

Adaptación a las Consecuencias del Cambio Climático en el Sistema Hidrológico del Cuyo

AR-G1003

JUSTIFICACIÓN PARA LAS ACTIVIDADES EN LA RED DE ESTACIONES HIDROMETEREOLÓGICAS Y EL SISTEMA DE INFORMACIÓN

(*Documento elaborado por IANIGLA, CCT-CONICET, y SADS, Mendoza)

Resumen de Estado Actual

La red existente de estaciones hidrometeorológicas en la provincia de Mendoza no es adecuada para caracterizar en detalle el clima y la hidrología en diferentes escalas temporales y espaciales. Esta información es relevante en diferentes etapas de la toma de decisión asociadas a (1) la planificación y ordenamiento del territorio, (2) el uso sustentable de los recursos naturales, (3) el manejo de catástrofes de origen hidrometeorológicas y (4) la elaboración de prospectivas de desarrollo provincial. En el territorio de la provincia de Mendoza diversas instituciones provinciales y nacionales, así como algunas empresas privadas, cuentan con instrumentos meteorológicos y contribuyen, no siempre en forma ordenada, a la construcción de una base de información sobre el clima y la hidrología provincial. La calidad de la información colectada varía entre organismos y dentro de una misma institución entre las diferentes estaciones que componen la red.

En un territorio dominado por las tierras secas, la fuente principal de agua a escala provincial es la Cordillera de los Andes. Los Andes constituyen una barrera infranqueable al paso los vientos cargados de humedad provenientes del Océano Pacífico, que al ser interceptados por el cordón montañoso depositan su humedad principalmente en forma de nieve durante los meses de invierno. En aquellos sectores más fríos y húmedos de la cordillera, la nieve alimenta diversos cuerpos de hielo, que actúan como reguladores de los caudales andinos. La nieve depositada en la alta cordillera (> 3500 m) constituye la principal fuente de alimentación de los ríos cordilleranos. A gran escala, las fluctuaciones interanuales de la nieve acumulada en invierno en la alta cordillera explican alrededor del 85-90% de las variaciones anuales en los caudales (Masiokas et al., 2006). Por lo tanto, contar con una estimación precisa de la precipitación invernal en la alta cordillera es imprescindible para ofrecer un pronóstico preciso de la escorrentía en primavera-verano. La contribución de los cuerpos de hielo (glaciares descubiertos, cubiertos y de escombros) a la escorrentía andina es más importante durante los años con baja precipitación invernal. A medida que las temperaturas más altas de primavera y verano derriten la escasa nieve acumulada en años secos, la ablación o derretimiento de los cuerpos de hielo cobra mayor importancia y por lo tanto su contribución al caudal regional es mayor. En consecuencia, la Cordillera de los Andes actúa como una verdadera “torre captadora y proveedora” de agua, al interceptar las masas de aire húmedas, acumular la precipitación invernal y regular, a través de la presencia de glaciares, la entrega de agua a los territorios más bajos de la provincia donde se concentran las actividades socio-productivas.

El funcionamiento del ciclo hidrológico en la Cordillera de los Andes es uno de los ejes centrales de las investigaciones en el **IANIGLA** (*Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales*), unidad ejecutora dependiente del CONICET, ubicada en Mendoza. Desde su establecimiento en la década de 1970, el IANIGLA se ha interesado en el estudio de los procesos climáticos e hidrológicos de la alta cordillera. Sin embargo, los avances en el conocimiento del ciclo hidrológico en la alta montaña del Oeste Argentino se han visto limitado por la escasa información hidrometeorológica existente.

La red conformada por 7 estaciones en cordillera manejadas por el Departamento General de Irrigación (DGI) de la Provincia de Mendoza, constituye a partir de su instalación en la década

del 2000, la principal fuente de información sobre la precipitación en la alta cordillera. Esta red está compuesta de estaciones nivométricas combinadas con meteorológicas convencionales en Horcones y Toscas en la cuenca del Río Mendoza; Santa Clara, Palomares y Salinillas en la cuenca del Río Tunuyán; Laguna del Diamante en la cuenca del Río Diamante, Laguna del Atuel en la cuenca del Río Atuel, Valle Hermoso en la cuenca del Río Grande, y Malargüe, recientemente instalada en la cuenca del mismo nombre. El Servicio Meteorológico Nacional mantuvo hasta el año 1983 la emblemática estación de Cristo Redentor (sin registro de precipitación), hasta el año 2006 la estación de Punta de Vacas, y mantiene aún la de Uspallata. En un primer intento de establecer una red meteorológica para toda la provincia de Mendoza, el Programa Regional Meteorología del IANIGLA estableció una serie de estaciones que colectaron datos fundamentalmente de temperatura, presión atmosférica y precipitación durante un periodo limitado de años. En el sector cordillerano-precordillerano se establecieron las estaciones de Vallecitos, Aguaditas y Potrerillos. Recientemente, el IANIGLA comenzó un nuevo programa de monitoreo ambiental de la cordillera e instaló en el año 2006, una estación automática en Vallecitos (nivométrica-meteorológica convencional), en el año 2010 en Cristo Redentor (convencional sin registro de precipitación) y Las Cuevas (nivométrica), y el 2012 en Plaza de Mulas, Aconcagua (nivométrica-meteorológica convencional). Todas las estaciones del IANIGLA se encuentran en etapa de prueba-calibración y necesitan ser re-funcionalizadas para formar parte de la red de estaciones hidrometeorológicas de altura en tiempo real.

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación es la institución nacional que realiza la medición de los caudales en las principales cuencas hidrológicas de la provincia de Mendoza. Este organismo nacional cuenta con estaciones pluviométricas a lo largo de la Ruta Nacional 7 en las localidades de Cacheuta, Guido, Uspallata, Polvaredas y Punta de Vacas. Se nos ha informado que Vialidad Nacional, como parte de su programa para el manejo del Corredor Bi-oceánico Ruta Nacional 7, ha colocado recientemente 3 nuevas estaciones meteorológicas para el monitoreo de las condiciones de transitabilidad en la mencionada ruta.

Identificar falencias en el conocimiento de la variabilidad climática regional

En un territorio fisiográficamente complejo como es la alta cordillera mendocina, los recursos instrumentales disponibles para el monitoreo y caracterización del clima y su variabilidad resultan insuficientes. La falta de coordinación y colaboración entre instituciones nacionales y provinciales hace aún más frágil esta matriz básica de información. El 7 febrero de 2013, como consecuencia de una tormenta convectiva de grandes dimensiones, el corredor biocénico a lo largo de la Ruta 7 fue interrumpido por 18 deslizamientos que paralizaron el tránsito internacional por más de una semana (Fig. 1). La falta de información meteorológica en la zona del evento no permitió establecer las características específicas de la tormenta: cantidad de precipitación recibida, hora de comienzo y finalización del evento, caracterización de la circulación atmosférica local asociada con la tormenta y otros parámetros que no solo resultan de interés desde el punto de vista meteorológicos sino también para la toma de decisiones frente a este tipo de catástrofe. Una medida de la necesidad de incrementar la red de estaciones en la Cordillera de Mendoza lo demuestra el análisis preliminar de los registros de precipitación existentes a lo largo de la Ruta Nacional 7 durante el día de la tormenta del 7 de Febrero de 2013 (Fig. 2).



Fig. 1. Deslizamientos de laderas y su impacto en el corredor bioceánico Mendoza-Santiago en relación a la tormenta del 7 de febrero de 2013. Fotos MDZ online.

Si bien los valores de precipitación registrados para el día en que ocurrieron los deslizamientos fueron relativamente altos, la ocurrencia de precipitaciones previas durante el mes de enero y primeros días de febrero pareciera haber sido un factor también relevante para el desencadenamiento de los 18 deslizamientos. Sin embargo es importante destacar la enorme variabilidad espacial en las precipitaciones observadas. Así, mientras en las estaciones de Cacheuta y Guido la precipitación acumulada al 7 de febrero oscilaba entre un 40 y 50% de lo normal, en la localidad de Uspallata, más cercana a los deslizamientos, la precipitación acumulada alcanzaba al día del evento, el 100% de lo normal. A mayores alturas, en Polvaredas y Puente de Vacas, los registros indicaban valores de acumulación muy cercanos a lo normal (20 y 10%, respectivamente).

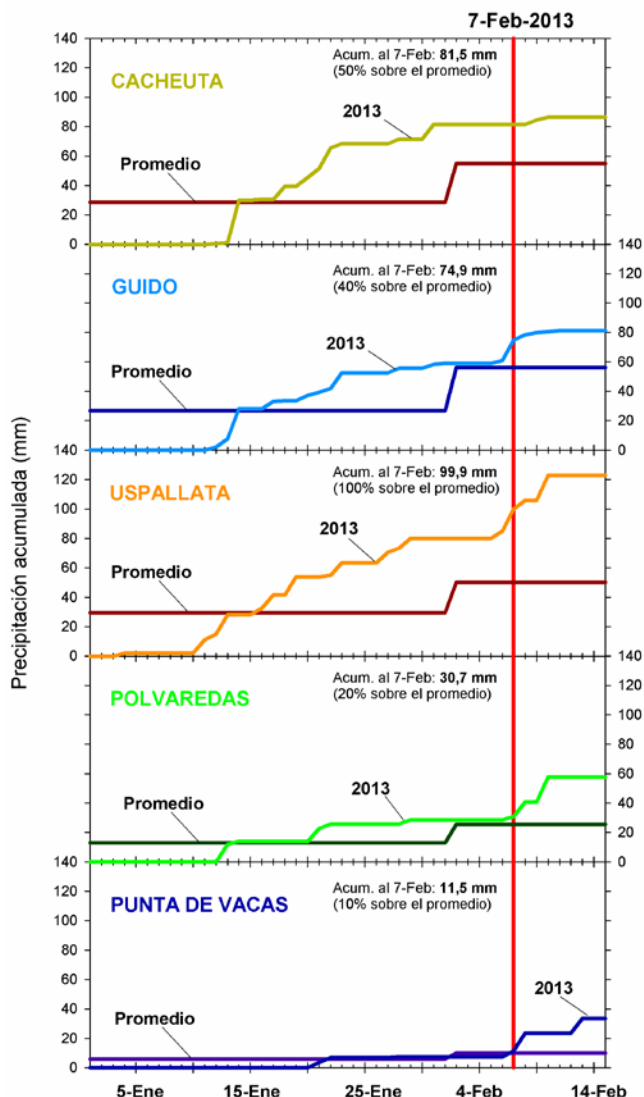


Fig. 2. Precipitaciones acumuladas y su comparación con los valores medios en cinco estaciones pluviométricas a lo largo del Corredor Biocéanico (Ruta Nac. 7), en relación a la tormenta del 7 de febrero de 2013.

Estas observaciones proveen una clara idea de la variabilidad espacial de los eventos climáticos estivales en la cordillera y de la necesidad de contar con una red de estaciones hidrometeorológicas que ayuden en la comprensión del clima de alta montaña y su variabilidad. Por ello, IANIGLA propone la integración de los registros existentes y el establecimiento de nuevas estaciones hidrometeorológicas que permitan tener un conocimiento acabado del clima y su variabilidad en la cordillera. En esta primera etapa se propone, como experiencia piloto, instrumentar adecuadamente la cuenca superior del Río Mendoza, y extender esta planificación en etapas posteriores a otras cuencas en la provincia.

Justificación Actividades Red Estaciones

En el sector de Cordillera Principal (área próxima al límite con Chile) se propone funcionalizar las estaciones del IANIGLA para complementar los registros nivometeorológicos provenientes de las estaciones del DGI. Las estaciones del IANIGLA en el sector son Cristo Redentor, Las Cuevas y Plaza de Mulass (Aconcagua) (Fig. 3). Estas estaciones necesitan ser calibradas y equipadas

con transmisor satelital y/o telefónico para disponer en tiempo real de la información relevada. En el sector de Punta de Vacas se sugiere colocar una estación nivométrica-meteorológica convencional que permita extender los registros tomados por la anterior estación del Servicio Meteorológico Nacional, los que fueron interrumpidos en el año 2006.



Fig. 3. Mapa de ubicación de las estaciones hidrometeorológicas propuestas en la cuenca del Río Mendoza En rojo están marcados los sitios de las estaciones nivometeorológicas (Punta de Vacas, Morenas Coloradas y Aguaditas), en azul la estación meteorológica convencional (Potrerillos), en verde las estaciones fluviométricas (arroyos Vallecitos y Las Tunas), y en amarillo las estaciones nivometeorológicas existentes del IANIGLA que deben ser reacondicionadas para transmitir datos en tiempo real (Vallecitos, Cristo Redentor, Las Cuevas y Plaza de Mulas). Esta red debería ser complementada con la existente en el Departamento General de Irrigación (DGI) de la Provincia de Mendoza y otras estaciones de organismos nacionales y provinciales en la cuenca del Río Mendoza y sus alrededores.

En el sector de la Cordillera Frontal se pretende colocar una estación nivométrica/convencional en altura. A diferencia de la Cordillera Principal, no existen estaciones de altura en el sector del Cordón del Plata en la Cordillera Frontal. Esta estación se colocará en Morenas Coloradas a aproximadamente 3200 m de altura. Los resultados de las simulaciones de los Modelos de Circulación General (GCM) de la atmósfera indican que la contribución de la precipitación de origen Atlántico sobre las estribaciones de la Cordillera Frontal y Precordillera irá en aumento durante el siglo XXI (ver siguiente sección). Considerando que esta contribución Atlántica podría fortalecer la oferta hídrica a los oasis de la provincia, es que planteamos la colocación de una segunda estación en la localidad de las Aguaditas, más hacia el sur, sobre el mismo Cordón del Plata (Fig. 3). Aun cuando no muy extensos, hay registros climáticos en esta localidad desde 1975 a fines de 1994. IANIGLA instaló en el año 2006 la estación de Vallecitos, ubicada próxima a Morenas Coloradas, pero aproximadamente 1000 metros más baja en la pendiente andina. Estas estaciones servirán de base para establecer los gradientes altitudinales de temperatura y precipitación en esta región de la cordillera. Finalmente, la red de estaciones meteorológicas incluirá una estación convencional en Potrerillos (posiblemente el lugar ocupado por la antigua estación del IANIGLA), destinada a monitorear principalmente la actividad convectiva de verano en las estribaciones de la cordillera.

Este sistema de estaciones meteorológicas, destinado a la cuantificación de la precipitación nival y otras variables meteorológicas convencionales, será complementado con dos estaciones

de aforo en los arroyos Vallecitos y Las Tunas, que permitirán monitorear las variaciones de estos arroyos de importancia para la provisión de agua de uso doméstico y de regadío, respectivamente. Los detalles de los equipos meteorológicos y las estaciones fluviométricas se listan en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de equipamiento necesario para instalación de estaciones de monitoreo hidro-climático en la cuenca del Río Mendoza

Tipo	Ubicación	Equipamiento necesario
Estación nivo-meteorológica	Morenas Coloradas Las Aguaditas Punta de Vacas	Datalogger, Sensor de velocidad y dirección viento, Precipitación, Altura de nieve, Radiación solar, Temperatura del aire, Humedad relativa, Presión atmosférica, Temperatura del suelo, Nieve acumulada, Transmisor satelital, Fuente de energía, Trípode y soportes
Estación meteorológica	Potrerrillos	Datalogger, Sensor de velocidad y dirección viento, Precipitación, Radiación solar, Temperatura del aire, Humedad relativa, Humedad del suelo, Presión atmosférica, Temperatura del suelo, Transmisor satelital, Fuente de energía, Trípode y soportes
Estación fluviométrica	Vallecitos Las Tunas	Datalogger, Nivel de agua, Precipitación, Temperatura del aire, Humedad relativa, Transmisor satelital, Fuente de energía, Trípode y soportes
Estaciones existentes del IANIGLA – refuncionalización a tiempo real	Vallecitos Cristo Redentor Las Cuevas Plaza de Mulas	Datalogger, Transmisor satelital, Fuente de energía

El costo total de los sensores y equipamiento necesarios asciende a US\$ 117.000 (ver tabla con detalles adjunta). Los precios fueron provistos en 2012 por representantes de Campbell Scientific, líder mundial en el rubro y con numerosas estaciones similares instaladas en las regiones más remotas del planeta. Tanto los sensores como el equipamiento deben cumplir estrictamente con requisitos de calidad y durabilidad para soportar condiciones extremas de alta montaña. El costo aproximado por la instalación y refuncionalización de las estaciones propuestas asciende a US\$ 60.000, mientras que el costo anual del servicio de recepción y transmisión de datos en tiempo real asciende a US\$ 18.000 (ver adjunto). El costo total por la compra, instalación, refuncionalización y monitoreo por un año de las estaciones es de US\$ 195.000.

Justificación Actividades Sistema de Información

El poder ajustar mediante el sistema de información la oferta hídrica en tiempo real y poseer mediciones ininterrumpida en el tiempo, permitirá tener una imagen prospectiva del problema, que ayude a la toma de decisiones políticas e institucionales y permita el diseño de experiencias, en donde la asignación de los recursos sea lo más eficientemente posible.

En relación al problema, la implementación del sistema permitirá.

- Determinar el comportamiento de las cuencas y desde allí regular el sistema de irrigación de sistemas inteprediales como el que se propone en la experiencia con productores. Se contará con mediciones en tiempo real, desde las nacientes de la cordillera, hasta la humedad existentes en las tierras irrigadas; sin dejar de considerar la necesidad de caudales de acuerdo a las variabilidad climática y la permeabilidad de los cauces de riego. Para este caso el sistema bien otorgara la información necesaria para reducir impactos y planificar territorialmente los oasis.
- Conocer la disponibilidad de agua y dimensionar un plan forestal que se adecuado a ella, no generando desertificación tanto por falta de ejemplares como por exceso de ello. Esta disponibilidad también permitirá ajustar las especies a implantar en cada sector, ya que la demanda de agua de cada una de ellas distinta.
- Planificar una política hídrica y productiva para el secano, ya que en esta zona el agua que está disponible es de origen subterránea y en la medida que mayor conocimiento se tenga de la disponibilidad de los acuíferos y su utilización, en las zonas altas, mejor se podrá determinar que oferta podemos entregar al secano. La experiencia piloto en el desierto Lavallino, posibilitara trabajar sobre estas variables de oferta y demanda en conjunto.

El objetivo es ayudar desde la SADS a articular los diferentes sistemas de información. Desde la promulgación de la Ley 8051 de OT, se constituye en el ámbito de la SADS el SIAT, que tiene como objetivo principal coordinar técnica y metodológicamente los distintos sistemas de información que hay en la provincia (DGI, Municipios, Dirección de Catastro, Universidades, CCT, etc.) y poner a disposición de los tomadores de decisiones la información necesaria para dicho ordenamiento territorial. Teniendo en cuenta que el SIAT está en incipiente elaboración, las acciones propuestas desde el componente 1 tienden a fortalecerlo con la búsqueda de información vacante y el desarrollo de matrices que introduzcan los elementos de CC y en especial los hídricos en todo es proceso. <http://www.siat.mendoza.gov.ar/>

El objetivo es poder trabajar estas actividades en el marco de la institucionalidad existente en la Provincia. El rol de la SADS, ACC es de plataforma inter-institucional. El proyecto apoyara a potenciar la ACC como una institución de coordinación de políticas públicas con eje en CC, desde donde se trabaja sobre proyectos sustentables no solo desde lo ambiental, sino también desde lo productivo y social.