

Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata (ADT) - Resumen ejecutivo

Descripción de la Cuenca del Plata

La Cuenca del Plata (CdP) es una de las más extensas del mundo, con un área de aproximadamente 3,1 millones de km²; está formada por tres sistemas hídricos principales, los de los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay, drenando aproximadamente un quinto del territorio del continente sudamericano. La CdP puede subdividirse en 7 subcuencas: Alto Paraguay, Bajo Paraguay, Alto Paraná, Bajo Paraná, Alto Uruguay, Bajo Uruguay y subcuenca propia del Río de la Plata.

La población actual de la Cuenca supera los 110 millones de personas, e incluye las capitales de los cinco países que la componen: Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. La riqueza de los recursos minerales, el valor de sus bosques y la fertilidad de sus suelos han hecho de la CdP una región de fuerte atracción poblacional y favorecen hoy su desarrollo económico que se traduce en una concentración del 70% del PBI de dichos países.

Los países de la Cuenca presentan un dispar Índice de Desarrollo Humano, que muestra la diversidad de sus condiciones sociales y económicas.

En algunos asentamientos urbanos y rurales de la Cuenca se observan afectaciones a la salud ocasionadas por la contaminación biológica, procedente de la falta de instalaciones de saneamiento y de servicios de tratamiento de aguas residuales adecuados. Los episodios de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, el cólera, la malaria y el dengue, son habituales en ciertas regiones.

Desde el punto de vista hidroclimático, la CdP cuenta con una diversidad importante de climas, que van desde los secos y muy calurosos del oeste chaqueño, con menos de 600 mm/año de precipitación, hasta las húmedas regiones del sur de Brasil y sudeste de Paraguay, con más de 2.000 mm/año de precipitación. Estos climas presentan una variabilidad interestacional o interanual que, con frecuencia, se traduce en eventos extremos de sequías o inundaciones. En particular, sus precipitaciones están condicionadas por los fenómenos La Niña y El Niño, siendo una de las regiones más afectadas en el mundo por este último.

En los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca aumentaron en promedio entre el 10% y el 15%, lo que redundó en aumentos mayores en los caudales de los ríos,

que llegaron al 30%, cambio que pudo haber sido influido por la considerable transformación en el uso del suelo que tuvo lugar en las últimas dos décadas. Alrededor de un 40% de la cobertura original ha sido sustituida por áreas de uso humano. La agricultura y la ganadería ocasionan los mayores cambios, seguidas por la deforestación y la urbanización.

En la CdP se encuentran dos grandes cuencas geológicas de origen tectónico, la Cuenca del Paraná y la Cuenca del Gran Chaco Sudamericano, que albergan los sistemas acuíferos más importantes de la región.

Como resultado de la evolución geológica y climática se desarrolla en la Cuenca una gran diversidad de suelos. Así como la gran mayoría de los suelos de América Latina, los de esta región son pobres en nutrientes, ácidos, afectados por procesos de erosión, lavado superficial y altas concentraciones de óxidos de hierro y aluminio en la subsuperficie. La Cuenca es responsable de una gran variedad de producción en diversos rubros agropecuarios y forestales, entre ellos soja, maíz, trigo, café, carne (bovina) y otros subproductos alimentarios. Los problemas actuales relacionados con el recurso suelo se deben a sistemas inadecuados de habilitación y cambios de uso de suelo, que han permitido la deforestación y sobreexplotación de los recursos naturales.

La CdP alberga el sistema de humedales fluviales más extenso del planeta, con casi 3.500 km² de extensión, conectados por el eje de los grandes ríos Paraguay, Paraná y de la Plata, que determina un continuo hidrológico y biológico desde el gran Pantanal en el Alto Paraguay hasta el Delta del Paraná y el estuario del Río de la Plata.

La Cuenca es reconocida como una de las más importantes del mundo por la cantidad, variedad y endemismo de especies de pe-

ces. Su rica ictiofauna llega a las 908 especies, teniendo relevancia socioeconómica un 40% de ellas. Algunas de las especies (sábalo, surubí, dorado) están siendo sometidas a intensa explotación en algunos tramos.

La deforestación a causa de la agricultura ha reducido la capacidad de la tierra para capturar y almacenar carbono y agua y para anclar los suelos, lo que lleva a aumentos en las tasas de erosión en algunos sitios y de sedimentación en otros.

Se han creado en la Cuenca 601 áreas protegidas, que cubren 22,8 millones de hectáreas, lo que representa un nivel de protección de 7,2% sobre su superficie total. Si se consideran las Metas Aichi del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) –que plantean alcanzar un 17% de áreas protegidas para el período 2011-2020–, el actual porcentaje de áreas bajo protección es bajo, prácticamente un tercio de las mismas. Además existen 29 Sitios Ramsar que abarcan casi 85.000 km² y 18 Reservas de Biosfera (MAB-Unesco) que cubren casi 361.000 km².

Respecto de la producción de sedimentos, la mayor parte proviene de las altas cuencas de los ríos Bermejo y Pilcomayo. Son la causa principal de la necesidad de clarificación del agua para consumo de las ciudades ribereñas, se depositan en los canales navegables y ocasionan el progresivo avance del Delta del río Paraná sobre el Río de la Plata. Otro proceso determinante en los fenómenos de producción y transporte de sedimentos está relacionado con las actividades antrópicas de uso del suelo.

La Selva Misionera Paranaense (SMP) forma parte del complejo de ecorregiones del Bosque Atlántico, que cubría originalmente una superficie de 47.000.000 ha. Desde la mitad del siglo XX se produjo una pérdida gradual de la masa forestal con el objetivo de reem-

plazarla por pasturas, cultivos agrícolas y plantaciones forestales, conduciendo a una imponente degradación de suelos, alteraciones de los ciclos hidrológicos y provocando fluctuaciones climáticas locales. Esta ecoregión sigue siendo uno de los ecosistemas biológicos más diversos del planeta, considerándose internacionalmente como de alta prioridad para la conservación por la importancia ecológica de sus remanentes.

Recursos hídricos

Respecto del balance hidrometeorológico en la Cuenca, el Alto Paraguay presenta alternancia de valores medios de excesos en verano y otoño y de déficit en invierno-primavera. En el Bajo Paraguay las zonas de aporte de margen derecha presentan balances deficitarios hacia el oeste, mientras que las zonas de aporte de margen izquierda presentan balances con exceso. En la región del Alto Paraná se presenta déficit en invierno y parte de la primavera, pero el balance es equilibrado a nivel anual. También en el Bajo Paraná pueden diferenciarse las áreas de aporte de margen derecha, que hacia el oeste presentan balances deficitarios, y de margen izquierda, donde son positivos. En toda la cuenca del río Uruguay los balances son en general positivos, aunque hay meses con déficits.

Los resultados de los estudios realizados sobre las proyecciones del cambio climático y su posible impacto sobre el caudal de los ríos de la CdP –para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100– indican un aumento de caudales medios y mínimos en los ríos Uruguay e Iguazú y, una reducción inicial del caudal medio, seguido de un posterior aumento en la región norte de la cuenca del Paraná –sobre todo en la cuenca del río Paranaíba– y en la región del Alto Paraguay. En cambio, para los caudales mínimos, se prevé una reducción.

Las proyecciones indican asimismo un aumento de los caudales medios y mínimos en la región del Chaco, representada por los ríos Bermejo y Pilcomayo, y una reducción inicial del caudal medio, seguido por un incremento respecto del período de referencia en el río Paraná, en Itaipú. Lo mismo es cierto para los caudales mínimos. En el tramo medio e inferior del río Paraná se espera que tanto los caudales medios como los mínimos inicialmente disminuyan, para luego aumentar en el futuro.

La CdP es asimismo rica en recursos hídricos subterráneos. Coincide en gran parte con el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), uno de los mayores reservorios de aguas subterráneas del mundo. Al oeste de la Cuenca se localiza el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) que coincide, mayormente, con la zona semiárida del Gran Chaco Americano.

El desarrollo natural de las poblaciones urbanas y rurales asociado con el fuerte incremento de las actividades agrícolas e industriales ha incrementado de manera significativa el uso de los recursos hídricos, particularmente aquellos de origen subterráneo.

Las principales actividades relacionadas con el uso del agua en la Cuenca son los servicios urbanos y las de los sectores agropecuario, industrial, minero, energético (generación hidroeléctrica), transporte (navegación), protección de los ecosistemas y turismo.

La demanda de abastecimiento de agua potable es satisfecha por los grandes ríos de la Cuenca, por pequeñas fuentes superficiales cercanas a las ciudades o por agua subterránea. Con el crecimiento de las ciudades, las fuentes de abastecimiento de agua resultan muchas veces sobreexplotadas o contaminadas, con el consecuente riesgo para la salud de la población.

La agricultura es la principal actividad económica que se realiza en la Cuenca del Plata y es la que genera los mayores cambios en el uso de la tierra. Los principales cultivos corresponden a ciclos anuales: soja, trigo, maíz y arroz. El arroz es producido con riego por inundación y es uno de los grandes consumidores de agua.

La actividad industrial es diversificada y está relacionada particularmente con los principales centros urbanos en Argentina y Brasil, como las regiones metropolitanas de San Pablo y de Buenos Aires. En estas regiones, la producción industrial más importante está relacionada con el desarrollo automotriz y los derivados del petróleo.

La producción de la industria minera ocupa un lugar importante entre las actividades económicas de los países de la CdP, aunque no es un área altamente productora de minerales.

La CdP posee una capacidad de generación hidroeléctrica muy importante. Su aprovechamiento significa una porción relevante de la generación de energía en los países involucrados.

La navegación se realiza a través de las hidrovías Paraguay-Paraná, principal ruta que conecta a los países de la Cuenca; Uruguay; en el tramo aguas abajo de la presa de Salto Grande; y Tietê-Paraná, donde la navegación se desarrolla dentro de Brasil debido a la falta de esclusas en la presa de Itaipú.

La Cuenca comprende una región con notables ecosistemas, desde las Cataratas del Iguazú hasta el enorme corredor de humedales que vincula al Pantanal con el Delta del Paraná, en su desembocadura en el Río de la Plata, constituyendo una importante reserva de agua dulce, con una rica diversidad biológica y cultural, sumamente apropiada para

la implementación de estrategias de desarrollo sostenible, que contemplen programas y proyectos de ecoturismo.

En cuanto a las demandas, las estimaciones cuantitativas identificaron áreas de la Cuenca con conflictos existentes o potenciales como la de los ríos Pilcomayo y Bermejo, por la contaminación difusa del agua proveniente de los cultivos y de la minería; la del río Tietê –región Metropolitana de San Pablo– por la alta demanda de agua, manantiales contaminados, bajos caudales y, por lo tanto, baja capacidad de asimilación de la contaminación urbana en la cabecera de la cuenca; y la alta demanda de agua para riego de arroz en Brasil, Uruguay y Argentina, con potenciales conflictos con los usos urbanos, entre otros.

Sistemas de monitoreo hidrometeorológico

Las observaciones y pronósticos hidrometeorológicos son una de las principales actividades de los servicios meteorológicos de los cinco países la Cuenca. También el sector privado y organizaciones no gubernamentales tienen participación en las observaciones hidrometeorológicas.

En Bolivia, los servicios meteorológicos también incluyen las observaciones hidrológicas pero, en los otros cuatro países, éstas son realizadas por otras instituciones nacionales, además de entidades regionales o provinciales y entes nacionales que requieren información para fines específicos, como el sector energético. Al ser la información hidrometeorológica generada por redes operadas por diferentes actores, presenta el desafío de integrar la información.

La red de monitoreo de parámetros hidrológicos y de calidad de agua de la CdP muestra una marcada asimetría, tanto en lo que respecta a sus aspectos cualitativos

como cuantitativos. La cantidad de estaciones, sus características, distribución y densidad de la red, presentan diferencias importantes, sobre todo a nivel de subcuencas.

El proceso de radarización de la CdP está en marcha. En Argentina, en 2011, se lanzó el Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME), que tiene por objetivos el desarrollo y construcción de radares meteorológicos y el diseño e implementación de un Centro de Operaciones con capacidad para recibir, procesar y analizar los datos respectivos. En Brasil se destaca, como uno de los objetivos estratégicos del Plan Nacional de Gestión de Riesgos y Respuestas a Desastres Naturales, el hecho de ampliar la red de observación de condiciones de tiempo y clima en el territorio nacional; los radares integran un sistema de prevención y alerta sobre condiciones climáticas extremas, red que está siendo ampliada con la adquisición de nuevos radares con tecnología de última generación. En Paraguay está en operación un radar meteorológico ubicado en Asunción, y existen planes de ampliar la red con un radar en el centro de la región oriental del país, a fin de obtener una mejor cobertura regional. La posibilidad de un radar meteorológico funcionando en Uruguay, e integrado regionalmente, ayudaría a cerrar espacios vacíos en las observaciones de radares meteorológicos en la Cuenca.

En la CdP son varias las fuentes de información que actualizan datos e imágenes de satélites meteorológicos cada 30 minutos. Los servicios meteorológicos de la región procesan información del GOES-13, que está disponible en tiempo real. Varios son los tipos de imágenes disponibles en forma operativa durante todo el día (imagen infrarroja, imagen visible, topos nubosos y vapor de agua), información de utilidad para definir el estado de situación y pronóstico climático. Productos procedentes de otros satélites, en general de órbita polar, están disponi-

bles con el aporte de información complementaria, como agua precipitable e índices de inestabilidad.

El Sistema Integrado de Observación Global de la OMM (WIGOS) es una propuesta integrada para mejorar y desarrollar el sistema de observación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). WIGOS-SA/CP es la implementación de WIGOS en el sur de América del Sur/Cuenca del Plata, cuyo principal objetivo “es crear una red hidrometeorológica homogénea en el sur de América del Sur, en la que participen los cinco países de la Cuenca y sus respectivos servicios meteorológicos e hidrológicos y organismos que se ocupan de cuestiones hídricas, el CIC y la OMM”. La implementación de WIGOS permitirá a sus miembros, en coordinación y colaboración con otras agencias nacionales, dar una mejor respuesta ante desastres naturales, mejorar los servicios de monitoreo y predicción y adaptarse al cambio climático.

En septiembre de 2015 se realizó en Brasilia el Tercer Taller sobre Redes Hidrometeorológicas de la Cuenca del Plata, con el objetivo de establecer propuestas para el PAE y dar seguimiento al Programa WIGOS. Entre las conclusiones del Taller cabe mencionar, entre otras, definir redes hidrometeorológicas estratégicas básicas para la CdP con visión regional y crear Centros Regionales (virtuales) Hidrometeorológicos Aplicados, como factores de integración.

Por su parte, el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur (CRC-SAS) –una organización virtual, constituida en forma de red, según los principios definidos por la OMM– se encuentra en su fase inicial de implementación y ofrece servicios climáticos en apoyo a los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales y a otros usuarios de los países de la región sur del continente.

El Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) es una iniciativa de las Naciones Unidas encabezada por la OMM, con el fin de orientar la elaboración y aplicación de información y servicios climáticos basados en conocimientos científicos para apoyar la toma de decisiones en sectores sensibles al clima. Las áreas prioritarias para el MMSC son, entre otras, agricultura y seguridad alimentaria, energía, reducción de riesgos de desastres, salud y agua. En la CdP, el CRC-SAS podría ayudar al fortalecimiento de capacidades de colaboración regional y subregional, detectar las necesidades de los usuarios, identificar unidades de investigación y generación de productos que colaboren en las actividades y brindar apoyo a los proyectos en ejecución.

En la Cuenca, el Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y el Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC), de Brasil, y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de Argentina cuentan con modelos operacionales para predicciones numéricas climáticas con fines hidrológicos.

Aspectos institucionales

El Sistema de la Cuenca del Plata es el conjunto de órganos creados para el cumplimiento de los objetivos del Tratado de la Cuenca del Plata, que incluye formalmente a la reunión de Cancilleres, al Comité Intergubernamental Coordinador de los países de la Cuenca del Plata, al Comité Intergubernamental de la Hidrovía Paraguay-Paraná y al Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata FONPLATA.

El Tratado de la Cuenca del Plata (TCP), que entró en vigor en 1970, destaca la búsqueda de un mejor y más racional aprovechamiento de los recursos hídricos y de su desarrollo sustentable.

El CIC, creado en febrero de 1967, pasó a ser el órgano permanente de la Cuenca, de acuerdo con el TCP. Desde su creación, el CIC se ha concentrado en áreas de interés común de los cinco países, facilitando la realización de estudios, programas y obras de infraestructura, en temas de hidrología, recursos naturales, transporte y navegación, suelos y energía. La necesidad de contar con una capacidad técnica de gestión en la CdP fue reconocida en diciembre de 2001, en los acuerdos de la reunión de Cancilleres de la Cuenca realizada en Montevideo, que aprobó un nuevo Estatuto para el CIC, el cual incorpora dos representantes por cada país, uno político, con autoridad plenipotenciaria, y un segundo representante de carácter técnico. Los representantes técnicos de los países constituyen la Unidad de Proyectos del Sistema de la Cuenca del Plata.

Además del CIC, en el marco del TCP se han integrado y suscripto una serie de acuerdos complementarios que llevaron a la creación de distintas instituciones y agencias con competencias específicas en la Cuenca, tales como FONPLATA, su instrumento financiero, y el CIH, encargado de la Hidrovía Paraguay-Paraná. El Tratado reconoce, además, la posibilidad de otros acuerdos binacionales o trinacionales independientes para atender temas de interés específico de las partes, dando lugar a numerosos organismos.

En 1995, la institucionalidad para la integración regional se fortaleció por el Tratado de Asunción, que creó el Mercosur, destinado a incentivar el comercio intrarregional e internacional de los países que lo integran.

Variabilidad y cambio climático en la Cuenca del Plata

La parte tropical y subtropical de América del Sur está caracterizada por el Monzón Sudamericano, sistema de circulación at-

mosférica estacional, condicionado por la radiación solar estacional, con una marcada influencia en el régimen hidroclimático de la CdP. Una de sus características principales es el bien definido ciclo anual de la precipitación en la mayor parte de la Cuenca, con máximos en verano y mínimos en invierno.

Esta estacionalidad es más acentuada en las subcuencas del Paraguay y del Paraná, atenuándose un poco en las del Uruguay y en la propia del Río de la Plata. La precipitación total anual es muy variable en la Cuenca, aumentando de oeste a este, con mayor precipitación en las subcuencas del Alto Paraná y del Alto Uruguay, con núcleos que sobrepasan los 2500 mm, mientras que la zona más seca es la región del Gran Chaco Americano, con núcleos inferiores a 600 mm.

Durante la primavera y el verano austral se observan sistemas dominantes que conectan el Amazonas con el sudeste de Sudamérica, la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), una banda nubosa convectiva que va desde el sur del Amazonas hasta el sudeste del Brasil y el Jet de Bajo Nivel de Sudamérica (SALLJ). Estos sistemas actúan produciendo lluvias.

Los aumentos sistemáticos de precipitación y escorrentía desde mediados de la década del 70 son consistentes con el aumento de la frecuencia de los eventos SALLJ, lo que aparentemente es corroborado por las observaciones que indican eventos extremos de lluvias más frecuentes en los últimos 30 años.

El desarrollo de eventos El Niño y La Niña, fenómenos relacionados con la temperatura superficial del Océano Pacífico Tropical, tiene efectos marcados en el clima de gran parte de la CdP, especialmente en la escala

de tiempo interanual, afectando la variabilidad de la lluvia. En años Niño se han observado precipitaciones y escorrentías intensas, como en 1982-1983 y 1997-1998. En años Niña se ha observado una tendencia a situaciones de déficit pluviométrico o sequía. La relación de la precipitación con estos eventos constituye un pronosticador del régimen de lluvia para los meses futuros, en la medida que los mismos pueden ser detectados en forma temprana.

Por otra parte, la deforestación y los cambios en el uso del suelo, como resultado de las actividades humanas, aumentaron rápidamente en los últimos 60 años y hay evidencias de que estas acciones antrópicas modifican las características termodinámicas de la baja atmósfera por efecto de complejas interacciones entre el clima, la hidrología, la vegetación y el manejo de los recursos agua y suelo. Entre los cambios detectados se encuentran incrementos en las precipitaciones y en el caudal de los ríos, además de modificaciones en la circulación atmosférica de superficie y en las temperaturas extremas, que podrían estar vinculadas con el cambio climático.

Por un lado, la CdP ha experimentado eventos extremos de precipitación cada vez con mayor frecuencia e intensidad y, por el otro, se ha observado en el centro y norte de la Cuenca una tendencia al retraso en el inicio de la primavera austral o un aumento en la extensión de la estación seca.

Entre el otoño y la primavera, la incursión de ciclones extratropicales es frecuente en la CdP, responsables de gran parte de la precipitación que acontece en la estación invernal en la parte oriental de la Cuenca y en las subcuencas del Bajo Paraná y del Uruguay y en la propia del Río de la Plata, coincidiendo además con la reducción de la precipitación en las subcuencas del Paraguay.

El año 2015 fue el más cálido desde mediados del siglo XIX, desde que se dispone de mediciones de temperaturas. Según datos de la OMM, la temperatura media global en superficie batió todos los records anteriores por un margen sorprendentemente alto, con $0,76 \pm 0,1^\circ\text{C}$ por encima de la media del período 1961-1990. En la CdP se observó una temperatura mayor a la media, de entre $0,5^\circ\text{C}$ y $1,5^\circ\text{C}$. Las herramientas comúnmente utilizadas para evaluar el estado actual y las proyecciones climáticas son los modelos del clima, Globales Atmosféricos o Globales Acoplados Océano-Atmósfera. No obstante, la resolución horizontal atmosférica utilizada por estos modelos es un tanto gruesa, y el clima regional, en muchas partes del mundo, puede estar afectado por circulaciones que ocurren en una escala menor. Es por ello que la técnica de regionalización es útil para mejorar la información de los modelos globales. El *downscaling* utilizando modelos climáticos regionales, posee la atribución de ser una herramienta muy útil para generar escenarios de cambio climático en alta resolución para estudios de impactos climáticos y adaptación al cambio climático.

Las proyecciones de eventos extremos de los modelos climáticos tienen aún una amplia componente de incertidumbre. Aun así, el conocimiento de la variabilidad observada en el clima, en las escalas de tiempo más extensas posibles, sirve de base para analizar el clima futuro, intentando así separar la variabilidad natural observada de aquella que es consecuencia de la acción antrópica.

Pronóstico con modelos de cambio climático

Como parte de las actividades del proyecto, se realizaron durante la Etapa 1 simulaciones con el modelo climático regional ETA, para el escenario RCP 4.5 (moderado), comprendiendo el período 1960-2100, las cuales

reprodujeron un clima presente con campos estacionales de la precipitación y la temperatura del aire que podrían ser considerados aceptables en comparación con los datos observados para el mismo período.

La modelación climática ETA ha permitido contar con resultados regionales a partir de los escenarios establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y trasladarlos a otros indicadores tales como riesgo, caudales, humedad de suelo y erodabilidad. Si bien las conclusiones son importantes e indicativas sobre los posibles impactos, se considera que el enfoque posee limitaciones, ya que a la luz de las incertidumbres actuales de los modelos climáticos globales, lo más aconsejable para el manejo de escenarios futuros es emplear un conjunto de modelos (en vez de un único modelo, como en este caso) para así considerar luego el “ensamble” de resultados.

Las precipitaciones estacionales en general fueron reproducidas aceptablemente, con una tendencia a subestimar la precipitación en verano en la ZCAS, mientras que en invierno y primavera la tendencia es a sobrestimar la precipitación en el este de la Cuenca (Alto Paraná y Alto Uruguay). Respecto de la temperatura del clima presente, se puede observar una buena reproducción, si bien subestima la temperatura en el verano y en otoño en el sureste (Alto Uruguay) y en el invierno en el centro oeste de la Cuenca (Bajo Paraguay y Bajo Paraná), mientras que sobrestima un tanto la temperatura en la ZCAS mencionada.

Respecto de los climas futuros, se analizaron campos medios estacionales de la precipitación y la temperatura del aire para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, que son comparados con el clima presente.

La precipitación futura, según el modelo, presenta diferencias o anomalías para diferentes períodos en relación con el período de referencia 1961-1990. En 2011-2040 es posible observar una tendencia de anomalía negativa de la precipitación en buena parte de la CdP, principalmente durante el verano y, en menor medida, en otoño y en primavera. Esta anomalía negativa se extiende sobre toda la ZCAS, desde la costa atlántica de la región sudeste hasta la región centro oeste, donde termina el dominio analizado. Cabe destacar las fuertes anomalías negativas del verano en la subcuenca Alto Paraná. La disminución de la precipitación es también observada para la estación invernal (junio, julio y agosto/JJA) sobre la parte sudeste de Brasil, aunque en menor magnitud. Mientras tanto se observa una tendencia al aumento de la precipitación en la subcuenca del Alto Uruguay durante la primavera y el otoño, con extensiones hacia el Río de la Plata.

Por su parte, la temperatura del clima futuro para los períodos analizados muestra una tendencia persistente de un calentamiento respecto del período de referencia en toda la Cuenca. En 2011-2040 se observan las mayores anomalías en la subcuenca Alto Paraguay (Pantanal), especialmente en el verano, cuando las anomalías alcanzan hasta 3,5°C. En la misma región se observan máximos también en otoño y en primavera, siendo el invierno la estación que presenta anomalías más suaves, aunque con valores significativos de 2°C o más. En 2041-2070 el calentamiento del clima continúa su marcha ascendente, observándose anomalías de entre 2,5°C a 4,0°C en primavera y en verano, con aumentos más suaves en otoño e invierno, de 2,5°C a 3,0°C para toda la Cuenca, siendo la zona más cálida nuevamente la región del Pantanal en el Alto Paraguay.

A pesar de la tendencia negativa más acentuada que otros modelos en la precipita-

ción, y de anomalías positivas para la temperatura, es posible decir que el modelo ETA puede ser considerado como una guía válida para el análisis de los escenarios climáticos del futuro.

Al considerar escenarios inmediatos en términos climáticos, el período 2011-2041 presenta situaciones tales como una disminución de la precipitación en gran parte de la Cuenca y un aumento considerable de la temperatura. Este escenario podría afectar los recursos hídricos en la CdP. En un escenario con menor precipitación y mayor temperatura, el balance hidrológico regional podría conducir a caudales medios en descenso, facilitando la ocurrencia de eventos extremos, como la mayor posibilidad de sequías e incendios forestales.

Con un escenario en que la humedad del suelo está en disminución o en permanente déficit, podría implicar un fuerte impacto en la producción agrícola y ganadera y, en consecuencia, un perjuicio socio-económico. A su vez, la reducción de los recursos de aguas superficiales y subterráneas pondría en compromiso el abastecimiento de agua potable para consumo humano, mientras que la disminución de los caudales medios también podría afectar la calidad de las aguas de los ríos transfronterizos. El avance de la frontera agrícola podría aumentar la concentración de contaminantes en los cursos hídricos, como así también el transporte y depósito de sedimentos.

Aun sin tener en cuenta el cambio climático, el riesgo de desastres continuará aumentando en muchos países, siempre que un mayor número de personas y bienes en condiciones de vulnerabilidad estén expuestos a extremos climáticos. Siguiendo con los resultados del modelo ETA, los días secos consecutivos irían disminuyendo durante el siglo XXI, mientras que los días húmedos consecuti-

vos irían aumentando en el mismo periodo, guardando consistencia con la tendencia de la precipitación anual. La ocurrencia de eventos extremos también tiende a manifestarse en la intensidad de las lluvias, ya que los días con lluvia fuerte estarían aumentando en el presente siglo, especialmente al suroeste de la Cuenca, como así también los días con lluvia muy fuerte.

Previsión de impactos socioeconómicos

En los próximos 30 años –que son los más importantes considerando la vida útil de los proyectos– las precipitaciones y los caudales deberían disminuir en las cuencas altas de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay en Brasil en los meses de lluvia (diciembre, enero y febrero/DEF). Las lluvias y los caudales en la cuenca baja de estos ríos tenderían a aumentar.

El principal impacto sobre el desarrollo urbano se observa sobre la reducción de la seguridad hídrica, en particular en aquellas ciudades que están en las cabeceras de los ríos y con población muy grande; además, la disminución de los caudales agrava la capacidad de dilución de efluentes sin tratamiento.

Respecto del desarrollo rural, los países de la región son importantes jugadores dentro de la comunidad mundial de *commodities* agrícolas. En el escenario de reducción de precipitación y caudal en las cuencas altas, se ve afectada la producción de granos, principalmente en el centro-oeste de Brasil, que es actualmente la región con mayor producción agropecuaria. Por otro lado, mejora la disponibilidad hídrica para la producción agrícola en las cuencas bajas en Argentina y Uruguay.

También la reducción de precipitación y de caudal en las cuencas altas afectan directamente la generación hidroeléctrica, consi-

derando que en el sudeste de Brasil se concentra el 60 % de su generación de ese país y, a su vez, que gran parte de los caudales que alimentan los aprovechamientos hidroeléctricos en los tramos internacionales tiene origen en las cuencas altas.

Para la navegación, que depende de los caudales de las cuencas altas, considerando los escenarios de cambio climático presentados, el impacto puede representar un aumento importante de costo, principalmente en el tramo medio y alto del río Paraguay, para permitir la navegación con el calado adecuado a lo largo del tiempo.

Las condiciones más críticas para los eventos extremos son el aumento de sequías en las cuencas altas por la disminución de las lluvias, mientras que para el medio ambiente, los principales impactos derivan de la menor calidad del agua de ríos de cabecera por reducción de caudal y disminución de la dilución de los efluentes; la reducción de los caudales, que impactará sobre la fauna, y la elevación de la napa freática en la pampa, por aumento de las lluvias.

Marco legal-institucional

En los cinco países integrantes de la CdP existe un marco jurídico suficiente para la gestión y protección de los recursos naturales y, en especial, de los recursos hídricos, que se integra con disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias de carácter nacional, provincial, estadual o municipal, teniendo inclusive en consideración, en algunos casos, el cambio climático. Sin embargo, existe una brecha entre el marco legal y su aplicación práctica. Salvo casos puntuales, los avances normativos no han sido acompañados en igual medida por una efectiva reglamentación e implementación de los instrumentos de gestión que requiere la correspondiente asignación de recursos financieros, humanos y logísticos.

Los cinco países de la Cuenca han ratificado la Convención Ramsar sobre Humedales, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, entre otros acuerdos en el ámbito mundial. Entre los regionales, pueden mencionarse, entre otros, el Convenio relativo al aprovechamiento de los rápidos del río Uruguay en la zona de Salto Grande (Argentina-Uruguay), el Tratado de Itaipú (Brasil-Paraguay) y el Acuerdo sobre Medio Ambiente del Mercosur (Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay).

Todos los países tienen normas nacionales en la materia como son, por ejemplo la Ley General del Ambiente (Argentina); la Ley Madre Tierra, que incorpora un Marco sobre Cambio Climático (Bolivia); la Ley de Aguas (Brasil); la Ley de Recursos Hídricos (Paraguay) y la Ley de Política Nacional de Aguas (Uruguay).

Existen organismos multilaterales que actúan en el ámbito de la CdP, como el Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (1967), la Comisión Administradora del Río de la Plata (1973), la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo (1995) y la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y del Río Grande de Tarija (1995), entre otros. A ello se suman tanto instituciones nacionales e interjurisdiccionales, como los planes nacionales o de cuencas en todos los países.

El marco legal-institucional en temas específicos, como los eventos hidrológicos extremos, se compone de acuerdos, como el referido a la Lucha contra la Desertificación en Países afectados por Sequía Grave (1994); normas nacionales, como la Ley de Política Nacional de Protección y Defensa Civil de Brasil y planes nacionales, como el Plan Nacional Federal de Control de Inundaciones de Argentina.

Respecto de la pérdida de calidad del agua, los países han ratificado la Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (1989) y disponen de normas propias, como la Ley de otorgamiento de derechos de vertido de efluentes (Brasil). En materia de sedimentación de los cuerpos y cursos de agua, un ejemplo es la ley de Paraguay sobre restablecimiento de bosques protectores de los cauces hídricos de la Región Oriental y su conservación.

Al amplio panorama normativo –del que solo se han citado los principales ejemplos– se deben sumar acuerdos y normas específicas sobre otros temas, como navegación, hidroelectricidad, planes de contingencia frente a desastres, alteración y pérdida de la biodiversidad, uso sostenible de recursos pesqueros y utilización sostenible de acuíferos en zonas críticas, entre otras temáticas.

Temas críticos transfronterizos

El Macro-Análisis Diagnóstico Transfronterizo (Macro-ADT), desarrollado durante el período 2003-2005, identificó, con base científica y social, los temas críticos transfronterizos (TCT) presentes y emergentes en la CdP y sus cadenas causales.

Los temas críticos identificados fueron los siguientes: eventos hidrológicos extremos (inundaciones y sequías), pérdida de calidad del agua, sedimentación de los cuerpos y cursos de agua, alteración y pérdida de la biodiversidad, uso no sostenible de recursos pesqueros, utilización no sostenible de acuíferos en zonas críticas, conflictos por el uso del agua e impacto ambiental de los cultivos irrigados, falta de planes de contingencia frente a desastres, insalubridad de las aguas y deterioro de la sanidad ambiental, agregándose posteriormente limitaciones a la navegación y desarrollo del potencial hidroenergético.

Como parte de las actividades iniciales del proceso posterior, se actualizó el documento de proyecto y se revisaron las cadenas causales de cada TCT, realizando los ajustes correspondientes.

La ejecución del proyecto durante el período 2011-2016 posibilitó el desarrollo de actividades dirigidas a la profundización del estado de conocimiento para la consolidación y actualización del diagnóstico.

El proceso se desarrolló con el involucramiento de distintos Grupos Temáticos (GT), con representación de instituciones gubernamentales y académicas de los cinco países de la Cuenca con competencia en el tema. Asimismo se desarrollaron proyectos piloto demostrativos y proyectos prioritarios para la resolución de problemas críticos de la Cuenca, con el objeto de proveer experiencias de gestión local e información para la preparación del presente ADT y del PAE, catalizando iniciativas existentes en los países involucrados.

Causas y recomendaciones

Entre las principales causas de los eventos hidrológicos extremos se destacan: las carencias de planificación urbana y territorial, la escasa coordinación de informaciones sobre eventos extremos, la falta de políticas regionales de prevención de desastres y la de procesos de educación y concientización. En vista de ello se recomienda consolidar, ampliar y mejorar la coordinación entre los diversos sistemas de monitoreo, información, predicción climática y alerta temprana; mejorar la planificación urbana y territorial para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad a eventos extremos; promover el desarrollo de políticas regionales y el fortalecimiento del marco legal para la prevención y gestión de tales eventos y desarrollar e intercambiar experiencias so-

bre programas de investigación, concientización y educación ambiental relacionados con ellos, entre otras cuestiones.

Respecto de la pérdida de calidad del agua, se han detectado como causas principales: el tratamiento inadecuado de las aguas residuales, la falta de capacitación de gestores ambientales, la falta de políticas de desarrollo que estimulen el empleo de tecnologías limpias y la minimización de residuos, y la deficiencia en el cumplimiento de las normativas existentes. Para su mitigación se recomienda, principalmente, buscar fuentes de financiamiento para la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, promover la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y el uso racional de agroquímicos y desarrollar programas de capacitación de gestores ambientales.

En cuanto a la sedimentación de los cuerpos y cursos de agua, se han detectado como los principales causantes de este problema el uso y manejo inadecuado de los suelos (actividad agrícola en expansión, uso de suelos marginales, eliminación de pasturas naturales, sobrepastoreo); la falta de estímulos, políticas de extensión y capacitación para aplicar técnicas agrícolas sostenibles y la debilidad técnica-económica por parte de los organismos estatales. Para ello se recomienda promover el desarrollo y armonización de normas de protección y uso de los recursos naturales; desarrollar planes de ordenamiento territorial y zonificación agro-ecológica; fortalecer las capacidades institucionales para la gestión del uso del suelo; implementar programas de recuperación de suelos y control de erosión en áreas prioritarias y desarrollar programas de capacitación y extensión en técnicas de manejo y conservación de suelos.

Las principales causas detectadas para la alteración y pérdida de la biodiversidad fue-

ron la sustitución de ecosistemas naturales por actividades productivas; la falta de incentivos para el cuidado y conservación de los sistemas naturales; la falta de protocolos para el control de especies invasoras y la falta de conciencia social sobre el valor de los recursos hídricos y la biodiversidad. Ante ello se recomienda fundamentalmente establecer mecanismos de cooperación entre los países en materia de conservación de la biodiversidad; desarrollar corredores ecológicos fluviales y costeros y otras formas de conservación participativa; impulsar el desarrollo de áreas protegidas transfronterizas y promover la adopción de presupuestos mínimos regionales para la conservación de la biodiversidad.

Respecto del uso no sostenible de recursos pesqueros, aparecen como las principales causas la sobreexplotación de especies de interés comercial objetivo; la falta de coherencia técnica y política en el diseño e implementación de políticas pesqueras; la falta de políticas armónicas e integradas para la protección de la vida acuática a nivel de cuenca y el uso de técnicas insustentables y dificultades en la aceptación de nuevas tecnologías. Como recomendaciones, se sugieren en especial la promoción de políticas integradas, normas y criterios compatibles para la protección y uso sostenible del recurso pesquero a nivel de cuenca; el fortalecimiento de herramientas y mecanismos de gestión y control; la realización de estudios de vulnerabilidad de hábitats ribereños prioritarios y la implementación de programas de concientización y de capacitación en técnicas sustentables de producción.

En cuanto a la utilización no sostenible de acuíferos en zonas críticas, se han detectado como causas principales la existencia de focos contaminantes por usos agrícolas y descargas domiciliarias e industriales;

la falta de gerenciamiento del uso de aguas subterráneas; la falta de coordinación institucional transfronteriza para el control y gestión compartida y la escasa participación de la sociedad. Las recomendaciones principales en este tema son desarrollar instrumentos de gestión integral y participativa; realizar estudios de vulnerabilidad para la identificación de áreas de riesgo, a escala regional y local; desarrollar inventarios y bancos de datos regionales e impulsar una mayor participación de la sociedad.

En cuanto a los conflictos por el uso del agua e impacto ambiental de los cultivos irrigados, las principales causas detectadas son la escasa o deficiente información disponible sobre los recursos hídricos compartidos (inventario de usos y disponibilidad); la falta de organismos de gestión conjunta de los recursos hídricos compartidos; las asimetrías en las estructuras jurídico-institucionales para la gestión integrada del recurso compartido y el desconocimiento de los actores sociales sobre el valor de los recursos y su disponibilidad limitada. En cuanto a las recomendaciones, las principales son: promover acuerdos y el desarrollo de marcos legales comunes para la gestión de los usos de agua; fortalecer la capacidad de gestión y la coordinación institucional de organismos competentes de los cinco países; generar información y facilitar el acceso público a los datos de interés para la gestión de la oferta y demanda y establecer estrategias de comunicación, difusión y sensibilización de la opinión pública sobre la gestión.

Ante la falta de planes de contingencia frente a desastres, se ha detectado como causas principales, los riesgos de roturas por errores de operación de presas; la falta de revisión de los criterios de seguridad de las presas, considerando las incidencias del cambio climático; la inexistencia de normativas nacionales y transnacionales que regulen la seguridad

de las presas y la falta de conciencia sobre los riesgos de las poblaciones ubicadas aguas abajo de este tipo de obras y de las propias empresas operadoras. Por ello, las principales recomendaciones son establecer normas y criterios comunes de seguridad, considerando la incidencia de la variabilidad y el cambio climático; elaborar y adoptar normas nacionales y transnacionales de seguridad y de operación bajo emergencias; desarrollar o actualizar planes y programas de contingencia ante rotura de presas y desarrollar medidas de concientización ciudadana sobre prevención y reducción de riesgos.

Para el tema insalubridad de las aguas y deterioro de la sanidad ambiental, se han detectado como causas principales la falta de información sobre enfermedades de origen hídrico; la ineficiencia del control sobre vuelcos industriales y de agrotóxicos; la asimetría de los criterios legales y técnicos para la gestión de los recursos hídricos y de la salud pública y la resistencia al cambio de hábitos. Como recomendaciones se subraya fortalecer la investigación y la generación y difusión de datos sobre enfermedades de origen hídrico; promover políticas y programas para el tratamiento de residuos sólidos, residuos industriales, y manejo de agroquímicos; fortalecer la capacidad de gestores locales y la articulación y coordinación institucional de organismos e instituciones del sector hídrico y de saneamiento de los países e impulsar programas de educación y concientización ciudadana sobre higiene ambiental y salud.

Para las limitaciones a la navegación, se considera como causas principales la falta o insuficiencia de infraestructura para superar los puntos críticos naturales, la inadecuada gestión institucional conjunta, las asimetrías y debilidades en las normativas de los países y la preferencia por el transporte terrestre. Ante ello, se reco-

mienda fundamentalmente, compatibilizar políticas regionales para el transporte fluvial, adecuar el marco legal e institucional para la navegación fluvial, desarrollar planes transfronterizos para el mantenimiento y dragado de las vías navegables e impulsar un sistema integral de transporte.

Para el tema desarrollo del potencial hidroenergético, no se realizó el respectivo análisis de sus causas. Sin embargo, se destacan como recomendaciones: realizar acuerdos para la integración energética entre los países de la Cuenca; integrar las redes de monitoreo hidrometeorológico de los aprovechamientos hidráulicos a los demás sistemas de información y efectuar acciones para el aprovechamiento de las comunicaciones del sistema interconectado regional a fin de mejorar la transmisión de informaciones para los sistemas hidrológicos de alerta temprana.

Conclusiones del ADT como aporte al PAE

El desarrollo de cada uno de los Temas Críticos Transfronterizos permite comprender el comportamiento hidroambiental de la Cuenca del Plata, tanto desde el punto histórico como el del proyectado para el futuro. A la comprensión de los fenómenos naturales, se debe agregar un mejor conocimiento de las actividades antrópicas que han afectado ese comportamiento hidroambiental, particularmente el cambio en el uso del suelo, impulsado especialmente por el desarrollo de la agricultura y la ganadería y la creciente urbanización. Tal comportamiento hidroambiental, modificado por la acción del ser humano, es la base directa o relativamente más indirecta, para el análisis de cada uno de los TCT.

Sobre la base del análisis de las principales causas identificadas para los TCT, y de las recomendaciones surgidas a partir del desarrollo de esta fase del proyecto, se plan-

tean, entre otras, las siguientes recomendaciones generales para el Programa de Acciones Estratégicas (PAE), agrupadas en aspectos técnicos, económico-gerenciales, político-institucionales y socio-culturales:

Aspectos técnicos:

- Promover el monitoreo conjunto en cantidad y calidad de los recursos hídricos compartidos.
- Impulsar la coordinación entre los sistemas de observación y de alerta frente a eventos extremos (inundaciones y sequías) de los países de la Cuenca.
- Mejorar la planificación urbana y territorial para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad a eventos extremos.
- Intercambiar experiencias sobre gestión del riesgo entre los organismos nacionales, bilaterales y multilaterales.
- Desarrollar o actualizar planes y programas de contingencia ante rotura de presas y otros accidentes.
- Promover mejoras estructurales, de mantenimiento y de operaciones en puertos.
- Promover acciones para la reducción de vulnerabilidad del transporte fluvial.
- Desarrollar planes transfronterizos para el mantenimiento y dragado de las vías navegables.

Aspectos económico-gerenciales:

- Desarrollar corredores ecológicos fluviales y costeros y otras formas de conservación participativa.
- Establecer mecanismos de cooperación entre los países en materia de conservación de la biodiversidad.

- Establecer normas y criterios comunes de seguridad, considerando la incidencia de la variabilidad y el cambio climático.
- Promover el intercambio de información y de experiencias sobre operación de embalses y seguridad de obras.

Aspectos político institucionales:

- Promover la cooperación y coordinación institucional a nivel de cuenca, incluyendo la consolidación del CIC como organismo de coordinación y articulación institucional a nivel de Cuenca.
- Armonizar los marcos jurídicos para la gestión de los recursos hídricos transfronterizos.
- Promover la adopción de presupuestos mínimos regionales para la conservación de la biodiversidad.
- Desarrollar y aplicar protocolos para el control y manejo de especies invasoras.
- Compatibilizar políticas regionales y adecuar el marco legal e institucional para la navegación fluvial.
- Compatibilizar políticas regionales para el desarrollo hidroeléctrico.

Aspectos socio-culturales:

- Impulsar una mayor participación de la sociedad en las acciones tendientes a la solución de los problemas de la Cuenca.
- Desarrollar e intercambiar experiencias sobre programas de investigación, educación y concientización ciudadana en materia de recursos hídricos y respectivas consideraciones ambientales.
- Impulsar programas de educación y concientización ciudadana sobre problemas ambientales específicos de la Cuenca.

