

IMPACTO REGIONAL

CAPÍTULO 22

Ecos de la tormenta de Comodoro Rivadavia en el Valle Inferior del Río Chubut. Aporte de sedimentos al Río Chubut desde la cuenca del Río Chico

CAPÍTULO 22

GABRIEL KALESS

Facultad de Ingeniería, UNPSJB
gkaless@ing.unp.edu.ar

MIGUEL PASCUAL

IPEEC - CONICET - CENTAP
pascual@cenpat-conicet.gob.ar

SILVIA FLAHERTY

UNPSJB, Facultad de Humanidades
silvia.flaherty@gmail.com

ANA LIBEROF

IPEEC - CONICET - CENTAP
ana.liberoff@gmail.com

MARTÍN GARCÍA ASOREY

IPEEC - CONICET - CENTAP
garciaasorey@cenpat-conicet.gob.ar

LAURA BRANDIZI

Facultad de Ingeniería (TW), UNPSJB
laurabrandizi@gmail.com

Natalia PESSACG

IPEEC - CONICET - CENTAP
nataliapessacg@gmail.com

PALABRAS CLAVES

EROSIÓN DE SUELOS

TURBIEDAD

POTABILIZACIÓN

Ecología de la tormenta de Comodoro Rivadavia en el Valle Inferior del Río Chubut. Aporte de sedimentos al Río Chubut desde la cuenca del Río Chico

RESUMEN

El evento de abril de 2017 produjo en las comunidades del noreste de Chubut una crisis inusitada en la provisión de agua potable. Los sistemas de potabilización del agua, capaces de manejar los frecuentes eventos de turbiedad elevada producidos por precipitaciones torrenciales de corta duración sobre el Valle Inferior del Río Chubut, se vieron desbordados por un evento de características nuevas. La “tormenta de Comodoro Rivadavia” fue de carácter extraordinario: 330 mm entre el 29 de marzo y el 4 de abril, con un máximo de 232 mm en 24 horas. La lluvia se extendió más allá de Comodoro Rivadavia abarcando el extremo sur de la cuenca del Río Chico. La conjunción de la lluvia y de la falta de vegetación en la cuenca (cerca del 62% de la superficie está desprovista de vegetación) produjo una crecida con caudal máximo estimado en 667 m³/s. El Río Chico es un afluente no permanente del Dique Florentino Ameghino. La crecida elevó el embalse en 12 m aproximadamente y aportó una cantidad ingente de sedimentos. La turbiedad alta en el embalse y en el Río Chubut se mantuvo por casi 60 días, lo que provocó cortes y restricciones al suministro de agua potable por tres meses, una duración y picos máximos de turbiedad nunca imaginados. El evento de abril de 2017 revela por sí mismo la complejidad y la fragilidad de la realidad hídrica de la comarca del VIRCH. Sequías, inundaciones, y problemas con la calidad del agua son problemas intrínsecos de las características biofísicas de este sistema, y sólo pueden ser agravados por el cambio climático y las actividades humanas no planificadas.

INTRODUCCIÓN

Quizás resulte sorprendente que, en un libro dedicado al evento meteorológico que afectó fuertemente al ejido de Comodoro Rivadavia, se incluya un capítulo sobre el Valle Inferior del Río Chubut (en adelante VIRCH), ubicado a más de 350 km al norte. Sin embargo, ambas localidades fueron afectadas por el mismo fenómeno. A fines de marzo y principio de abril del año 2017 una tormenta de intensidad extraordinaria afectó la región sureste de la Provincia del Chubut, y en particular cobró relevancia nacional por la cantidad de damnificados y daños producidos a la infraestructura de la ciudad chubutense de Comodoro Rivadavia, y poblaciones rurales circundantes. Dos semanas después de dicho evento la población de las comunidades del VIRCH se encontraron haciendo frente a una situación inusual de exceso de turbiedad en el Río Chubut.

El VIRCH se encuentra emplazado en el extremo noreste de la Provincia del Chubut. Constituye el tramo final del Río Chubut antes de su desembocadura en el Mar Argentino. El valle es sede de una importante actividad agrícola-ganadera y lugar de importantes asentamientos urbanos. La población de las localidades de Rawson, Trelew, Gaiman, Dolavon, 28 de Julio y de la ciudad de Puerto Madryn asciende conjuntamente a 223.943 habitantes (censo 2010) que representa el 44% de la población provincial. Es decir que aproximadamente la mitad de la población de la provincia depende del Río Chubut para satisfacer las necesidades de agua potable, junto con la actividad industrial que también se abastece de este recurso.

El VIRCH sufre de recurrentes eventos de elevada turbiedad a consecuencia de las lluvias locales, que arrastran sedimentos desde la tierra circundante hacia el cauce del río. La carga de sedimentos suele superar la capacidad de las plantas potabilizadoras que deben interrumpir el proceso de potabilización. Sin embargo estas interrupciones son, en general, puntuales y de corta duración. El evento de abril del 2017 tuvo una excepcional duración que requirió de la implementación de medidas de emergencia.

La conexión entre el evento de turbiedad en el VIRCH de abril de 2017 y la “tormenta de Comodoro Rivadavia” se encuentra en el Valle del Río Chico. Dicho valle inicia en el extremo oriental del Lago Colhue Huapi y concluye en el Dique Florentino Ameghino (Fig. 1). La lluvia se extendió sobre el extremo sur de este valle y produjo una crecida extraordinaria no sólo por el profuso arrastre de sedimentos sino que arrasó con cuanto encontró a su paso. En el presente capítulo caracterizaremos las causas del evento de turbiedad, esto es, la tormenta excepcional y las características del suelo de la cuenca. Seguidamente mostraremos los efectos del evento a través de la reconstrucción de la crecida y la inusual onda de turbiedad en el VIRCH. Finalmente reseñaremos el impacto en las comunidades del VIRCH con algunas reflexiones sobre lo que este evento nos ha enseñado.

A. La cuenca hidrográfica del Río Chubut

La cuenca del Río Chubut se extiende a partir de la cordillera preandina y la zona subandina conformada por terrazas de formación fluvio-glaciaria. La extensión es amplia, abarcando 266 km de precordillera entre las latitudes 41° 20' al norte y 43° 45' al sur, es decir, desde las nacientes del Arroyo Escondido a las del Río Tecka. Hacia el oeste la mayor penetración de la cuenca es hasta la longitud 71° 21' con las nacientes del Arroyo Las Horquetas en el Cordón Serrucho (cuenca del Río Alto Chubut). Igualmente, cabe destacar las nacientes occidentales del Arroyo Lepá en el Cordón Esquel y del Río Tecka en el extenso mallín que llega hasta el Río Corcovado (Pronsato 1950).



Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del Río Chubut y Río Chico (VARCH: Valle Alto del Río Chubut; VAMERCH: Valle Medio del Río Chubut; VIRCH: Valle inferior del Río Chubut; VARCHICO: Valle del Río Chico).

El curso del Río Chubut puede subdividirse en tres tramos, el superior, medio e inferior (Fig. 1). El tramo superior abarca la zona de las nacientes tanto en la provincia de Chubut como de Río Negro. El Río Alto Chubut nace en la Provincia de Río Negro. Antes de ingresar en territorio chubutense recibe los aportes de los arroyos Maitén y del Portezuelo y entonces recibe el nombre de Río Chubut. En territorio chubutense recibe las aguas de los arroyos Leleque, luego del Ñorquinco y del Río Chico en el paraje Fofó Cahuel. Desde el sur escurren las aguas transportadas en el Río Gualjaina que colecta los aportes del arroyo Lepá y Tecka. El tramo superior culmina en el paraje denominado “costa del Chubut” en donde confluyen el Río Chubut con el Río Gualjaina (Valladares 2004a). El tramo medio atraviesa la amplia meseta patagónica de oeste a este sin recibir aportes de tributarios permanentes. Sin embargo, los numerosos cañadones con arroyos efímeros son sede de crecidas torrenciales cuando llueve oca-



Figura 2. Confluencia del Río Chubut y Río Chico antes de la construcción del Dique F. Ameghino (década de 1940). Vista desde el borde sur del valle mirando hacia aguas arriba. A la derecha se observa el valle del río Chubut, mientras que el Río Chico proviene desde la izquierda de la foto. Pronsato 1950.

sionalmente en estas cuencas. El río transita por distintos parajes y valles que resultan sumamente pintorescos por los afloramientos de roca volcánica que producen valles angostos y encajonados. A 19 km aproximadamente desde la confluencia el río llega al paraje de Piedra Parada y prosigue hacia la comunidad de Paso del Sapo. Vira hacia el sudeste y mantiene esta dirección hasta Paso de Indios donde cambia rumbo hacia el este. Atraviesa entonces los valles de Paso de Indios, los Altares, los Mártires y las Plumas (Valladares 2004a). El tramo medio culmina cuando el río ingresa en el Dique Florentino Ameghino.

Cuando las aguas del Río Chubut atraviesan la central hidroeléctrica inician la última etapa en su recorrido hacia el Océano Atlántico, el denominado Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH). En esta sección el río corre por los valles de Alsina y Villegas. En los primeros 15 km de recorrido el valle es muy angosto (con un ancho de 300 m a 800 m) flanqueado

por paredes verticales de roca. Aguas abajo, el valle fluvial se ensancha y las cuencas tributarias drenan una amplia superficie de 1068 km² (Bastida et al. 2017). Dichas cuencas aportan volúmenes importantes de sedimentos y escorrentía únicamente cuando se producen tormentas importantes. A 80 km desde el embalse se encuentra el Paraje Boca Toma, cabecera de la red de riego. En dicho sector, el río vuelve a transitar por un valle angosto hasta alcanzar el extremo occidental del área bajo riego. Varias comunidades se desarrollan a lo largo del valle irrigado: 28 de Julio, Dolavon, Gaiman, Trelew y Rawson. Finalmente, en el puerto de Rawson el Río Chubut desemboca en el mar.

El Río Chico es un tributario intermitente del Río Chubut, es decir que solamente realiza aportes de caudales cuando se producen tormentas intensas en su cuenca. La confluencia se ubicaba en lo que actualmente es el Dique Florentino Ameghino. La Figura 2 muestra una vista de la confluencia

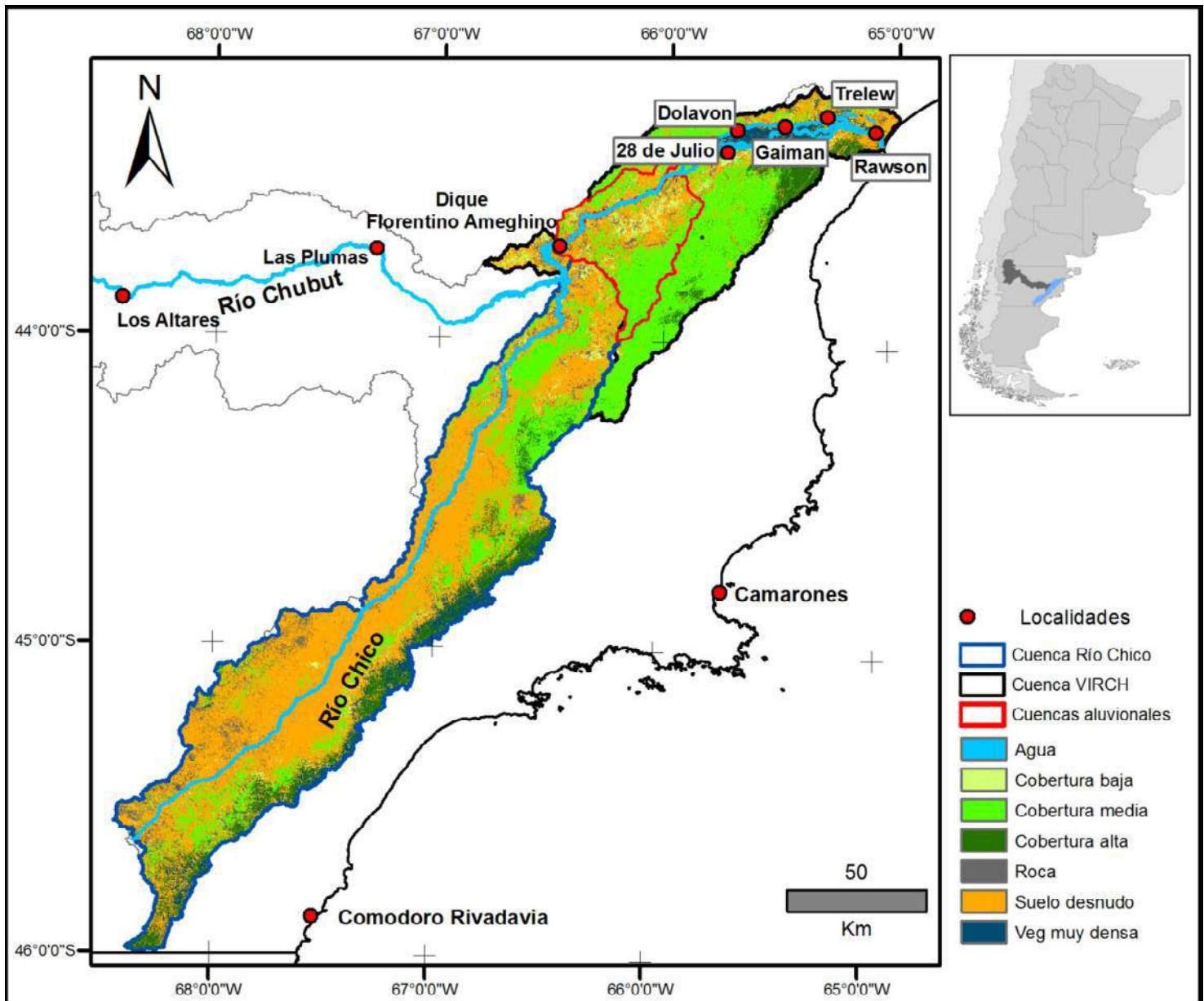


Figura 3. Mapa de cobertura del suelo para las cuencas del Río Chico y del Valle Inferior del Río Chubut. Imagen: Landsat 8 OLI, agosto de 2016. (Fuente: elaboración propia).

antes de la construcción del dique. El Río Chico tenía su nacimiento en el extremo sureste del lago Colhue Huapi. Durante el último periodo glacial (cuya finalización se produjo hace 12.000 años) el nivel de las aguas en dicho lago (hoy es una laguna somera) era más elevado y se verificaba el desborde por su emisario, el Río Chico (Simeoni 2008). Los cambios en el clima y en el uso del agua dieron lugar a una reducción de escorrentía y actualmente no se verifica descarga regular. El Río Chico escurre por un ambiente de meseta limitado por la pampa del Castillo, la de Salamanca y la meseta de Montemayor, hacia el este; y por las pampas Vaca y Pelada, las sierras Overas Grandes, la pampa Arroqui y el cerro Colorado, hacia el oeste. (Valladares 2004b).

B. Cobertura del suelo en la cuenca del Río Chico

En este apartado, analizaremos la cobertura del suelo de la cuenca del Río Chico para comprender mejor el origen de la turbiedad en el Río Chubut. El mapeo de uso y cobertura del suelo es una de las aplicaciones más comunes de los sensores remotos. Las diferentes coberturas y objetos presentes sobre la superficie terrestre reflejan y emiten radiación electromagnética de manera diferente, en función de las características del objeto. Decimos entonces que las diferentes coberturas tienen diferentes características espectrales. La información suministrada por los sensores remotos (imágenes de satélite, fotografías aéreas) permite capturar parcialmente estas características espectrales del terreno. Adicionalmente, existen técnicas de procesamiento de imágenes que permiten agrupar áreas con características espectrales similares. Este conjunto de técnicas se conoce como clasificación digital de imágenes. La combinación de la información suministrada por los sensores remotos y de un algoritmo de clasificación apropiado permite entonces agrupar áreas espectralmente similares y generar un mapa temático (mapa dividido en categorías) que provee información sobre el terreno y que es la base para un número importante de análisis (Chuvienco 2010), entre ellos el modelado de aporte de sedimentos a los ríos.

La capacidad de una cuenca para producir y/o retener sedimentos depende fuertemente del grado de cobertura vegetal. En un evento de precipitación extrema, un suelo con mayor cobertura vegetal aportará – por medio de la escorrentía- menor cantidad de sedimentos que un suelo sin cobertura vegetal, dependiendo a su vez de las características del suelo (Renard et al. 1997). En otras palabras, cuanto mayor sea el área sin cubierta vegetal (suelo desnudo), mayor será el aporte potencial de sedimentos al río.

Para caracterizar la cobertura del suelo de la cuenca del Río Chico utilizamos información proveniente de sensores remotos. Posteriormente comparamos el porcentaje de las coberturas más relevantes en la cuenca del Río Chico con el del área con más potencial para producir sedimentos en el VIRCH: las cuencas aluvionales (Kaless 2015: Fig. 3).

Para mapear la cobertura de la cuenca del Río Chico y de las cuencas aluvionales se utilizaron imágenes del satélite LANDSAT 8 OLI. Estas imágenes proveen información en un rango de longitudes de onda que abarca desde el espectro visible hasta las longitudes de onda del infrarrojo medio a una resolución espacial de 30 m (ver <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/> para una descripción detallada). En este caso en particular se utilizó un mosaico de imágenes adquiridas en agosto de 2016 y un total de 6 bandas espectrales (3 en el espectro visible, 1 en el infrarrojo medio y 2 en el infrarrojo de onda corta), todas con una resolución espacial de 30 m.

Las categorías en las que la imagen fue clasificada se definieron en base a una inspección visual del área de estudio y teniendo en cuenta su potencial para exportar o retener sedimentos, siendo de particular interés los diferentes grados de cobertura vegetal y las áreas de suelo desnudo. De esta manera, un total de 8 clases fueron definidas: Agua, Cobertura baja (cobertura vegetal < 30%), Cobertura media (cobertura vegetal entre 30% - 50%), Cobertura alta (cobertura vegetal > 50%), Vegetación muy densa (principalmente vegetación ripariana en el área de estudio), Suelo desnudo y Roca. La imagen fue clasificada con la técnica de máxima verosimilitud (ArcGIS 10.1).

La Figura 3 muestra el mapa temático resultante. En términos de porcentaje de cobertura, en la Cuenca del Río Chico (área total 10572 km²), un 28% corresponde a cobertura vegetal, de los cuales un 3% es Cobertura baja, un 17% Cobertura media y un 8% es Cobertura alta. La categoría Suelo desnudo cubre un 62% de la cuenca. Si comparamos estos valores con las cuencas aluvionales (área total 1502 km²), vemos que un 53% corresponde a cobertura vegetal (10.5% Cobertura baja, 42% Cobertura media, 0.5 % Cobertura alta) mientras que un 41% corresponde a Suelo desnudo. La categoría Roca cubre un 5,7 % en la Cuenca del Río Chico y un 6,1 % en las cuencas aluvionales. Estos resultados sugieren que la enorme superficie de suelo desnudo en la cuenca del Río Chico podría ser una de las causas de los aportes extraordinarios de sedimentos del Río Chico en el evento de abril del 2017. Finalmente, es importante destacar que todo mapa temático generado a partir del uso de sensores remotos y técnicas de clasificación digital debe ser rigurosamente validado con información de campo, por lo que estos resultados son sólo preliminares y permiten una evaluación aproximada de las diferentes coberturas.

LA TORMENTA DE MARZO-ABRIL DE 2017 EN PATAGONIA NORTE

A lo largo de la historia de la ciudad de Comodoro Rivadavia, ocurrieron eventos severos de precipitación que impactaron en la ciudad. Entre los más recientes, se encuentran las precipitaciones abundantes que generaron inundaciones en la ciudad en los años 2010, 2011, 2014 y 2016. Al final del mes de marzo y principios del mes de abril de 2017 se produjo

la mayor tormenta registrada en la historia de la ciudad y, posiblemente, en toda la costa y meseta patagónica. Esta tormenta abarcó todo el noreste de la Patagonia y generó acumulados de precipitación mayores a 50 mm en gran parte de la provincia de Chubut y noreste de la provincia de Santa Cruz (Fig. 4). Las precipitaciones abundantes registradas estuvieron generadas por un ciclón extratropical en superficie, ubicado al este de la provincia de Chubut. Este tipo de sistema de baja presión es común en esta región, sin embargo, la magnitud del evento de precipitación no lo es. La intensidad del mismo estuvo asociada a que el sistema de baja presión se mantuvo en la región durante varios días (cuasi-estacionario), debido a la presencia de un sistema de alta presión en el océano Atlántico, que le impedía seguir su trayectoria hacia el Este. Este anticiclón, no sólo mantuvo el sistema de baja presión estacionario, sino que además aportó aire más cálido y húmedo que lo normal, favoreciendo el desarrollo de abundante precipitación en la región.

La temperatura de los topes nubosos del día 29 de marzo (Fig. 4) nos muestra la zona afectada por nubosidad el primer día del evento. Los colores verdes y rojos indican los valores menores de temperatura es decir donde la nubosidad tiene mayor desarrollo vertical y está asociada a tormentas más severas, mostrando el epicentro en la zona cercana a Comodoro Rivadavia. En esta ciudad se registró un acumulado de precipitación de 232 mm en 24 horas (30 de marzo), 290 mm en 48 horas, contabilizando un total de 330 mm entre el día 29 de marzo y el 4 de abril a las 9 hs de la mañana (Fig. 5). Este tipo de situación sinóptica denominada

bloqueo sinóptico, donde los oestes de latitudes medias son bloqueados y la situación sinóptica perdura por varios días fue pronosticada por los modelos meteorológicos, que permitió que el Servicio Meteorológico Nacional emitiera con días de anticipación alertas por precipitaciones abundantes para toda la región.

Análisis Hidrológico

En los análisis hidrológicos de eventos extremos, se utilizan las precipitaciones máximas diarias anuales, registradas en 24 horas, dado que son los datos disponibles con mayor frecuencia durante largos períodos de tiempo. El estudio de precipitaciones máximas es necesario para la estimación de avenidas y para esto se debe conocer la probabilidad de ocurrencia de un evento dado. En términos hidrológicos, se define el “período de retorno o de recurrencia” (T) como el tiempo esperado o tiempo medio entre dos eventos de igual magnitud, calculado con una función teórica de distribución estadística. Es el número de años al cabo de los cuales se igualará o superará un evento de precipitación. Por ejemplo: Un período de retorno de 7 años para una precipitación de 60 mm en 24 hs implica que, si observáramos a lo largo de muchos años, cuanto tiempo transcurrió entre dos tormentas de intensidad igual o superior a 60 mm en 24 hs, encontraríamos que el promedio de dichos intervalos de tiempo es de 7 años. Se analizó a qué recurrencia corresponde el evento de abril de 2017. En la Figura 6 se muestra la variación de los ajustes de distribución estadística de la precipitación máxima, considerando períodos crecientes, desde el inicio de la serie hasta los años 1980, 1991, 2011 y 2017, respectiva-

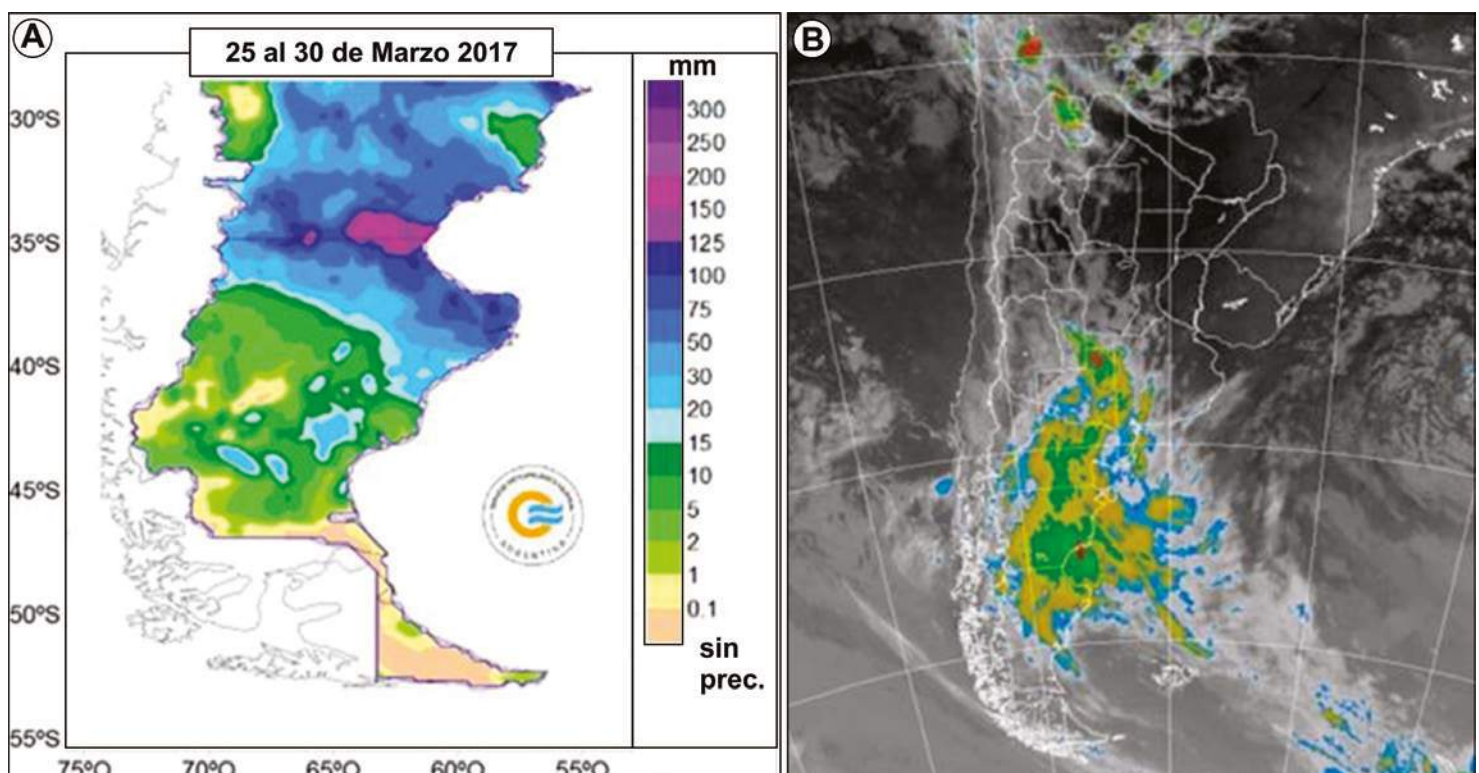


Figura 4. Izquierda: Acumulados de precipitación entre los días 25 a 30 de Marzo de 2017 en Patagonia. (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional). Derecha: Temperatura de los topes nubosos del día 29 de marzo a las 23:45 UTC del satélite geostacionario GOES-13 - ver detalles en el texto. (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional).

mente (Chachero 2012, 2014a, 2014b; Serra et al. 2017b). Se observa un aumento del valor de precipitación para la misma recurrencia, a medida que aumenta la magnitud de la serie de tiempo analizada. Esto ocurre porque se van incorporando a la serie, eventos de gran magnitud sin precedentes en el registro de datos. Al incorporar a la serie el dato de la tormenta extrema de 2017, y 5 nuevos datos, la proyección para una precipitación de 232 mm en 24 hs, resulta de 550 años de recurrencia. El análisis es suficientemente demostrativo de una tormenta extrema de magnitud no prevista, con las funciones de inferencia estadística que al momento se disponían.

Por otro lado, Serra et al. (2017a) estudiaron el evento con un punto de vista regional, analizando la recurrencia a partir de una serie de precipitación máxima diaria conformada por eventos de diferentes localidades de la región, que tienen 62 años de datos en común. La información se analizó conformando una serie anual combinada considerando las estaciones costeras San Antonio Oeste, Puerto Madryn, Trelew, Comodoro Rivadavia, Puerto San Julián y Puerto Santa Cruz; extrayendo un máximo anual del conjunto y conformando la serie de precipitaciones máximas. La recurrencia para un evento extremo como el ocurrido en 2017 en Comodoro Rivadavia, que pudiera darse en algún lugar de la costa atlántica analizada, es de 300 años, con una máxima decenal de 115 mm. Por tanto, se obtiene un período de retorno significativamente menor al obtenido considerando únicamente la serie de datos de Comodoro Rivadavia.

Crecidas en los ríos Chico y Chubut

Una vez que el agua de lluvia alcanza el suelo, parte se infiltra y otra parte escurre hacia los arroyos y ríos. La lluvia intensa caída en la cuenca produjo una crecida en el Río Chico. En el presente apartado se muestra que esta crecida fue extraordinaria. Para esto se reconstruyó la onda de la crecida (los caudales que en cada instante ingresaron al Dique F. Ameghino) y se realizó una comparación con los volúmenes que regularmente aporta el Río Chubut al embalse.

En nuestro país se mide el caudal de numerosos cursos de agua desde el siglo pasado. Los registros de caudales son de vital importancia para cuantificar el recurso hídrico de una región y realizar proyectos de planificación y desarrollo de infraestructura. En particular, la estación de aforo del Río Chubut emplazada en la localidad de Los Altares tuvo como finalidad cuantificar el aporte hídrico del Río Chubut con vistas a la construcción de un embalse en una angostura del valle aguas abajo. El primer registro data del 1 de Abril de 1943 y la estación continúa activa en la actualidad. Con respecto al Río Chico, si bien se colocó una escala hidrométrica en la década del cuarenta, en la actualidad no se dispone de mediciones continuadas en el tiempo puesto que los caudales son ocasionales en este curso. Para determinar el caudal que aportó el Río Chico al embalse Ameghino se aplicó una metodología indirecta basada en un principio físico

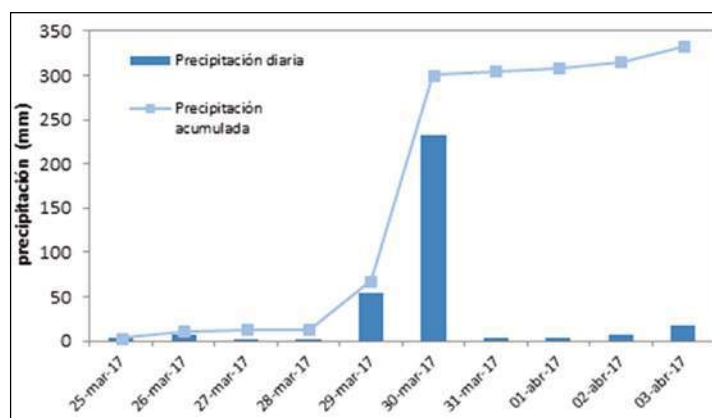


Figura 5. Precipitación diaria y acumulada entre el 25 de marzo al 3 de abril de 2017, registrados en la estación meteorológica del Aeropuerto de Comodoro Rivadavia (datos del Servicio Meteorológico Nacional).

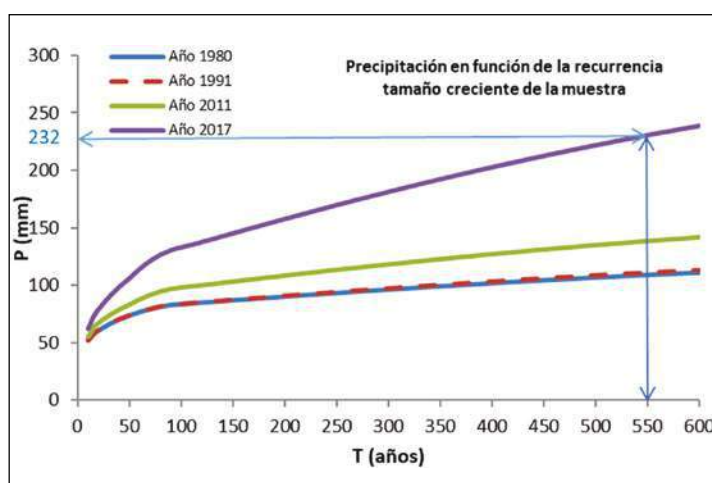


Figura 6. Precipitación vs. Recurrencia de la tormenta en el sitio, para tamaños de muestras crecientes. Fuente datos: estación aeropuerto del SMN, Comodoro Rivadavia

muy simple: la cantidad de materia en un sistema no se crea ni se destruye. Considerando que el embalse sea dicho sistema, la cantidad de agua almacenada surge del balance de flujos de ingreso (desde los ríos Chico y Chubut) y el flujo de egreso por la central hacia el VIRCH. La Figura 7 muestra el resultado de aplicar este principio. Hasta el día 29 de marzo de 2017 el nivel en el embalse se encontraba descendiendo alcanzando ese día la cota de 148,95 m. A partir del primero de abril se registró un aumento brusco que se sostuvo por las siguientes dos semanas. Al día 18 de abril la cota del embalse era de 160,83 metros, es decir 11,88 metros por encima del nivel de fines de marzo. El volumen de agua almacenada a la cota mínima fue 434,40 hm³ y a la cota máxima, 859,59 hm³ (diferencia de 424,18 hm³).

Una semana después de la tormenta de Comodoro Rivadavia se produjo un segundo evento que afectó principalmente a la zona de la meseta chubutense. Este evento produjo una crecida en el Río Chubut con un caudal máximo en Los Altares de 371 m³/s, y un volumen de aporte de 72,3 hm³. Resulta evidente que el volumen de agua aportado por el Río Chubut no explica la variación en el nivel del embalse, indicando el análisis desarrollado un aporte mayoritario por

parte del Río Chico. En la Figura 7 se distingue claramente la ocurrencia de dos picos de crecidas en el Río Chico anteriores al evento del Río Chubut con caudales medios diarios máximos de 242 m³/s y 294 m³/s. Para el día 9 de abril de 2017 se estima que el caudal máximo fue de 667 m³/s aproximadamente, es decir, casi el doble del pico de la crecida registrada en el Río Chubut.

Cuando uno atestigua un evento como el del Río Chico, con un valle totalmente inundado, el asombro se debe no sólo a la intensidad del evento sino también a su poca frecuencia, pues con la repetición, un evento extraordinario se vuelve ordinario (Fig. 8). ¿Hay memoria de un evento tan intenso como el del Río Chico? Entre los eventos más recientes cabe citar el ocurrido en el año 2004. Se trata de un evento de excepcional intensidad en el Río Chubut que se originó en las fuertes tormentas en la cabecera de la cuenca. En Los Altares se registró un caudal de 841 m³/s el día 8 de julio de 2004. Este caudal es comparable al pico estimado para el Río Chico.

Finalmente se aborda otro aspecto importante de la crecida, a saber: el volumen derramado. Consideremos los aportes anuales del Río Chubut para tener una referencia de la magnitud del evento del Río Chico. La cantidad de agua que aporta el Río Chubut varía de un año a otro, con un mínimo de 568 Hm³ y un máximo de 2810 Hm³. La presencia del dique permite almacenar agua en los momentos de excedentes para usarla cuando no abunda. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento del embalse es limitada, tal como muestra la Figura 7 donde el nivel ascendió rápidamente en poco tiempo. De acuerdo al contrato de concesión, se impone un nivel máximo alcanzable por el embalse para garantizar la atenuación de crecidas. Desde abril a agosto el nivel del embalse no debe superar de 154,90 metros. Por otro lado, el nivel máximo del embalse corresponde a la cota del vertedero (estructura de seguridad que evita el sobrepaso de la represa) que se encuentra a 166,00 metros (S.RR.HH. 2010). Cuando funciona a máxima capacidad el vertedero, el nivel del embalse es 169,00 metros. El volumen del embal-

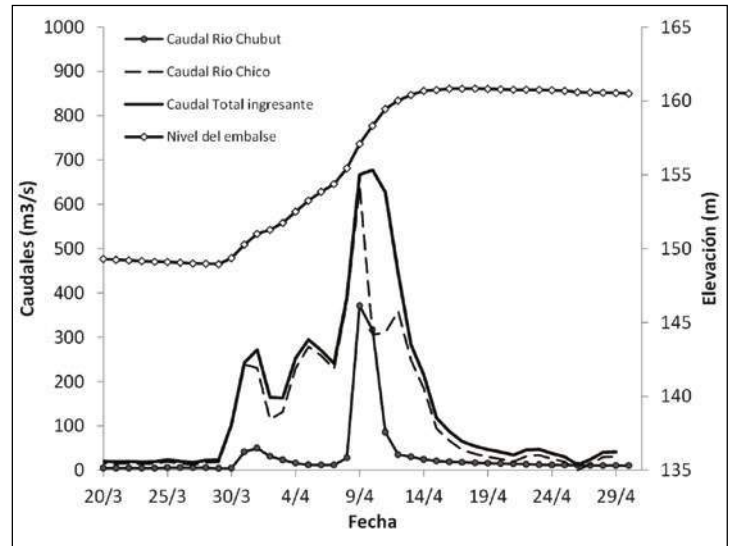


Figura 7. Variación del nivel del Dique F. Ameghino (línea con rombo blanco) en base a la cual es posible determinar el caudal que ingresó al embalse (línea continua negra). Luego, a partir de la medición del caudal medido en Los Altares en el Río Chubut y el caudal erogado en la central se deduce el caudal que ingresó por el valle del Río Chico (línea de trazo discontinuo). Datos correspondientes al año 2017.

se comprendido entre el nivel de seguridad establecido por contrato y el nivel del vertedero es de 547,90 hm³, y si se considera la carga sobre el vertedero de 3,00 m el volumen asciende a 753,60 hm³. La crecida del Río Chico aportó en dos semanas un volumen de 388,63 Hm³ (71% de la capacidad de almacenamiento) y en el periodo del 29/3 a 18/4 el Río Chubut aportó 100,9 hm³ (ambos aportes sumados corresponden al 89%). Estos valores indican que el volumen de agua que aportó el Río Chico ha sido significativo.

Origen usual y extraordinario de los sedimentos

La medición de la carga de sedimentos no es un parámetro usualmente medido en las estaciones hidrométricas del Sistema Nacional de Información Hídrica, salvo que existan muy buenas razones para emprender esta empresa que suele ser costosa. Una buena razón para cuantificar la cantidad de sedimentos transportados por un río es la de prever la velocidad de colmatación de un embalse. El embalse Florentino

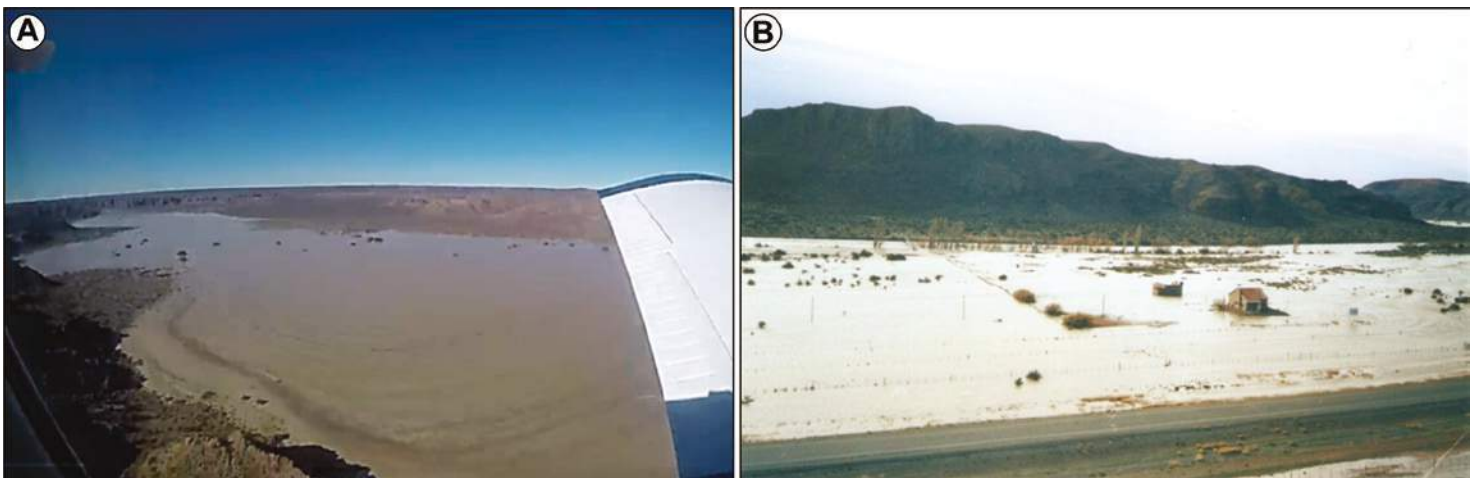


Figura 8. Valle del Río Chico completamente inundado con el pasaje de la crecida de abril de 2017 (fuente: vuelo realizado por el IPA). A la derecha, valle del Río Chubut (Los Altares) inundado con la crecida de julio de 2004.

Ameghino retiene la carga de las fracciones finas a gruesas que transporta el Río Chubut y los aportes poco frecuentes del Río Chico. Estas fracciones comprenden materiales tales como gravas, arenas y limos. Por tal motivo, desde el año 1993 la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación realiza mediciones del transporte sólido de sedimentos en la estación de aforo "Los Altares" ubicada en proximidad de la localidad homónima. Sin embargo, las fracciones más finas, como las arcillas, suelen decantar con mucha menor velocidad y logran pasar hacia aguas abajo. Las localidades ubicadas en el VIRCH cuentan con plantas potabilizadoras que remueven del agua el contenido de arcilla, aunque la capacidad para realizarlo se pierde a niveles muy altos de turbiedad, determinando la suspensión del proceso de potabilización. Por tal motivo, resulta de interés monitorear la turbiedad que trae el río. En particular, las plantas potabilizadoras de Trelew y Puerto Madryn cuentan con equipos que miden constantemente la turbiedad del río. En base a la cantidad de arcilla que transporta el flujo, los técnicos de las plantas determinan la cantidad de productos químicos a agregar para clarificar el agua y hacerla potable.

En este apartado se analiza la variación de la turbiedad del Río Chubut aguas arriba del Dique Ameghino a través de las mediciones de sedimentos realizados en la estación "Los Altares" y los registros de turbiedad de la obra de toma de agua de la ciudad de Puerto Madryn, que se ubica en la ciudad de Trelew. De este modo se puede identificar distintos eventos: variación estacional, aportes de las cuencas aluvionales (por lluvias aguas abajo de la represa) para así poner en perspectiva el carácter extraordinario de los aportes del Río Chico en el evento de abril del 2017. A fin de realizar la comparación de los eventos estacionales consideramos datos del periodo de tiempo comprendido por los años 2010 y 2015.

Las mediciones de la carga de sedimentos realizada en la estación de aforo Los Altares se divide en una fracción gruesa y otra fina. Para este estudio hemos considerado solamente la fracción más fina que tiene mayor probabilidad de alcan-

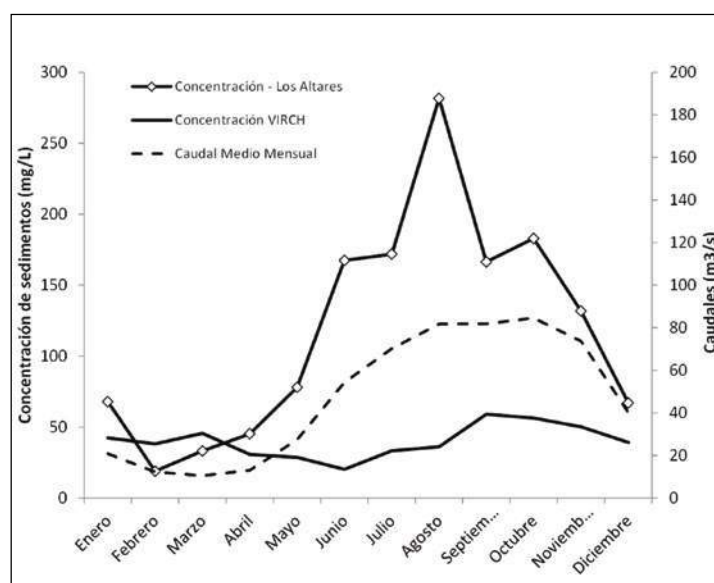


Figura 9. Variación estacional de la concentración de sedimentos en el Río Chubut en Los Altares y en el VIRCH. También se incluye en el gráfico la distribución mensual de caudales del Río Chubut en Los Altares.

zar la sección del dique y proseguir aguas abajo. Los datos disponibles corresponden al caudal sólido expresado en kilogramos de sedimentos transportados por la corriente por unidad de tiempo (kg/s). Junto con la medición de caudal de la misma fecha es posible obtener la concentración de sedimentos (kg/m³). Para facilitar la interpretación utilizamos como unidad de medida de concentración mg/L (miligramos de la sustancia por litro de agua). Por otro lado, las mediciones realizadas en el VIRCH por las plantas potabilizadoras se expresan en UNT (unidad nefelométrica de turbiedad). En base a mediciones directas de concentración realizadas durante crecidas hemos obtenido la siguiente equivalencia: 1 UNT = 1,9 mg/L. De este modo es posible comparar mediciones de concentración realizadas con metodologías e instrumentos distintos.

La concentración de sedimentos en el Río Chubut varía estacionalmente (Fig. 9). El valor mínimo de concentración media mensual aguas arriba del dique Ameghino es de 19 mg/L

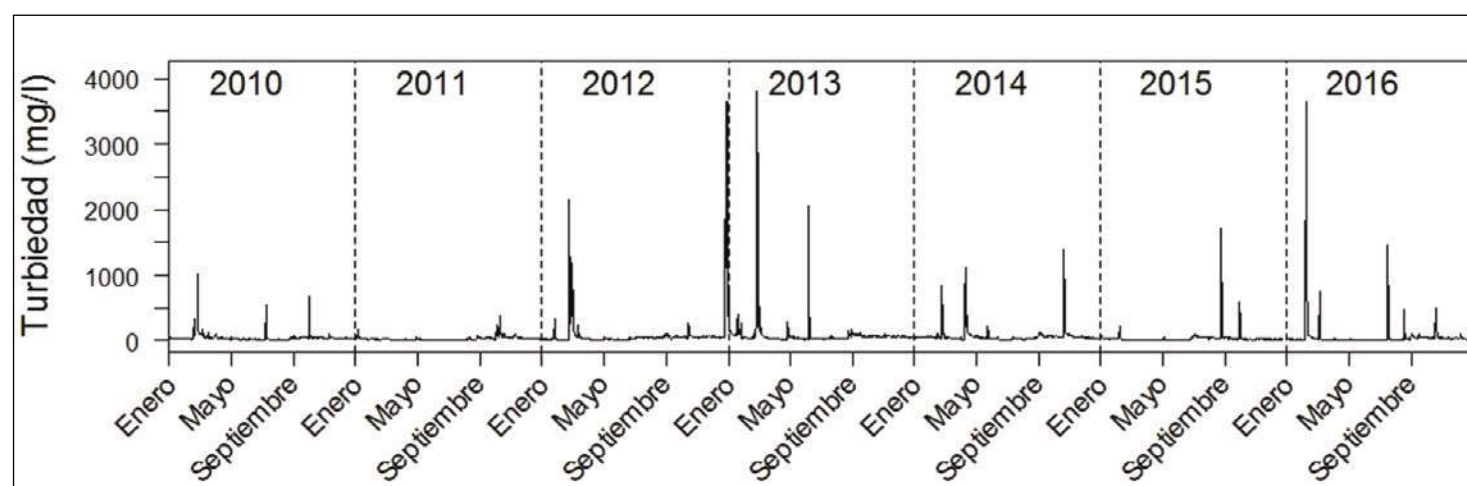


Figura 10. Turbiedad del agua registrada en la toma de la planta potabilizadora de la ciudad de Puerto Madryn en Trelew, en el periodo 2010-2016. (Fuente: Servicoop Puerto Madryn).

en el mes de febrero, y el máximo es de 282 mg/L en el mes de agosto. La variación estacional de la concentración se corresponde con la variación de caudales. El estiaje del Río Chubut se produce en el verano con un mínimo del caudal medio mensual en marzo de 10,5 m³/s. El caudal medio mensual máximo se produce durante el invierno y la primavera.

La señal de concentración de sedimentos observada en el VIRCH también posee una variación estacional. El efecto de retención de sedimentos del embalse se observa en dos aspectos de esta señal. Por un lado, es evidente que la concentración es mucho menor, variando entre 20 mg/L y 59 mg/L con un promedio de 40 mg/L. Por otro lado, la onda de variación está desfasada respecto de la variación observada en Los Altares. El valor mínimo de concentración registrado en el VIRCH se produce en el mes de junio, momento en que inician las crecidas y el mayor ingreso de sedimentos al embalse. La concentración máxima se produce más tardíamente, en el mes de septiembre, un mes después del pico de caudales invernales.

Abordaremos ahora los episodios locales de turbiedad. Las precipitaciones en la región oriental del Chubut no presentan una marcada estacionalidad. Esto significa que las lluvias se distribuyen a lo largo de todo el año. Por otro lado, cuando ocurren precipitaciones, tienen corta duración y elevada intensidad. La generación de sedimentos está asociada a este tipo de eventos, especialmente a aquellos que ocurren en la zona comprendida entre el Dique Ameghino y la localidad de 28 de Julio. Esta zona, por su geología y escasa cobertura vegetal, ha sido identificada como la principal fuente de sedimento del valle inferior por diferentes estudios (Serra 1999; Luque et al. 2002; Bastida et al. 2017). Estos eventos de precipitación-generación de sedimentos ocurren alrededor de 8 veces al año (rango período 2010-2016: 4-13 eventos/año), principalmente en primavera y verano. Las mediciones continuas de turbiedad en las plantas potabilizadoras dan cuenta de estos eventos (Fig. 10).

Estos eventos duran típicamente de 1 a 5 días, pero excepcionalmente pueden llegar a prolongarse hasta 15 días (Fig. 11). En relación a la turbiedad de los mismos, en promedio alcanzan una concentración máxima de 589 mg/L. Como se aprecia en las Figuras 11 y 12, generalmente se trata de eventos que no superan 1140 mg/L, alcanzando en contadas ocasiones picos máximos superiores a 2850 mg/L. En términos de producción de agua potable, estos eventos insumen costos adicionales en la potabilización, aunque sin consecuencias extremas para los usuarios, ya que por la corta duración del evento las plantas potabilizadoras pueden, en general, manejarse con las reservas propias del sistema. Vale agregar que las plantas potabilizadoras han sido diseñadas para valores usuales de turbiedad del río, por lo que cuando ésta supera el umbral de 1140 mg/L (equivalente a 600 UNT) encuentran dificultades para remover la carga de sedimentos del agua.

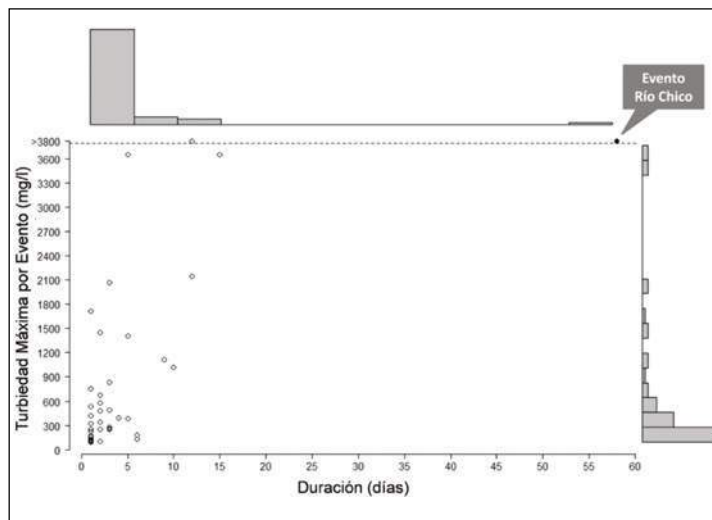


Figura 11. Turbiedad Máxima versus Duración por Evento registradas en la toma de la planta potabilizadora de la ciudad de Puerto Madryn en Trelew, en el período 2010-2016. Las barras verticales y horizontales representan las distribuciones de frecuencia de la turbiedad máxima y la duración por evento respectivamente. La línea punteada representa el límite máximo de detección. Fuente: Servicioop Puerto Madryn.

El evento extraordinario de precipitación sobre el Río Chico produjo una crisis hídrica inédita para las localidades del VIRCH y Puerto Madryn a causa de la crecida extraordinaria del Río Chico y el enorme acarreo de sedimentos hacia el Dique F. Ameghino. La turbiedad alta en el embalse y en el Río Chubut se mantuvo por casi 60 días, lo que provocó cortes y restricciones al suministro de agua potable por tres meses, una duración y picos máximos de turbiedad nunca imaginados en función de los eventos ocasionales que ocurren por las lluvias en el VIRCH (Fig. 11).

En los primeros días de abril de 2017 el sistema de monitoreo de turbiedad de la planta potabilizadora de Puerto Madryn registró dos picos de turbiedad (Fig. 13). El primer pico ocurrió el 2 de Abril con una concentración de 6918 mg/L. El segundo pico ocurrió pocos días después, el 10 de Abril, alcanzando una concentración mayor de 7952 mg/L. El primer evento se originó con las lluvias de principio de abril que precipitaron sobre el VIRCH. Estos eventos se caracterizan por un rápido ascenso en la concentración. En cambio, luego del segundo evento, a partir del 12 de abril, la concentración comenzó a aumentar nuevamente, pero a un ritmo más lento y sostenido. Esta diferencia en la velocidad de los pulsos indica que el origen era distinto. El pico de la onda de turbiedad se alcanzó recién una semana después, con un valor de 6600 mg/L. Durante el 19 y 20 de abril la turbiedad del río fue anómalamente elevada manteniéndose en promedio próxima a 6000 mg/L. A partir del 20 de abril una brisa de esperanza, sino de alivio, llegó al VIRCH cuando la concentración comenzó a decrecer. Sin embargo, la turbiedad disminuyó igualmente con lentitud. Para los primeros días de mayo, la cola del evento de concentración persistía en 500 mg/L, unas diez veces más alta que los valores usuales del río (comparar con Fig. 9).

Finalmente compararemos la cantidad total de sedimentos transportados. La cantidad total de sedimentos transportados anualmente asciende a 277.000 tn aguas arriba del dique y 35.000 tn aguas abajo (Tabla I). En la Tabla II se reportan los valores para algunos eventos de crecidas originados en el VIRCH. Debido al evento del Río Chico, el Río Chubut transportó en el VIRCH un total de 230.000 tn, triplicando la cantidad de sedimentos de los eventos más intensos que hemos reportado en la Tabla 2. Cabe advertir que, debido al efecto de retención del embalse, el aporte de sedimentos del Río Chico fue sin duda mucho mayor a la cantidad evaluada en el VIRCH.

CONCENTRACIÓN Y FLUJO DE TURBIDEZ

¿Por qué resultó afectado el VIRCH, si el embalse debería haber retenido los sedimentos? Una situación muy curiosa producía perplejidad en quienes observan el embalse en esos días. El agua en la superficie en inmediaciones del dique estaba completamente limpia, sin embargo la calidad del agua que atravesaba las turbinas era muy diferente, estaba colmada de los sedimentos que impedían la potabilización en el VIRCH. Una colección de recipientes con muestras de agua colectadas a distintas profundidades muestra que mientras la muestra tomada a 5 m de profundidad estaba libre de sedimentos, la muestra de 35 m de profundidad evidenciaba un alto grado de turbiedad (Fig. 14A). Cabe señalar que a tal profundidad se encuentra la obra de toma de las turbinas. Dado que no existen otras tomas a niveles superiores no era posible (ni lo será en otras ocasiones) erogar agua más limpia. Restaba solamente actuar sobre los efectos de la crecida en el VIRCH y esperar a que precipiten los sedimentos en suspensión.

¿Por qué los sedimentos se concentraron en el fondo del embalse? La crecida del Río Chico arrastró una elevada carga de sedimentos lo cual aumentó la densidad de la mezcla agua-sedimentos. El agua limpia tiene una densidad de 999.77 mg/L a 10° C. Si consideramos como referencia la concentración máxima medida en el VIRCH se obtiene una densidad de 1011 mg/L. Cuando la masa de agua del Río Chico ingresó al embalse, por ser más pesada, se hundió como todo cuerpo pesado y fluyó por el fondo del embalse. Obsérvese (Fig. 13) que existe una diferencia temporal entre el pico de caudales y el pico de turbiedad. Esta diferencia se debe al tiempo de traslado de la onda de turbiedad por el fondo del lago.

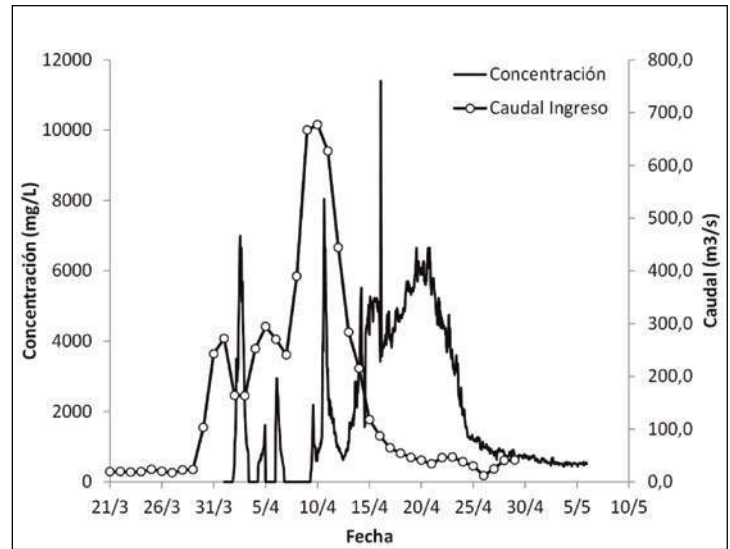


Figura 13. Variación en el tiempo de la concentración de sedimentos medidos en la toma de Puerto Madryn junto con el hidrograma de la crecida que ingresó al embalse.

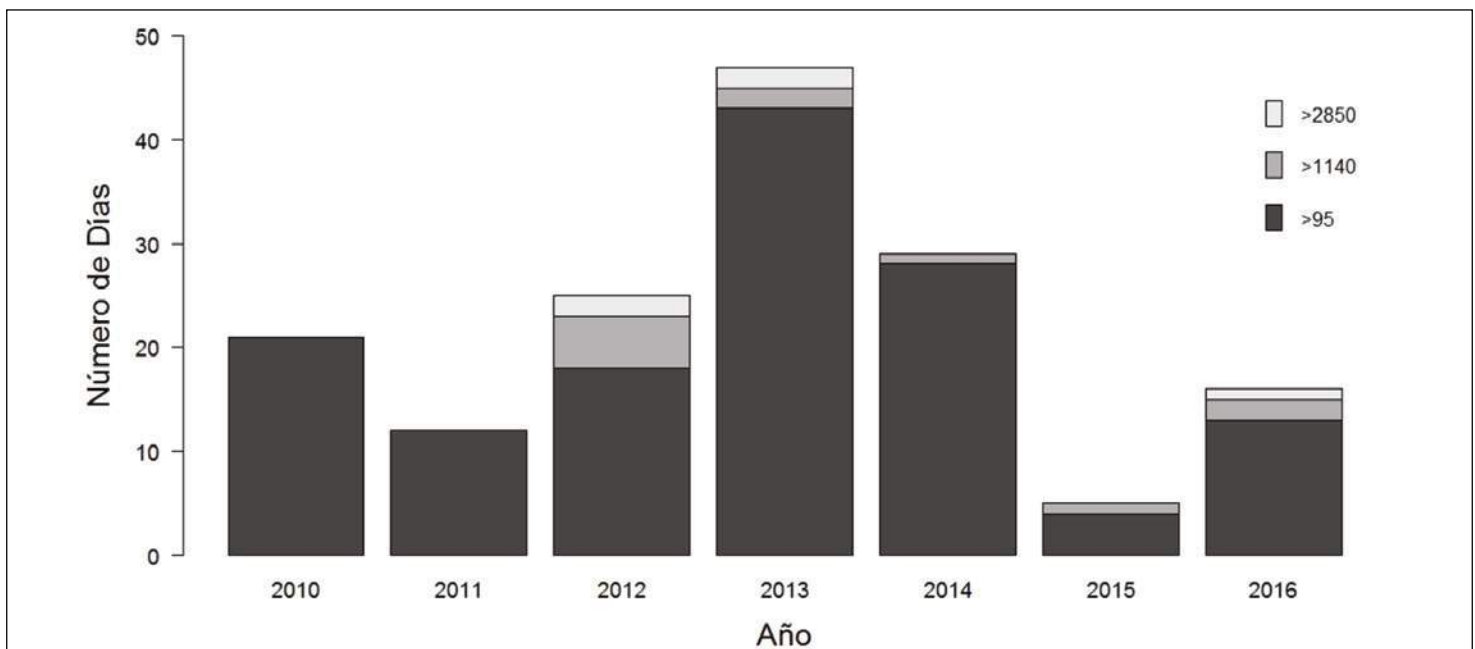


Figura 12. Gráficas de barras del número de días por año con eventos de diferentes niveles turbiedad del agua (medida en mg/L) registrada en la toma de la planta potabilizadora de la ciudad de Puerto Madryn en Trelew, durante el periodo 2010-2016. Escala de grises representa los niveles de turbiedad: Gris Oscuro >95 mg/L (50 UNT), Gris Medio >1140 mg/L (600 UNT) y Gris Claro >2850 mg/L (1500 UNT). (Fuente: Servicoop Puerto Madryn).

Por otro lado, cuando se produjo la descarga del río en el mar se verificó la situación contraria. La densidad del agua de mar es más alta debido al contenido de sales. Si asumimos que la densidad sea del orden de 1027 mg/L, resulta que el agua de mar es más pesada que la mezcla agua y sedimentos que transportaba el Río Chubut. Por tanto, la descarga del río “flotaba” (Fig. 14B).

Efecto de la crecida en la calidad del agua

Abordamos a continuación otro impacto de la crecida sobre el sistema fluvial a través del estudio de los nutrientes. Los nutrientes son aquellas sustancias indispensables para llevar a cabo las funciones vitales de los organismos. Los nutrientes presentes en los cuerpos de agua son utilizados por las algas y plantas acuáticas para su crecimiento y desarrollo. Los más importantes para la estructuración de las comunidades acuáticas y que además pueden afectar la salud humana son los que contienen nitrógeno (N) y fósforo (P). Un exceso de nutrientes de este tipo en el agua puede ocasionar problemas ambientales graves como la eutrofización (proliferación desmedida de algas y plantas acuáticas) y causar enfermedades en los humanos que la toman (por ej.: riesgo de algunos tipos de cáncer, síndrome del bebé azul en lactantes). Los nutrientes son transportados superficialmente junto con el agua de lluvia (escorrentía), suspendidos por acción del viento o junto con los flujos de agua sub-superficiales o subterráneos. En este sentido todos aquellos procesos que incrementan el transporte de los nutrientes como las precipitaciones o el aumento de la conectividad por parte de sistemas de riego, también son cruciales para determinar la cantidad de los mismos en los ríos.

A fin de determinar cuál es el aporte de nutrientes al río por parte de las actividades humanas en el VIRCH, desde septiembre de 2016 el Laboratorio EcoFluvial (IPEEC-CCT CENPAT-CONICET) realiza un muestreo mensual para relevar parámetros físico-químicos y determinar la concentración de nutrientes en dos localidades clave. La primera ubicada en el paraje de Boca Toma (aguas arriba del inicio del valle irrigado) y la segunda aguas abajo del valle irrigado en cercanía

MES	VIRCH	LOS ALTARES
Enero	3,1	3,2
Febrero	2,8	0,5
Marzo	3,3	0,9
Abril	2,2	1,4
Mayo	2,1	6,4
Junio	1,5	23,9
Julio	2,4	49,2
Agosto	2,6	72,0
Septiembre	4,3	41,2
Octubre	4,1	48,7
Noviembre	3,7	23,5
Diciembre	2,9	6,4

Tabla 1. Cantidad de sedimentos transportados en suspensión por el Río Chubut en el VIRCH (ciudad de Trelew) y en Los Altares.

EVENO N°	FECHA	SEDIMENTOS TOTALES (miles de Tn)
1	1/2/12	22
2	1/2/2013	73
3	1/4/2014	87
4	1/9/2015	6,2
5	2/4/017	19
6	10/4/2017	16
7	12/4/2017 a 26/4/2017	230

Tabla 2. Cantidad de sedimentos transportados en suspensión por el Río Chubut en el VIRCH (ciudad de Trelew) en eventos seleccionados con origen en lluvias en el VIRCH (eventos 1 a 6) y el efecto de la crecida del Río Chico (evento 7).

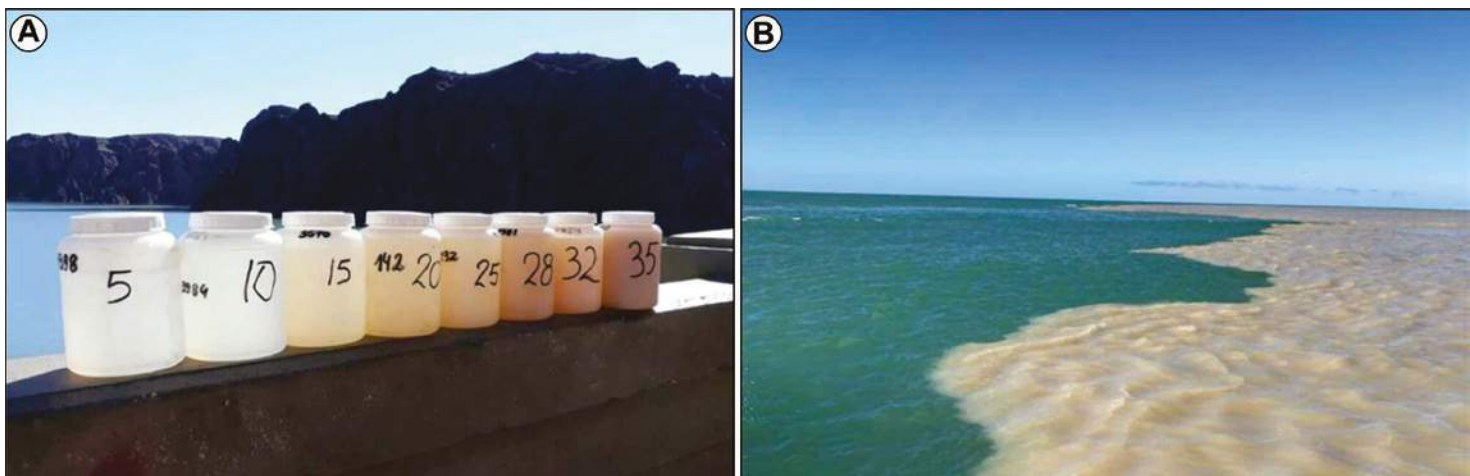


Figura 14. Izquierda: muestras de agua colectadas a distintas profundidades en el dique Ameghino (los números en las botellas indican la profundidad en metros). Derecha: vista de la descarga del Río Chubut en la Bahía Engaño.

a la toma de agua de la Planta Potabilizadora de Trelew. Regularmente se toman muestras de agua y se llevan al laboratorio para luego ser analizadas por métodos químicos. Las determinaciones de concentración de Nitratos disueltos en agua (NO_3^-) se realizaron en el CIG (Centro de Investigaciones Geológicas, Universidad Nacional de La Plata).

La comparación de la concentración de nitratos aguas arriba y aguas abajo del valle irrigado a lo largo del tiempo permite identificar que hay un efecto de las actividades humanas principalmente en la época de verano donde las actividades agrícolas tienen mayor desarrollo y el uso del agua es mayor (Fig. 15). En enero de 2017 se registró la mayor diferencia entre las concentraciones de Boca Toma y Trelew (0.46 mg/L NO_3^-). Sin embargo, el aporte de nutrientes derivado del evento extraordinario sobrepasa las diferencias observadas por el aporte de nutrientes antrópicos. A finales de abril de 2017 (luego del evento) las concentraciones registradas en Boca Toma fueron de casi seis veces mayores a las registradas en marzo de 2017 (diferencia de 3.54 mg/L NO_3^-). A partir de mayo de 2017 se registró una disminución paulatina en las concentraciones. En Boca Toma recién en enero de 2018 los valores parecieron estabilizarse. Otros nutrientes, no mostrados en esta sección, como el nitrógeno y el fósforo total también mostraron un aumento significativo después del evento (8 y 40 veces mayor luego del evento, respectivamente).

Los datos mostrados en esta sección permiten poner en contexto los efectos de un evento extremo en relación a los efectos a los que normalmente están sujetas las cuencas Patagónicas. En este caso, el Río Chubut es un río oligotrófico (Dodds 2007), es decir que tiene en comparación con otros ríos poca concentración de nutrientes. En relación a la concentración de nitratos, el límite aceptable para el consumo humano es 45 mg/L (Código Alimenticio Argentino) es decir que incluso los niveles más altos registrados durante el evento de turbiedad (4.2 mg/L) no supusieron riesgos para la salud humana. Sin embargo, fue un evento que perturbó al

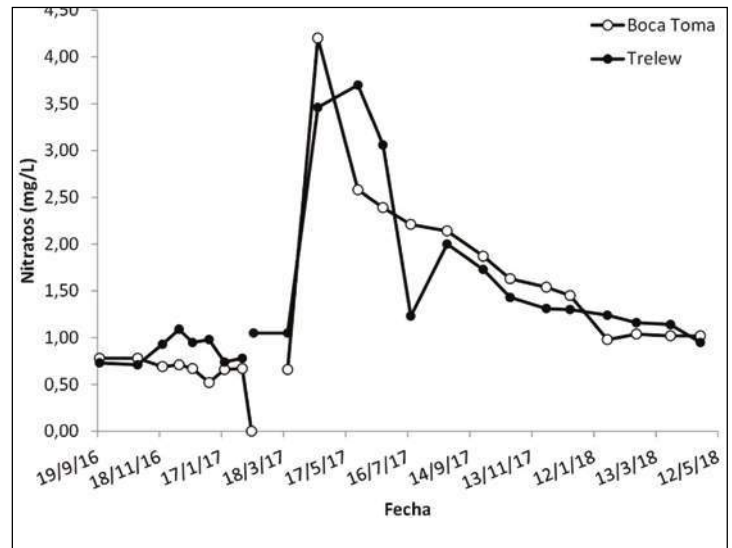


Figura 14. Concentración de nitratos a lo largo del tiempo muestreados en Boca Toma y en Trelew.

sistema fluvial y además el efecto perduró por varios meses. La medición de concentración de nutrientes es la primera aproximación a los efectos de este evento sobre el sistema fluvial. Resta por evaluar efectos tal vez más permanentes como el crecimiento de algas y plantas acuáticas y los efectos sobre las comunidades en los sistemas estuarinos y marino-costeros.

IMPACTO EN LAS COMUNIDADES DEL VIRCH

Los primeros días de abril de 2017 sorprendieron a la comunidad con episodios de turbiedad que imposibilitaron la potabilización por algunas horas. Como hemos reseñado, estos eventos son habituales cuando llueve en el VIRCH. A partir del arribo de la onda de turbiedad del Río Chico la situación en las comunidades del VIRCH se tiñó de dramatismo cuando los días sin agua se extendieron y las previsiones no eran buenas, tal como surge de los titulares del diario Jornada del 12 y 13 de abril: "Puede que tengamos varios días sin agua" y "La situación es extremadamente crítica". Así lo relataba el



Figura 16. Distribución de agua con camiones a vecinos de la ciudad de Rawson (Fuente: Diario Jornada, 18/4/2017).

Ing. Ricardo Gallastegui, del servicio de agua y cloacas de la Cooperativa Eléctrica de Trelew, “En Gaiman pararon anoche la potabilización, Dolavon también está parado y la realidad es que hay valores extraordinarios en el río y también en los canales, que es la alternativa que tienen para tomar agua, está muy turbia el agua” y agrega que “No tenemos experiencia previa, no sabemos cuánto va a tardar en sedimentar para que podamos tener agua en el río con turbiedad normal”. Nadie imaginaba en ese momento que recién dos semanas después se volvería a la normalidad.

El día 15 de abril se inició el trabajo de excavación de un cuenco sobre la margen sur del Río Chubut, a pocos metros de la planta potabilizadora de Trelew. El objetivo de ese cuenco era el de propiciar la decantación de parte de los sedimentos para luego poder ser tratada el agua en la planta potabilizadora. Mientras tanto, se implementaron estrategias paliativas para distribuir el escaso recurso. La Municipalidad de Trelew, por ejemplo, organizó doce centros logísticos para entregar agua potable apta para higiene personal y consumo previa desinfección. También se entregó agua en las canillas comunitarias ubicadas en el edificio Sede del sector Agua y Cloacas de la Cooperativa de Trelew. Sumado al problema de la turbiedad, la descarga de los pluviales de Trelew al Río Chubut obligaba al cese de la potabilización en Rawson el día 16 de abril.

Con alivio comenzó a respirarse en Trelew a partir del día 18 de abril, cuando se puso en funcionamiento el presedimentador. Esto permitió ofrecer un servicio limitado de agua potable. El día 19 de abril la Cooperativa de Rawson inició también trabajos similares de excavación en la planta de dicha localidad. Iniciativa similares se llevaron a cabo en otras localidades del valle como por ejemplo en Puerto Madryn.

COMENTARIOS FINALES

Las crisis hídricas proveen oportunidades para disparar la generación de conocimiento, la adaptación y la superación en la toma de decisiones. Pero ir más allá de una respuesta simplemente reactiva al problema del momento requiere un diagnóstico acabado del problema y la transformación de ese conocimiento en acciones y planes para enfrentar el futuro.

El evento de abril de 2017 presentó a las comunidades del noreste de Chubut con una crisis inusitada en la provisión de agua potable. Los sistemas de potabilización del agua, capaces de manejar los frecuentes eventos de turbiedad elevada producidos por precipitaciones torrenciales de corta duración sobre el VIRCH, se vieron desbordados por un evento de características nuevas. Una tormenta inédita reactivó al Río Chico con un nivel de descarga de agua extraordinaria.

La gran escorrentía a través del extenso valle del Río Chico, con su baja cobertura vegetal y amplia extensión de suelo desnudo, arrastró un enorme volumen de sedimentos y nutrientes. El Dique F. Ameghino que funciona como trampa para los sedimentos provenientes de la parte superior de la cuenca se transformó a partir del evento en un agravante, retardando el proceso de evacuación de sedimento aguas abajo de la presa y prolongando el evento de turbiedad aumentada.

En el caso particular del VIRCH, un diagnóstico acabado de los problemas hídricos requiere ir más allá del tema de sedimentos y generar una mirada integral de los problemas del agua. Cuando se lo compara con las otras cuencas de vertiente Atlántica, el Río Chubut tiene características propias: un módulo bajo, una gran variabilidad intra e inter anual en su descarga debido a la falta de regulación natural (por ej. carece de lagos de cabecera o glaciares), y un recorrido a través de una de las zonas más áridas y más afectadas por la desertificación en toda la región patagónica. Por estas razones, presenta un catálogo de problemas hidrológicos, incluyendo no sólo problemas de calidad del agua, como la carga de sedimentos, sino también problemas relacionados con la cantidad de agua, como sequías e inundaciones.

El evento de abril de 2017 será recordado en la zona del VIRCH por el problema de la carga de sedimentos y los inconvenientes en la provisión de agua potable, pero en realidad revela por sí mismo la complejidad y la fragilidad de la realidad hídrica de la comarca. Al momento del evento, la cuenca venía de experimentar un período seco de 5 años de duración. La creciente del Río Chico encontró al Dique Ameghino operando a 7 m por debajo del nivel de operación promedio normal, elevando el nivel del embalse 12 m y a sólo 6 m del vertedero. Sequías, inundaciones, y problemas con la calidad del agua son problemas intrínsecos de las características biofísicas de este sistema y sólo pueden ser agravados por el cambio climático (Flaherty et al. 2015) y las actividades humanas no planificadas. El desafío, entonces, es conferir al VIRCH y a su sociedad de mayor capacidad de adaptación a las realidades biofísicas de la cuenca y de anticipación a los cambios de escala local y global. Nosotros proponemos que un primer paso en esa dirección es generar un modelo integral del estado y la dinámica de los recursos hídricos en función de escenarios de cambio socioambiental, incluyendo nuevas obras de infraestructura, crecimiento poblacional, cambio climático, y cambios en la matriz productiva, la ocupación del territorio y el marco institucional. El desafío es muy grande, ya que las capacidades técnicas en la región son limitadas y dispersas en distintas instituciones y orientaciones temáticas. Pero lo que está en juego es aún mayor, la seguridad hídrica básica de casi la mitad de la población provincial.

REFERENCIAS CITADAS

- ▶ **Calibración del modelo RUSLE-SEDD de pérdida y transporte de suelos.** Caso de cuencas torrenciales en la Patagonia Central. VIII Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. Córdoba, Argentina.
- ▶ **Chachero, M.J., 2012.** Estudio de Precipitaciones en la ciudad de Trelew- Análisis Estadístico y Ecuación de Lluvia. Cuadernos del CURIHAM, UNR Editora, 18: 23-37.
- ▶ **Chachero, M.J., 2014a.** Análisis de Precipitaciones Máximas en Comodoro Rivadavia. Cuadernos del CURIHAM, UNR Editora, Vol. 20.
- ▶ **Chachero, M.J., 2014b.** Precipitaciones Máximas en Puerto Madryn. Análisis de caso: Tormenta de Abril de 2014. Revista Argentina de Ingeniería, 2 (4): 65-72.
- ▶ **Chuvieco, E., 2010.** Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ed. Planeta, 528 p. Barcelona.
- ▶ **Dodds, W.K., 2007.** Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. Trends in Ecology and Evolution, 22: 669-676.
- ▶ **Flaherty, S., Pessacg, N., Brandizi, L., Solman, S. y Pascual, M., 2015.** Impacto del cambio climático sobre la producción de agua en la Cuenca del Río Chubut, Argentina. Cuarto Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: de la investigación a la acción. Mar del Plata, Argentina.
- ▶ **Kaless, G., 2015.** Alteración en la dinámica de los sedimentos en el Río Chubut aguas abajo de la presa Florentino Ameghino. Cuaderno de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica. Centro de Documentación del Departamento de Ingeniería Civil Orientación Hidráulica. 2 (1), UNPSJB.
- ▶ **Luque, J., Masimelli, S. y Beider, A., 2002.** Caracterización de una cuenca degradada por erosión hídrica en la Pcia. del chubut. II- Incidencia de las precipitaciones. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- ▶ **Pronsato A.D., 1950.** Estudio geohidrológico del Río Chubut. Parte I. Dirección General de Agua y Energía Eléctrica. Revista Agua y Energía. Año IV. N° 28.
- ▶ **Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D. y Yoder, D., 1997.** Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the revised soil loss equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No. 703, 404 p.
- ▶ **Rostagno C., Coronato R., Del Valle H. y Puebla D., 1999.** Runoff and Erosion in Five Land Units of a Closed Basin of Northeastern Patagonia, Arid Soil Research and Rehabilitation, 13 (3): 281-292.
- ▶ **Serra, J., 1999.** Riesgo de erosión hídrica en el cuenco aluvial del área Dique F. Ameghino y Boca Toma Valle Inferior del Río Chubut, Pcia. del Chubut . Cuadernos del CURIHAM.
- ▶ **Serra, J., Chachero, M.J. y Brandizi, L., 2017a.** Selección de eventos hidrometeorológicos severos en la Patagonia Argentina. UNPSJB, Chubut Argentina. Congreso Nacional del Agua 2017.
- ▶ **Serra, J., Gonzales, D., Chachero, M.J.; Malnero, H., Gonzales, A. y Brandizi, L., 2017b.** Indicadores de caudales máximos en cuencos urbanos de Comodoro Rivadavia por la tormenta severa de Marzo. UNPSJB, Chubut Argentina. Municipalidad de Comodoro Rivadavia. Congreso Nacional del Agua 2017.
- ▶ **Simeoni, A., 2008.** Mesetas y bajos de la Patagonia Central extraandina: la inversión del relieve. En: Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino, Tomo II: 729-745. Buenos Aries.
- ▶ **S.RR.HH. 2010.** Inventario de presas y centrales de la República Argentina - Tomo I. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. ISBN 978-987-23585-8-7.
- ▶ **Valladares, A., 2004a.** Cuenca del Río Chubut. Subsecretaría de Recursos de Nación, Argentina.
- ▶ **Valladares, A., 2004b.** Cuenca del Río Chico. Subsecretaría de Recursos de Nación, Argentina.