El atraso en la instalación de las barreras y los instrumentos de evaluación asociados (estaciones meteorológicas y cámaras automáticas), significó que sólo la evaluación del periodo invernal de 2017 fue posible, en vez de los dos años originalmente contemplados. Por este motivo, se recomienda la continuación de estudios en terreno para evaluar en mayor profundidad la efectividad de las barreras de nieve.

Otro circunstancia enfrentada, estuvo relacionada con la instalación de la barrera portátil en el sector de Llano de las Liebres en la Provincia de Elqui. Una vez construidos los módulos y soportes en el taller del contratista se llevaron al lugar de instalación durante el primer día de trabajo. Al día siguiente, al comienzo de los trabajos se inició una tormenta, que por motivos de seguridad, nos obligó a detener la faena y abandonar el lugar. Al día siguiente confirmamos con las autoridades que no sería posible acceder a Llano de las Liebres hasta que la nieve se derritiera.

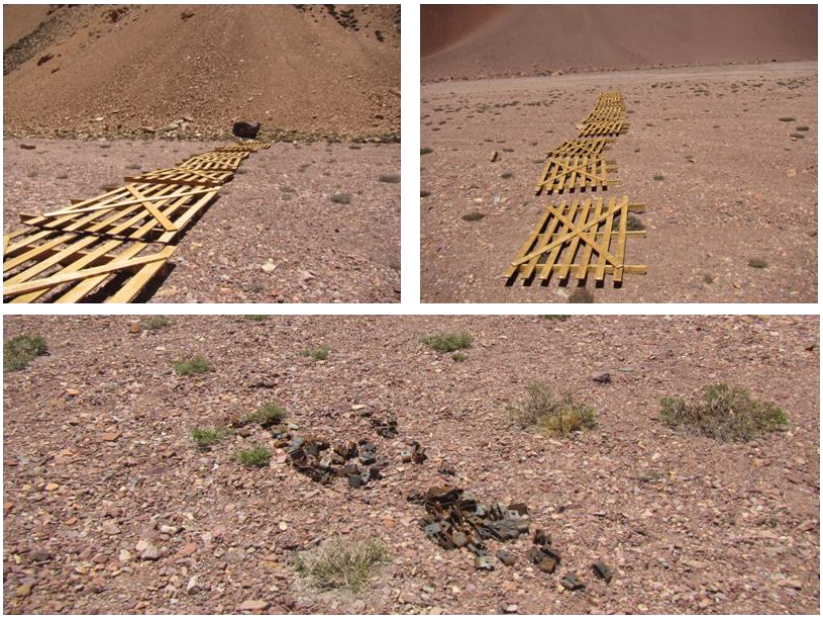
Durante los siguientes meses se consultó a la Tenencia de Carabineros de Junta del Toro sobre el estado del camino, quienes informaron en diciembre que el camino estaba en buenas condiciones, entonces, se organizó un nuevo terreno para terminar los trabajos.
El 6 de diciembre, al llegar al lugar, el integrante del equipo y contratista que efectuaron el terreno, se percataron que aproximadamente el 70% de los materiales habían sido hurtados.

Los materiales dejados en el lugar el 27 de mayo fueron:
-33 paneles de 3,2 por 2,5 m de alto.
-99 palo 6x2" x 2.28 m.
-99 palos de 6x2" x 1.77m.
-300 pernos de acero 12mm.
-200 Fierros de construcción estriados de 17 mm por 1,5m.
-200 abrazaderas metálicas.

Los materiales encontrados en Llano las Liebres el 6 de diciembre fueron:
- 11 paneles frontales.
- 46 abrazaderas metálicas.
- 1 martillo.

- 1 atornillador.

Por los motivos expuestos, se debió confeccionar una solicitud de reitemización para redirigir fondos del proyecto para adquirir más materiales con la finalidad de lograr la implementación de la barrera en Elqui. El 12 de diciembre, luego de haber comprado los materiales necesarios faltantes, se instalaron los 11 paneles de 3,2 m por 2,5 m de alto, es decir, 35 metros lineales de barrera de nieve portátil.



En la visita a la barrera de nieve en el sector de Guandacol el día 11 de octubre de 2017, la barrera se encontró destruida, presumiblemente por acción de un evento natural. A través del análisis de las circunstancias, imágenes, datos meteorológicos y restos del dispositivo, se podrían atribuir las causas de este daño a viento fuerte o una avalancha. En particular, las fotos tomadas por la cámara automática, nos brindan un indicio de que el suceso habría ocurrido el día de la primera nevada de 2017. Además del daño en la barrera, el mástil de la cámara automática también fue estropeado, presumiblemente por el mismo evento, lo cual significó que no tuviésemos imágenes disponibles durante el periodo invernal de 2017 para evaluar la función de la barrera de nieve en este sector. En el futuro, sería recomendable contar con mapas de alta resolución de viento y avalanchas en los sitios de instalación. Además, sería necesario un análisis detallado del diseño de las barreras de nieve utilizados en la Región, incluyendo materiales y forma de construcción.

En la estación meteorológica de Guandacol, durante febrero de 2017, el panel solar de la estación fue robado, lo cual causó daño al modem del transmisor. Desde esa fecha los datos han sido colectados manualmente.

11. Conclusiones y recomendaciones:

Componente 1: Recopilación de información geoespacial de los elementos geográficos y humanos en el área cordillerana de las provincias regionales para la creación de un mapa preliminar utilitario, que permita conocer el escenario local para la instalación de las barreras de nieve

Se puede concluir que la recopilación y confección de información geoespacial para una base de datos que permita elaborar un mapa preliminar de lugares idóneos para la instalación de barreras de nieve, fue realizada exitosamente, cumpliendo con los plazos establecidos en la Carta Gantt. Esta recopilación de datos permite obtener información suficiente para realizar las siguientes actividades programadas en este proyecto y la confección de mapas preliminares, permitió superar algunos problemas respecto a la escasez de información para la detección de lugares idóneos para instalar las barreras de nieve.

Algunas recomendaciones tienen que ver con la actualización de los datos geoespaciales por parte de distintas instituciones gubernamentales, ya que permitirá detectar de mejor forma, los lugares idóneos de instalación de barreras de nieve. Aunque en su gran mayoría está actualizada a menos de 10 años (la más antigua corresponde a 2010, que son los mapas de viento y la más reciente corresponde a las concesiones mineras que es de abril de 2015). Cualquier cambio existente, ya sea en los accesos, propiedades, concesiones mineras, puede influir en los criterios para la detección de lugares idóneos, ya sea ampliándolos o reduciéndolos.

Se confeccionó el mapa de lugares factibles para la instalación de barreras de nieve experimentales por medio de datos geoespaciales.

Como recomendación:

- Se requiere que la información de la base de datos geoespacial sea presentada por separado dada la cantidad de datos asociada a las variables consideradas para su confección.
- Para el mapa final, presentar el cruce de datos obtenidos para identificar todos los lugares idóneos para instalar las barreras de nieve.

- Mejor considerar la instalación de estaciones meteorológicas y cámaras automáticas durante el verano.

Componente 2: Evaluación de la distribución espacial de nieve acumulada a nivel provincial

Para conocer la distribución espacial de la nieve, se instalaron dispositivos en siete lugares, distribuidos en las tres provincias de la Región (Elqui, Limarí y Choapa).

	Estación Meteorológica	Cámara automática
Llano Las Liebres	si	si
Estero Derecho	si	si
Guandacol	si	si
El Polvo	si	no
Tascadero	Se mejoró estación antigua	si
Tres Quebradas	si	si
Tranquilla	si	si

Los instrumentos instalados son seis estaciones meteorológicas automáticas (EMA´s) en Llano Las Liebres, Estero Derecho, Guandacol El Polvo, Tres Quebradas y Tranquilla. Cada una de ellas mide en forma horaria la dirección y velocidad de viento, la temperatura del aire, la humedad relativa y la altura de nieve. Todos los dispositivos están conectadas en tiempo rea,l usando un vínculo satelital y los datos están disponibles en el sitio de CEAZAmet (www.ceazamet.cl). En el caso del sitio Tascadero se acondicionó la estación existente en el lugar, perteneciente a CEAZA, a fin de realizar las mediciones.

Todas las estaciones funcionan correctamente, a excepción de la transmisión satelital de Guandacol y la lectura de altura de nieve en Tranquilla.

En el caso de Guandacol, se generaron problemas en el transmisor debido a un corto circuito provocado por personas que robaron el panel solar. Para resolver este problema, los datos se descargaron manualmente en cada visita.

Por otro lado, en Tranquilla ha resultado complejo medir la altura de nieve debido a que el terreno tiene flujo de sedimento, el cual, altera constantemente la superficie del suelo. Estas alteraciones en el suelo son interpretadas por el sensor como precipitaciones falsas de nieve.

Además, se instalaron seis cámaras automáticas. Una en cada sitio a excepción de El Polvo. En su lugar una fue instalada en Tascadero. Los cámaras sacaron una foto diaria y en general funcionaron todas bien. Sin embargo, las cámaras debían captar las varillas de nieve para usarlas como referencias, pero las estacas más distantes no se distinguen claramente en las imágenes, principalmente debido a un diámetro demasiado pequeño. Además algunas estacas se inclinaron por efecto de viento.

Recomendaciones:

1) Para los estaciones meteorológicas:

- considerar un cerco protector de equipos, para evitar daños ocasionados por terceros, como en Guandacol.
- evaluar la condición del terreno antes de la instalación. En un área con flujos de material es inevitable que la superficie del suelo se altere, lo que hace inviable la lectura de altura de nieve en este tipo de terrenos.
- agregar medidas de la radiación reflejada y emitida por la superficie, para tener un balance de energía completo y facilitar la modelización.
- agregar medidas de flujo turbulento para mejorar la cuantificación de la tasa de sublimación.
- medir las precipitaciones para permitir extender el modelado en una escala mayor.

2) En relación con las medidas de la cámara:

- frente al registro automático de imágenes: implementar un protocolo de instalación que regule parámetros de captura; tales como formato, direccionamiento, para facilitar las medidas y el tratamiento de las fotos.
- se sugiere también instalar estacas de un material más firme y enterrarlas a mayor profundidad para facilitar la operación de la cámara.

<u>Componente 3: Instalación y evaluación de barreras de nieve de prueba en cada una de las provincias</u>

Según los trabajos asociados a la adquisición de materiales y la implementación de las barreras portátiles, que involucraron actividades de construcción que no se realizan cotidianamente, se pudo observar diferentes métodos de confección e implementación de las instalaciones asociadas al proyecto.

Como recomendación:

- Para el tipo de trabajo asociado a la implementación de barreras, según lo observado, se plantea que el método más idóneo para las condiciones de trabajo (alta montaña, condiciones climáticas variables), fue el que los contratistas aplicaron a los trabajos en su totalidad o en su mayor parte in situ.

- La construcción de las obras (barreras de nieve) en el propio terreno y el traslado de materiales a los puntos donde se planificó la instalación para las barreras, permitió ahorrar tiempo para su implementación, confirmando que este tipo de método es el más apropiado para este tipo de trabajos.

- Otro punto importante es la seguridad de las instalaciones, si bien los puntos seleccionados son de propiedad privada, la lejanía de estosno permite una supervisión constante, por lo que los dispositivos son vulnerables a sustracciones de materiales, como fue el caso del sector Llano de las Liebres.

- Se sugiere desarrollar un proyecto que involucre un trabajo en conjunto con dueños, juntas de vigilancias, comunidades agrícolas, gobierno regional y otros actores involucrados, en la implementación de refugios de alta montaña, que puedan ser utilizados en invierno y verano, con la finalidad de efectuar una supervisión continua de los lugares de investigación, así como el resguardo de materiales y equipos que sean utilizados para la realización de los estudios.

- Se sugiere que la planificación de trabajos de implementación de este tipo de barreras de nieve portátiles, se efectúe principalmente in situ, de manera que si se presentan condiciones climáticas adversas se pueda resguardar el material no utilizado, a fin de evitar lo experimentado en el sector Llano de las Liebres.

- Aumentar la coordinación con autoridades fronterizas para considerar una mayor atención en el resguardo de materiales que puedan quedar en los sectores de alta montaña.

Los resultados presentados es este informe nos indican que la barreras de nieve son eficientes por las siguientes razones:

- La barreras disminuyen la velocidad del viento y permiten una acumulación de nieve más importante cerca de la barrera. En efecto, se utilizó modelos de turbulencia y multifase (con método de volúmenes finitos) para determinar la mecánica de fluidos y el transporte de masa. Así las simulaciones nos muestran la reducción del viento y la acumulación de nieve en barreras. Los resultados también exhiben una reducción promedio de viento de entre 50% a 62% producto de la barrera. La disminución de viento se traduce en una pérdida de energía de transporte, permitiendo que la nieve presente en el aire sea dirigida hacia la zona posterior a la barrera y forme montículos, los que aumentan los niveles de nieve hasta en un 34%.

- Acumulan una cantidad de nieve más importante cerca de la barrera que se puede medir con dos métodos distintos:

  1. Se utilizó un scanner LiDAR para obtener una representación digital de la topografía de la superficie. Este dispositivo emite un haz luminoso que se refleja en la superficie. El LiDAR mide el tiempo de viaje del haz y lo convierte en una distancia. Por lo tanto, se obtienen modelos digitales de terreno a una escala fina (unos pocos centímetros). Estas mediciones se llevaron a cabo en Tascadero antes del invierno, para medir la superficie sin nieve. Una visita durante el invierno (el 31 de agosto) permitió medir la superficie de la nieve. La diferencia entre estas dos muestras permite conocer la variabilidad espacial de la profundidad de nieve cerca de la barrera en esta fecha. Los resultados revelaron una acumulación de nieve más importante (~3m) cerca del centro de la barrera de nieve.

2. Se utilizaron fotografías para conocer la evolución de la profundidad de nieve. Este método tiene la ventaja de proporcionar diariamente información durante toda la temporada. Las estacas, visibles en las fotos de la cámara, indican la profundidad de la nieve en cada punto. Luego, estos datos son interpolados para obtener mapas diarios de profundidad de nieve, y así, conocer la evolución temporal. Este método se ha utilizado en Llanos de las Liebres y Tascadero. Los resultados muestran una profundidad de nieve mayor a la derecha de la barrera en junio, julio y agosto. La diferencia de la profundidad de la nieve antes y después de la barrera alcanza un máximo en julio y es de casi 1 metro. Esto muestra claramente que la barrera de nieve está ayudando a la acumulación de nieve.

Usando los resultados presentados en la sección anterior, es posible calcular la evolución del volumen de nieve con y sin barrera de nieve. Los resultados indican, de este modo, un incremento máximo de volumen de nieve acumulado entre 30% (en Tascadero) y el 100% (Llanos de las Liebres), gracias a la barrera. Es importante notar que estos porcentajes presentan incertidumbres (especialmente debido a la interpolación), que no se han cuantificado. Entonces, sería importante hacerlo en

futuros estudios, para conocer con más precisión el grado de confianza que podemos dar a estos resultados.

- Permiten una disminución de la sublimación.

Como la sublimación es difícil de medir, una forma de cuantificarla es modelarla. Por eso, se utilizó un modelo de balance de energía. La sublimación se calcula con dos conjuntos de datos diferentes: uno que usa las mediciones de la estación meteorológica (sin influencia de la barrera), y el segundo con los mismos datos pero con datos de viento reducidos para probar la influencia de la barrera.

Los resultados preliminares indican que la tasa de sublimación disminuye de 1% a 20% (dependiendo del sitio), cuando el viento disminuye de un factor de 1.5 o 2.6 (dependiendo de la altura del captor que mide el viento).

Los resultados indican que la tasa de sublimación es más importante para los sitios localizados más al norte (por ejemplo Tascadero), que al sur (Tranquilla). Esto se puede explicar por el hecho de que los sitios al norte se encuentran en una zona más seca y árida, lo que favorece la sublimación. Pero eso no significa que la reducción de la tasa de sublimación es más importante al norte. En dos sitios ocurrió una disminución de la tasa de sublimación (con relación a la disminución del viento). Las más importantes son Tapado y Tascadero (20%). Así la profundidad de nieve puede ser importante y tendría que estar considerada en futuros estudios.

Sobre la base de nuestros observaciones y resultados, podemos hacer las recomendaciones siguientes:

- En cuanto a la sublimación, sería importante considerar la variación de la profundidad de nieve para el cálculo del impacto en la sublimación, para obtener resultados más precisos.
- En cuanto a las barreras, durante la visita a Guandacol, el 11 de octubre de 2017, se encontró la barrera de nieve destruida. Esto podría explicarse por una avalancha y / o viento muy intenso. En el futuro, será importante evaluar la probabilidad de avalanchas y evaluar con más precisión los patrones locales de viento en el área antes de instalar la barrera de nieve. Además, se deberá reevaluar el material a utilizar y el patrón de construcción para hacerla más resistente.

<u>Componente 4: Diseño e implementación de una plataforma geoespacial con los sitios idóneos para la instalación de barreras de nieve</u>

Los resultados muestran diferencias según la cantidad de nieve, que es un factor importante para determinar la localización para la instalación de barreras. La velocidad del viento es también un factor importante, y depende mucho del sitio.
Sobre la base de nuestros resultados preliminares, recomendamos tener en cuenta los siguientes puntos para posibles futuras instalaciones de barreras de nieve.

- Una profundidad de nieve entre 1 y 3 metros se considera como la mejor opción. De hecho, los sitios con una profundidad de nieve inferior a 1 m no proporcionan la mejor eficiencia debido a la poca cantidad de nieve. Por el contrario, si la profundidad de la nieve es mayor de 3 m, es decir, más grande que el tamaño de la barrera de nieve, esta se volverá inútil.
- La ausencia de glaciar.

- Una pendiente inferior a 30 °. De hecho, una pendiente demasiado pronunciada: (i) dificulta la instalación y (ii) favorece las avalanchas que pueden destruir las barreras (ver próxima sección).
- Una velocidad del viento que oscila entre 5 y 10 m / s. Si la velocidad del viento es demasiado baja, la barrera de nieve es inútil ya que el objetivo principal es reducir la velocidad del viento para fomentar la deposición de nieve. Por el contrario, una velocidad del viento demasiado alta puede conducir a la destrucción de la barrera.
- Orientaciones sur son más apropiadas que las nortes debido a una menor tasa de fusión.

Asi, sobre la base de estos resultados, se confeccionó un mapa de probabilidad que indica los lugares más apropiados para la instalación de las barreras (barreras.ceaza.cl).

Componente 5: Transferencia y comunicaciones de la experiencia a nivel regional

Por medio de diferentes instancias de difusión, como talleres, reuniones y participación en conferencias internacionales, se transmitieron avances en conocimientos y se generó retroalimentación de ideas en torno al objetivo principal del proyecto de evaluar la factibilidad de un sistema de incremento de la acumulación de nieve en toda la zona andina de la Región de Coquimbo, mediante las barreras de nieve, instaladas en los sectores de Llano de Las Liebres (Elqui), Guandacol, Tascadero (Limarí) y Tranquilla (Choapa).

En los diversos encuentros sostenidos, se fortalecieron redes para profundizar y desarrollar la comunicación y la vinculación, acciones que mejoraron la coordinación operativa para los terrenos efectuados y potenciaron el interés por nuevas investigaciones con instituciones vinculadas (SEREMI Medio Ambiente, Juntas de Vigilancia Río Elqui y Hurtado, entre otras).

Además, en algunas de estas instancias se establecieron contactos con investigadores y entidades extranjeras, lo que permitió intercambiar conocimientos relacionados al tema central del proyecto.

Por la experiencia obtenida, el contacto y la comunicación personalizada con los diferentes stakeholders es indispensable en este tipo de iniciativa, puesto que construye confianzas que permiten facilitar las tareas a ejecutar y fomentan el interés por más conocimientos.

12. Sostenibilidad del proyecto

El proyecto está basado en la necesidad de mejorar el conocimiento de los procesos nivales en la zona cordillerana de la Región de Coquimbo. En particular, evaluar las tasas de sublimación y derretimiento de la nieve para en el futuro estimar la contribución de tal fuente a las cuencas regionales. El proyecto planteó la necesidad de mejorar el monitoreo de la nieve en la alta cordillera, con instrumental específico para este propósito. Basado en eso, seis estaciones nuevas fueron instaladas y dos estaciones mejoradas en el transcurso del proyecto. Dado la experiencia ya existente en CEAZA y adquirida durante el proyecto, se espera continuar con el monitoreo de los parámetros meteorológicos en la cordillera en cinco de los sitios nuevos, más los dos preexistentes. La única estación que no cumplió los requisitos para justificar la continuación en el sector es la estación de Tranquilla, que se encuentra a una altura demasiado baja en la cuenca para medir la nieve de una manera representativa. Las otras estaciones recibirían

mantención del equipo del CEAZA y los datos quedarían disponibles para descarga desde la pagina web de CEAZAmet (www.ceazamet.cl).

La evaluación del uso de barreras de nieve mostró la posibilidad de acumular más nieve y bajar la tasa de sublimación. Por ende, el grupo de glaciología ya ha comenzado conversaciones con la Junta de Vigilancia río Elqui y SS.AA. (JVRE) para establecer una cancha experimental ampliada en el sector de Llano de las Liebres. Demostramos en el proyecto que en tal sector la barrera extendió el período nival. Sin embargo, en el sector de Guandacol, la barrera no resistió los vientos fuertes. Entonces en conjunto con la JVRE planeamos evaluar otros métodos y tipos de barrera. Debido a la inversión de tres instituciones, contrapartes en el proyecto, pudimos extender la red de barreras experimentales a cuatro barreras, tres de ellas podrán ser monitoreadas en el futuro. Es importante destacar que durante el periodo de estudio, la Región experimento dos años con niveles de precipitación sobre el promedio, lo cual implica la necesidad de evaluar el funcionamiento de las barreras durante periodos de baja precipitación, es decir, en condiciones en que se proyecto la iniciativa.

Los resultados del período experimental de barreras de nieve confirmaron un aumento significativo en las tasas de fusión en tres sectores de estudio, lo cual proporcionaría fundamento a la idea de la construcción de barreras de nieve, en más y diferentes puntos de las cuencas cordilleranas de las provincias de Elqui y Limarí. Usando el servidor de mapas de lugares idóneos para instalar barreras de nieve, será posible identificar esos sitios para implementar redes de barreras a gran escala en toda la Región de Coquimbo, generando un impacto cuantificable en la disponibilidad de agua. El servidor de mapas es de libre acceso desde la página web del CEAZA. Además, este proyecto generó documentación (e.j. informes, mapas) e información de divulgación (e.j. programa de Chile Conectado y video de Realidad Virtual) de los aspectos prácticos de las barreras de nieve basada en datos de calidad científica, por un lado, para orientar de manera eficiente a los potenciales inversionistas interesados en instalar barreras de nieve a gran escala, y, por otro, divulgar entre la población los objetivos del trabajo. Esta información se encuentra disponible en la página web del proyecto (http://barreras.ceaza.cl). En este marco, el equipo del CEAZA se encontrará disponible para asesorar a cualquier inversionista o entidad pública interesada en replicar la utilización de las barreras, cumpliendo su rol de promover el desarrollo científico-tecnológico de la región.

13. Anexos:

Anexos digitales

Nombre de carpeta	Numero de archivos	Contenido	Propósito
Anexos Productos Comprometidos	13	Archivo "P01_Informe resumen de los datos compilados por inclusión en el análisis geoespacial" Archivo "P02_Mapas preliminares" Archivo "P3-P6_Planilla estaciones meteorológicas estero derecho" Archivo "P4-P7_Planilla Guandacol" Archivo "P5-P8_Planilla Tranquilla"	Respaldar las 19 productos comprometidos

		Archivo “P09_Planilla_elqui” Archivo “P10_Planilla_hurtado” Archivo “P11_Planilla_choapa” Archivo “P12_Evaluacion-barreras” Archivo “P13-P16_Llano Las Liebres” Archivo “P14_Ficha estación el polvo” Archivo “P15-P18_Tres Quebradas” Archivo “P17_Camara Tascadero” Archivo “P19_Plataforma geoespacial”	
C1_A1	4	Carpeta “Cobertura nival” Carpeta “Datos meteorológicos“ Carpeta “Inventario de glaciares” Carpeta “Propiedades e infraestructura”	Listado con las imágenes descargadas y archivos .kmz para mostrar los datos disponibles de cada categoría
C1_A2	2	Carpeta “mapas meteorológicos” Archivo “disponibilidad datos meteorológicos.xlsx”	Archivos KMZ y GeoTIFF de temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento. Descripción de los datos meteorológicos disponibles en las 25 estaciones en la cordillera.
C1_A3	5	Carpeta “Mapas de concesiones mineras” Carpeta “Mapas de infraestructura vial” Carpeta “Mapas de propiedad de la tierra” Carpeta “Mapas Shapefile” Carpeta "Mapas KMZ”	Fichas de concesiones mineras de exploración y explotación (códigos 1932 y 1983). Fichas con la red vial de la Región, con su respectiva clasificación por tipo de carpeta. Fichas de propiedades rurales de cordillera. Mapas de concesiones mineras, infraestructura vial y propiedad de la tierra en formato Shapefile. Mapas de concesiones mineras, infraestructura vial y propiedad de la tierra en formato KMZ.
C1_A4	2	Carpeta “Formato Geotiff”	Mapas de cobertura de nieve en 2014 y 2015 en formato GeoTIFF.

		Carpeta “Formato KMZ”	Mapas de cobertura de nieve en 2014 y 2015 en formato KMZ.
C1_A5	2	Carpeta “Formato KMZ” Carpeta “Formato Shapefile”	Inventarios de glaciares de Geoestudios, DGA y actualizado en formato KMZ. Inventarios de glaciares de Geoestudios, DGA y actualizado en formato Shapefile.
C1_A6	4	Carpeta “Base de datos geoespacial GeoTIFF” Carpeta “Base de datos geoespacial Shapefile” Archivo “Avance mapas lugares idóneos.pptx” Archivo “Base de datos geoespacial.kmz”	Datos meteorológicos y de nieve en formato GeoTIFF. Datos de concesiones mineras, infraestructura vial, propiedad de la tierra, vegas y sitios arqueológicos en formato Shapefile. Archivo Powerpoint que explica el proceso de determinación de los lugares factibles, presentado en el taller en Ovalle. Archivo KMZ compilado con toda la información geoespacial y los resultados de la evaluación de instalación de barreras de nieve.
C1_A7	2	Carpeta “Mapas jpeg” Carpeta “Mapas pdf”	Mapas de los lugares factibles de instalación de barreras de nieve experimentales en formato JPG. Mapas de los lugares factibles de instalación de barreras de nieve experimentales en formato PDF.
C2_A1	3	Carpeta “Choapa” Carpeta “Estero Derecho” Carpeta “Hurtado”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Choapa. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Estero Derecho. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en río Hurtado.
C2_A2	1	Archivo “Foto_camara.jpg” Carpeta “Choapa” Carpeta “Estero Derecho” Carpeta “Hurtado”	Fotografía indicativa del sistema de cámara automática. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Choapa. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Estero Derecho. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en río Hurtado.

C2_A3	3	Archivo “Bitácora_20160308.docx” Archivo “Bitácora_20160316.docx” Archivo “Bitácora_20160520.docx”	Bitácora de terreno correspondiente a la visita de reconocimiento a Choapa, río Grande y río Hurtado. Bitácora de terreno correspondiente a la visita de reconocimiento a Tranquilla. Bitácora de terreno correspondiente a la visita de reconocimiento a Llano de las Liebres.
C2_A4	3	Carpeta “Choapa” Carpeta “Estero Derecho” Carpeta “Hurtado”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Choapa. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Estero Derecho. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en río Hurtado.
C2_A5	3	Carpeta “Choapa” Carpeta “Estero Derecho” Carpeta “Hurtado”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Choapa. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Estero Derecho. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en río Hurtado.
C2_A6	1	Carpeta “captura de datos sitioes de estudio”	Datos de las estaciones meteorológicas instaladas
C2_A7	3	Carpeta “El Polvo” Carpeta “Llano de las Liebres” Carpeta “Tres Quebradas”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en El Polvo Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Llano de las Liebres. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Tres Quebradas.
C2_A8	3	Carpeta “Llano de las Liebres” Carpeta “Tascadero” Carpeta “Tres Quebradas”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Llano de las Liebres Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Tascadero. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Tres Quebradas.
C2_A9	3	Carpeta “Chapa, Tres Quebradas”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en

		Carpeta “Elqui, Llano de las Liebres” Carpeta “Limarí, El Polvo”	Tres Quebradas Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Llano de las Liebres. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en El Polvo.
C2_A10	3	Carpeta “Llano de las Liebres” Carpeta “Tascadero” Carpeta “Tres Quebradas”	Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Llano de las Liebres Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Tascadero. Bitácora de terreno y planilla de estación meteorológica en Tres Quebradas.
C3_A1	3	Carpeta “Cotizaciones” Archivo “Lista de contratistas para barreras de nieve.xlsx” Archivo “Resumen de diseño de barreras de nieve.docx”	Archivos PDF con cotizaciones seleccionadas para constucción de barreras Elqui, Limarí, Choapa Listado de empresas potenciales y seleccionadas Documento resumen de para construcción de barreras de nieve portátiles.
C3_A2	4	Archivo “Bitacoras” Archivo “Fichas Barreras” Archivo “KMZ Barreras” Archivo “Problema Elqui”	Documentos con descripción de instalación y/o recepción de barreras Ficha con información de barreras instaladas por provincia. Archivos KMZ con ubicación georeferenciada de barreras. Respaldos del hurto de materiales sufrido en el sector de Llano de las Liebres
C3_A3	1	Carpeta “Bitacoras”	Documentos con descripción de instalación de equipos
C3_A4	2	Carpeta “Script del modelo” Archivo “Technical_report.pdf”	Códigos de entrada de datos al modelo de balance de energía Informe de los cálculos hechos en la etapa de modelación (en ingles)
C3_A5	2	Carpeta “Informes_individuales” Archivo “P12_Evaluacion-barreras.docx”	Tres informes relacionadas a la evaluación de las barreras de nieve (en ingles o español) Informe de resumen de la evaluación de las barreras de nieve experimentales
C4_A1	1	Carpeta “Capas_plataforma_VF”	Datos de entrada a la plataforma geoespacial

C4_A2	1	Archivo "P19_Plataforma geoespacial.png"	Imagen del mapa final dentro de la página web del proyecto (barreras.ceaza.cl)
C5_A1	1	Archivo "C5_A1.docx"	Resumen del lanzamiento del proyecto
C5_A2	1	Archivo "C5_A2.docx"	Resumen de los talleres asociados a la actividad
C5_A3	1	Archivo "C5_A3.docx"	Resumen de los talleres asociados a la actividad
C5_A4	2	Carpeta "Informe_rendicion" Carpeta "Informe_tecnico"	Copias digitales de ordinarios entregado por GORE Coquimbo
C5_A5	1	Carpeta "Gestion_del_evento"	Documentos de respaldo de la gestión del evento de cierre del proyecto
Impacto del proyecto	5	Carpeta "Convenios" Carpeta "Prensa" Carpeta "Taller" Carpeta "Reuniones" Carpeta "Visitas"	Acuerdos formales con las juntas de vigilancia asociadas y agrupaciones vinculadas. Artículos de prensa durante el período. Documentos confeccionados para el taller. Bitácora relacionada a la reunión en Choapa. Bitácoras relacionadas a salidas a terreno con integrantes de instituciones asociadas al proyecto.
Resumen	3	Archivo "Resumen.ppt" Archivo "Informe_Final_barreras.pdf" Archivo "Informe_Final_barreras_V1.docx"	Resumen del proyecto Copia digital del informe final (formato pdf) Copia digital del informe final (formato docx)