



Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático
Programa Marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e mudanças do clima



Balance hídrico en la Cuenca del Plata

Disponibilidad y usos,
considerando escenarios futuros

Modelos de gestión



CIC
Cuenca del Plata



Balance hídrico en la Cuenca del Plata.
Disponibilidad y usos, considerando escenarios futuros.
Modelos de gestión

Diciembre de 2016



Balance hídrico en la Cuenca del Plata.
Disponibilidad y usos, considerando escenarios futuros.
Modelos de gestión

Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata

Balance hídrico en la Cuenca del Plata : disponibilidad y usos, considerando escenarios futuros : modelos de gestión. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata - CIC ; Estados Unidos : Organización de los Estados Americanos - OEA, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4187-09-3

1. Recursos Hídricos. 2. Gestión de los Recursos Hídricos.

CDD 333.91

Índice

11	Prefacio
15	Resumen ejecutivo
21	<i>Resumo executivo</i>
27	<i>Executive summary</i>
33	Presentación
37	Capítulo 1: Introducción
43	Capítulo 2: Disponibilidad del recurso hídrico
43	2.1 Aguas meteóricas
46	2.2 Aguas superficiales
50	2.3 Aguas subterráneas
55	Capítulo 3: Demanda del recurso hídrico
56	3.1 Demanda de agua en la Cuenca del Plata
61	3.2 Consideraciones sobre el uso del agua subterránea
65	3.3 Consideraciones finales sobre la demanda
67	Capítulo 4: Balance hídrico en la Cuenca del Plata
71	Capítulo 5: Herramientas de gestión
71	5.1 Modelo Témez-CHAC
72	5.2 Modelo de Grandes Cuencas
73	5.3 Modelo SAD
77	Capítulo 6: Aplicaciones de los modelos
77	6.1 Aplicación del modelo Témez-CHAC
77	6.2 Aplicación del modelo MGB
78	6.2.1 Resultados del modelo MGB
92	6.3 Aplicación del modelo SADr-IPH en la cuenca Cuareim/Quarai
94	6.3.1 Ajuste del modelo SADr-IPH a los datos observados

100	6.3.2 Evaluación de pronósticos de precipitación en los caudales del río Cuareim
-----	--

105	Capítulo 7: Desafíos a futuro
-----	--------------------------------------

107	Referencias
-----	--------------------

111	Anexo 1: El modelo Témez-CHAC a nivel mensual
-----	--

117	Anexo 2: MGB a nivel diario, con escenarios futuros
-----	--

125	Anexo 3: Modelo de Gestión SAD
-----	---------------------------------------

135	Anexo 4: Resultados del Balance hídrico por país
-----	---

205	Listado de figuras
-----	---------------------------

207	Listado de tablas
-----	--------------------------

211	Lista de siglas y acrónimos
-----	------------------------------------

215	Referencias institucionales
-----	------------------------------------

Prefacio

La Cuenca del Plata es una de las más importantes del mundo, tanto por su extensión como por sus características socioeconómicas. Es un área de más de tres millones de kilómetros cuadrados, habitada actualmente por más de 110 millones de personas y produce más del 70% del PBI de los cinco países que la integran.

La Cuenca constituye un sistema hídrico con una notable diversidad y productividad en materia biológica, alberga el mayor corredor de humedales de América del Sur y es reconocida como una de las más importantes cuencas del mundo por la cantidad, variedad y endemismo de su ictiofauna. No obstante su riqueza, es una de las cuencas más afectadas en lo social y económico por las cíclicas inundaciones y los persistentes periodos de sequías. La relación entre la hidrología, las modificaciones en el uso del suelo y las incertidumbres respecto del clima futuro plantea una serie de desafíos para disminuir la vulnerabilidad a los desastres naturales y atender la gestión ambiental y las necesidades de la población en condiciones de pobreza y marginalidad. En este escenario, el desarrollo económico y social requerido, dentro del marco de integración regional que lo contiene, plantea la

necesidad de un gran esfuerzo en la valoración, conciencia y educación respecto de la naturaleza.

En 2001, los gobiernos de los cinco países que integran el Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (CIC) decidieron incorporar al organismo capacidades técnicas para atender estos desafíos y concertar un Programa de Acción como guía para la gestión, donde los recursos hídricos juegan un papel clave, incluyendo las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas y sus vínculos con el uso del suelo y el clima. En este esfuerzo, que desarrolló por primera vez un enfoque integrado, las instituciones partícipes coincidieron en la necesidad de fortalecer una visión común de la Cuenca, buscando identificar y priorizar problemas comunes y sus principales causas, de manera de enfrentarlos en forma conjunta y coordinada.

En base a estos antecedentes, y con el apoyo de la SG/OEA y del PNUMA, se gestionó y obtuvo financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para llevar a cabo el *Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuen-*

ca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático (Programa Marco). El Programa fue concebido como un proceso de gestión de largo plazo, a ser ejecutado en forma coordinada por los cinco países, en el marco del CIC. Durante la etapa inicial de formulación del proyecto (2003-2005), y sobre la base de un proceso participativo, se identificaron los principales desafíos a nivel de cuenca y se delinearón las propuestas preliminares para la gestión, orientadas a resolver o mitigar los problemas identificados.

La Etapa 1 del Programa Marco –ejecutada entre 2010 y 2016– permitió profundizar el diagnóstico realizado, logrando caracterizar de forma más precisa y detallada los problemas de la Cuenca, obteniendo una visión integral del estado de los sistemas hídricos. A partir de este mejor conocimiento, se consolidó el Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (ADT) y se formuló el Programa de Acciones Estratégicas (PAE), como documento de políticas y acciones prioritarias consensuadas por los cinco países para resolver los principales problemas identificados, particularmente aquellos de carácter transfronterizo.

Los trabajos fueron desarrollados con la activa participación de instituciones nacionales de cada país, a través de especialistas designados para conformar Grupos Temáticos, que actuaron como instancia de planificación y consenso técnico en la implementación de los distintos subcomponentes en que se estructuró la ejecución

del Programa Marco. Los productos de este esfuerzo se sintetizan en una serie de publicaciones –de la cual el presente documento forma parte– que dan muestra de los resultados obtenidos.

El Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata, agradece el compromiso y esfuerzo de cada una de las personas e instituciones que apoyaron y participaron de la ejecución del Programa Marco. Asimismo, reconoce la valiosa cooperación y aporte de la Organización de los Estados Americanos (OEA), a través de su Departamento de Desarrollo Sostenible, quien colaboró y apoyó al CIC en la ejecución del Programa, y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), quien actuó como agencia de implementación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

El trabajo desarrollado durante esta primera etapa del Programa Marco representó una experiencia pionera, donde más de 150 instituciones y 1500 especialistas de la región lograron articular los intereses y voluntades de cada país en la búsqueda de un objetivo común, orientado a la gestión integrada de los recursos hídricos en el marco de la variabilidad y el cambio climático. Se espera que la experiencia de gestión y las herramientas técnicas desarrolladas cimenten y fortalezcan la voluntad de cooperación e integración regional, buscando avanzar hacia el objetivo de lograr el desarrollo sostenible y el bienestar de los habitantes de los países de la Cuenca del Plata.

Resumen ejecutivo

Las variadas actividades humanas en la Cuenca del Plata están relacionadas directamente con la hidrología, las características hidroclimáticas y el régimen hidrológico. Desde el punto de vista hidroclimático, la CdP cuenta con una diversidad importante de climas, que va desde los secos y muy calurosos del oeste chaqueño, con menos de 300 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 de gran magnitud.

El clima de la CdP presenta gradientes importantes que determinan su comportamiento hidrológico. El norte de la Cuenca está bajo la influencia de un régimen monzónico de lluvias, con un máximo pronunciado en el verano. El gran humedal del Pantanal juega un papel clave en el almacenamiento de las escorrentías causadas por las lluvias en el Alto Paraguay, retrasando en casi seis meses sus aportes mayores al Paraná.

La alta variabilidad climática interanual de la Cuenca, en particular sus precipita-

ciones, está condicionada por el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases fría (La Niña) y cálida (El Niño). 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%.

En términos de variabilidad temporal, la Cuenca del Plata presenta diversos sitios en que las variables hidrológicas presentan comportamientos no estacionarios, según las series temporales disponibles, que viene siendo tema de investigación desde hace, por lo menos, dos décadas.

Para satisfacer la demanda de agua se considera una disponibilidad hídrica conformada por el agua meteórica, las aguas superficiales (ríos, lagos, arroyos) y las aguas subterráneas; cada una de ellas es utilizada para distintos fines.

El balance hidrometeorológico expresado en forma simple por la diferencia entre la Precipitación media (P) y la Evapotranspiración potencial media (ETP), en términos mensuales o anuales, es un primer indicador para las regiones que presentan condi-

ciones medias de exceso o déficit de agua. En la CdP, 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.

El caudal medio del río Paraná, aguas arriba de la desembocadura del río Paraguay, está estimado en 13.916 m³/s (Itatí). El caudal medio del río Paraguay, aguas arriba de la desembocadura en el río Paraná, está estimado en 4.696 m³/s (Puerto Bermejo). Por lo tanto, aproximadamente el 75% del caudal del río Paraná proviene del Alto Paraná (aguas arriba de la confluencia con el río Paraguay), mientras que apenas el 25% del caudal medio proviene del río Paraguay.

El caudal medio del río Uruguay en Salto Grande es de 5725 m³/s.

El caudal total del Río de la Plata, en la desembocadura al Océano Atlántico, puede ser estimado sumando el valor del caudal del río Paraná en Corrientes (18.989 m³/s), más el caudal del río Uruguay en Salto Grande (5725 m³/s), más los aportes de los afluentes aguas abajo de estos si-

tios. Como resultado, se estima que el caudal medio del río de la Plata es de, aproximadamente, 27.000 m³/s.

Las causas de la variabilidad de los caudales de los ríos de la Cuenca del Plata no son completamente conocidas, habiendo sido sugeridos diversos factores, como la variabilidad de la precipitación, la deforestación, la actividad solar, la frecuencia de eventos El Niño y el aumento de las precipitaciones, principalmente a partir de 1970, como producto del cambio climático a nivel global.

La Cuenca del Plata es asimismo rica en recursos hídricos subterráneos. Coincide en gran parte con el Sistema Acuífero Guaraní (SAG). Al oeste de la Cuenca se localiza el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) que coincide, mayormente, con el bioma del Gran Chaco Americano.

Hay también otros acuíferos transfronterizos, que por su ubicación geográfica y sus características hidrogeológicas se convierten en estratégicos para el desarrollo socioeconómico interno del país o región que los contiene.

Con el trabajo conjunto de los cinco países de la CdP, entre 2011 y 2015 se avanzó en la elaboración de un mapa hidrogeológico de síntesis de la Cuenca a escala 1:2.500.000.

El conocimiento de los sectores de usuarios y demandantes del recurso agua de una cuenca resultan de fundamental importancia para la planificación hidrológica, ya que forman parte del análisis de los balances hídricos integrados, constituyendo en su conjunto herramientas indispensables para la gestión de los recursos hídricos. En este sentido, se cuantificaron las demandas del agua por usos en el territorio de la Cuenca del Plata, según la siguiente clasificación:

- Uso doméstico: Comprende el uso de agua potable rural y urbana, con una demanda total de 12.002 hm³/año, constituyendo un 24,5% del total de los usos.
- Uso agrícola: Comprende el riego de cultivos, con un volumen total estimado de 23.995 hm³/año, representando un 48,9% del total consumido en la Cuenca.
- Uso pecuario: Comprende el uso de agua en la producción ganadera, con un volumen total estimado de 3.803 hm³/año representando un 7,8% del total de agua consumido en la Cuenca.
- Uso industrial: Comprende la producción manufacturera, etc. con un volumen total estimado de 9.058 hm³/año representando un 18,4% del total consumido en la Cuenca.
- Uso minero: Comprende el volumen total para la producción, discriminando los procesos intermedios. Existe escasa información de este uso, la información recopilada indica que el volumen total estimado de demanda minera es de 171 hm³/año representando un porcentaje ínfimo sobre el total demandado en la Cuenca.

Cabe destacar que, en la CdP, el desarrollo natural de las poblaciones urbanas y rurales, asociado con el fuerte incremento de las actividades agrícolas e industriales, ha incrementado el uso de los recursos hídricos en forma significativa, particularmente aquellos de origen subterráneo. Este crecimiento, como era de esperar, además de parámetros demográficos, obedece a las características intrínsecas de los acuíferos, como la ocurrencia de unidades potencialmente productivas y a la calidad de sus aguas.

En la región del SAYTT se destaca la presencia de pueblos originarios con problemas sociales similares. La actividad productiva básica del área es la agricultura y la ganadería, con una gran potencialidad en las zonas húmedas. La barrera para el desarrollo económico de la región es el acceso al agua en cantidad y calidad necesaria para la subsistencia y la producción.

En la primera etapa del Programa Marco se ha desarrollado el balance hídrico superficial, el análisis de las demandas y se ha avanzado en el análisis de aguas subterráneas, quedando pendiente la integración de los tres componentes para completar la herramienta de gestión de balance hídrico integrado a nivel de la Cuenca del Plata, integración que se realizó a nivel de cuenca piloto, en la del Cuareim/Quaraí.

El Balance Hídrico Superficial (BHS) de la Cuenca del Plata se calculó a nivel nacional en cada país. En Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay se utilizó el Modelo Témez-CHAC de paso mensual, mientras que en Brasil se implementó el Modelo de Grandes Cuencas (MGB), que es un modelo de paso de tiempo diario, que fue agregado a nivel mensual para poder ser integrado a los resultados de los demás países.

Los resultados obtenidos del balance hídrico superficial a nivel mensual por subcuencas fueron integrados a nivel de Cuenca del Plata en sitios característicos comparando con datos de caudales observados, lo que permitió hacer una estimación de errores con los caudales simulados a nivel del caudal medio anual para el período 1971-2010.

Las herramientas principales utilizadas para analizar la disponibilidad de agua superficial y su variabilidad temporal y espacial a nivel de la Cuenca del Plata fueron: el modelo Témez-CHAC (un modelo

conceptual agregado, de simulación continua y de paso mensual, que aplica el principio de continuidad y simula los principales procesos de transferencia de agua en el ciclo hidrológico considerando dos almacenamientos: suelo y acuífero), y el modelo de Grandes Cuencas (MGB) (permite simular, con paso de tiempo diario u horario, los procesos hidrológicos incluyendo: balance hídrico en el suelo; balance de energía y evapotranspiración; intercepción, generación y propagación de drenaje superficial, sub superficial y subterráneo en una cuenca hidrográfica; y propagación del caudal en la red de drenaje), mientras que para el desarrollo de un modelo de balance integrado a nivel de cuenca piloto se utilizó el modelo SAD (una metodología de balance hídrico para fines de planificación de cuencas, que cuenta con funcionalidades de interconexión con un sistema de información geográfica y herramientas para representar aspectos de cantidad y calidad del agua).

El MGB fue utilizado tanto para estimar la disponibilidad de agua en la cuenca como para evaluar el impacto del cambio del clima en los caudales. Las proyecciones climáticas utilizadas en la simulación hidrológica para el análisis de los impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos de la Cuenca del Plata han sido realizadas a través del modelo climático regional ETA-10 km.

El modelo ETA fue integrado para los períodos de 1960-1990, 2006-2040, 2040-2070, 2070-2099; sin embargo los períodos analizados son los de 1961-1990 (clima presente) y 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099 (clima futuro).

Acerca de las precipitaciones, los resultados informan un aumento en la región sur de la Cuenca y una reducción en la región norte, que es más intensa para el periodo de 2011 a 2040, que en los periodos subsecuentes.

Los caudales en el periodo de 2011 a 2040 (Futuro 1) son significativamente inferiores a los caudales correspondientes al clima actual. No obstante, en el periodo de 2041 a 2070 (Futuro 2), los caudales medios mensuales se asemejan a los caudales del clima actual. Finalmente, en el periodo de 2071 a 2099 (Futuro 3), los caudales son, en diversos periodos del año, superiores a los caudales del clima actual.

Los resultados de las proyecciones de los impactos en los cambios climáticos de los caudales de los ríos de la Cuenca del Plata, indican que puede haber aumento o reducción de los caudales medios y mínimos, dependiendo de la región y del periodo analizado. En la cuenca hidrográfica del río Uruguay y del río Iguazú, las proyecciones indican aumento de los caudales medios y mínimos. En la región norte de la cuenca del Paraná, especialmente en la cuenca del río Paranaíba, y en la región del Alto Paraguay, las proyecciones sugieren que habrá una reducción inicial del caudal medio seguido por un aumento posterior del caudal medio.

Por otro lado, las proyecciones de caudales mínimos indican reducción del caudal. En la región de Chaco, representada por los ríos Bermejo y Pilcomayo, hay proyecciones más consistentes de aumento de caudales medios y mínimos. En Itaipu, en el río Paraná, las proyecciones indican una reducción inicial del caudal medio, seguida de un aumento, a lo largo del siglo XXI. Lo mismo ocurre para los caudales mínimos, sin embargo, estos vuelven apenas a un valor igual al del periodo de 1960 a 1990.

En el río Paraná, más cerca a la desembocadura del río de la Plata, las proyecciones indican que los caudales medios y mínimos, inicialmente, disminuyen y luego aumentan a lo largo del siglo XXI, relativamente al periodo de 1960 a 1990.

Vale recordar que el estudio ha sido basado en los escenarios climáticos del IPCC AR5 obtenidos a través del modelo regional ETA en base a un único modelo global (*Hadley Center*), lo que implica que las proyecciones climáticas tienen un grado importante de incertidumbre.

Es importante destacar que el análisis de los resultados sugiere claramente que, en la Cuenca del Plata, la variabilidad del clima en la escala de algunas décadas es tan importante (o, en algunos casos, más) que el propio cambio climático.

El modelo hidrológico de gestión SADr-IPH original, de paso mensual, incorpora el balance hídrico de cada embalse de riego y de cada tramo de río utilizando como información de entrada los caudales simulados por el modelo hidrológico MGB-IPH. Se implementó para estimar las demandas de agua en la cuenca del río Cuareim. Los re-

sultados muestran que, en términos generales, el modelo se corresponde con los datos observados de forma satisfactoria.

Como tareas pendientes de desarrollo, respecto del cálculo del balance hídrico superficial como parte del balance hídrico integrado, resulta necesaria la elaboración de un documento que sintetice y muestre los resultados globales obtenidos del trabajo realizado durante el periodo de ejecución del PM por los países para el cálculo del balance a paso de tiempo mensual, con la representación cartográfica uniformizada de los mismos para toda la Cuenca del Plata. El producto final actualizaría el documento de OEA de 1969 en cuanto a caracterizar y representar la disponibilidad hídrica superficial de la Cuenca del Plata a escala mensual y anual, siendo un producto de utilidad para la planificación común del recurso en la Cuenca, para el sector académico y la comunidad en general.

Resumo executivo

As várias atividades humanas na Bacia do Prata estão diretamente relacionadas com hidrologia, as características hidroclimáticas e o regime hidrológico. Do ponto de vista hidroclimático, a Bacia conta com uma grande variedade de climas, desde os secos e muito quentes do oeste do Chaco, com menos de 300 mm/ano de precipitação, até as regiões úmidas do sul do Brasil e sudeste do Paraguai, com mais de 2.000 mm/ano de precipitação. Estes climas apresentam uma variabilidade inter-sazonal ou interanual que, com frequência, resulta em eventos extremos de secas ou inundações de grande magnitude.

O clima da Bacia do Prata apresenta gradientes significativos que determinam seu comportamento hidrológico. O norte da Bacia está sob a influência de um regime monçônico de precipitações com um máximo pronunciado no verão. A grande região úmida do Pantanal desempenha um papel fundamental no armazenamento do escoamento das chuvas no Alto Paraguai, atrasando em quase seis meses seus grandes aportes ao Paraná.

A alta variabilidade climática interanual da Bacia, em particular suas precipitações,

está condicionada pelo fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENSO) em suas fases fria (La Niña) e quente (El Niño). Nos últimos 30 anos, as precipitações sobre a Bacia aumentaram, em média, entre 10% e 15%, o que resultou em aumentos mais elevados nas vazões dos rios, atingindo 30%.

Em termos de variabilidade temporal, a Bacia do Prata apresenta vários sítios em que as variáveis hidrológicas possuem comportamentos não-estacionários, baseados na séries temporais disponíveis, que vem sendo objeto de pesquisa há, pelo menos, duas décadas.

Para atender a demanda de água, considera-se uma disponibilidade hídrica formada pela água meteórica, as águas superficiais (rios, lagos, córregos) e as águas subterrâneas; cada uma delas é utilizada para diferentes fins.

O balanço hidrometeorológico expressado de forma simples pela diferença entre a Precipitação média (P) e a Evapotranspiração potencial média (ETP), em termos mensais ou anuais, é um primeiro indicador para as regiões com condições médias de excesso ou escassez de água. Na

Bacia do Prata, o Alto Paraguai apresenta alternância de valores médios de excessos no verão e outono e de déficit no inverno-primavera. No Baixo Paraguai as regiões de aporte de margem direita apresentam balanços deficitários na direção oeste, enquanto que as regiões de aporte da margem esquerda apresentam balanços com excesso.

A região do Alto Paraná apresenta um déficit no inverno e parte da primavera, mas o balanço é equilibrado em termos anuais. Também no Baixo Paraná, podem ser diferenciadas as regiões de aporte de margem direita, que na direção oeste apresentam balanços deficitários, e de margem esquerda, onde são positivos.

Em toda a bacia do rio Uruguai, os balanços são positivos em geral, embora haja meses com déficits.

A vazão média do rio Paraná, a montante da foz do rio Paraguai, está estimada em 13.916 m³/s (Itatí). A vazão média do rio Paraguai, a montante da foz do rio Paraná, está estimado em 4.696 m³/s (Puerto Bermejo). Portanto, cerca de 75% da vazão do rio Paraná vem do Alto Paraná (a montante da confluência com o rio Paraguai), enquanto que apenas 25% da vazão média provem do rio Paraguai.

A vazão média do rio Uruguai em Salto Grande é 5.725 m³/s.

A vazão total do Rio da Prata, na foz do Oceano Atlântico, pode ser estimada somando-se o valor da vazão do rio Paraná em Corrientes (18.989 m³/s), com a vazão do rio Uruguai em Salto Grande (5.725 m³/s), além dos aportes dos afluentes a jusante desses sítios. Como resultado, estima-se que a vazão média do rio da Prata é de, aproximadamente, 27.000 m³/s.

As causas da variabilidade das vazões dos rios da Bacia do Prata não são totalmente conhecidas, tendo sido sugeridos vários fatores, tais como a variabilidade da precipitação, o desmatamento, a atividade solar, a frequência de eventos El Niño e o aumento das chuvas, principalmente a partir de 1970, como resultado da mudança climática global.

A Bacia do Prata também é rica em recursos hídricos subterrâneos. Coincide em grande parte com o Sistema Aquífero Guaraní (SAG). No oeste da Bacia encontra-se o Sistema Aquífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) que coincide, em sua maioria, com o bioma do Gran Chaco Americano.

Há também outros aquíferos transfronteiriços, que pela sua localização geográfica e suas características hidrogeológicas, tornam-se estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico interno do país ou região que os contém.

Com os esforços conjuntos dos cinco países da Bacia, entre 2011 e 2015 o progresso foi feito no desenvolvimento de um mapa hidrogeológico de síntese da Bacia em escala 1:2500000.

O conhecimento dos setores de usuários e demandantes dos recursos hídricos de uma bacia é de fundamental importância para o planejamento hidrológico como parte da análise dos balanços hídricos integrados, constituindo no seu conjunto, ferramentas indispensáveis para a gestão de recursos hídricos. Neste sentido, as demandas de uso da água no território da Bacia do Prata foram quantificadas de acordo com a seguinte classificação:

- Uso doméstico: Inclui o uso de água potável rural e urbano, com uma demanda total de 12002 hm³/ano, constituindo 24,5% do total dos usos.

- Uso agrícola: Inclui irrigação de culturas, com um volume total estimado de 23.995 hm³/ano, representando 48,9% do total consumido na Bacia.
- Uso pecuário: Inclui o uso de água na produção de gado, com um total estimado de 3.803 hm³/ano, representando 7,8% do total de água consumida na Bacia.
- Uso industrial: inclui produção manufatureira, etc. com um volume total estimado em 9.058 hm³/ano, representando 18,4% do total consumido na Bacia.
- Uso na mineração: Inclui o volume total para produção, discriminando os processos intermediários. Os dados sobre este uso são escassos e a informação recolhida indica que o volume total estimado de demanda de mineração é de 171 hm³/ano, representando uma pequena porcentagem sobre o total demandado na Bacia.

Cabe destacar que, na Bacia do Prata, o desenvolvimento natural das populações urbanas e rurais, associado com o forte aumento das atividades agrícolas e industriais, tem produzido um aumento no uso dos recursos hídricos de forma significativa, particularmente aqueles de origem subterrânea. Este crescimento, como era de se esperar, além de parâmetros demográficos, obedece às características intrínsecas dos aquíferos, como a ocorrência de unidades potencialmente produtivas e a qualidade de suas águas.

Na região do SAYTT, destaca-se a presença de povos originários com problemas sociais semelhantes. A atividade produtiva básica da região é a agricultura e a pecuária, com grande potencial nas zonas húmidas. A barreira para o desenvolvimento econômico na região é o acesso à quantidade e qua-

lidade da água necessária para a subsistência e a produção.

Na primeira etapa do Programa Marco foi desenvolvido o balanço hídrico superficial, a análise das demandas e avançou-se na análise das águas subterrâneas, ficando pendente a integração dos três componentes para completar a ferramenta de gestão do balanço hídrico integrada no âmbito da Bacia do Prata, integração realizada na bacia-piloto Cuareim/Quaraí.

O Balanço Hídrico Superficial (BHS) da Bacia do Prata foi calculado no âmbito nacional em cada país. Na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai, utilizou-se o Modelo Témez-CHAC de passo mensal, enquanto que no Brasil foi implementado o Modelo de Grandes Bacias (MGB), que é um modelo de passo de tempo diário, que foi adicionado ao mensal implementado para poder ser integrado com os resultados dos outros países.

Os resultados obtidos do balanço hídrico superficial em termos mensais por sub-bacias foram integrados no âmbito da Bacia do Prata em sítios característicos comparando dados de vazões observadas, permitindo estimar erros com as vazões simuladas em nível de vazão média anual para o período de 1971-2010.

As principais ferramentas utilizadas para analisar a disponibilidade de água superficial e sua variabilidade temporal e espacial no âmbito da Bacia do Prata foram: o modelo Témez-CHAC (um modelo conceitual agregado, de simulação contínua e passagem mensal, que aplica o princípio da continuidade e simula os principais processos de transferência de água no ciclo hidrológico, considerando dois armazenamentos: solos e aquíferos), e o modelo de Grandes Bacias (MGB) (permite simu-

lar, com passo de tempo diário ou horário, os processos hidrológicos, incluindo: balanço hídrico do solo; balanço hídrico de energia e evapotranspiração; interceptação, geração e propagação de drenagem superficial, subsuperficial e subterrânea em uma bacia hidrográfica; e propagação da vazão na rede de drenagem), enquanto que para o desenvolvimento de um modelo de balanço integrado no âmbito da bacia piloto, foi utilizado o modelo SAD (uma metodologia de balanço hídrico para fins de planejamento de bacias, que conta com funcionalidades de interligação com um sistema de informação geográfica e ferramentas para representar aspectos de quantidade e qualidade da água).

O MGB foi usado tanto para estimar a disponibilidade de água na bacia como para avaliar o impacto das mudanças climáticas nas vazões. As projeções climáticas utilizadas na simulação hidrológica para a análise dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos da Bacia do Prata foram feitas através do modelo regional climático ETA-10 km.

O modelo ETA foi integrado para os períodos 1960-1990, 2006-2040, 2040-2070, 2070-2099; no entanto, os períodos analisados são os de 1961-1990 (clima presente) e 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099 (clima futuro).

Sobre as precipitações, os resultados informam um aumento na região sul da Bacia e uma redução na região norte, que é mais intensa para o período de 2011 a 2040, que para os períodos subsequentes.

As vazões no período 2011 a 2040 (Futuro 1) são significativamente inferiores às vazões correspondentes ao clima atual. No entanto, durante o período de 2041 a 2070 (Futuro 2), as vazões médias mensais assemelham-se às vazões do clima atual. Finalmente,

no período 2071 a 2099 (Futuro 3), as vazões são, em diferentes períodos do ano, superiores às daquelas do clima atual.

Os resultados das projeções dos impactos nas mudanças climáticas das vazões dos rios da Bacia do Prata, indicam que pode haver aumento ou redução das vazões médias e mínimas, dependendo da região e do período analisado. Na bacia hidrográfica do rio Uruguai e do Rio Iguazú, as projeções indicam aumento das vazões médias e mínimas. Na região norte da bacia do Paraná, especialmente na bacia do rio Paranaíba e na região do Alto Paraguai, as projeções sugerem que haverá uma redução inicial da vazão média seguida por um posterior aumento da vazão média.

Por outro lado, as projeções de vazões mínimas indicam redução da vazão. Na região do Chaco, representada pelos rios Bermejo e Pilcomayo, existem projeções mais consistentes de aumento de vazões médias e mínimas. Em Itaipu, no rio Paraná, as projeções indicam uma redução inicial da vazão média, seguida por um aumento, ao longo do século XXI. O mesmo vale para vazões mínimas, no entanto, estas retornam apenas a um valor igual ao do período de 1960 a 1990.

No rio Paraná, perto da foz do Rio da Prata, as projeções indicam que as vazões médias e mínimas, inicialmente, diminuem e, em seguida, aumentam ao longo do século XXI, em relação ao período de 1960 a 1990.

Vale lembrar que o estudo foi baseado nos cenários climáticos do IPCC AR5 obtidos através do modelo regional ETA baseado em um único modelo global (Hadley Center), o que implica que as projeções climáticas possuem um grau significativo de incerteza.

É importante ressaltar que a análise dos resultados sugere claramente que, na Bacia do Prata, a variabilidade climática na escala de algumas décadas é tão importante (ou, em alguns casos, mais) que a própria mudança climática.

O modelo de gestão hidrológica RASD-IPH original, de passo mensal, incorpora o balanço hídrico de cada reservatório de irrigação e cada trecho do rio por meio de informações de vazões simuladas através do modelo hidrológico MGB-IPH. Este foi implementado para estimar demandas de água na bacia do rio Cuareim. Os resultados mostram que, em termos gerais, o modelo corresponde aos dados observados de forma satisfatória.

Como tarefas pendentes de desenvolvimento, em relação ao cálculo do balanço hídrico superficial como parte do balanço hídrico integrado, é necessário a elaboração de um documento que sintetize e apresente os resultados globais obtidos do trabalho realizado durante o período de execução do PM pelos países para o cálculo do balanço com passo de tempo mensal, com a representação cartográfica uniformizada dos mesmos para toda a Bacia do Prata. O produto final atualizaria o documento da OEA de 1969 para caracterizar e representar a disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Prata em escala mensal e anual, sendo um produto útil para o planejamento comum de recursos na Bacia, para o setor acadêmico e para a comunidade em geral.

Executive summary

The different human activities in the La Plata Basin are directly connected with hydrology, the hydroclimate characteristics and the hydrological regime. From the hydroclimate viewpoint, the LPB has a significant climate diversity, from the dry and very hot weather in western Chaco, with less than 300 mm/year of rainfall, to the humid regions of southern Brazil and southeastern Paraguay, with over 2,000 mm/year of rainfall. These climates present an interseasonal or interannual variability which often translates into extreme drought or flood events of large magnitude.

The LPB climate has significant gradients that determine its hydrological behaviour. The north of the Basin is under the influence of a monsoon rainfall regime, with a marked maximum in summer. The great Pantanal wetland plays a key role in the storage of runoff produced by rainfall in the Upper Paraguay, thus delaying its maximum contributions to the Paraná river for nearly six months.

The high interannual climate variability of the Basin, particularly its rainfall, is determined by the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon in its cold (La

Niña) and warm (El Niño) phases. Over the last 30 years, rainfall in the Basin has increased on average between 10% and 15%, which has brought about further increases in river flows, which have reached 30%.

As regards temporal variability, there are different places in the La Plata Basin where hydrological variables have non-stationary behaviour, according to the available time series, which has been studied for at least two decades.

To meet water demand, water availability made up of meteoric water, surface water (rivers, lakes, streams) and groundwater is considered; each of them is used for different purposes.

Hydrometeorological balance expressed simply by the difference between average Precipitation (P) and average potential Evapotranspiration (ET), in monthly or annual terms, is the first indicator for those regions with average conditions of water excess or deficit. In the LPB, the Upper Paraguay has alternating average values of water excess in summer and autumn, and water deficit in winter-spring. In the Lower Paraguay, the water input zones on the

right bank have negative balances towards the west, whereas the input zones on the left bank have excess balances.

In the Upper Paraná region, there is a deficit in winter and part of spring but the annual balance is even. Also, in the Lower Paraná, the right-bank input areas which have negative balances towards the west can be differentiated from those on the left bank where balances are positive.

In the Uruguay river basin, balances are generally positive, although there are months with deficits.

The mean flow of the Paraná river, upstream of the mouth of the Paraguay river, is estimated at 13,916 m³/s (Itatí). The mean flow of the Paraguay river, upstream of the mouth of the Paraná river, is estimated at 4,696 m³/s (Puerto Bermejo). Therefore, about 75% of the streamflow of the Paraná river comes from the Upper Paraná (upstream of its confluence with the Paraguay river), whereas only 25% of its mean streamflow comes from the Paraguay river.

The mean streamflow of the Uruguay river at Salto Grande amounts to 5,725 m³/s.

The total streamflow of the La Plata River, at its mouth into the Atlantic Ocean, can be estimated by adding the value of the Paraná river's streamflow at Corrientes (18,989 m³/s), plus the Uruguay river's streamflow at Salto Grande (5,725 m³/s), plus the contributions of the tributaries downstream of these places. As a result, the mean streamflow of the La Plata River is estimated at approximately 27,000 m³/s.

The causes of streamflow variability that the La Plata Basin rivers have are not entirely known and different factors have been suggested such as rainfall variability, de-

forestation, solar activity, the frequency of El Niño events and the increase in rainfall, mainly since 1970 as a result of climate change at a global level.

The La Plata Basin is also rich in groundwater resources. This, to a large extent, coincides with the Guaraní Aquifer System (GAS). To the west of the Basin is the Yrendá-Toba-Tarijeño Aquifer System (YTTAS) which coincides, mostly, with the Gran Chaco Americano.

There are other transboundary aquifers which, due to their geographic location and hydrogeological characteristics, are strategic for the socioeconomic development of the country or region that contains them.

With the joint work conducted by the five La Plata Basin countries between 2011 and 2015, progress was made in the production of a summary hydrogeological map of the Basin at a scale of 1:2,500,000.

The knowledge from the sectors of users and demanders of the water resource of a basin is critical for hydrological planning since it is part of the analysis of integrated water balances and it is an essential tool for the management of water resources. In this sense, water demands were quantified per uses within the La Plata Basin, according to the following classification:

- Domestic use: It includes the use of rural and urban drinking water, with a total demand of 12,002 hm³/year, which accounts for 24.5% of the total uses.
- Agricultural use: It includes crop irrigation, with an estimated total volume of 23,995 hm³/year, which accounts for 48.9 % of the total water consumed in the Basin.

- Livestock use: It includes the use of water in livestock production, with an estimated total volume of 3,803 hm³/year, which accounts for 7.8 % of the total water consumed in the Basin.
- Industrial use: It includes factory production, etc., with an estimated total volume of 9,058 hm³/year, which accounts for 18.4 % of the total water consumed in the Basin.
- Mining use: It includes the total volume for production, discriminating intermediate processes. There is scarce information on this use; the gathered information shows that the estimated total volume of mining demand amounts to 171 hm³/year, which accounts for a small percentage of the total water required in the Basin.

It is worth noting that the natural development of the urban and rural populations in the LPB, associated with the strong increase in agricultural and industrial activities, has led to a significant increase in the use of water resources, particularly those that are underground. As expected, this growth, besides demographic parameters, is due to the intrinsic features of aquifers, such as the occurrence of potentially productive units and the quality of their waters.

In the YTTAS region, there are primary peoples with similar social problems. The basic productive activities of the region are agriculture and livestock production, with a lot of potentiality in the humid zones. The obstacle to social development in the region is access to the necessary amount and quality of water for subsistence and production.

In the first phase of the Framework Pro-

gramme, surface water balance and demand analysis were carried out and progress was made in the analysis of groundwater; integration of the three components remains to be done to complete the integrated water balance management tool at the La Plata Basin level - an integration which was achieved at pilot basin level in the Cuareim/Quaraí river.

The Surface Water Balance (SWB) of the La Plata Basin was calculated at national level in each country. In Argentina, Bolivia, Paraguay and Uruguay, the monthly time-step Témez-CHAC model was used, whereas in Brazil, the Large Basin Model (MGB), a daily time-step model, was implemented and added on a monthly time scale so as to be integrated to the results of the other countries.

The results obtained from the surface water balance on a monthly time scale per sub-basin were integrated at the La Plata Basin level in representative places comparing with observed streamflow data, which made it possible to estimate errors with simulated mean annual streamflows for the 1971-2010 period.

The main tools used to analyse the availability of surface water and its temporal and spatial variability in the La Plata Basin were: the Témez-CHAC model (an aggregate continuous-simulation and monthly time-step conceptual model which applies the principle of continuity and simulates the main water transfer processes in the hydrological cycle considering groundwater and aquifer storage) and the Large Basin Model (MGB) (a daily time-step model used to simulate hydrological processes including: soil water balance; energy balance and evapotranspiration; interception, generation and propagation of surface, sub-surface and underground drainage within a

river basin; and flow propagation within a drainage network), whereas for the development of an integrated water balance model at pilot basin level, the SAD model was used (a water balance methodology used for basin planning, with functionalities of interconnection with a geographic information system and tools to represent aspects of water quantity and quality).

The MGB model was used both for estimating water availability in the basin and assessing the impact of climate change on streamflows. The climate projections used in the hydrological simulation for the analysis of climate change impacts on the water resources of the La Plata Basin were made using the 10-km ETA regional climate model.

The ETA model was integrated for the 1960-1990, 2006-2040, 2040-2070 and 2070-2099 periods; however, the analysed periods are the 1961-1990 (present climate) and the 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2099 (future climate) periods.

As regards rainfall, the results show an increase in the southern region of the Basin and a decrease in the north, which is higher for the 2011-2040 period, as compared to the subsequent periods.

Streamflows in the 2011-2040 (Future 1) period are significantly lower than those in the present climate. However, in the 2041-2070 (Future 2) period, mean monthly streamflows are similar to those in the present climate. Finally, for the 2071-2099 (Future 3) period, streamflows are, at different times of the year, higher than those in the present climate.

The results of the projected impacts of climate change on the streamflow of the LPB rivers show that there might be an increase

or decrease in mean and minimum flows, depending on the region and analysed period. In the Uruguay and Iguazú river basin, projections indicate an increase in mean and minimum streamflows. In the northern region of the Paraná river basin, especially in the Paranaíba river basin, and in the Upper Paraguay region, projections suggest that there will be an initial reduction in the mean flow followed by a later increase.

On the other hand, minimum flows are projected to decrease. In the Chaco region, represented by the Bermejo and Pilcomayo rivers, there are more consistent projections of an increase in mean and minimum flows. In Itaipú, projections show an initial reduction in the mean flow of the Paraná river, followed by an increase, throughout the 21st century. The same is projected for minimum flows; however, they are expected to reach a slightly similar value to that of the 1960-1990 period.

In the Paraná river, near its mouth into the La Plata River, projections indicate that mean and minimum flows will initially decrease and later increase throughout the 21st century, relatively similar to the 1960-1990 period.

The study was based on the IPCC's AR5 climate scenarios obtained through the ETA regional climate model using a single global model (Hadley Center), which implies that climate projections have a significant degree of uncertainty.

It is worth noting that the result analysis clearly suggests that, in the La Plata Basin, climate variability on the scale of a few decades is as important as (or, in some cases, more important than) climate change itself.

The original monthly time-step hydrological SADr-IPH model incorporates the wa-

ter balance of each irrigation reservoir and each river section using the flows simulated by the hydrological MGB-IPH model as input data. It was implemented to estimate water demands in the Cuareim river basin. The results show that, in general terms, the model satisfactorily coincides with the observed data.

The pending tasks related to the calculation of surface water balance as part of the integrated water balance include the need to prepare a document that summarises and

shows the global results obtained from the work conducted by the countries during the FP execution period for the calculation of the monthly time-step water balance, with their unified cartographic representation for the entire La Plata Basin. The end product will update OAS 1969 document as regards the characterisation and representation of the La Plata Basin's surface water availability on a monthly and yearly scale, and it will be a useful product for the common planning of the resource in the Basin, the academic sector and the community in general.

Presentación

Este documento está compuesto por dos partes diferenciadas, pero que, en conjunto, dan cuenta de las actividades y resultados alcanzados a través de la ejecución del *Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático*, entre 2011 y 2016, respecto del componente de Balance Hídrico.

La primera parte del documento desarrolla la temática específica, caracterizando la oferta y la demanda del recurso agua, mientras que la segunda parte expone las herramientas de gestión que se han aplicado en distintas subcuencas, con el objetivo de que constituyan experiencias de utilidad para los organismos del área de los cinco países a través de la representación aproximada de la realidad para poder simular posteriormente diferentes escenarios.

Es necesario realizar algunas precisiones sobre los términos utilizados en este documento, dado que existe una cierta dispersión de significados en algunos casos. Por ejemplo, el concepto de *balance hídrico* puede referirse a cuestiones diferentes.

Aquí definimos balance hídrico como la ecuación resultante entre el total de agua disponible y los distintos usos del recurso, ya sean estos destinados a actividades humanas o a la preservación de las condiciones ambientales.

A su vez, el concepto de *disponibilidad* referido en el párrafo anterior, es considerado aquí como un sinónimo de *oferta*; es decir, considerando la disponibilidad u oferta total, sin descontar los usos actuales del recurso.

Por último, denominamos *balance hidrometeorológico* (que, en muchos casos, también se lo llama *balance hídrico*) a la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración en un área determinada. Este concepto aparece en el *Capítulo 2.1* referido a aguas meteóricas.

El balance hídrico, por lo tanto, refiere a territorio específico (una determinada cuenca) y a un periodo concreto, e implica la cuantificación de ambos términos de la ecuación: la oferta o disponibilidad, y la demanda (actual y/o potencial).

En el periodo de ejecución del Programa Marco se han desarrollado actividades ten-

dientes a sistematizar información relativa a la disponibilidad hídrica, considerando sus tres aspectos: meteórica (precipitaciones), superficial (caudales de los principales ríos) y subterránea (caracterización de acuíferos), como así también caracterizando los usos por sector, y por país.

Por otra parte, se han implementado modelos para lograr, por ejemplo, la cuantificación de caudales (Témez-CHAC) y para estimar escenarios futuros en función de la variabilidad y los cambios en el clima (MGB, SAD).

En conjunto, el documento brinda herramientas de apoyo para la gestión integrada del recurso, considerando su distribución, disponibilidad, usos y demandas, que constituyen un punto de partida para la realización de balances específicos por región o cuencas, incluyendo la aplicación de las herramientas citadas en proyectos pilotos puntuales.

Por lo tanto, la estructura de este documento está relacionada con esta definición, dado que constituye un concepto pertinente para la gestión hídrica. La disponibilidad es

un dato sobre el que no es posible intervenir a gran escala, al estar dado por las características climáticas y físicas de las cuencas (y, a partir de ellas, por el caudal de los ríos y la recarga de los acuíferos). En cambio la demanda puede ser planificada desde la gestión, y de allí la importancia de trabajar en base a balances hídricos en las diferentes regiones de una cuenca.

Luego de una presentación general de la Cuenca (Introducción), el documento presenta en su *Capítulo 2* un panorama sobre la disponibilidad de agua en la Cuenca, diferenciando el agua meteórica, el agua superficial y el agua subterránea. El *Capítulo 3* describe los diferentes usos del agua, es decir, aborda la demanda, caracterizando los usos por sector, y por país. El *Capítulo 4* intenta hacer una síntesis del balance hídrico, poniendo en relación la disponibilidad y la demanda de agua. En el *Capítulo 5* se presenta una breve descripción de los modelos Témez-CHAC, MGB y SAD como herramientas para la gestión hídrica (cuyos detalles específicos se publican en los Anexos), mientras que el *Capítulo 6* desarrolla la implementación de dichos modelos en distintas experiencias en la Cuenca del Plata.

Capítulo 1:

Introducción

La Cuenca hidrográfica del Río de la Plata es la segunda más grande de América del Sur y una de las más grandes del mundo, drenando alrededor de 3 millones de kilómetros cuadrados. La Cuenca es compartida por cinco países (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay) y abarca algunas de las regiones de mayor densidad poblacional de la América del Sur, incluyendo las ciudades de San Pablo, Brasilia, Asunción, Montevideo y Buenos Aires (**Figura 1.1**).

Se estima que, aproximadamente, el 70% del Producto Bruto Interno (PIB) de los países que comparten la Cuenca del Plata (CdP) es generado a través de actividades económicas realizadas dentro de ella (Tucci y Clarke, 1998). Entre las actividades económicas, se encuentra una importante porción de la producción industrial y agrícola de los países que la componen. Además, la Cuenca del Plata ocupa el segundo lugar en el mundo en términos de generación de energía hidroeléctrica, después de la cuenca del río Yangtzé, en China. De los cinco países que componen la Cuenca, cuatro de ellos (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) dependen fuertemente de la energía producida en ríos como el Paraná, el Uruguay y sus afluentes.

Otra actividad económica realizada en la Cuenca, fundamental para los países de la región y fuertemente relacionada con los recursos hídricos, es el transporte por vía fluvial. Los ríos de la Plata, Paraná, Paraguay y algunos de sus afluentes, así como el río Uruguay en su tramo inferior, son utilizados intensamente para el transporte de bienes producidos dentro de la Cuenca y en su entorno.

Dada la importancia de estas actividades, que están relacionadas directamente con la hidrología de la Cuenca, las características hidroclimáticas y del régimen hidrológico merecen subrayarse. Desde el punto de vista hidroclimático, la CdP cuenta con una diversidad importante de climas, que va desde los secos y muy calurosos del oeste chaqueño, con menos de 300 mm/año de precipitación, hasta las húmedas regiones del sur de Brasil y sudeste de Paraguay, con más de 2000 mm/año de precipitación. Estos climas presentan una variabilidad interestacional o interanual que, con frecuencia, se traduce en eventos extremos de sequías o inundaciones de gran magnitud. En la CdP también se desarrollan importantes e interesantes sistemas meteorológicos generadores de tiempo severo, siendo una de las

Figura 1.1

Mapa general de la Cuenca del Plata

regiones del mundo con mayor frecuencia de tormentas eléctricas. Incluso, gran parte de la Cuenca forma parte de la zona de tornados de Sudamérica.

El clima de la CdP presenta gradientes importantes que determinan su comporta-

miento hidrológico. El norte de la Cuenca está bajo la influencia de un régimen monzónico de lluvias, con un máximo pronunciado en el verano. El gran humedal del Pantanal juega un papel clave en el almacenamiento de las escorrentías causadas por las lluvias en el Alto Paraguay, retra-

sando en casi seis meses sus aportes mayores al Paraná. En la zona central y este de la Cuenca del Plata la variación estacional es pequeña, siendo la región de mayor precipitación y aporte a los grandes ríos. Al oeste del eje Paraguay-Paraná (Gran Chaco Americano), las precipitaciones disminuyen progresivamente hacia el oeste lo que define, junto con las elevadas temperaturas que determinan altos niveles de evaporación, un clima semiárido y, en algunas zonas, árido. Consecuentemente, la escorrentía es muy pequeña y los aportes de los tributarios de esa región al sistema del Plata son mínimos. La parte sur de la CdP presenta un clima templado, aunque con veranos cálidos y con lluvias que disminuyen hacia el oeste.

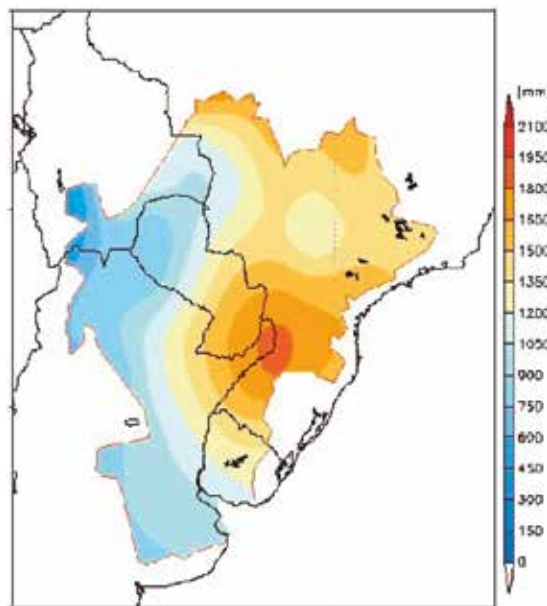
La **Figura 1.2** presenta la distribución espacial de la precipitación media anual en la Cuenca del Plata, mostrando un gradiente este-oeste, con dos máximos, uno hacia el límite norte y otro sobre la región central de la Cuenca (Mechoso *et al.*, 2001).

La región con más alta precipitación está ubicada entre los ríos Uruguay e Iguazú, correspondiendo aproximadamente al intervalo entre las latitudes 25° S y 30° S, y alrededor de la longitud 55° W. La región de menor precipitación está ubicada en el oeste de la Cuenca, en el Gran Chaco Americano.

La CdP presenta una alta variabilidad climática interanual. En particular, sus precipitaciones están condicionadas por el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en sus fases fría (La Niña) y cálida (El Niño), siendo una de las regiones más afectadas en el mundo por este fenómeno. Por ejemplo, durante El Niño suelen registrarse altas precipitaciones en la zona este y central de la CdP, lo que determina la ocurrencia de enormes inundaciones en los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay, con

Figura 1.2

Variación espacial de la precipitación en la Cuenca del Plata



Fuente: Mechoso *et al.*, 2001.

el consiguiente perjuicio económico y social. Por otra parte, determinadas conductas sociales, como el avance no planificado de la urbanización y del uso del suelo en los valles de inundación de los ríos, han producido una amplificación de los impactos de estas inundaciones.

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%, con grandes beneficios para la hidroelectricidad. Este mayor cambio en los caudales pudo haber sido influido por la gran modificación del uso del suelo que tuvo lugar en esas décadas.

En términos de variabilidad temporal, la Cuenca del Río de la Plata presenta diver-

En los sitios en que las variables hidrológicas presentan comportamientos no estacionarios, según las series temporales disponibles. La variabilidad temporal de la hidrología de la Cuenca viene siendo tema de investigación desde hace, por lo menos, dos décadas, y han sido sugeridas diferentes causas para ello, como las variaciones en la precipitación, alteraciones en el uso de la tierra, los ciclos de la actividad solar, la frecuencia de eventos El Niño y el au-

mento del efecto invernadero que provoca cambios en el clima global.

La variabilidad temporal del caudal de los principales ríos sugiere que la Cuenca puede ser muy sensible a los cambios en el clima. Por este motivo, en el contexto del Programa Marco, uno de los objetivos ha sido el de analizar, de manera integrada en toda la Cuenca, los impactos de los cambios del clima sobre los recursos hídricos.

Capítulo 2:

Disponibilidad del recurso hídrico

Se define como disponibilidad hídrica en un determinado territorio, y en un determinado momento, al volumen total de agua en condiciones de ser utilizado para distintos fines, ya sean actividades productivas –tanto las referidas a usos consuntivos como no consuntivos– como para establecer caudales ambientales. Dada la extensión y variabilidad fisiográfica y climática de la Cuenca, la cantidad de población y el grado de desarrollo alcanzado, se realizan en ella actividades de todo tipo que implican diferentes usos del agua. Para satisfacer dicha demanda, se considera una disponibilidad hídrica conformada por:

a) el agua meteórica; b) las aguas superficiales (ríos, lagos, arroyos); y c) las aguas subterráneas; cada una de ellas es utilizada para distintos fines.

La disponibilidad hídrica meteórica es representada por los términos del balance hidrometeorológico entre precipitación y evapotranspiración. Por su parte, la disponibilidad hídrica superficial es representada por los caudales de los ríos en sus respectivas cuencas, siendo caracterizada por distintos caudales de referencia, como el caudal medio, el caudal específico, el Q95

(el caudal con 95% de probabilidades de excedencia en la curva de duración de caudales diarios) y el caudal que se corresponde con el 60% del caudal medio, entre otros. Cada uno de estos caudales se utiliza para situaciones particulares. La disponibilidad de agua subterránea es el potencial de bombeo de los acuíferos limitado por la recarga de los mismos, siendo la recarga subterránea la cantidad de agua media de ingreso en el acuífero.

2.1 Aguas meteóricas

El balance hidrometeorológico expresado en forma simple por la diferencia entre la Precipitación media (P) y la Evapotranspiración Potencial media (ETP), en términos mensuales o anuales, es un primer indicador para las regiones que presentan condiciones medias de exceso o déficit de agua, lo que se relaciona en forma directa con la posibilidad de hacer agricultura de secano. La **Tabla 2.1.1** presenta estos términos de balance a nivel de cuencas-tipo seleccionadas para cada una de las subcuencas definidas.

El Alto Paraguay presenta alternancia de valores medios de excesos en verano y otoño y de déficit en invierno-primavera. En el

Tabla 2.1.1

Precipitación media mensual (P), evapotranspiración potencial media mensual (ETP) y su diferencia

Fuente: PM2016f

			SET	OCT	NOV	DIC
Paraguay	Alto Paraguay	Río Paraguay en Cáceres (24.141 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	61,0	147,4	197,3	262,7
		ETP Cuenca (mm)	173,6	181,7	157,6	152,9
		P-ETP (mm)	-112,6	-34,3	39,7	109,8
	Medio y Bajo Paraguay	Ríos y arroyos de Salta y Formosa afluentes al río Paraguay (28.010 Km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	13,8	42,3	76,7	128,3
		ETP Cuenca (mm)	146,2	181,2	190,3	207,1
		P-ETP (mm)	-132,4	-138,9	-113,6	-78,8
		Río Tebicuary (27.325 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	101,9	170,5	175,0	140,5
		ETP Cuenca (mm)	99,4	131,0	149,3	170,3
		P-ETP (mm)	2,5	39,5	25,8	-29,8
Paraná	Alto Paraná	Río Grande en FURNAS (52.100 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	64,2	109,6	179,0	269,5
		ETP Cuenca (mm)	132,5	131,9	130,4	126,8
		P-ETP (mm)	-68,3	-22,3	48,6	142,7
		Río Iguaçu en UHE Baixo Iguaçu (61.947 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	160,1	232,8	171,1	174,1
		ETP Cuenca (mm)	91,4	123,0	144,0	155,7
		P-ETP (mm)	68,7	109,8	27,1	18,4
	Medio y Bajo Paraná	Región hídrica del Impenetrable (35.094 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	17,4	49,7	84,9	121,9
		ETP Cuenca (mm)	122,9	153,9	160,7	170,6
		P-ETP (mm)	-105,5	-104,2	-75,8	-48,7
		Río Corrientes (23.583 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	82,3	149,1	146,6	122,3
		ETP Cuenca (mm)	90,5	120,1	138,1	157,9
		P-ETP (mm)	-8,2	29,0	8,5	-35,6
Uruguay	Alto y Bajo Uruguay	Río Negro Alto (24.652 km²)				
		Precipitación cuenca (mm)	106,3	115,9	106,9	106,3
		ETP Cuenca (mm)	69,3	100,8	127,3	156,2
		P-ETP (mm)	37,0	15,1	-20,4	-49,9

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	ANUAL
Río Paraguay en Cáceres (24.141 km²)								
280,4	254,3	232,3	127,9	50,8	11,5	7,9	16,1	1.650,0
145,3	126,6	136,9	124,2	123,7	131,3	157,3	193,3	1.804,0
135,1	127,7	95,4	3,7	-72,9	-119,8	-149,4	-177,2	-155,0
Ríos y arroyos de Salta y Formosa afluentes al río Paraguay (28.010 Km²)								
151,8	116,4	108,9	48,9	17,9	7,3	3,7	6,1	722,0
208,8	168,6	153,9	105,7	84,5	65,8	83,7	116,7	1.713,0
-57,0	-52,2	-45,0	-56,8	-66,6	-58,5	-80,0	-110,6	-991,0
Río Tebicuary (27.325 km²)								
154,2	140,3	124,6	172,4	143,8	98,7	80,5	66,2	1.569,0
160,4	129,9	128,5	94,0	65,8	47,5	65,4	86,3	1.328,0
-6,2	10,5	-3,9	78,4	78,0	51,2	15,0	-20,1	241
Río Grande en Funas (52.100 km²)								
266,6	170,1	158,6	72,0	45,2	21,3	17,4	18,1	1.391,6
132,4	124,7	124,3	106,5	92,4	81,0	96,2	124,0	1.403,0
134,2	45,4	34,3	-34,5	-47,2	-59,7	-78,8	-105,9	-11,4
Río Iguazú en UHE Baixo Iguazú (61.947 km²)								
183,6	165,4	132,3	155,3	181,0	159,0	126,3	114,4	1.955,5
150,4	122,9	112,4	84,3	62,3	50,2	57,1	74,9	1.228,5
33,2	42,5	19,9	71,0	118,7	108,8	69,2	39,5	727,0
Región hídrica del Impenetrable (35.094 km²)								
128,0	97,7	104,1	59,0	24,2	10,4	4,2	6,8	708,0
173,9	147,0	136,7	95,7	72,4	56,5	71,4	97,7	1.459,0
-45,9	-49,3	-32,6	-36,7	-48,2	-46,1	-67,2	-90,9	-751,0
Río Corrientes (23.583 km²)								
123,5	145,3	139,6	173,4	92,6	84,6	65,1	56,1	1.380,0
160,0	131,4	120,0	83,8	62,0	46,8	54,5	72,8	1.238,0
-36,5	13,9	19,6	89,6	30,6	37,8	10,6	-16,7	142,0
Río Negro Alto (24.652 km²)								
113,5	134,4	110,9	122,1	125,5	105,6	110,7	91,8	1.258,0
158,7	118,0	102,5	64,2	40,2	28,5	32,8	49,4	999,0
-45,2	16,4	8,4	57,9	85,3	77,1	77,9	42,4	260,0

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.

2.2 Aguas superficiales

El régimen hidrológico de los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay, y de sus afluentes es el resultado de las interacciones entre el clima, el relieve, las características geológicas de la región y los usos del suelo. En la sección del río Paraná ubicada inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el río Paraguay, el río Paraná presenta un caudal medio de 18.989 m³/s, para el período 1971–2010.

El caudal medio del río Paraná, aguas arriba de la desembocadura del río Paraguay, está estimado en 13.916 m³/s (valor que corresponde a Itatí). El caudal medio del río Paraguay, aguas arriba de la desembocadura en el río Paraná, está estimado en 4.696 m³/s, que es el valor correspondiente a Puerto Bermejo. Por lo tanto, aproximadamente el 75% del caudal del río Paraná proviene del Alto Paraná (aguas arriba de la confluencia con el río Paraguay), mientras que apenas el 25% del caudal medio proviene del río Paraguay. La **Figura 2.2.1** muestra las estaciones características de medición de caudal utilizadas en el proyecto.

La **Tabla 2.2.1** presenta los valores correspondientes al caudal medio de los tres ríos principales y la correspondiente área de drenaje. En la última columna se muestra el escurrimiento anual medio, medido en milímetros (también denominado *derrame medio anual*), dado por el producto del caudal medio multiplicado por el número de segundos del año, dividido por la superficie de la cuenca de aporte.

Se observa que aguas arriba de la desembocadura del Paraguay en el Paraná, este último presenta en Itatí un caudal tres veces superior al del río Paraguay en Puerto Bermejo, a pesar de tener una menor área de drenaje.

Para el período seleccionado de trabajo (1970–2010), la lámina de escurrimiento medio en el río Paraguay (130 mm/año) es, aproximadamente, cuatro veces menor que la lámina de escurrimiento en la cuenca del río Paraná. Esta diferencia se justifica, en buena parte, por la diferencia de la precipitación media anual, según se observa en la **Figura 1.2**, y por las características topográficas de las dos cuencas. En la cuenca del río Paraguay, existen regiones inundables más extensas que en la cuenca del río Paraná, entre las que se destaca el Pantanal, ubicado entre Bolivia, Brasil y Paraguay.

En las planicies adyacentes al río Paraguay, la región inundada estacionalmente alcanza alrededor de 100.000 km², y partes considerables de la planicie permanecen inundadas hasta el periodo de sequía (desde junio hasta septiembre), favoreciendo la evaporación del agua (Paz *et al.*, 2014, Bravo *et al.*, 2012).

Además, los afluentes de la margen oeste del río Paraguay, como el río Pilcomayo, pierden gran parte de su caudal a lo largo del trayecto, en la zona de Chaco, debido a

Figura 2.2.1

Ubicación de estaciones características de medición de caudales



las características del clima y del relieve en la región (Martín-Vide *et al.*, 2014).

En la **Tabla 2.2.1** se observa también que la cuenca del río Uruguay es la región con mayor escurrimiento anual. Se estima que el caudal medio del río Uruguay en Salto

Grande es de 5.725 m³/s, y el área de drenaje en este sitio es de 243.404 km². Estos valores representan un escurrimiento medio anual de 740 mm/año, que es bastante superior a los valores de las otras regiones. Esto ocurre como consecuencia de una mayor precipitación en este sitio y de

Tabla 2.2.1

Caudal medio de largo término y lámina de escurrimiento anual en diferentes regiones de la cuenca del Plata

Río	Localidad	Área (km ²)	Caudal medio (m ³ /s)	Escurrecimiento anual (mm)
Paraná	Itatí	953.950	13.916	460
Paraguay	Puerto Bermejo	1.135.624	4.696	130
Paraná	Corrientes	1.950.000	18.989	307
Uruguay	Salto Grande	243.404	5.725	740

En base a datos de 1971–2010.

las características topográficas y geológicas de la cuenca.

El caudal total del Río de la Plata, en la desembocadura al Océano Atlántico, puede ser estimado sumando el valor del caudal del río Paraná en Corrientes (18.989 m³/s), más el caudal del río Uruguay en Salto Grande (5.725 m³/s), más los aportes de los afluentes aguas debajo de estos sitios. Como resultado, se estima que el caudal medio del río de la Plata en su desembocadura al Océano Atlántico es de, aproximadamente, 27.000 m³/s.

Una característica notable de la hidrología de la Cuenca del Plata es la variabilidad estacional de los caudales de los principales ríos. La **Figura 2.2.2** presenta los valores del caudal medio mensual en los cuatro puntos listados en la **Tabla 2.2.1** y cuya ubicación está representada en la **Figura 2.2.1**. Se observa que en el río Paraná, a la altura de Itatí, los mayores caudales medios mensuales ocurren en febrero y marzo, mientras que el caudal del río Paraguay es más constante a lo largo del tiempo, en función del efecto regulador de la región del Pantanal, con un máximo relativo en el invierno.

no. El efecto regulador del Pantanal también es causa del retraso de las crecientes del río Paraguay, donde las precipitaciones máximas suceden en enero y febrero, mientras que los caudales máximos en este mismo sitio ocurren en el mes de junio.

Muy diferente es la distribución de los caudales en el río Uruguay a lo largo del año, los caudales mensuales aumentan hacia mediados y finales del invierno y durante la primavera, y disminuyen en verano y otoño.

Los ríos Paraguay, Paraná y Uruguay presentan también evidencias de variabilidad interanual en sus caudales. La **Figura 2.2.3** presenta los caudales anuales en la estación Corrientes sobre el río Paraná.

Se observa que en el periodo posterior a 1970, predominan los años con caudales por encima del valor medio, y que la media a partir de 1970 es un 10% mayor con respecto al caudal medio que surge de todo el registro.

Las causas de la variabilidad de los caudales de los ríos de la Cuenca del Plata no son completamente conocidas, habiendo sido sugeridos factores como la variabilidad de la

Figura 2.2.2

Caudales medios mensuales en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay

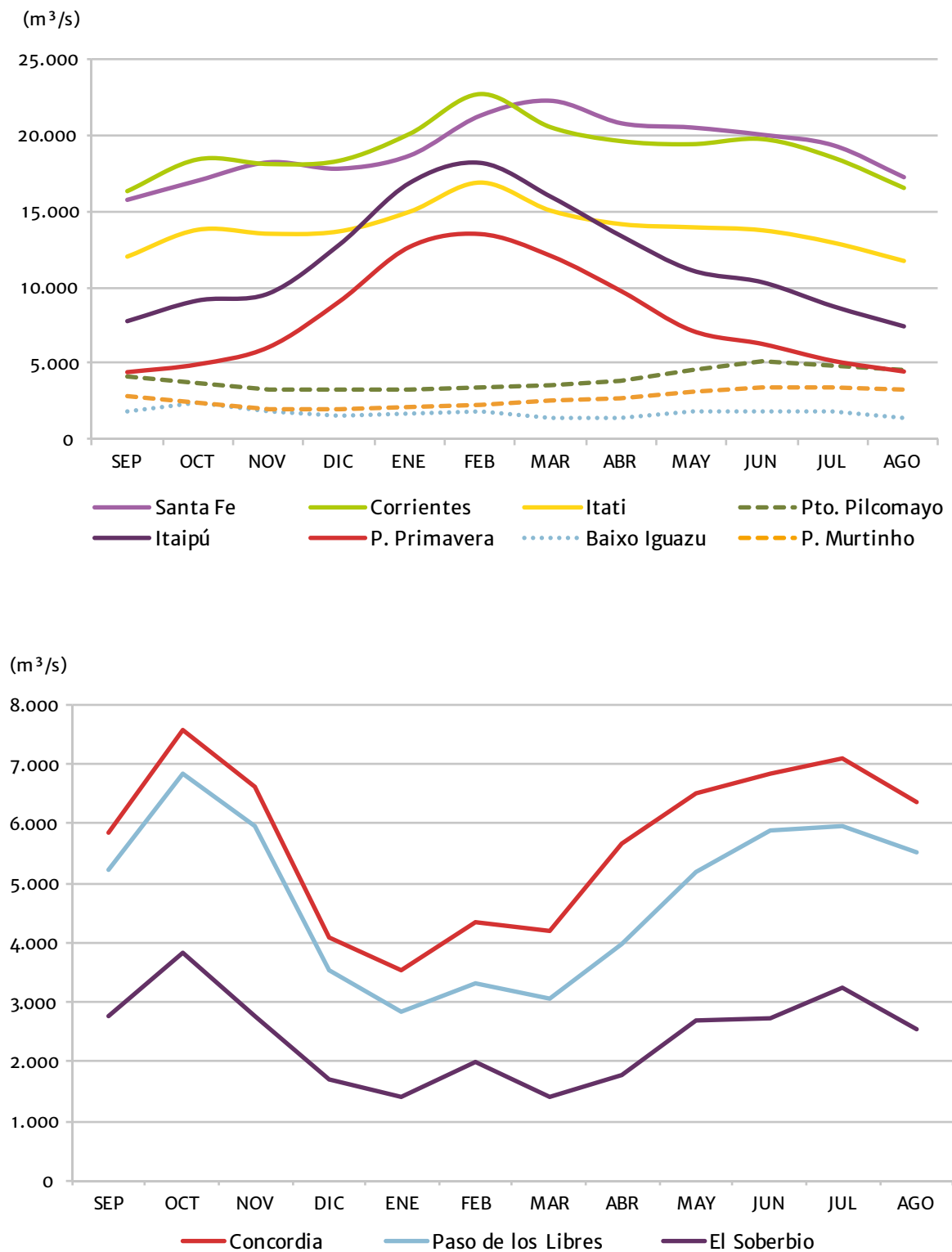
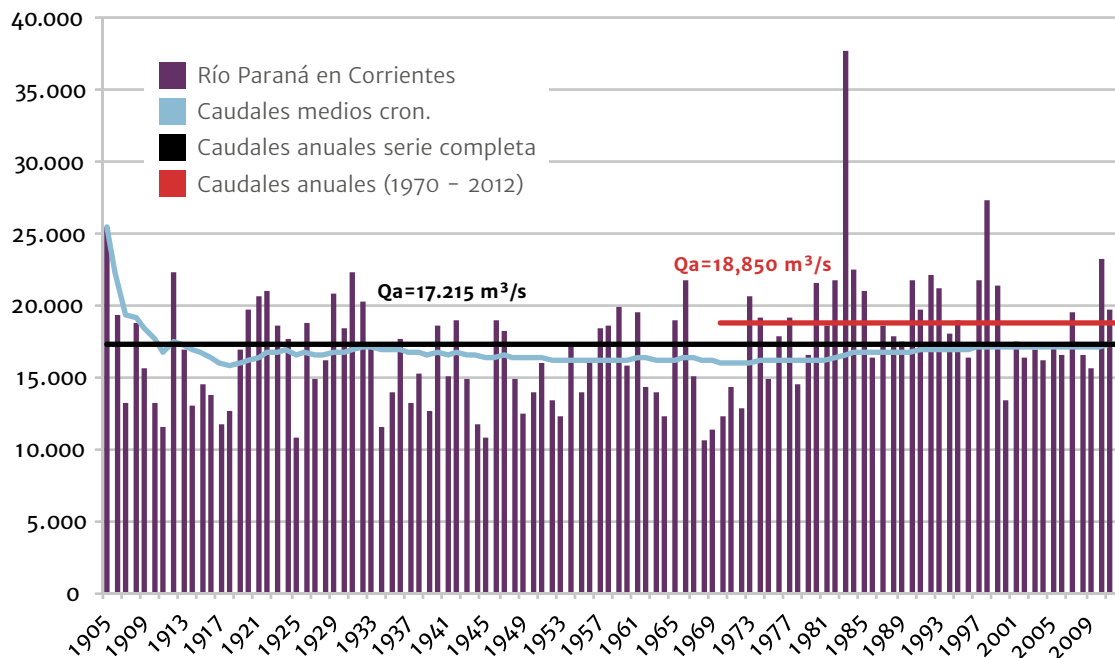


Figura 2.2.3

Río Paraná en Corrientes. Caudales(m³/s)

precipitación (Collischonn, 2001), la deforestación (Doyle y Barros, 2011), la actividad solar (Antico y Kröhling, 2011) y la frecuencia de eventos El Niño (Boulanger *et al.*, 2005). Otros autores sugieren que el aumento de las precipitaciones, principalmente a partir de 1970, forma parte del proceso de cambio climático a nivel global, debido al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Berbery *et al.*, 2006).

2.3 Aguas subterráneas

La Cuenca del Plata 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, con una superficie de 1.190.000 km². Al oeste de la Cuenca se localiza el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) que coincide, mayormente, con la zona se-

miárida de la Cuenca, el bioma del Gran Chaco Americano.

El SAYTT tiene una extensión de aproximadamente 410.000 km² (200.000 km² en Argentina, 30.000 km² en Bolivia y 180.000 km² en Paraguay) y representa una de las reservas de aguas subterráneas transfronterizas más importantes de América del Sur. Es un sistema acuífero de gran importancia regional ya que se encuentra en una región con clima semiárido, escasez de agua superficial y en la que los demás acuíferos son de aguas salobres o saladas, no aptas para el consumo humano o la producción agropecuaria.

Hay también otros acuíferos transfronterizos (compartidos por dos o más países), muchas veces con una superficie tan pequeña en relación con el área total de la Cuenca del Plata que no figuran en los mapas regionales por las escalas empleadas. No obstante, por

su ubicación geográfica y sus características hidrogeológicas se convierten en estratégicos para el desarrollo socioeconómico interno del país o región que los contiene.

Los principales acuíferos transfronterizos, graficados en la **Figura 2.3.1**, son los siguientes:

- Sistema Acuífero Guaraní: compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Sus caudales varían entre 60 a 200 m³/h en áreas próximas a las zonas aflorantes y de 200 a 400 m³/h en las áreas confinadas.
- Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño: compartido por Argentina, Bolivia y Paraguay. Sus caudales máximos llegan a ser de 10 m³/h.
- Sistema Acuífero Serra Geral: compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, con caudales que varían entre 10 y 100 m³/h.
- Sistema Acuífero Pantanal: compartido por Bolivia, Brasil y Paraguay.
- Sistema Acuífero Baurú-Caiuá-Acaray: compartido por Brasil y Paraguay. La unidad Caiuá tiene caudales entre 40 y 60 m³/h y la unidad Baurú tiene caudales moderados que varían entre 10 y 20 m³/h.
- Sistema Acuífero Agua Dulce: compartido por Bolivia y Paraguay, con caudales de hasta 18 m³/h en los acuíferos carboníferos y de 36 m³/h en los acuíferos cretácicos.

Con el trabajo conjunto de los cinco países de la CdP, entre 2011 y 2015 se avanzó en la elaboración de un mapa hidrogeológico de síntesis de la Cuenca a escala 1:2.500.000.

Dado que la concentración de sales es un importante parámetro de la potabilidad del agua, se determinó la conductividad eléctrica como parámetro asociado a la misma.

Las concentraciones de sales, expresadas en $\mu\text{S/cm}$, dispuestas en intervalos regulares distribuidos por toda el área de la Cuenca, presentan los siguientes resultados:

- 0 – 100 $\mu\text{S/cm}$: Registrados solo en las regiones del norte (en territorio brasileño) y noroeste de la Cuenca, en Bolivia;
- 100 – 500 $\mu\text{S/cm}$: Predominan ampliamente en toda la Cuenca, principalmente en la subcuenca del Paraná;
- 500 – 1000 $\mu\text{S/cm}$: Este intervalo ocurre en dos fajas alineadas de dirección norte-sur, que separan la subcuenca del Paraná de aquellas situadas más al oeste de la región, y se extienden también en parte del territorio boliviano, en el área del Pantanal brasileño y en territorio argentino;
- 1000 – 3000 $\mu\text{S/cm}$: Este intervalo de concentración, que marca el inicio de la ocurrencia de aguas con calidad no apta para consumo humano, se dispone en el Chaco argentino y paraguayo, además de la porción central de Argentina;
- 3000 $\mu\text{S/cm}$: El área de ocurrencia de este intervalo de aguas de alta concentración de sales se restringe a una pequeña área de Argentina y parte del oeste de Paraguay, correspondiente a una fracción del SAYTT.

En la **Figura 2.3.2**, se representa la distribución geográfica de ocurrencia de estos intervalos.

Figura 2.3.1

Acuíferos transfronterizos de la Cuenca del Plata

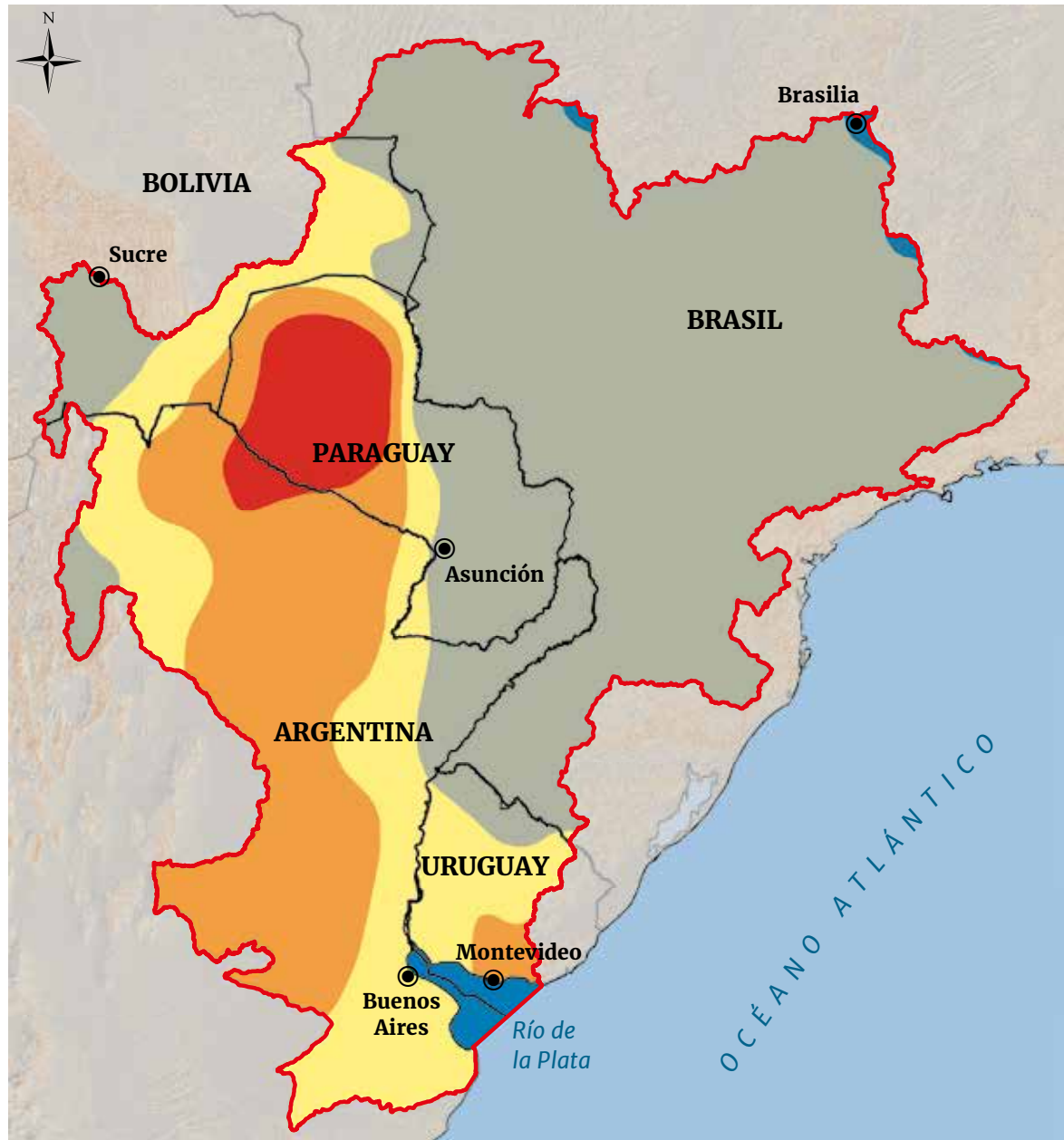


Acuíferos transfronterizos

- | | |
|---|--|
| Aquidaban - Aquidauana | Sistema Permo Carbonífero |
| Palermo - Estrada Nova - Río Bonito | Serra Geral |
| Agua Dulce | Pantanal |
| Bauru - Caiuá - Acaray | Sistema Acuífero Yrenda - Toba - Tarijeño (SAYTT) |
| Botucatu - Tacuarembó - Misiones - Piramboia - Buena Vista | Sistema Acuífero Guaraní (SAG) |

Figura 2.3.2

Distribución de la salinidad en las aguas subterráneas



Conductividad eléctrica (µS/cm)

- 0 - 100
- 100 - 500
- 500 - 1.000
- 1.000 - 3.000
- > 3.000

Capítulo 3:

Demanda del recurso hídrico

El conocimiento de los sectores de usuarios y demandantes del recurso agua de una cuenca resultan de fundamental importancia para la planificación hidrológica, ya que forman parte del análisis de los balances hídricos integrados, constituyendo en su conjunto herramientas indispensables para la gestión de los recursos hídricos. En este sentido, se cuantificaron las demandas del agua por usos en el territorio de la Cuenca del Plata, según la siguiente clasificación:

- **Uso doméstico:** Comprende el uso de agua potable rural y urbana.
- **Uso agrícola:** Comprende el riego de cultivos.
- **Uso pecuario:** Comprende el uso de agua en la producción ganadera.
- **Uso industrial:** Comprende la producción manufacturera, etc.
- **Uso minero:** Comprende el volumen total para la producción, discriminando los procesos intermedios.

Se definió la unidad mínima territorial para la recopilación de antecedentes (provincia o

estado, departamento, municipio, etc.), estableciendo como año base el 2010, sobre el cual se estimaron las demandas.

Las fuentes de los datos recopilados fueron las instituciones que tienen antecedentes en la toma de los mismos y que a futuro pudieran ofrecerlos para poder realizar actualizaciones.

Respecto de las definiciones y conceptos de usos y demandas, existe en la bibliografía internacional un gran número de definiciones que frecuentemente son utilizadas y confundidas en su aplicación cotidiana, por lo tanto se acordó trabajar con los siguientes conceptos básicos:

- **Demanda de agua:** volumen de agua, en cantidad y calidad, que los usuarios están dispuestos a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo.
- **Usos del agua:** las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas.
- **Utilización del agua:** Es un concep-

to teórico que define el agua como un medio para alcanzar objetivos de producción o consumo establecidos por un agente económico.

- **Necesidad de agua:** Cantidad y calidad de agua necesaria y suficiente para asegurar la aplicación de las funciones requeridas por los diversos usos. Las necesidades de agua son calculables y medibles.
- **Retorno:** es el volumen de agua utilizado y no consumido que se incorpora de nuevo a los cuerpos de agua. Los retornos que, en general, son difíciles de medir, se suelen estimar mediante el coeficiente de retorno (CR) surgiendo de la relación existente entre el retorno y la demanda bruta ($CR = R / DB$).
- **Demanda Hídrica:** es igual al volumen total de agua extraída, que es igual a los consumos más el agua extraída no consumida. La extracción es definida en sus componentes de la siguiente manera:

$$Dh = \Sigma c + Aenc$$

Donde:

Dh: demanda hídrica

c: consumos poblacional, productivo y de ecosistemas

Aenc: agua extraída no consumida (poblacional y productivo)

$$Dh = Cap + Ca + Cg + Ci + Cm + Aenc$$

Donde:

Dh: demanda hídrica

Cap: consumo de agua potable o poblacional

Ca: consumo agrícola

Cg: consumo ganadero o pecuario

Ci: consumo industrial

Cm: consumo minero

Aenc: agua extraída no consumida

3.1 Demanda de agua en la Cuenca del Plata

• Demanda poblacional

En general, se refiere la demanda de agua poblacional como abastecimiento urbano, en base a datos medidos o estimados de los sistemas existentes en las ciudades. Sin embargo, el abastecimiento urbano comprende, además del uso doméstico, la provisión de agua a servicios públicos locales e institucionales y el servicio de agua para los comercios e industrias que se encuentran conectados a la red de suministro en el ámbito municipal; en general no existe discriminación de cada servicio en la mayoría de los municipios y provincias.

En la medida de lo posible, la demanda poblacional se debe estimar a partir de datos reales obtenidos mediante mediciones y censos de consumo. Pero en el caso de no disponerlos, como sucedió para este estudio, los datos de partida son la población y la dotación estimada *per cápita*, a partir de los cuales se ha definido una metodología para la estimación de demandas poblacionales totales. Además, esta demanda se agrupó por *unidades de demanda*, según veremos a continuación.

$$Dap = Capu + Capr + Aencp$$

Donde:

Dap: consumo de agua potable o poblacional

Capu: consumo de agua potable o poblacional urbana

Capr: consumo de agua potable o poblacional rural

Aencp: agua extraída para el agua potable o poblacional no consumida

Realizando el análisis para toda la Cuenca, y a partir de los resultados del análisis de

los datos censales de la población total discriminada en rural y urbana y de los consumos promedios consultados, se estiman las dotaciones de suministro para los distintos departamentos, los cuales pueden ser contrastados en lugares donde se tenga información registrada.

El total de la población de la Cuenca es de 101.652.965 habitantes, donde el 90,6% se encuentra urbanizada o rural agrupada. La demanda total doméstica es de 12.002 hm³/año, constituyendo un 24,5% del total de los usos, siendo el segundo uso de mayor importancia en la Cuenca (ver **Tabla 3.1**)

Cabe mencionar que estos valores deberán ser ajustados a medida que los países vayan incorporando mediciones, tanto a nivel general en las ciudades como así también en micro mediciones en los usuarios directos, ya que se asume que en los valores *per cápita* pueden estar reflejadas las pérdidas existentes en las redes de distribución.

• Demanda agrícola

La demanda agropecuaria comprende la demanda agrícola, forestal y ganadera o pecuaria. En este punto se desarrollará solo la demanda agrícola bajo irrigación. Las necesidades de agua por parte del sector forestal no fueron consideradas en este documento. En el punto siguiente se describe la demanda pecuaria.

Los principales cultivos en la Cuenca corresponden a ciclos anuales, como soja, trigo, maíz y arroz. El arroz es producido con riego por inundación y es el mayor consumidor de agua de la Cuenca del Plata. Las principales regiones son el sur de Brasil, norte de Uruguay y este de Argentina, en cercanía de los ríos Uruguay, Quaraí e Ibicuí. En dicha región existe un gran nú-

mero de pequeños embalses para reservar agua para riego, existiendo un potencial conflicto con el abastecimiento de las ciudades en años de sequía y con otros usos, como el recreativo.

La estimación de la demanda agrícola se obtuvo a partir de métodos indirectos (demandas netas estimadas). El número de cultivos considerados para el estudio fue superior a veinte, y no se discriminó entre cultivos regados anualmente y perennes.

La demanda agrícola bajo riego se calculó de la siguiente manera:

- La demanda neta por cultivo irrigado (agua consumida por los cultivos); no se tuvo en cuenta la demanda bruta (agua total derivada, teniendo en cuenta la eficiencia de conducción, distribución y aplicación);
- La superficie bajo riego;
- La diferencia entre demanda bruta y neta corresponde al retorno y/o a pérdidas. No se contó con información sobre dicha relación.

La demanda de agua para uso agrícola será:

$$Da = \sum Cai + Aenc$$

Da: Consumo de agua para la agricultura bajo riego

Cai: consumo de agua del cultivo bajo riego

Aenc: agua extraída para el riego no consumida

El volumen total estimado de demanda de agua agrícola es de 23.995 hm³/año, representando un 48,9% del total consumido en la Cuenca, constituyendo el primer uso en términos de volumen consumido (**Tabla 3.1**).

• Demanda pecuaria

La estimación de la demanda hídrica pecuaria se define en términos del consumo de agua de las cabezas de ganado de un lugar o región a considerar. En general, se define la unidad de medida en litros/cabeza/día. Se cuantifica la demanda para las fases de crecimiento, terminación y faena.

Se considera como población pecuaria a la totalidad de los inventarios de bovinos, caprinos, equinos, porcinos, ovinos, aves y otros.

Las economías de Argentina, Brasil y Uruguay presentan un fuerte componente agrícola y ganadero, correspondiente al territorio más bajo de la Cuenca, que ha sido tradicionalmente una región de producción ganadera. En la región de la Pampa, junto al Río de la Plata, Argentina y Uruguay tienen explotaciones de ganado vacuno y ovino de alta calidad.

En el Alto Paraguay, particularmente en la región del Planalto, se encuentra actualmente uno de los mayores rebaños de ganado del mundo. Esta actividad ha tenido una gran expansión, con impactos en la producción de sedimentos en las cabeceras del río Tacuarí. En el Pantanal, que es uno de los mayores humedales del mundo, hay un cierto equilibrio entre la preservación ambiental del humedal y el ganado.

El conocimiento de la cantidad de agua que consumen los animales es, sin dudas, de gran importancia para: a) saber el número de cabezas que se podrán mantener conociendo la cantidad de agua disponible, b) poder diseñar los planes de demandas futuras. Estas estimaciones adquieren mayor relevancia cuando se trata de zonas donde el agua es un recurso escaso y es imperativo hacer un uso racional de la misma. Ge-

neralmente, en estas zonas es necesario no solamente conocer el agua requerida para abastecer a los animales, sino también los demás usos del agua en su ciclo (como las formas de faena, entre otros).

La demanda de agua para uso pecuario será:

$$Dg = Cgb + Cgc + Cge + Cgp + Cgo + Cga + Aencg$$

Donde:

Dg: Demanda de agua pecuaria o ganadera

Cgb: consumo de agua ganado bovino

Cgc: consumo de agua ganado caprino

Cge: consumo de agua ganado equino

Cgo: consumo de agua ganado porcino

Cga: consumo de agua ganado aviar

Aencg: agua extraída para la ganadería no consumida

El volumen total estimado de demanda ganadera o pecuaria es de 3.803 hm³/año representando un 7,8% del total de agua consumido en la Cuenca (Tabla 3.1).

• Demanda industrial

Respecto de la demanda industrial, los datos disponibles suelen referirse a la gran industria, que cuenta con fuentes de abastecimiento propias. Los consumos de la pequeña y mediana industria suelen incluirse dentro del sector de abastecimiento urbano, lo que conduce en general a una infravaloración de la demanda industrial.

El agua industrial incluye aquella utilizada para actividades de conservación o transformación de materias primas, para el acabado de productos, para las actividades de construcción o como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento como de enfriamiento.

Para los establecimientos industriales que se abastecen de las redes de agua potable y

vierten los desechos al sistema cloacal no se discriminan dichos usos con los correspondientes a los domésticos. También existe un número importante de establecimientos que se abastecen directamente de fuentes subterráneas y no son contabilizadas por los municipios, por lo que es un universo que no es fácil de contabilizar en el cálculo de la demanda industrial.

En la Cuenca del Plata, la actividad industrial es diversificada y está relacionada con los principales centros urbanos en Argentina y Brasil, como las regiones metropolitanas de San Pablo y de Buenos Aires. En estos países, la producción industrial más importante está relacionada con autos y derivados de petróleo.

Parte importante de la producción industrial se encuentra vinculada con el procesamiento de productos agrícolas. En Argentina, los centros industriales más importantes están ubicados en la ciudad de Buenos Aires y en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires. En ellos, se destacan las industrias relacionadas con materias primas agro-ganaderas, como ser curtiembres e industrias alimenticias. En Uruguay, la industria alimenticia se ubica en áreas rurales, mientras que el resto se encuentra en la zona metropolitana de Montevideo. En Brasil, el mayor sector industrial es relativamente diverso con actividades importantes en tecnología, alimentos, textiles, autos, aviones y petróleo. La cuenca del Paraná concentra gran parte de producción industrial del país.

La demanda de agua del uso industrial será:

$$Di = Cig + Cip + Aenci$$

Donde:

Di: demanda de agua industrial

Cig: consumo de agua industrial por gran-

des industrias

Cip: consumo de agua industrial por pequeñas industrias

Aenci: agua extraída para la industria no consumida

El volumen total estimado para la demanda industrial es de 9.058 hm³/año representando un 18,4% del total consumido en la Cuenca (**Tabla 3.1.**).

• Demanda minera

El agua en la minería tiene múltiples usos, especialmente durante el proceso de separación de minerales. Se usa también para la refrigeración, limpieza y lubricación de las perforaciones y herramientas de corte (brocas, trépanos y coronas diamantadas).

La minería de superficie requiere agua para evitar el polvo en los caminos de las canteras, sobre todo cuando hay intenso tráfico de maquinarias perforadoras, de carga y de transporte.

La minería subterránea la necesita para enfriar ambientes y máquinas, limpiar herramientas de polvo de roca y evitar el exceso de polvo regando el suelo para proteger a los operarios y maquinarias. Cuando los trabajos subterráneos generan afloramientos de aguas naturales, hay que prever su captación, canalización y bombeo para evitar inundaciones. También se usa para transporte de minerales, de colas, en procesos para la restauración de terrenos y revegetación de áreas.

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. Bolivia, si bien con poca extensión de territorio dentro de la Cuenca, tiene depósitos de hierro y manganeso muy cerca

Tabla 3.1

Demanda de agua en la Cuenca del Plata

a) Integración de datos por país

País	Demanda en hm ³ /año						%
	Poblacional	Agrícola	Pecuaría	Industrial	Minera	Total	
Argentina	4.787	7.304	1.066	2.138	124	15.419	31,5
Bolivia	125	s/d	s/d	s/d	s/d	125	0,0
Brasil	6.250	14.128	1.911	6.771	s/d	29.060	59,3
Paraguay	443	552	484	17	s/d	1.496	3,1
Uruguay	397	2.011	342	132	47	2.929	6,0
Total	12.002	23.995	3.803	9.058	171	49.029	
%	24,5	48,9	7,8	18,4	0,0		100,0

b) Integración de datos por sistemas hídricos

Subcuenca	Demanda en hm ³ /año						%
	Poblacional	Agrícola	Pecuaría	Industrial	Minería	Total	
Paraná	8.119	15.067	2.269	7.726	68	33.250	68,0
Paraguay	625	1.831	527	156	7	3.146	6,4
Uruguay	588	6.598	594	427	20	8.227	16,8
Río de la Plata	2.545	499	413	742	76	4.275	8,7
Total	11.877	23.995	3.803	9.051	171	48.897	
%	24,3	49,1	7,8	18,5	0,5		100,0

Fuente: PM, 2016j.

de Puerto Suárez. En los bordes de la franja andina, existen reservas importantes de gas y petróleo. Bolivia y Argentina producen la mayor cantidad de petróleo de la región.

En la subcuenca del Alto Paraguay, frente al cerro Mutún (Bolivia), se encuentra el cerro gemelo Urucum, donde Brasil explota minas de hierro que constituyen un producto de exportación a Argentina, Europa y China.

Existe escasa información de este uso, la información recopilada indica que el volumen total estimado de demanda minera es de 171 hm³/año representando un porcentaje ínfimo sobre el total demandado en la Cuenca (Tabla 3.1).

A manera de resumen se presentan en la Tabla 3.1 las demandas de los distintos usos del agua para toda la Cuenca y por sistemas hídricos.

3.2 Consideraciones sobre el uso de agua subterránea

Como consecuencia de una conjunción de factores (aspectos demográficos, ocurrencia de unidades acuíferas y calidad química de las aguas), las perforaciones de pozos se distribuyen de forma bastante compartimentada en la Cuenca, tal como puede verse en la Figura 3.2.1.

En la subcuenca del Bajo Paraná, se observa la menor densidad de pozos del área, con apenas 1,5 pozos/10 km², que se corresponde con la baja densidad demográfica y la exuberancia hídrica superficial del área de la Mesopotamia argentina.

Por su parte, la subcuenca propia del Río de la Plata, también con buena ocurrencia de aguas de superficie, presenta 1,8 pozos/10 km².

En la subcuenca del Alto Paraná, aunque existan 3,7 pozos/10 km², este valor es también consecuencia de baja densidad poblacional y de la amplia riqueza en aguas de superficie. En esta área se sitúa el Estado de San Pablo, el mayor consumidor de aguas subterráneas del Brasil.

Las subcuencas del Alto y Bajo Paraguay, que comprenden áreas de Bolivia, Paraguay y Argentina muestran densidades que varían entre 2,4 y 4,5 pozos/10 km². Además de la baja densidad poblacional, la mayor salinización inhibe el incremento de las perforaciones en la zona.

Las subcuencas del Alto y Bajo Uruguay muestran los valores más elevados de densidad de pozos, que oscilan entre 18 y 70 pozos/10 km².

En Argentina, las zonas con mayor utilización de agua subterránea para abastecimiento humano se sitúan en las proximidades de Buenos Aires, mientras que su uso en la actividad agropecuaria está generalizado en todo el país.

En Bolivia, los principales usos del agua subterránea son el abastecimiento público, la agricultura y la industria.

En Brasil, este recurso tiene una importancia fundamental para el abastecimiento humano y para uso industrial en toda la región sudeste y sur. En esta zona tiene lugar la mayor explotación de aguas subterráneas de toda la Cuenca del Plata.

También en el Paraguay, el agua subterránea es ampliamente utilizada para abastecimiento humano e industrial en los alrededores de su capital, Asunción. En otras regiones, se la destina principalmente a la ganadería y al abastecimiento público de localidades dispersas.

Figura 3.2.1

Densidad de perforaciones para extracción de agua subterránea por subcuencas



Información sobre cantidad de pozos disponible en el PM, aportada por los organismos oficiales de cada país.

N° de Pozos/10 km² (por subcuenca)

- Alto Paraguay - 4,5
- Alto Paraná - 3,7
- Bajo Paraguay - 2,4
- Bajo Paraná - 1,5
- Alto Uruguay - 70
- Bajo Uruguay - 18
- Propia del Río de la Plata - 1,8

En Uruguay, la utilización de agua subterránea para abastecimiento humano es relativamente baja, ya que Montevideo —donde habita más de la mitad de la población del país— utiliza agua superficial y apenas el 20% del volumen total del agua utilizada para abastecimiento público es suministrada a las poblaciones del interior.

Cabe destacar que, en la CdP, el desarrollo natural de las poblaciones urbanas y rurales, asociado con el fuerte incremento de las actividades agrícolas e industriales, ha incrementado el uso de los recursos hídricos en forma significativa, particularmente aquellos de origen subterráneo. Este crecimiento, como era de esperar, además de parámetros demográficos, obedece a las características intrínsecas de los acuíferos, como la ocurrencia de unidades potencialmente productivas y a la calidad de sus aguas.

En la región del SAYTT se destaca la presencia de pueblos originarios con problemas sociales similares. Numerosas veces sus comunidades están radicadas en los tres países sin considerar las fronteras político-administrativas. La actividad productiva básica del área es la agricultura y la ganadería, con una gran potencialidad en las zonas húmedas. La barrera para el de-

sarrollo económico de la región, que afecta con especial crudeza a los sectores rurales campesinos, es el acceso al agua en cantidad y calidad necesaria para la subsistencia y la producción.

La **Figura 3.2.2** muestra una estimación del volumen total anual explotado de agua subterránea en la Cuenca, tomando como base los siguientes criterios:

- Abastecimiento humano público (compañías de saneamiento): 20 horas/día;
- Abastecimiento humano privado (condominios y otros usuarios privados): 8 horas/día;
- Abastecimiento industrial: 8 horas/día;
- Abastecimiento rural: 8 horas/día.

A partir de esos intervalos, el volumen total fue calculado a través de la siguiente fórmula:

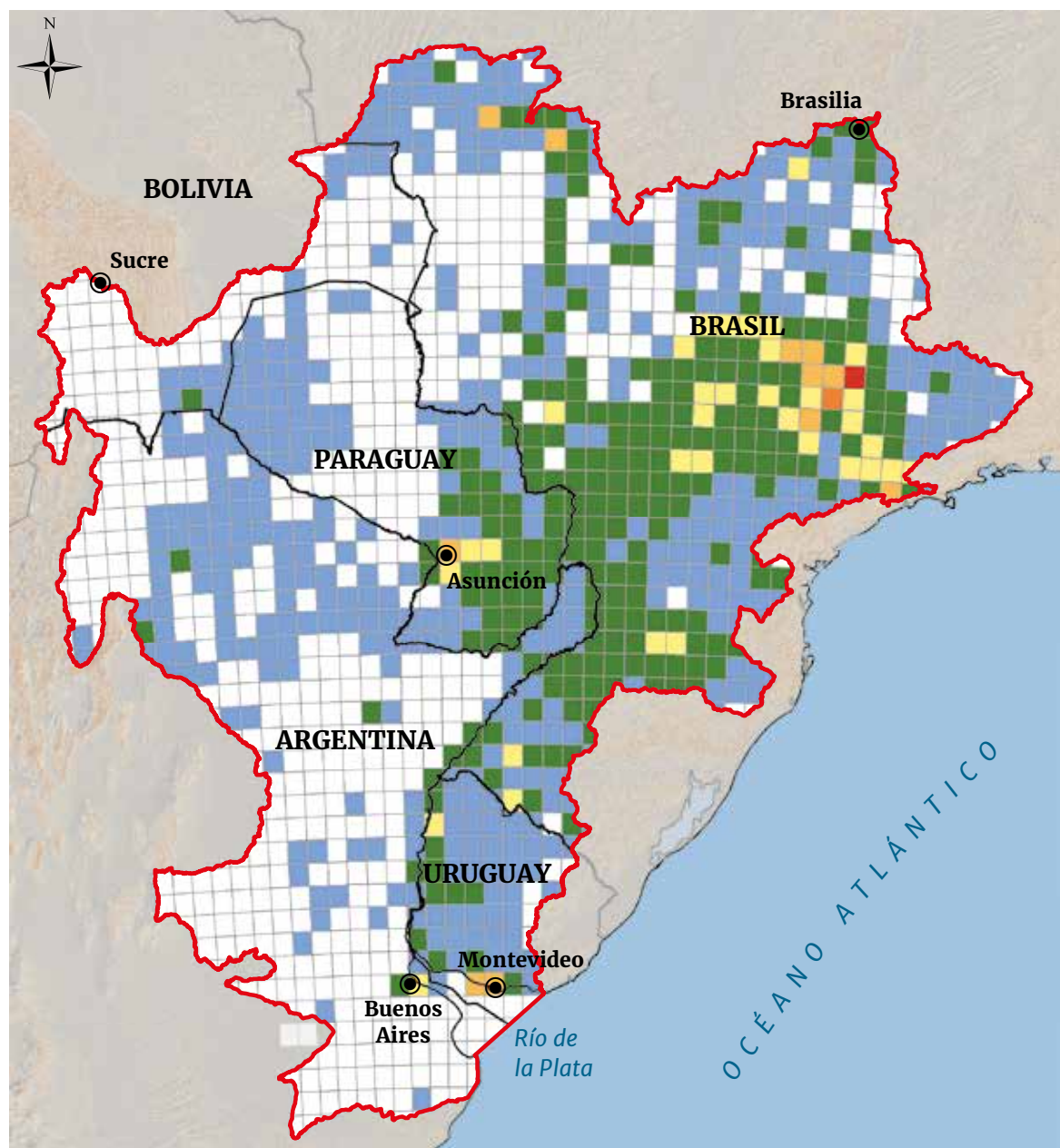
$$V_{\text{Total}} = V_{\text{publ.}} + V_{\text{priv.}} + V_{\text{ind.}} + V_{\text{rural}}$$

Siendo cada volumen individual calculado a través de la fórmula:

$$V = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \cdot t \text{ (horas). } 365$$

Figura 3.2.2

Volúmenes de agua subterránea explotados anualmente



Volúmenes anuales explotados (m³/año)

- 0 o Sin información
- 1 - 1.000.000
- 1.000.000 - 10.000.000
- 10.000.000 - 25.000.000
- 25.000.000 - 50.000.000
- 50.000.000 - 100.000.000
- > 100.000.000

3.3 Consideraciones finales sobre la demanda

A nivel de toda la Cuenca, el riego es el principal usuario de agua, que se expande continuamente con dos características contrapuestas: mitiga los riesgos derivados de las deficiencias de disponibilidad de agua para los cultivos y agudiza la competencia con los otros usos en los períodos de mayor escasez. El caso más relevante respecto del segundo punto es el cultivo de arroz, por su gran consumo, que provoca conflictos con las demandas poblacional, ganadera, industrial, recreativa y ecosistémica.

El uso poblacional es la segunda demanda, existiendo conflictos instalados por el suministro deficiente en cantidad y calidad en algunas subcuencas. Esta situación se agudiza en las poblaciones urbanas marginales en constante aumento, debido a la fuerte urbanización ocurrida en las últimas décadas. En los casos de Argentina, Brasil y Uruguay, más del 90% de la población es urbana. Los problemas de suministro se agravan por la afectación de las fuentes por los vertidos no tratados debido a la deficiencia de los sistemas de saneamiento, impactando sobre la salud humana y ambiental.

La demanda industrial es la tercera en importancia, y posee un alto valor económico y social, con un impacto ambiental negativo por la emisión puntual de efluentes que contamina y afecta la disponibilidad de agua.

El consumo animal es prioritario, al igual que el doméstico, y de gran trascendencia económica, ya que la CdP se está consolidando como la principal región productora y exportadora de carne a nivel mundial. Esta demanda es difícil de estimar por estar distribuida en forma difusa en todo el territorio; en los periodos de sequía se ve afectada la disponibilidad del recurso, lo que es importante ya que la escasez de agua de bebida impacta más en la producción ganadera que la restricción de alimentos. Existe la necesidad de perfeccionar los sistemas de suministro para asegurar el abastecimiento y minimizar la contaminación difusa ocurrida cuando los animales acceden directamente a los cuerpos de agua.

En el caso de la demanda minera, es de importancia en parte de la región, pero la información disponible es parcial.

Capítulo 4:

Balance hídrico en la Cuenca del Plata

En la primera etapa del Programa Marco se ha desarrollado el balance hídrico superficial, el análisis de las demandas y se ha avanzado en el análisis de aguas subterráneas, quedando pendiente la integración de los tres componentes para completar la herramienta de gestión de balance hídrico integrado a nivel de la Cuenca del Plata, integración que se realizó a nivel de cuenca piloto, en la del Cuareim/Quaraí, según se detalla en el *Capítulo 6*.

A continuación se resumen las tareas desarrolladas correspondientes al Balance Hídrico Superficial (BHS) de la Cuenca del Plata, el cual se calculó a nivel nacional en cada país. En Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay se utilizó el Modelo Témez-CHAC de paso mensual, mientras que en Brasil se implementó el Modelo de Grandes Cuencas (MGB), que es un modelo de paso de tiempo diario, que fue agregado a nivel mensual para poder ser integrado a los resultados de los demás países. El Modelo Témez-CHAC es utilizado para calcular la disponibilidad, constituyendo una herramienta de cálculo útil para estimar caudales en aquellas cuencas que no disponen de esta información.

El modelo Témez-CHAC, el Modelo de Grandes Cuencas (MGB) y el Modelo SAD

se describen sintéticamente en el *Capítulo 5*; la implementación de cada uno de ellos durante el Programa Marco se describe en el *Capítulo 6*, mientras que los detalles técnicos de todos los modelos se presentan en los respectivos *Anexos*.

Para el cálculo del BHS, se consideró un año hidrológico comprendido desde septiembre a agosto para el período 1970–2010. Se acordó utilizar, según el tamaño del país, escalas y análisis de entre 1:100.000 a 1:250.000 y para presentación la escala de 1:1.000.000. Asimismo, se acordó también presentar los resultados de balance superficial a nivel de áreas de aporte de entre 20.000 a 30.000 km², más allá de que para los cálculos se desagreguen áreas menores.

La metodología para la implementación de modelos de balance hidrológico superficial a paso de tiempo mensual se resume en:

- Selección y análisis de estaciones de aforos de caudales
- Análisis de consistencia y homogeneidad de series mensuales de caudales disponibles

- Determinación de precipitaciones mensuales areales y ETP areales para las cuencas correspondientes a los sitios de medición
- Calibración del modelo
- Verificación del modelo, para un período de medición diferente al de calibración
- Aplicación del modelo en cuencas no aforadas de características hidrometeorológicas similares a las existentes en las cuencas calibradas

Los resultados obtenidos del balance hídrico superficial a nivel mensual por subcuencas fueron integrados a nivel de Cuenca del Plata en sitios característicos comparando con datos de caudales observados, lo que permitió hacer una estimación de errores con los caudales simulados a nivel del caudal medio anual para el período 1971–2010. Estos valores se muestran en la **Tabla 4.1** (para los sitios característicos mostrados en la **Figura 2.2.1** del *Capítulo 2.2*) donde también se indica la relevancia del sitio en términos de su caudal medio porcentual respecto al caudal de toda la Cuenca.

Tabla 4.11

Resumen de caudales medios anuales (período 1971-2010)

Río de la Plata	Caudal simulado (m ³ /seg)	Caudal observado (m ³ /seg)	% de error	% del caudal simulado con respecto al caudal del Río de la Plata
Río Paraná				
Río Paraná hasta confluencia con el río Paraguay				
Río Paraná en Porto Primavera	7.913	7.938	-0,3	29,1
Río Paraná en Guaira	11.725			43,1
Río Paraná en Itaipú	12.886	11.746	9,7	47,3
Río Paraná aguas abajo confluencia Iguazú	14.871			54,6
Río Paraná en Itatí	14.404	13.916	3,5	52,9
Río Paraguay hasta confluencia con el río Paraná				
Río Paraguay en Puerto Pilcomayo (*)	3.805	3.964	-4,0	14,0
Río Paraguay en Puerto Bermejo (**)	5.091	4.696	8,4	18,7
Río Paraná desde Corrientes hasta el Río de la Plata				
Río Paraná en Corrientes	19.077	18.989	0,5	70,1
Río Paraná en Santa Fe – Paraná	19.889	19.041	4,5	73,1
Total río Paraná	19.706			72,4
Río Uruguay				
Río Uruguay en El Soberbio	2.423	2.384	1,6	8,9
Río Uruguay en Paso de los Libres	4.593	4.789	-4,1	16,9
Río Uruguay en Concordia (***)	5.624	5.725	-1,8	20,7
Total río Uruguay	7.058			25,9
Aportes margen derecha del Río de la Plata	203			0,7
Aportes margen izquierda del Río de la Plata	259			1,0
Total Río de la Plata	27.225			100

(*) No incluye derrames del Pilcomayo.

(**) Caudal observado 1983/84.

(***) Caudal observado hasta 2003/04.

Capítulo 5:

Herramientas de gestión

En este capítulo se describen las tres herramientas principales utilizadas por los países para analizar la disponibilidad de agua superficial y su variabilidad temporal y espacial a nivel de la Cuenca del Plata y el desarrollo de un modelo de balance integrado a nivel de cuenca piloto.

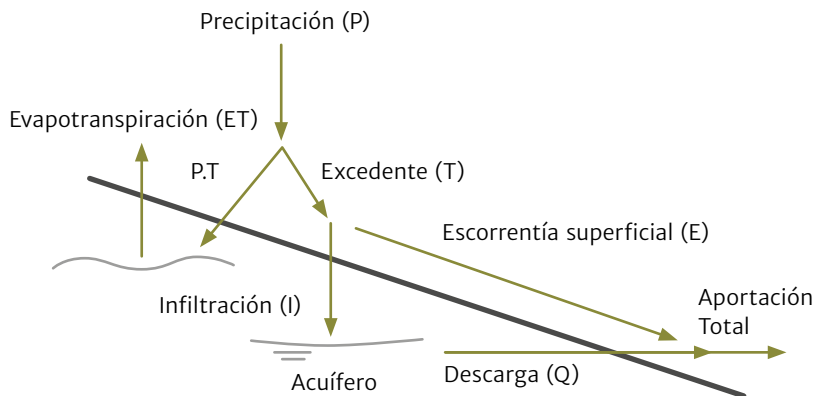
5.1 Modelo Témez-CHAC

El Software CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas), que incluye el método de Témez, fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España (CEDEX). Es un modelo conceptual agregado, de simulación continua y de paso mensual, que aplica el principio de continuidad y simula los principales procesos de transferencia

de agua en el ciclo hidrológico considerando dos almacenamientos: suelo (zona no saturada) y acuífero (zona saturada).

El programa CHAC permite analizar y procesar series de tiempo con graficación y análisis de disponibilidad de información, realizar análisis de consistencia mediante doubles masas, completar series utilizando métodos de correlación y determinar estadísticas básicas y hacer análisis de frecuencia. También se puede realizar la estimación de la evapotranspiración potencial por los métodos de Thornthwaite, Blaney-Criddle y Penman-Monteith. Finalmente se pueden obtener caudales mediante el balance de Témez. La **Figura 5.1.1** resume las variables utilizadas por el método de Témez (Soto, 2001).

Figura 5.1.1

Esquema conceptual del método de Témez

Fuente: Soto, 2001.

El agua precipitada (P), una vez en el suelo, se divide en *evapotranspiración* (ET) y *excedente* (T). El excedente a su vez alimenta la *escorrentía superficial* (E), y la fracción remanente pasa a formar parte de las reservas dentro del acuífero subterráneo, mediante la *infiltración* (I). Esta infiltración se convierte en *recarga* (R) al acuífero mientras la otra parte del excedente va íntegramente a formar parte de la *escorrentía superficial* o directa durante el período de análisis. Finalmente la aportación total para el mes se calcula como la suma de la *escorrentía superficial* y la *aportación subterránea*.

La descripción detallada de este modelo se encuentra en *Anexo 1*.

5.2 Modelo de Grandes Cuencas (MGB)

El modelo MGB-IPH es un modelo hidrológico distribuido, que permite simular, con paso de tiempo diario u horario, los procesos hidrológicos incluyendo: balance hídrico en el suelo; balance de energía y evapotranspiración; interceptación, generación y propagación de drenaje superficial, sub superficial y subterráneo en una cuenca hidrográfica; y propagación del caudal en la red de drenaje.

El modelo permite la simulación hidrológica distribuida en cuencas cuyas áreas sean superiores a 10.000 km². La evapotranspiración está representada en base a la ecuación de Penman-Monteith, que utiliza como datos

de entrada las variables meteorológicas típicamente producidas por modelos climáticos: temperatura del aire, velocidad del viento, radiación solar y humedad relativa del aire.

El modelo ha sido integrado a un software libre de SIG, facilitando la interpretación de resultados y las etapas de post-procesamiento (Fan y Collischonn, 2012). Además, el modelo MGB-IPH cuenta con una rutina de calibración automática multiobjetivo adaptada por Collischonn y Tucci (2003) y Bravo *et al.* (2009).

Para la aplicación del modelo son utilizados datos hidrológicos y meteorológicos, siendo estos últimos datos de temperatura, presión, insolación, humedad relativa del aire y velocidad del viento.

La descripción detallada de este modelo se encuentra en *Anexo 2*.

5.3 Modelo SAD

Este modelo hidrológico de gestión es una evolución de una metodología de balance hídrico para fines de planificación de las cuencas, inicialmente propuesto por Collischonn y Lopes (2008), que cuenta con funcionalidades de interconexión con un sistema de información geográfica y herramientas para representar aspectos de cantidad y calidad del agua.

El modelo SADr-IPH, un acrónimo derivado del Sistema de Soporte a la Decisión con inclusión de Embalses (*reservatórios*), es un modelo hidrológico de gestión. La sigla IPH se refiere al Instituto de Pesquisas Hidráulicas de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, donde este modelo viene siendo desarrollado.

En la versión más actual del SAD-IPH, está incluido el balance hídrico de embalses y tramos de río, considerando las extracciones para satisfacción de las demandas en un sistema. Esta metodología, denominada SADr-IPH tiene como objetivo ser una versión mejorada del SAD-IPH, un sistema de soporte a la decisión para gestión de los recursos hídricos, donde son realizados balances hídricos cuantitativos y cualitativos en un régimen permanente de caudales.

La **Figura 5.3.1** presenta un esquema general de la metodología del sistema SADr-IPH. Se observa que existe una etapa de la metodología relacionada con el pre procesamiento de datos geográficos; una etapa que corresponde a la estimación de disponibilidad del agua; una etapa referente a las demandas; y una última relacionada con la estimación de datos de los embalses. Esta

información es sintetizada en un banco de datos, que es accedido en el momento en que son realizados los cálculos del balance hídrico por el SADr-IPH.

Básicamente, estas etapas son una forma de subdividir la cuenca hidrográfica en unidades menores, aquí denominadas minicuecas, siguiendo la misma estrategia adoptada en el modelo hidrológico MGB-IPH. En estas minicuecas son realizados los cálculos para obtener la información acerca de la disponibilidad hídrica y también los cálculos del balance hídrico entre disponibilidad y demanda.

La disponibilidad hídrica en el sistema del balance hídrico del SADr-IPH se obtiene a partir de una aplicación previa del modelo hidrológico MGB-IPH. Este modelo es aplicado en el paso de tiempo diario y, luego de calibrado, utilizado para generar series de caudales en un intervalo de tiempo semanal en todas las minicuecas, en que ha sido dividida la cuenca hidrográfica.

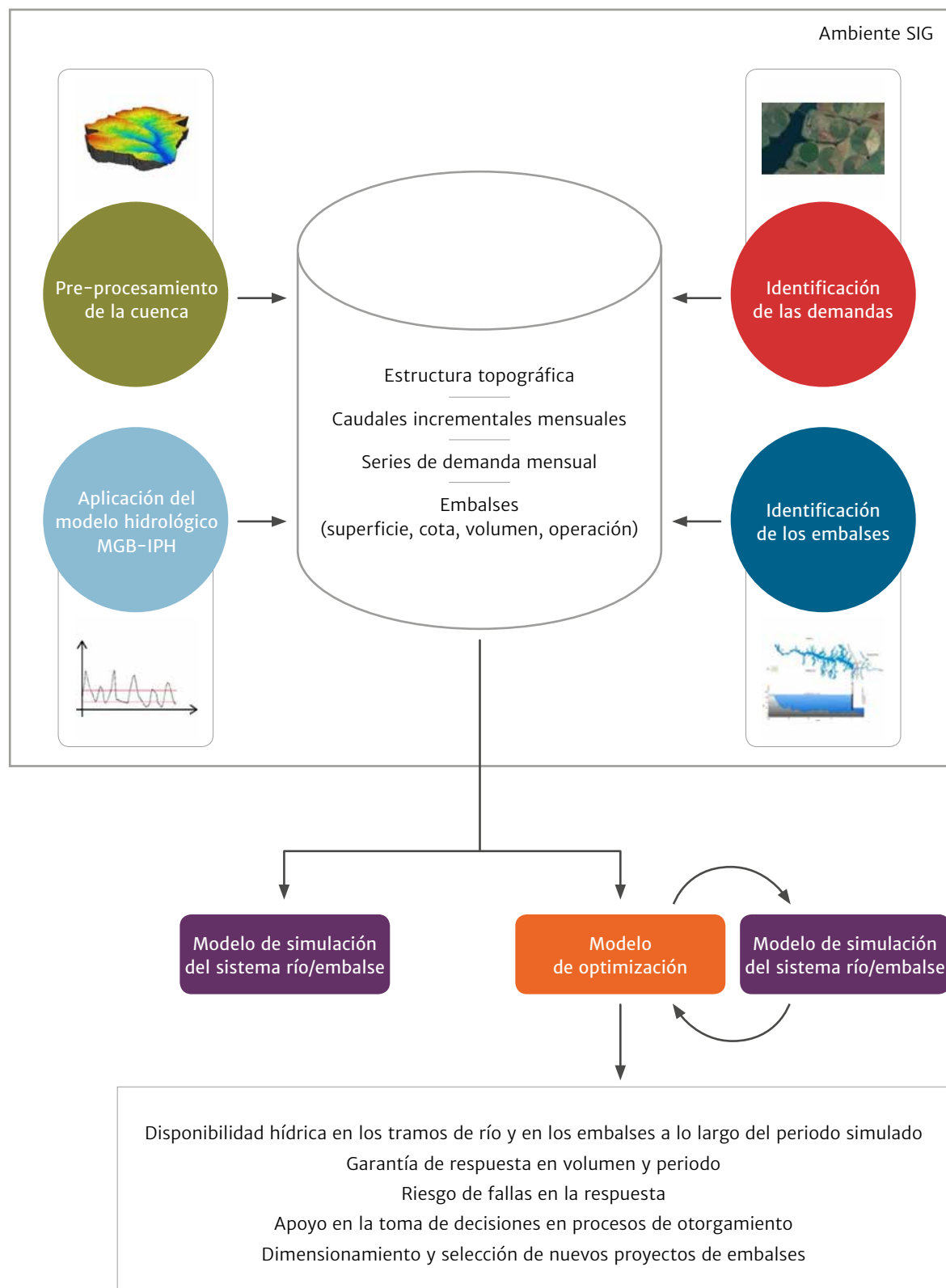
Las demandas hídricas son obtenidas a partir de datos catastrales como datos de concesión de uso del agua. Cuando los datos de concesión no son completos o cuando es evidente que hay un uso superior del agua en la cuenca de lo que sugieren los catastros oficiales, las demandas de uso del agua pueden ser estimadas en base a otras metodologías, como la estimación a partir de imágenes satelitales.

Los embalses también forman parte del banco de datos del sistema SADr-IPH, siendo necesario tener conocimiento acerca del volumen útil de almacenamiento, el área superficial y la ubicación de cada uno de los embalses a ser utilizado en la simulación.

La descripción detallada de este modelo se encuentra en *Anexo 3*.

Figura 5.3.1

Estructura general del modelo SADR-IPH



Capítulo 6:

Aplicaciones de los modelos

6.1 Aplicación del modelo Témez-CHAC

Como se describió en el *Capítulo 4*, en Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay se utilizó el Modelo Témez-CHAC de paso mensual para calcular el Balance Hídrico Superficial (BHS).

6.2 Aplicaciones del modelo MGB

El MGB fue utilizado tanto para estimar la disponibilidad de agua en la cuenca -como se describió en el *Capítulo 4*- como para evaluar el impacto del cambio del clima en los caudales. A continuación se desarrolla la metodología y resultados obtenidos para las proyecciones climáticas en la Cuenca del Plata.

Las proyecciones climáticas utilizadas en la simulación hidrológica para el análisis de los impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos de la Cuenca del Plata han sido realizadas a través del modelo climático regional ETA-10 km, utilizando las condiciones iniciales y de contorno del modelo ETA-20km; del modelo HadGEM2-ES (*UK Met Office Hadley Centre Global Environmental Model*, versión 2, con los componentes del sistema terrestre (ES -

Earth System)); con el escenario de emisión de CO₂ RCP 4.5 (Ferraz Mourão, 2014).

El modelo regional ETA es utilizado operativamente en el CTPEC-INPE de Brasil para el pronóstico climático. Dicho modelo ha sido modificado para las simulaciones climáticas y utilizado para *downscaling* de previsiones del clima, como se describe en Lima *et al.* (2014).

En la versión aplicada en América del Sur, en el contexto del Programa Marco del CIC, el modelo ETA posee resolución espacial de 10 km, tanto en latitud como en longitud. La atmósfera se divide en 38 capas en dirección vertical.

Como condiciones de contorno, el modelo ETA de 10 km de resolución, recibe datos mensuales de una versión regional del modelo ETA de 20 km de resolución en la parcela atmosférica, y datos de la temperatura de la superficie del mar (TSM) a través del modelo HadGEM2-ES. Con el fin de evitar alteraciones bruscas en el campo de TSM durante el cambio de los meses, se llevó a cabo una interpolación lineal entre dos meses consecutivos de modo de obtener 30 diferentes campos entre ellos (alteración

diaria). Ferraz Mourão (2014) brinda más detalles de la aplicación de este modelo.

Las proyecciones de clima a futuro dependen de los escenarios de emisión de gases que afectan a la termodinámica de la atmósfera. A cada nuevo informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), son considerados nuevos escenarios de emisión de gases en el futuro. En el estudio realizado en este documento, basado en estudios del informe AR5 del IPCC, se consideró un escenario de emisión de gases denominado RCP 4,5, que sería un escenario intermedio, en el que la presencia de gases en la atmósfera equivale a una fuente de calor con potencia creciente a lo largo del tiempo, alcanzando el promedio de 4,5 vatios por m² en toda la superficie de la Tierra, a partir de 2100.

El modelo ETA fue integrado para los períodos de 1960–1990, 2006–2040, 2040–2070, 2070–2099; sin embargo los períodos analizados son los de 1961–1990 (clima presente) y 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2099 (clima futuro).

El informe del CPTEC indica proyecciones de aumento de temperatura en toda la Cuenca del Plata, con incrementos que alcanzan los 4 grados en el norte de la Cuenca.

Acerca de las precipitaciones, los resultados informan un aumento en la región sur de la Cuenca y una reducción en la región norte, que es más intensa para el periodo de 2011 a 2040, que en los periodos subsecuentes.

El informe del CPTEC también evidencia diferencias considerables entre el clima actual, simulado por el modelo ETA, y el clima observado. En términos de precipitación, el sesgo supera 1 mm/día en casi la mitad de la Cuenca, en el período comprendido entre junio y noviembre. Por este motivo, es nece-

saria una etapa de remoción del sesgo antes de la aplicación de los datos del modelo ETA para las simulaciones hidrológicas.

6.2.1 Resultados del modelo MGB

El modelo hidrológico MGB-IPH fue utilizado para simular caudales con datos del modelo climático en los periodos denominados *Actual* (1961–1990), *Futuro 1* (2011–2040), *Futuro 2* (2041–2070) y *Futuro 3* (2071–2099). De esta forma, la comparación entre los períodos futuros y el actual, tiene en cuenta únicamente los datos simulados por el modelo climatológico.

Para ejemplificar los resultados, fueron calculadas las alteraciones de caudales medios, máximos y mínimos en los puntos de interés, listados en la **Tabla 6.2.1.1**

La **Figura 6.2.1.1** presenta los resultados del modelo MGB-IPH obtenidos en base a los datos del modelo ETA en el río Paraguay, en la estación Amolar, ubicada en el centro del Pantanal. El hidrograma está pintado de cuatro colores distintos, diferenciando los periodos correspondientes al clima actual (línea gris) de los períodos futuros (líneas azul, roja y verde).

Cabe señalar que la serie de caudales calculada por el modelo MGB-IPH, en base a los datos climáticos del modelo ETA, entre 1960 y 1990, no presenta similitud con la serie real de datos observados en este período, debido a que la simulación del clima a través del modelo ETA es similar al clima real únicamente en términos generales, pero no puede ser comparada año a año.

En cada uno de los sitios listados en la **Tabla 6.2.1.1** fueron calculados los caudales medios en el periodo del clima actual, y en los tres subperiodos del clima futuro. A continuación fueron calculadas las diferencias relativas.

Tabla 6.2.1.1

Cuenas hidrográficas analizadas y su área de drenaje correspondiente

Sección	Río	Área (km ²)	ID
Asunción	Paraguay	791.300	1
Puerto Bermejo (*)	Paraguay	1.135.624	2
Itatí	Paraná	953.950	3
UHE Itaipú	Paraná	826.691	4
UHE Porto Primavera	Paraná	574.379	5
Porto Murtinho	Paraguay	581.133	6
UHE Cachoeira Dourada	Paranaíba	100.053	7
UHE Rosana	Paranapanema	101.206	8
Amolar	Paraguay	236.096	9
UHE Água Vermelha	Rio Grande	139.926	10
El Colorado	Bermejo	105.616	11
UHE Ilha Solteira	Paraná	379.278	12
Paso de Los Libres	Uruguay	191.242	13
UHE Salto Grande	Uruguay	244.022	14
Porto Conceição	Paraguay	65.191	15
UHE Nova Avanhandava	Tietê	62.845	16
La Paz	Pilcomayo	88.306	17
El Soberbio	Uruguay	83.949	18
San Javier	Uruguay	97.225	19
UHE Corumbá IV	Corumbá	8.033	20
UHE São Domingos	Verde	10.676	21
Miranda	Miranda	15.338	22
Coxim	Taquari	28.126	23
Cáceres	Paraguay	32.625	24
Cuiabá	Cuiabá	23.760	25
Corumbá I	Corumbá	27.897	26
Piquiri	Piquiri	54.669	27
UHE Canoas I	Paranapanema	41.448	28
UHE Furnas	Grande	53.438	29
Próximo a Concepción	-	20.872	30
UHE Salto Caxias	Iguazú	57.328	31
Encarnación	Paraná	940.926	32

(*) La estación Puerto Bermejo está discontinuada. En ocasiones de grandes crecidas, esta estación puede verse afectada por los niveles del río Paraná. No obstante, a nivel de caudales medios, se considera que es útil para representar las variaciones del río Paraguay.

Figura 6.2.1.1

Hidrogramas del río Paraguay en Amolar

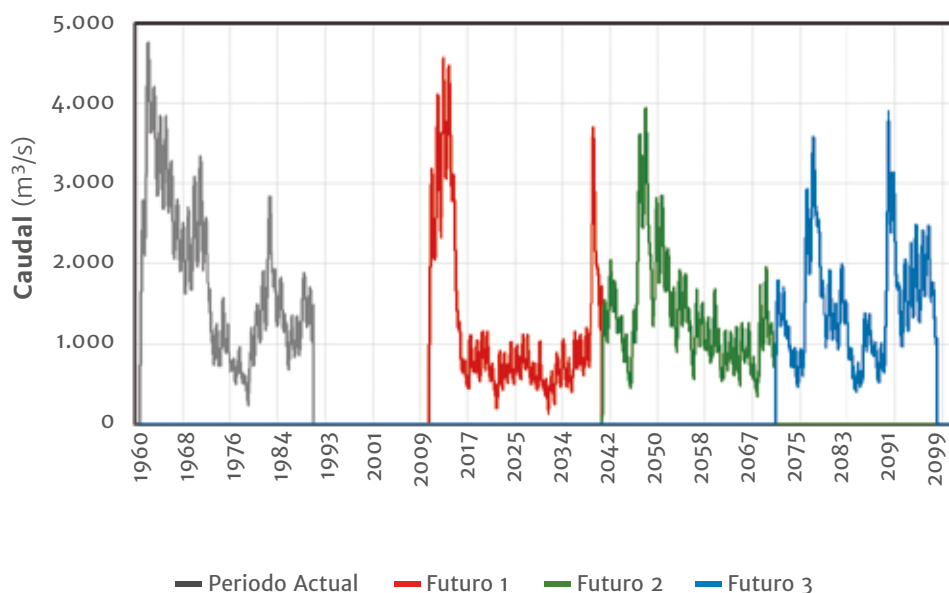
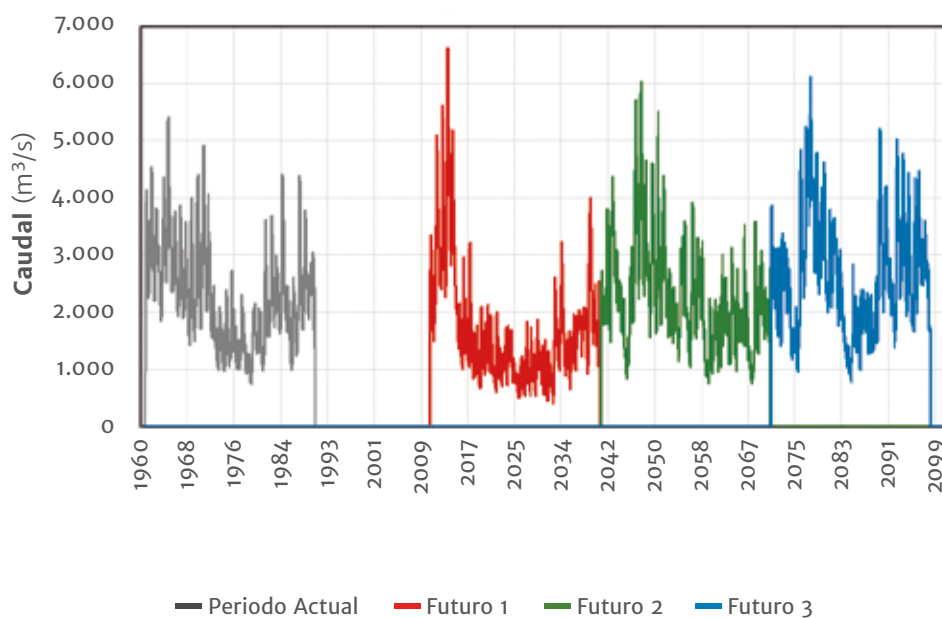


Figura 6.2.1.2

Hidrogramas del río Paraná inferior



La **Tabla 6.2.1.2** presenta los valores del caudal medio calculado a través del modelo MGB-IPH en base al clima simulado por el modelo ETA en diversas regiones de la Cuenca del Plata.

Los resultados del modelo MGB-IPH obtenidos en el río Paraná inferior están detallados en la **Figura 6.2.1.2**. Para diferenciar los periodos actual y futuro, se utilizó el mismo criterio adoptado en la **Figura 6.2.1.1**. También en este caso, el periodo correspondiente al clima de 1960 a 1990 no puede ser comparado año a año con los datos de caudales observados para el mismo periodo. Por ejemplo, los caudales altos del período de 1983 no están presentes en la serie simulada por el modelo ETA. La comparación es posible únicamente en términos de valores promedios.

En Salto Grande, los resultados del caudal medio de la **Tabla 6.2.1.2** detallan que, acorde a las proyecciones climáticas del modelo ETA, el caudal tenderá a aumentar durante todo el periodo del siglo XXI.

El mapa de la **Figura 6.2.1.3** presenta las alteraciones, en porcentuales, del caudal en los periodos 2010 a 2039 y 1960 a 1990. La escala de colores representa si el periodo futuro tuvo la variable analizada reducida (color roja) o acrecida (color azul), con relación al periodo actual. El color verde representa una pequeña variación entre los periodos. El tamaño de la circunferencia representa el área de drenaje de cada uno de los puntos. Siendo así, cuanto más grande el tamaño, mayor el área de drenaje.

En la **Figura 6.2.1.3** se observa que, de acuerdo con las proyecciones del modelo ETA en el periodo entre 1960 y 2039, los caudales medios tienden a disminuir en casi todos los ríos de la cuenca del Plata, excepto en el río Uruguay, en el río Iguazú y en el río Pilcomayo.

En la **Figura 6.2.1.4** se presenta un mapa con las alteraciones, en porcentuales, del caudal en el periodo entre 2040 y 2069; y entre 1960 y 1990. Se observa que los ríos Uruguay e Iguazú permanecen con una tendencia de aumento del caudal medio. Por otro lado, el río Paraná presenta alteraciones mínimas del caudal (el color verde indica las pequeñas alteraciones). En cambio, el río Paraguay, y algunos otros ríos de la región del Alto Paraná, presentan proyecciones de reducción media del caudal. En el Chaco, los ríos Bermejo y Pilcomayo demuestran una proyección de aumento del caudal medio. Ya en la región del Pantanal, están ubicados los sitios con proyecciones de disminución más significativa del caudal, con destaque para el puesto pluviométrico de Amolar (número 9 en el mapa), ubicado en la región central del Pantanal.

Para el período 2040-2079, con relación al periodo de referencia entre 1960 y 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

El mapa de la **Figura 6.2.1.5** presenta las alteraciones, en porcentuales, del caudal medio en el periodo entre 2070 - 2099; y 1960 - 1990. Se observa que diversos sitios, representados por el color azul, indican proyecciones de aumento del caudal medio. Las proyecciones de reducción del caudal se limitan al norte de la Cuenca, en los ríos Paranaíba y Paraguay.

Para evaluar las alteraciones en los caudales mínimos, fueron alcanzadas, en todos los puntos, las estimativas del caudal con 90%

Tabla 6.2.1.2 Caudales medios calculados a través del modelo MGB-IPH

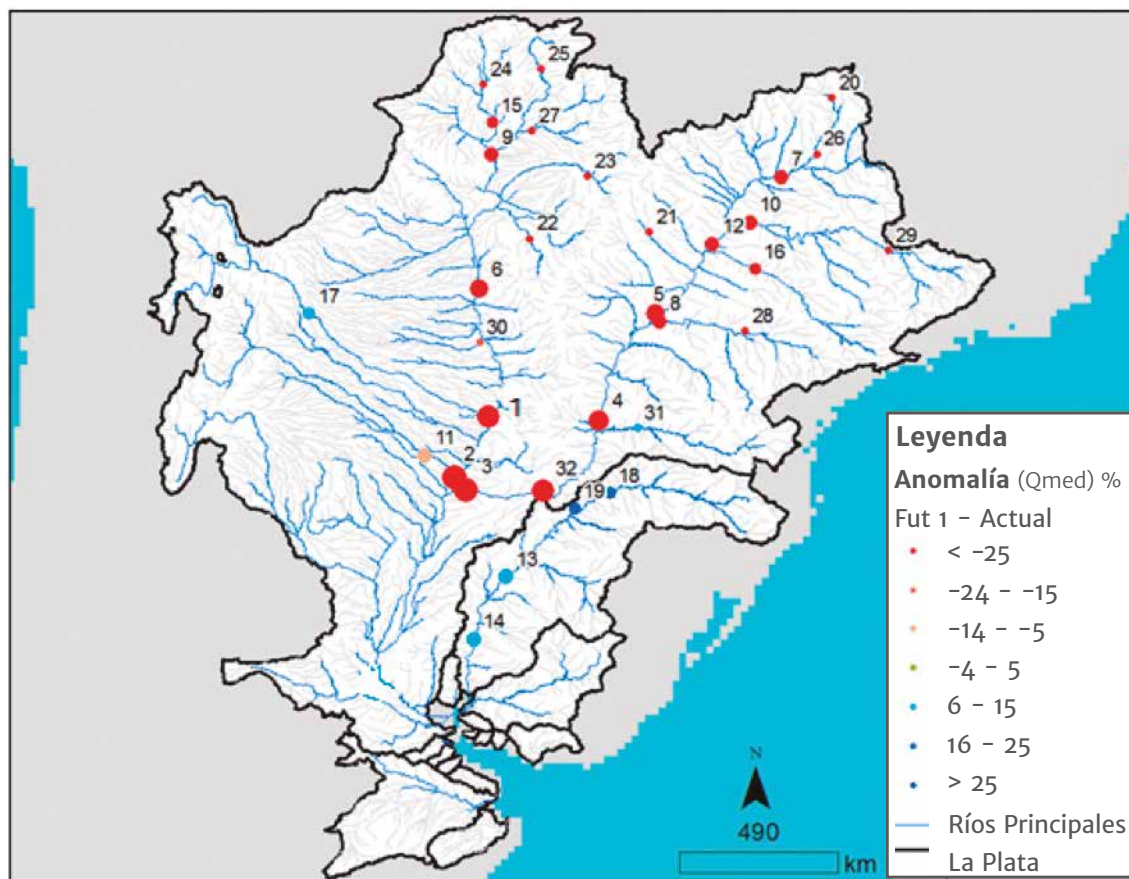
Sección	1960 a 1990	2010 a 2039	2040 a 2069	2070 a 2099
Asunción	4.960	3.525	4.118	4.820
Puerto Bermejo (*)	6.355	4.692	5.618	6.526
Itatí	15.673	10.893	15.943	17.904
UHE Itaipú	12.570	7.958	12.029	13.571
UHE Porto Primavera	8.709	5.293	7.834	8.564
Porto Murtinho	3.109	2.083	2.347	2.687
UHE Cachoeira Dourada	1.575	930	1.350	1.459
UHE Rosana	1.571	1.049	1.763	1.990
Amolar	1.809	1.180	1.348	1.470
UHE Água Vermelha	2143	1.162	1.884	2.101
El Colorado	638	592	684	749
UHE Ilha Solteira	5.896	3.556	5.255	5.700
Paso de Los Libres	4.979	5.418	6.936	7.557
UHE Salto Grande	6.103	6.609	8.320	9.130
Porto Conceição	678	496	551	579
UHE Nova Avanhandava	874	469	846	933
La Paz	313	348	404	472
El Soberbio	2.041	2.442	3.095	3.416
San Javier	2.427	2.814	3.610	3.957
UHE Corumbá IV	158	110	148	154
UHE São Domingos	160	117	150	172
Miranda	123	64	75	105
Coxim	389	275	336	353
Cáceres	539	394	453	468
Cuiabá	317	189	225	232
Corumbá I	462	290	407	432
Piquiri	643	424	512	557
Canoas I	569	335	601	658
Furnas	872	460	755	866
Próximo a Concepción	122	103	122	142
UHE Salto Caxias	1.478	1.582	2.070	2.307
Encarnación	15.323	10.580	15.570	17.500

(*) La estación Puerto Bermejo está discontinuada. En ocasiones de grandes crecidas, esta estación puede verse afectada por los niveles del río Paraná. No obstante, a nivel de caudales medios, se considera que es útil para representar las variaciones del río Paraguay.

Caudales medios en m³/s calculados a través del modelo MGB-IPH forzado con datos climáticos simulados por el modelo ETA, en los periodos entre 1960 y 1990 (representativo del clima actual); 2010 y 2039; 2040 y 2069; y 2070 y 2099.

Figura 6.2.1.3

Alteración del caudal medio proyectado en base al modelo ETA-10km (2010-2039)



Para el periodo 2010-2039, con relación al periodo de referencia de 1960 hasta 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

de permanencia (Q_{90}), obtenidas a través de una curva de permanencia de caudales en un intervalo de tiempo diario. En cada uno de los sitios listados en el Cuadro 2, fueron calculados los caudales Q_{90} en el periodo del clima actual y en los tres sub periodos del clima futuro. A continuación se presenta el cálculo de las diferencias relativas.

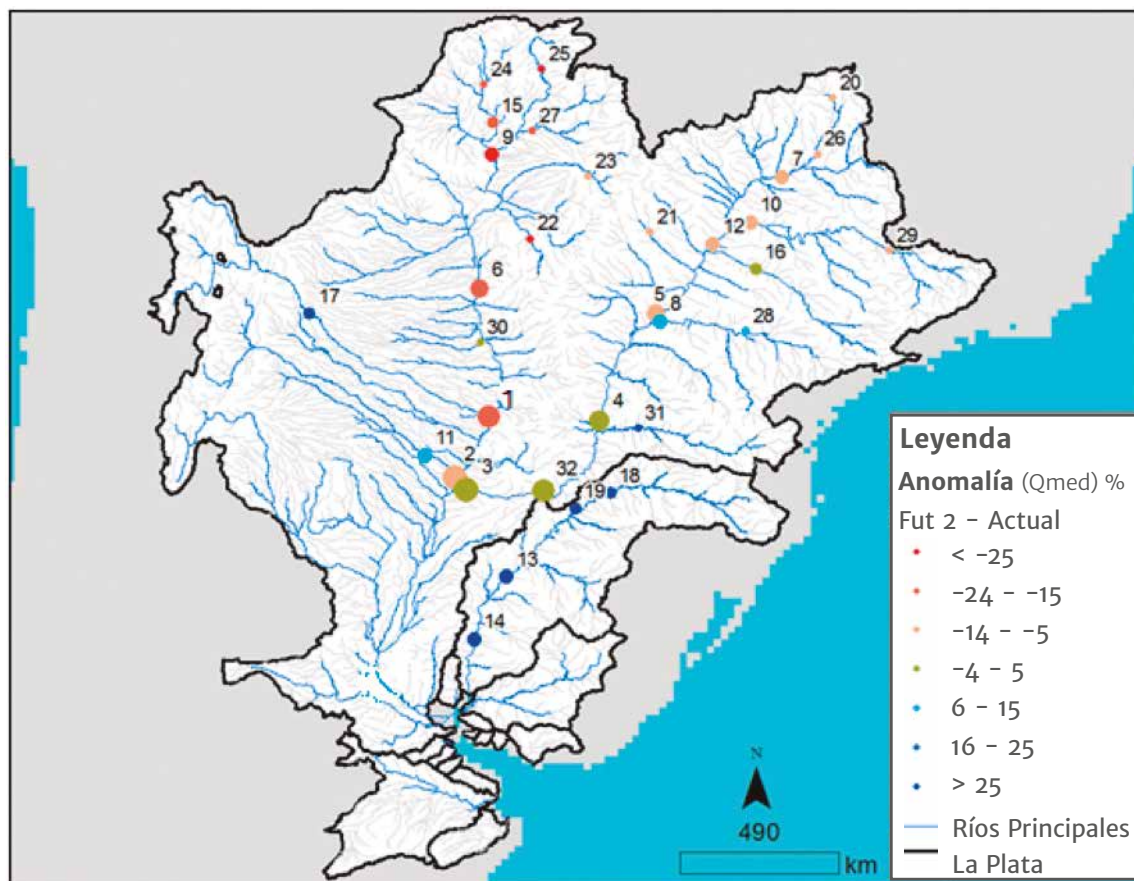
El Cuadro 4 presenta los valores del caudal Q_{90} calculado a través del modelo MGB-IPH,

en base al clima simulado por el modelo Eta en diversas regiones de la cuenca del Plata.

Vale resaltar que el caudal Q_{90} del río Paraná, en la altura de Timbues, presenta un comportamiento similar al caudal medio. Las proyecciones sugieren que, inicialmente (2010 -2039), el caudal Q_{90} disminuye de 11.801 m³/s para 7.528 m³/s y, posteriormente, vuelve a subir, alcanzando 14.157 m³/s en el periodo de 2070 a 2099.

Figura 6.2.1.4

Alteración del caudal medio en base a las proyecciones del modelo ETA-10km (2040-2079)



Para el período 2040-2079, con relación al periodo de referencia entre 1960 y 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

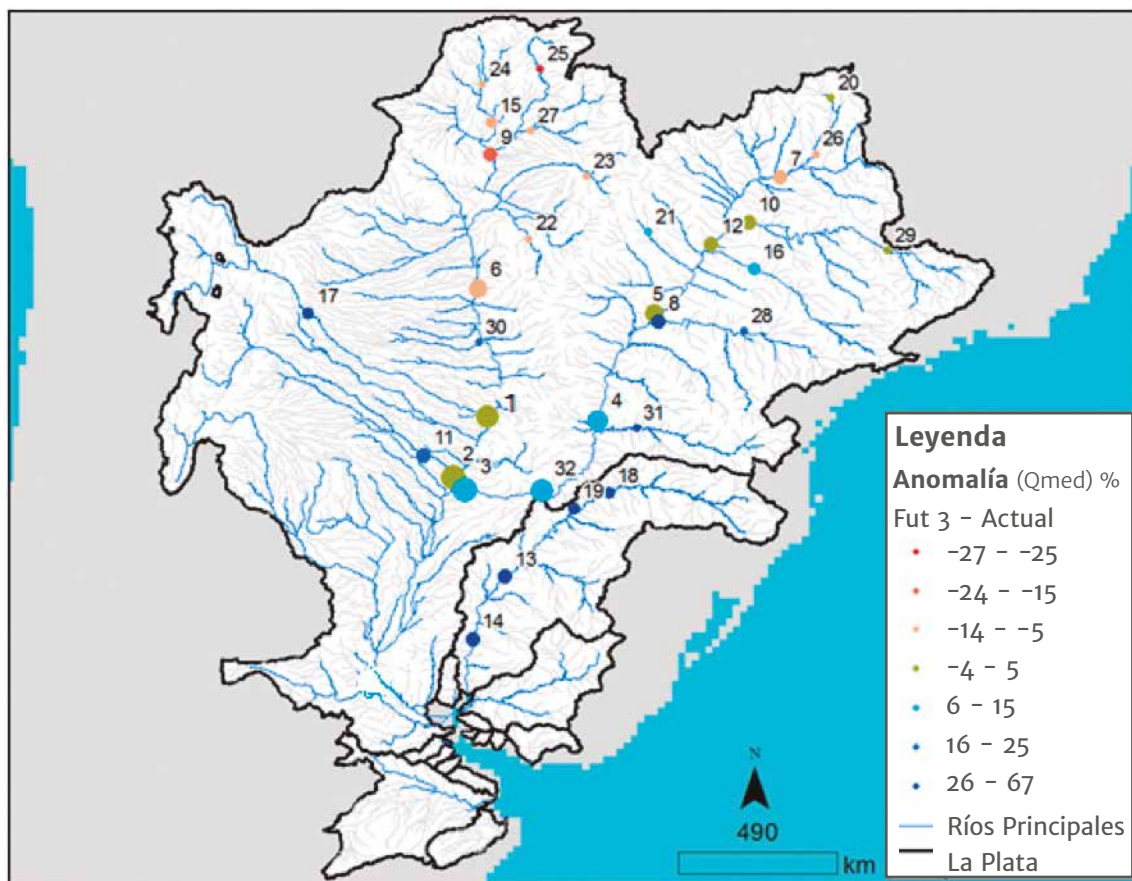
Este comportamiento, caracterizado por una reducción en los 30 años iniciales y un posterior aumento, se repite en casi todas las regiones de la cuenca del Plata. No obstante, en algunos sitios, el aumento proyectado durante el siglo XXI no compensa la reducción inicial, como es el caso del río Paranaíba, en el AHE Cachoeira Dourada, donde el caudal Q_{90} es de 413 m³/s en el periodo de 1960 a 1990; de 173 m³/s en el periodo de 2010 a 2039; de 311 m³/s en el pe-

riodo de 2040 a 2069; y de 262 m³/s desde 2070 hasta 2099.

El mapa de la **Figura 6.2.1.6** presenta las alteraciones, en porcentuales, del caudal Q_{90} en el periodo de 2010 y 2039 y el periodo entre 1960 y 1990. Una vez más, la escala de colores representa si el periodo futuro tuvo la variable analizada reducida (color rojo) o aumentada (color azul) en relación con el período actual. El color verde repre-

Figura 6.2.1.5

Alteración del caudal medio proyectado en base al modelo ETA-10km (2070-2099)



Para el período entre 2070 y 2099, con relación al periodo de referencia de 1960 a 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

senta una variación en pequeña escala entre los periodos. El tamaño de la circunferencia indica el área de drenaje de cada uno de los puntos.

Se observa en la **Figura 6.2.1.6** que, de acuerdo con las proyecciones del modelo Eta, en el periodo entre 1960 y 2039 los caudales mínimos (Q_{90}) tienden a disminuir en casi todos los ríos de la cuenca del Plata, excepto en el río Pilcomayo.

El mapa de la **Figura 6.2.1.7** indica las alteraciones, en porcentuales, del caudal mínimo (Q_{90}) en el periodo de 2040 a 2069 y en el periodo entre 1960 y 1990. Se puede observar que los ríos Uruguay, Iguazú, Paranapanema y Tietê presentan aumento del caudal Q_{90} . Lo mismo sucede con los ríos Bermejo y Pilcomayo. En el río Paraná, la región norte de la cuenca presenta reducción del caudal Q_{90} , al paso que los sitios más aguas abajo, como Timbues, por ejemplo, presentan

Tabla 6.2.1.3

Caudales con 90% de permanencia en los períodos Actual, Futuro 1, Futuro 2 y Futuro 3

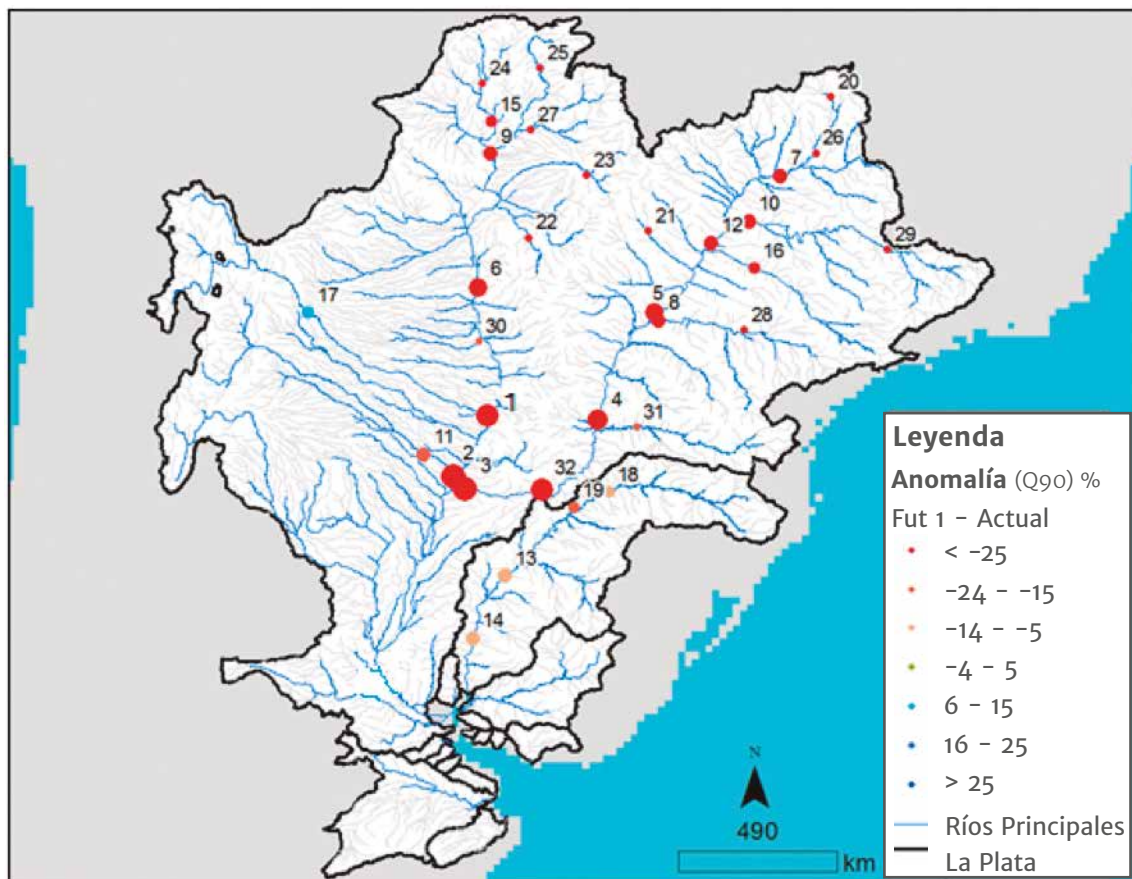
Sección	Q ₉₀ Actual	Q ₉₀ Fut1	Q ₉₀ Fut2	Q ₉₀ Fut3
Asunción	2.490	1.480	2.260	2.530
Puerto Bermejo (*)	3.271	2.107	2.956	3.513
Itatí	7.040	3.839	6.629	7.656
UHE Itaipú	4.714	2.377	4432	4.874
UHE Porto Primavera	2.851	1.296	2.458	2.365
Porto Murtinho	1.448	855	1.370	1.378
UHE Cachoeira Dourada	413	173	311	262
UHE Rosana	616	352	666	742
Amolar	734	471	688	658
UHE Água Vermelha	724	267	600	549
El Colorado	228	193	251	269
UHE Ilha Solteira	1.832	805	1522	1361
Paso de Los Libres	1.874	1.667	2.301	2.884
UHE Salto Grande	2.390	2.207	3.096	3.804
Porto Conceição	262	172	273	280
UHE Nova Avanhandava	202	84	216	223
La Paz	40	43	54	60
El Soberbio	659	563	812	988
San Javier	809	671	969	1.197
UHE Corumbá IV	42	22	33	29
UHE São Domingos	60	35	57	58
Miranda	15	7	12	14
Coxim	146	79	136	115
Cáceres	147	91	127	127
Cuiabá	31	10	23	27
Corumbá I	122	56	93	79
Piquiri	191	107	180	159
Canoas I	209	108	234	252
Furnas	296	104	233	230
Próximo a Concepción	58	44	56	71
UHE Salto Caxias	649	493	729	895
Encarnación	6.686	3.640	6.290	7.200

(*) La estación Puerto Bermejo está discontinuada. En ocasiones de grandes crecidas, esta estación puede verse afectada por los niveles del río Paraná. No obstante, a nivel de caudales medios, se considera que es útil para representar las variaciones del río Paraguay.

En m³/s en los períodos Actual, Futuro 1, Futuro 2 y Futuro 3 para cada uno de los puntos analizados.

Figura 6.2.1.6

Alteración del caudal mínimo (Q_{90}) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2010-2039)



Para el período 2010-2039, con relación al periodo de referencia de 1960 a 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

una alteración poco significativa del caudal (identificada por el color verde).

En la Figura 6.2.1.8 se presenta un mapa con las alteraciones, en porcentuales, del caudal mínimo (Q_{90}) en el periodo entre 2070 y 2099, y en el periodo de 1960 a 1990. En este periodo se observa que la mayor parte de los puntos ubicados más al sur, presentan un aumento del caudal Q_{90} , mientras que los puntos ubicados más al norte, en especial la

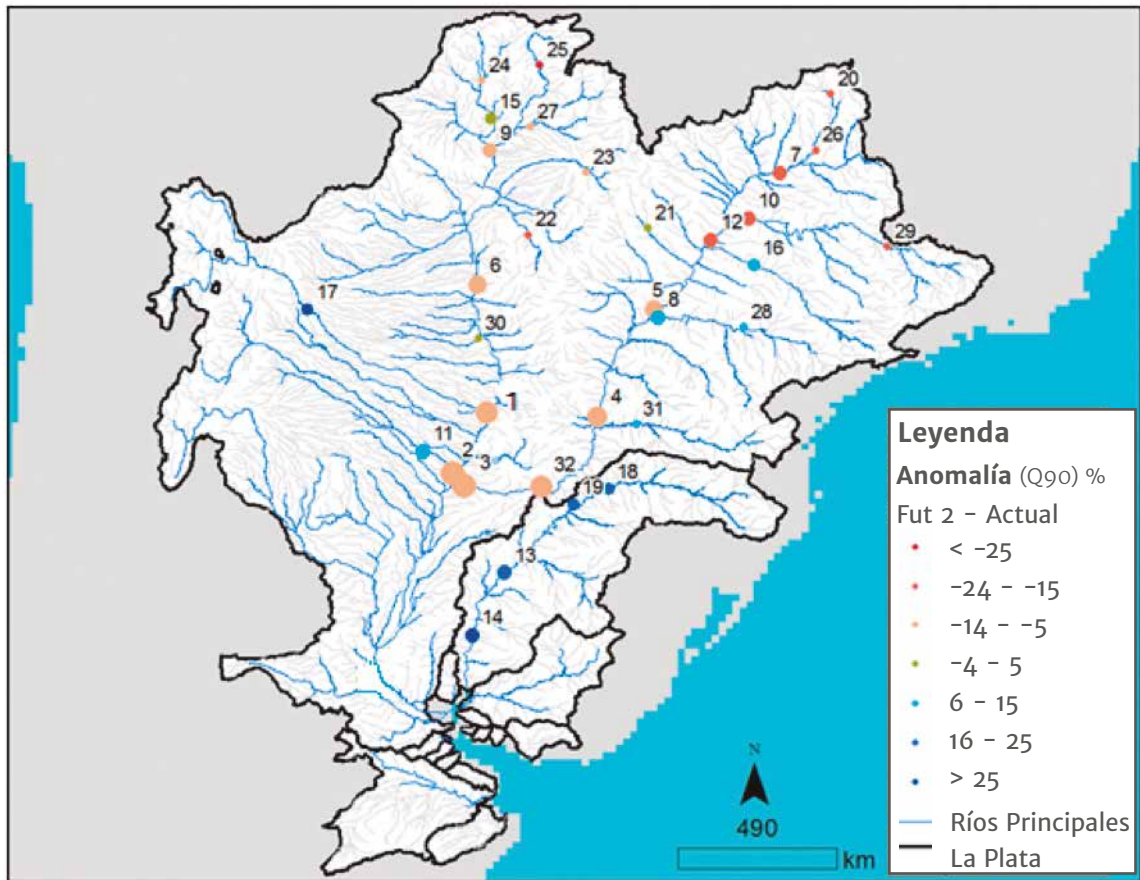
región del Alto Paraná, presentan una disminución significativa del caudal Q_{90} .

Alteraciones en los caudales medios mensuales y en la estacionalidad

Las alteraciones en los caudales medios mensuales y en la estacionalidad hidrológica, han sido evaluadas calculando los valores de caudal medio mensual en los periodos de referencia (1960-1990) y en los tres

Figura 6.2.1.7

Alteración del caudal mínimo (Q90) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2040-2069)



Para el período 2040-2069, con relación al período de referencia de 1960 a 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

sub periodos del clima futuro (2011-2040; 2041-2070; 2071-2099).

La relación entre los caudales medios mensuales simulados en algunas estaciones representativas para los tres escenarios futuros y la situación actual (1960-1990) se presentan en la **Figura 6.2.1.9**.

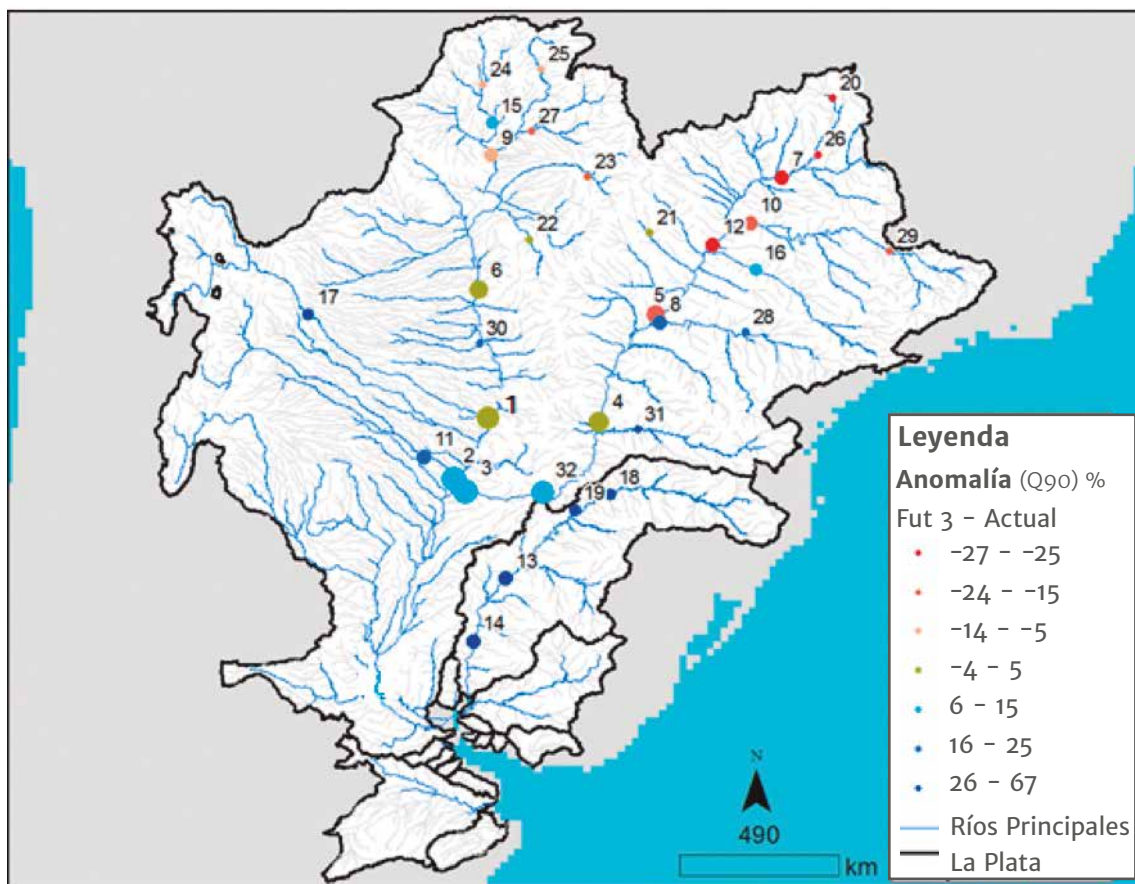
El primer gráfico de la **Figura 6.2.1.9** presenta la relación entre los resultados de caudales

medios mensuales del río Paraná en la Central Hidroeléctrica de Itaipú. Este punto es relevante teniendo en cuenta que representa una cuenca hidrográfica de más de 800 mil km²; y del punto de vista estratégico de generación de energía para Brasil y Paraguay.

Se observa que los caudales en el período de 2011 a 2040 (Futuro 1), identificado por la línea de color azul, son significativamente inferiores a los caudales correspondientes

Figura 6.2.1.8

Alteración del caudal mínimo (Q90) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2070-2099)



Para el período 2070-2099, con relación al periodo de referencia de 1960 a 1990 (los puntos indican la posición de los sitios analizados; el tamaño del punto es proporcional al área de drenaje de la cuenca; puntos azules indican el aumento del caudal futuro en relación con el actual y puntos rojos indican la reducción del caudal; la intensidad del color está relacionado con la intensidad de la alteración del caudal, de acuerdo con la leyenda).

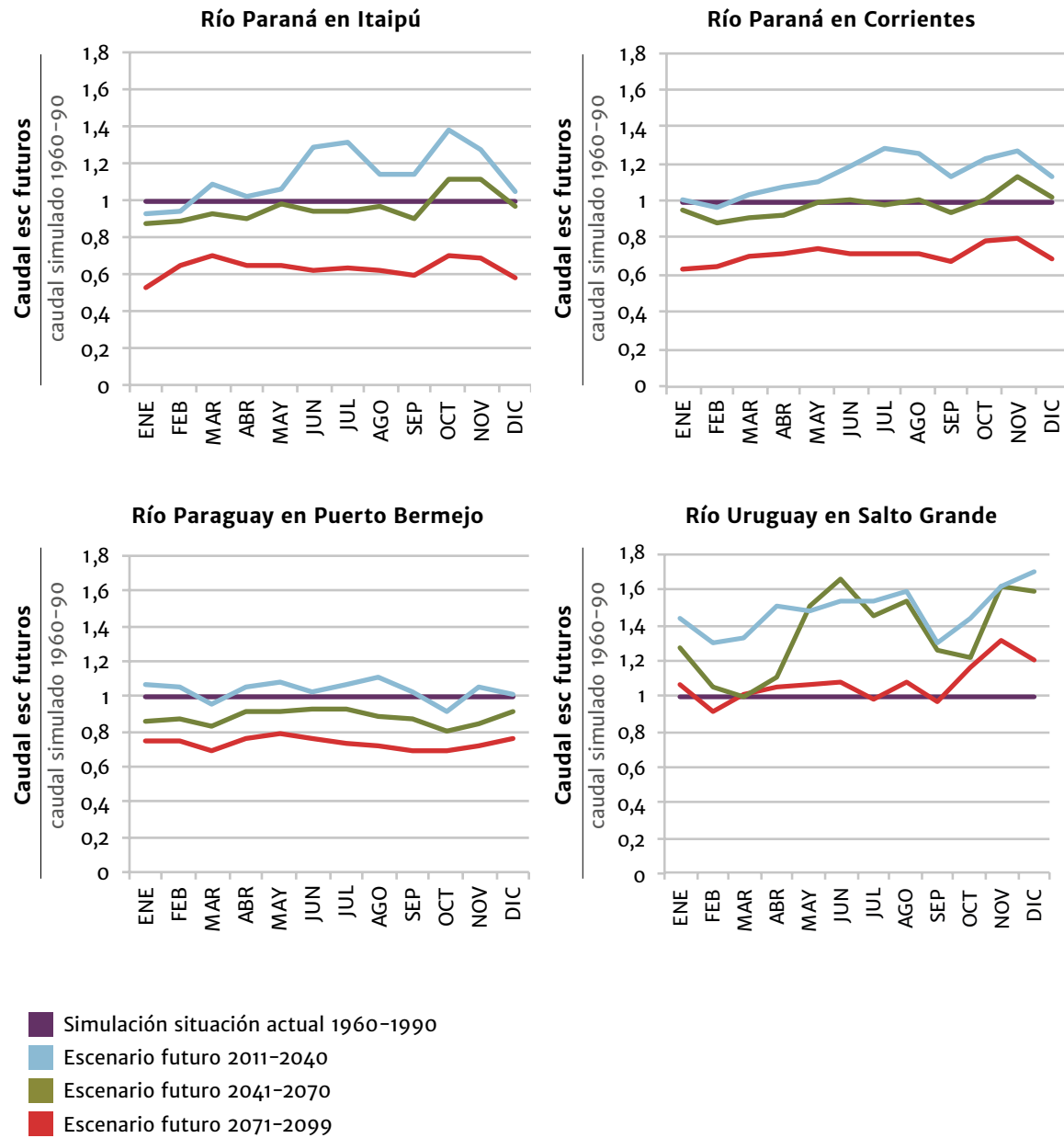
al clima actual. No obstante, en el periodo de 2041 a 2070 (Futuro 2), los caudales medios mensuales se asemejan a los caudales del clima actual. Finalmente, en el periodo de 2071 a 2099 (Futuro 3), los caudales son, en diversos periodos del año, superiores a los caudales del clima actual.

El segundo grafico presenta los resultados de los caudales medios mensuales del río Paraná en Corrientes, aguas debajo de la

desembocadura de los ríos Paraguay y Paraná. Se observa que los caudales medios mensuales en el periodo de 2010 a 2040, son inferiores a los caudales medios mensuales del clima actual. En cambio, en el periodo de 2040 a 2070, los caudales medios mensuales son, aproximadamente, iguales a los del clima actual; y en el periodo de 2070 a 2100, los caudales medios mensuales son superiores a los del clima actual en casi todos los meses del año.

Figura 6.2.1.9

Relación entre los caudales medios mensuales de la situación actual (1960-90) y tres escenarios futuros



El tercer gráfico presenta los resultados de caudales medios mensuales del río Paraguay, en la región de Puerto Bermejo, un punto importante debido a su ubicación cercana a la desembocadura del río Paraguay.

En este gráfico, se puede observar que los caudales medios mensuales en los dos primeros periodos del futuro (Fut1 y Fut2) son inferiores a los caudales del clima actual. Por otro lado, en el periodo de 2071 a 2099, los caudales medios mensuales son próximos, e incluso superiores en algunos meses, a los caudales correspondientes al clima actual.

El cuarto gráfico de la **Figura 6.2.1.9** presenta los resultados de caudales medios mensuales del río Uruguay en la región de Salto Grande. En este último gráfico, se observa que los caudales medios mensuales en el periodo entre 2011 y 2040, son similares a los caudales medios mensuales del clima actual. Ya en los periodos de 2041 a 2070; y de 2071 a 2099, los caudales medios mensuales son superiores a los del clima actual en todos los meses del año.

Resumen de las alteraciones en los caudales medios y mínimos

En los puntos utilizados en la calibración del modelo hidrológico MGB-IPH, los resultados de la calibración sugieren que el modelo puede ser utilizado como herramienta para la evaluación de los impactos de cambios climáticos en gran escala. En algunos casos, en las cuencas de menor porte, los resultados de la calibración fueron relativamente insatisfactorios, indicando que la evaluación de los impactos de cambios climáticos, en estas cuencas, puede estar sujeta a errores mayores. La calibración del modelo puede ser considerada satisfactoria considerando los objetivos finales del proyecto, que están relacionados con la proyección del efecto de cambios climáticos en larga escala.

El modelo calibrado fue utilizado para la rodada de proyecciones climáticas a partir de los datos climáticos del modelo ETA-10km, modelo regional de alta resolución utilizado por el CPTEC/INPE en Brasil. Las proyecciones del clima realizadas con el modelo Eta, se basaron en condiciones de contorno obtenidas del modelo global HadGEM2-ES, utilizando un escenario de emisión de gases intermediario entre los escenarios considerados en el AR5 (Quinto Informe) del IPCC (Ferraz Mourão, 2014).

Los resultados de las proyecciones de los impactos en los cambios climáticos de los caudales de los ríos de la cuenca del Plata, indican que puede haber aumento o reducción de los caudales medios y mínimos, dependiendo de la región y del periodo analizado. En la cuenca hidrográfica del río Uruguay y del río Iguazú, las proyecciones indican aumento de los caudales medios y mínimos. En la región Norte de la cuenca del Paraná, especialmente en la cuenca del río Paranaíba, y en la región del Alto Paraguay, las proyecciones sugieren que habrá una reducción inicial del caudal medio seguido por un aumento posterior del caudal medio.

Por otro lado, las proyecciones de caudales mínimos indican reducción del caudal. En la región de Chaco, representada por los ríos Bermejo y Pilcomayo, hay proyecciones más consistentes de aumento de caudales medios y mínimos. En Itaipu, en el río Paraná, las proyecciones indican una reducción inicial del caudal medio, seguida de un aumento, a lo largo del siglo XXI. Lo mismo ocurre para los caudales mínimos, sin embargo, estos vuelven apenas a un valor igual al del periodo de 1960 a 1990.

En el río Paraná, más cerca a la desembocadura del río de la Plata, las proyecciones indican que los caudales medios y mínimos, inicialmente, disminuyen y luego aumen-

tan a lo largo del siglo XXI, relativamente al periodo de 1960 a 1990.

Vale recordar que el estudio ha sido basado en los escenarios climáticos del IPCC AR5 obtenidos a través del modelo regional Eta en base a un único modelo global (Hadley Center). Siendo así, la inseguridad de las proyecciones climáticas relacionadas con el modelo global utilizado para realizar la proyección, no está siendo llevada en consideración. La diferencia entre los modelos globales es, reconocidamente, una de las principales fuentes de inseguridad en las proyecciones de impactos de cambios climáticos. En diferentes regiones de la cuenca del Plata, este hecho ha sido reconocido por Nóbrega et al. (2011), por Bravo et al. (2014) y por Paiva et al. (2011). De esta forma, aunque la inseguridad de las proyecciones climáticas no haya sido evaluada en este estudio, se recomienda que este aspecto sea tenido en cuenta en la interpretación de las presentes proyecciones hidrológicas.

Es importante destacar, también, que el análisis de los resultados sugiere claramente que, en la cuenca del Plata, la variabilidad del clima en la escala de algunas décadas es tan importante (o, en algunos casos, más) que el propio cambio climático.

6.3 Aplicación del modelo SADr-IPH en la cuenca Cuareim/Quarai

El modelo hidrológico de gestión SADr-IPH original, de paso mensual, incorpora el balance hídrico de cada embalse de riego y de cada tramo de río utilizando como información de entrada los caudales simulados por el modelo hidrológico MGB-IPH. En el marco del Programa Marco, el modelo SADr-IPH fue transformado a paso semanal. Asimismo, fueron incorporados nuevos criterios de operación de los embalses de riego y de estimación de la superficie de arroz

sembrada en cada cosecha y fueron analizados diferentes valores de dotación del cultivo de arroz.

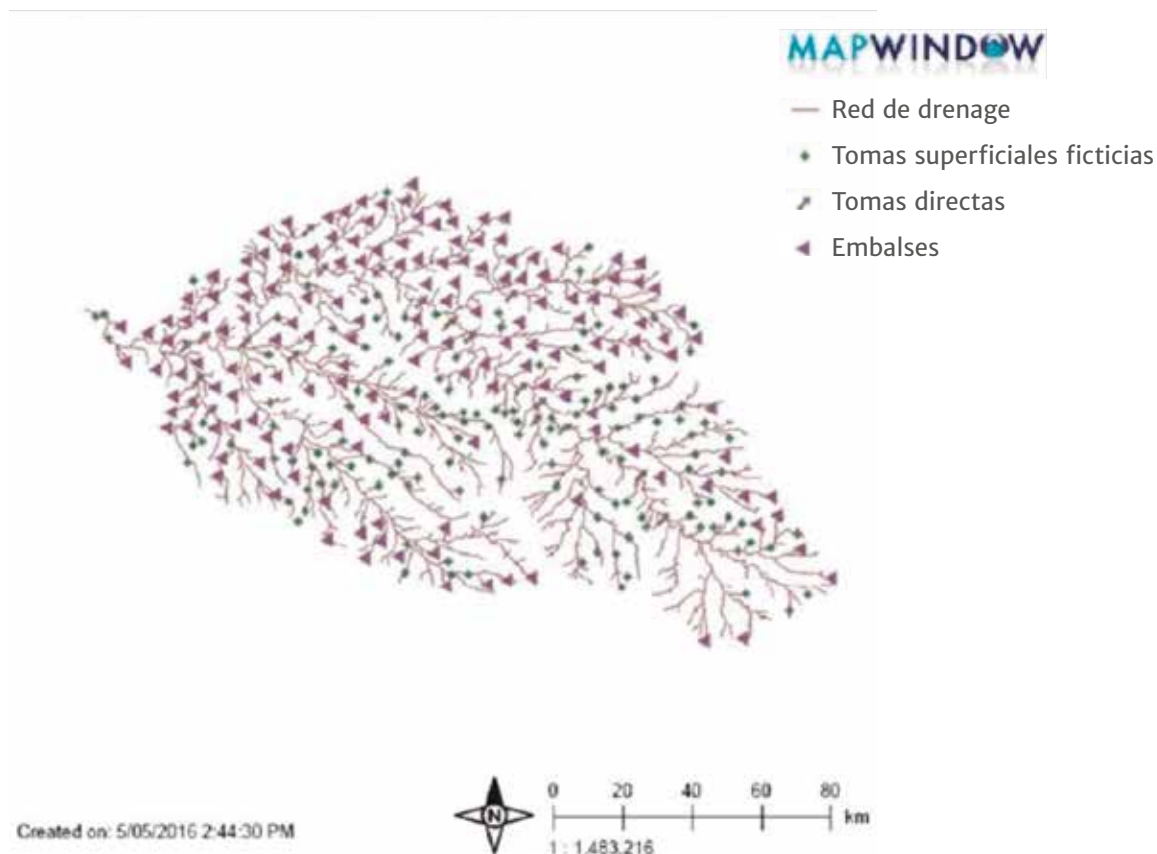
Para implementar el modelo SADr-IPH, se utilizó la misma información de base topológica, de suelos y climatológica del modelo MGB-IPH. El aspecto principal en la implementación de este modelo es la incorporación de las demandas de agua. En este caso, se introdujeron como demandas: tomas directas de agua superficial, embalses y extracción de aguas subterránea.

Se localizaron geográficamente en el modelo los puntos correspondientes a las tomas directas, embalses y pozos para extracción de agua subterránea. En el caso de las tomas directas, se fijó el caudal de demanda máximo autorizado durante los periodos de cultivo. En el caso de los pozos de agua subterránea, se modelaron como tomas directas superficiales en el cauce más cercano al pozo, imponiendo como demanda el volumen de extracción autorizado para el pozo distribuido uniformemente durante todo el año.

En la **Figura 6.3.1** se presenta la implementación de las demandas en el modelo SADr-IPH en la cuenca del río Cuareim. Las cruces verdes simbolizan la ubicación de las tomas superficiales ficticias que representan los pozos de extracción de agua subterránea. Los triángulos simbolizan la ubicación de embalses y las flechas simbolizan las tomas directas superficiales.

Los embalses se caracterizan por el volumen máximo almacenado, superficie embalsada y nivel de vertedero. El área cultivada en cada periodo se define para el modelo en la primera semana de octubre y corresponde a la suma del área cultivada asociada a cada embalse y a cada toma de la cuenca. El área cultivada asociada a un

Figura 6.3.1

Implementación de las demandas en el modelo SADr-IPH

embalse se determina a partir del volumen embalsado en la primera semana de octubre, partido por la dotación de riego. La dotación de riego es una variable a indicar en el inicio de la simulación y puede ser definida de forma diferente en cada margen de la cuenca. La eficiencia en la conducción y manejo del agua influyen en las necesidades de agua en el embalse y, por lo tanto, en el área cultivada.

Otras variables, como el aumento del área cultivada, más allá del volumen embalsado en octubre por considerar la precipitación durante el período del cultivo, fue incluido en el modelo, permitiéndose asumir un riesgo en este sentido.

En cada uno de los embalses se aplica un balance hídrico a paso semanal, considerando como entradas: el escurrimiento proveniente de esa minicuenca (obtenido de MGB-IPH) y la precipitación directa en el embalse; y como salidas la evaporación en el embalse, la demanda para riego (en caso de meses de cultivo) y el volumen de vertido en caso que se supere la cota de vertido. Por lo tanto, semana a semana, se calcula el caudal liberado para el tramo de cauce aguas abajo igual al vertido.

En cada semana dentro del periodo del cultivo se controla si el agua en el embalse permitió satisfacer la demanda. En caso que no se logre, se determina el área efectivamen-

te atendida (menor que el área sembrada). De esta forma, al final de la simulación, puede calcularse para cada embalse (y en cada periodo cultivado) el área atendida o cosechada, que es menor o igual al área sembrada. De esta forma, se obtiene un indicador de la satisfacción de la demanda (asociada a embalses) en cada periodo. Para el caso de las tomas (ya sean superficiales o ficticias representando pozos), el balance hídrico de paso semanal se realiza al tramo de curso donde se localiza la toma. Las entradas al tramo son los caudales aguas arriba (obtenidos de MGB-IPH, eventualmente corregidos en caso de tener embalse aguas arriba) y los caudales de la cuenca incremental que aporta al propio tramo (MGB-IPH). La salida es la demanda por

riego. El área atendida o cosechada será calculada a partir de la proporción de los caudales de entrada respecto al caudal de demanda.

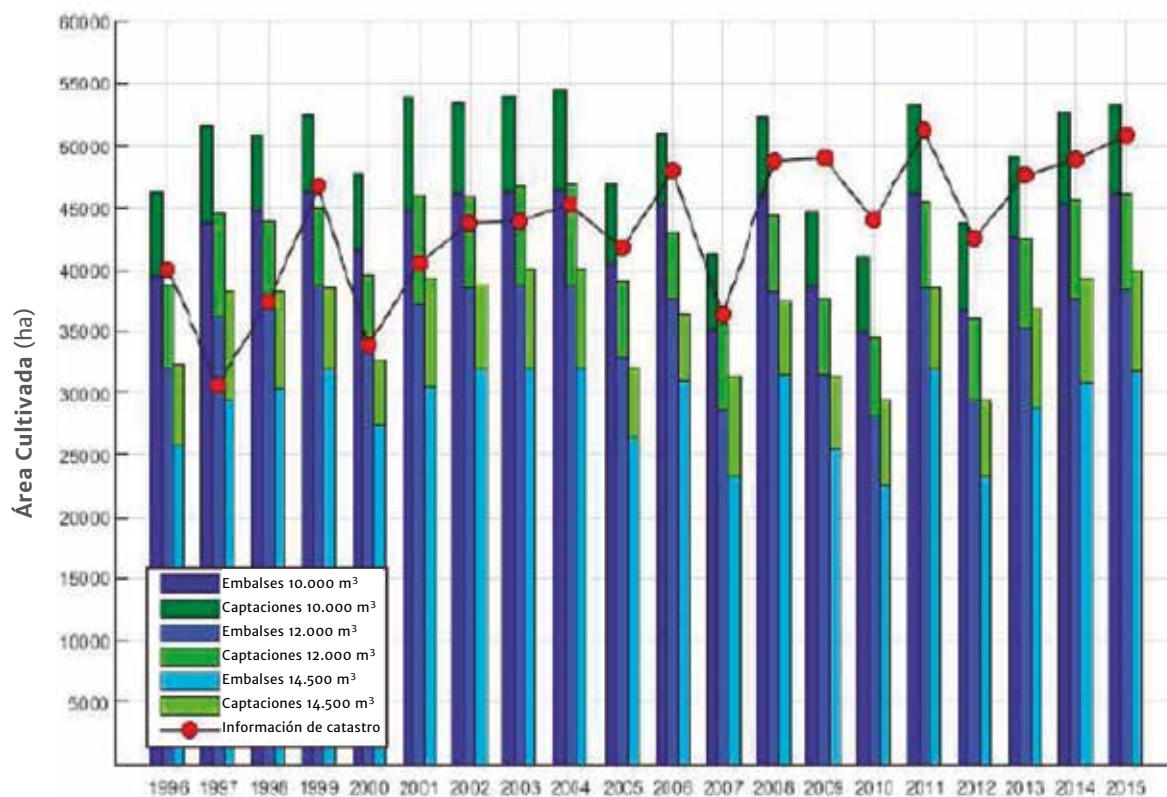
Por último es importante destacar, que se implementó la posibilidad de aplicar un retorno del caudal demandado de riego, diferente en cada margen de la cuenca. Este aspecto, en margen uruguayo ha sido planteado en forma sucesiva por los agricultores, como de relevancia.

6.3.1 Ajuste del modelo SADr-IPH a los datos observados

La dotación de riego promedio, así como el riego en área cultivada y el caudal de retorno

Figura 6.3.1.1

Área sembrada según dotación (margen brasileña)



Contribución de embalses (azul); de tomas (verde); área sembrada declarada en cada periodo (puntos rojos).

aguas abajo de las chacras, fueron determinados para cada margen comparando los resultados del modelo con valores observados.

En este sentido se compararon:

- El área de los embalses de riego simulada con el modelo y la estimada a partir de imágenes satelitales en varias fechas del período 1993-2001.
- El área de arroz cultivada simulada con el modelo y la publicada en ACA (Uruguay) e IRGA (Brasil).

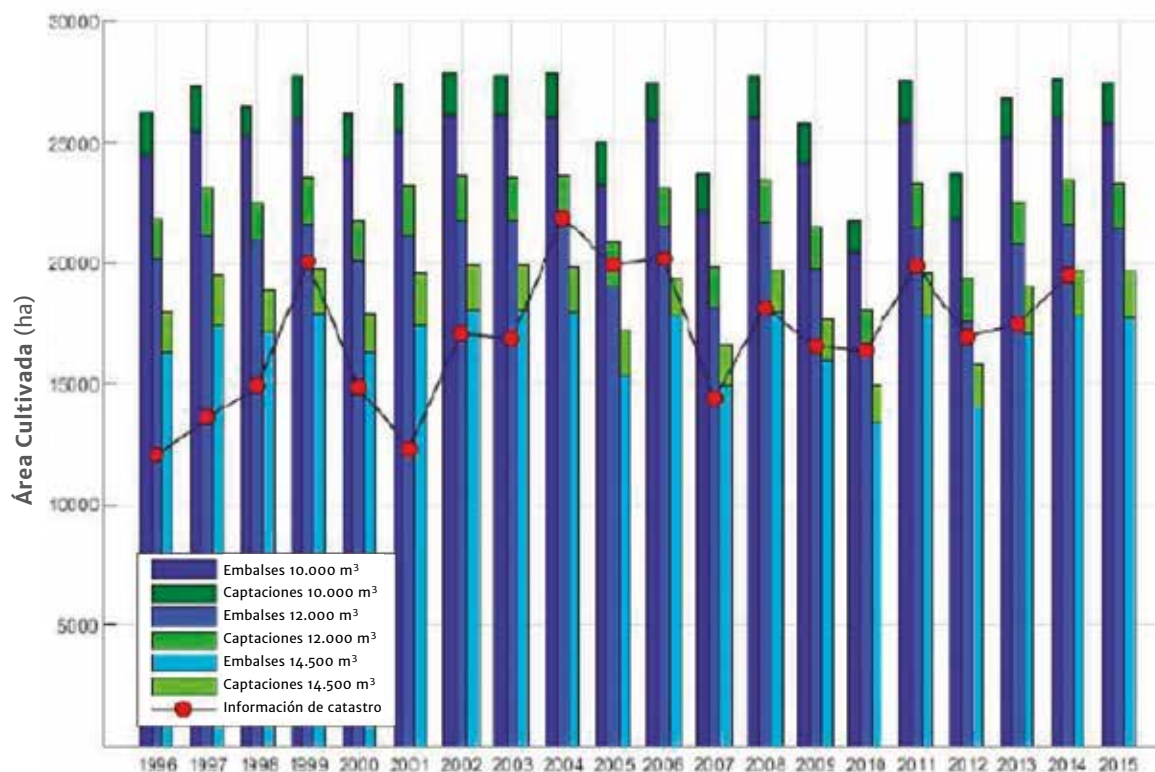
Las simulaciones se realizaron variando la dotación entre 10.000 y 14.500 m³/ha y va-

riando el riego entre 0% y 30% del área cultivada a partir del volumen disponible en embalses en octubre. También se realizaron simulaciones variando el caudal de retorno a las chacras entre 0 y 30%. En las Figuras 6.3.1.1 y 6.3.1.2 se presentan los resultados para el análisis de la dotación, mientras que las Figuras 6.3.1.3 y 6.3.1.4 corresponden al análisis de riego para Brasil y Uruguay, respectivamente.

Los resultados muestran que, en términos generales, el modelo se corresponde con los datos observados de forma satisfactoria. Los mejores ajustes se obtienen para dotaciones de 12.000 m³/ha para Brasil y 14.500 m³/ha para Uruguay; riego 20%

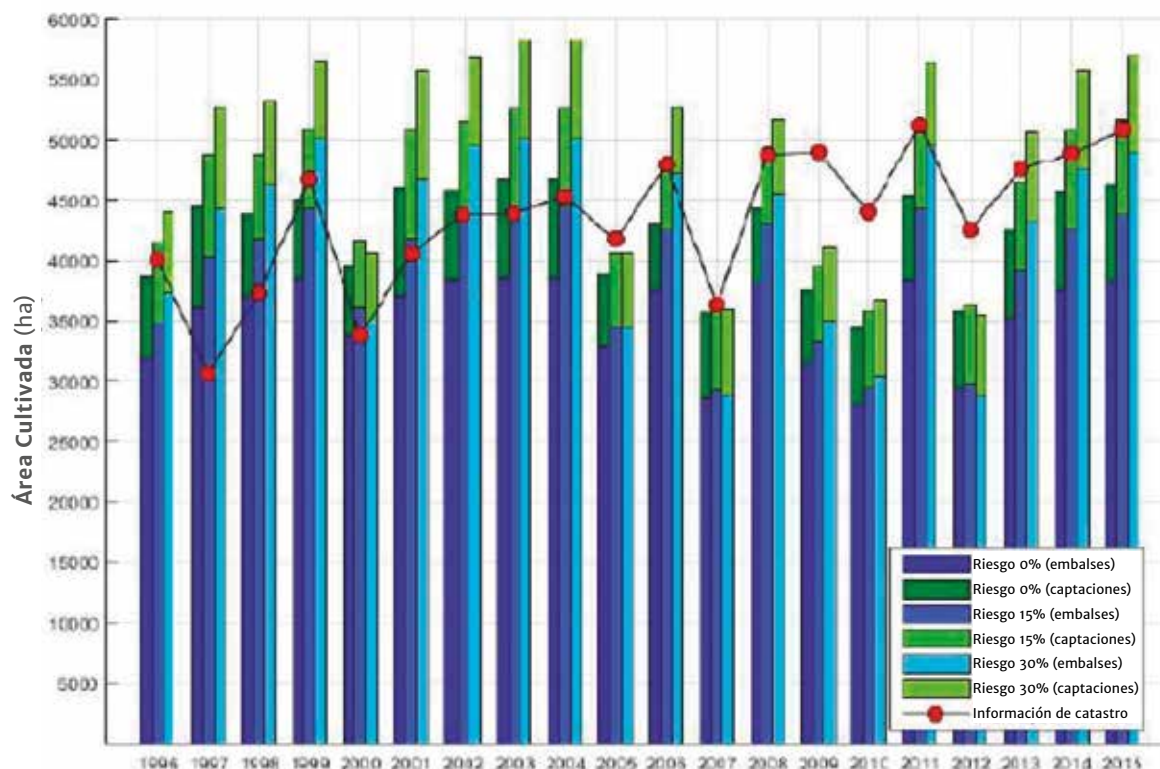
Figura 6.3.1.2

Área sembrada según dotación (margen uruguaya)



Contribución de embalses (azul); de tomas (verde); área sembrada declarada en cada periodo (puntos rojos).

Figura 6.3.1.3

Área sembrada según riego (margen brasileña)

Contribución de embalses (azul); de tomas (verde); área sembrada declarada en cada periodo (puntos rojos).

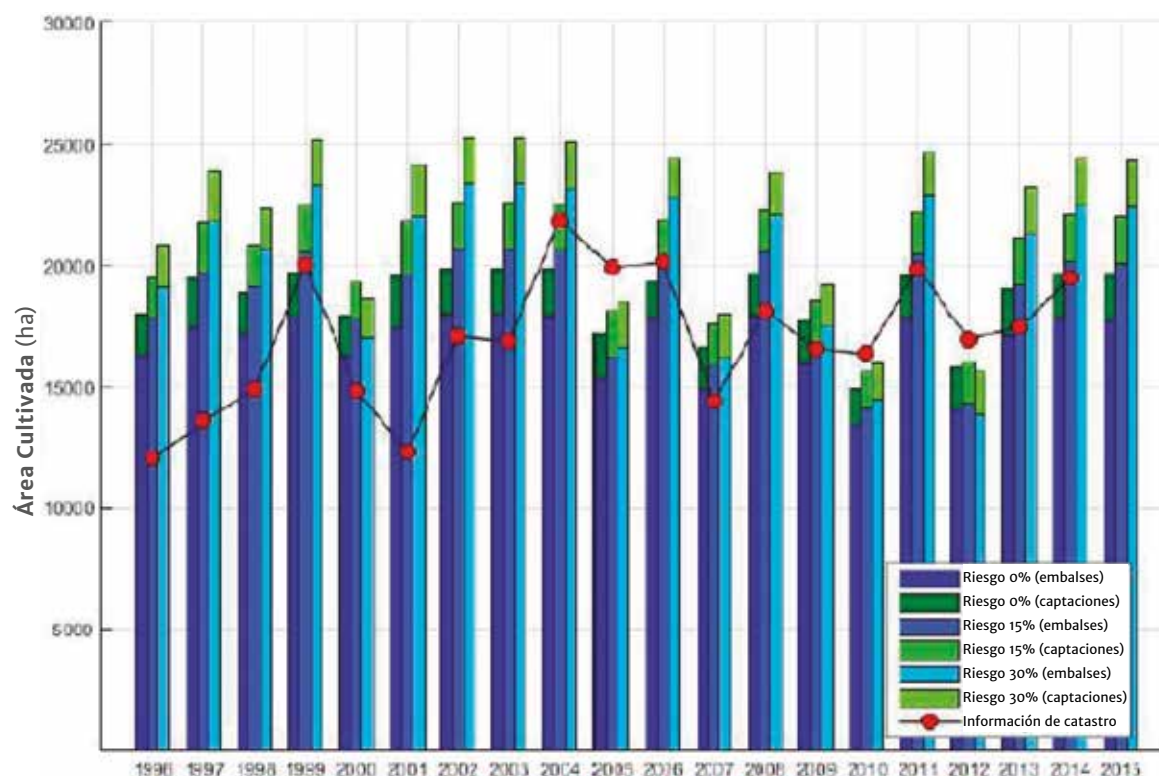
para Brasil y 0% para Uruguay y retorno de 20% aplicado solo en margen uruguay. Estos valores son coincidentes con lo expresado en términos cualitativos por los productores y asesores agropecuarios consultados de ambas márgenes.

Conviene destacar, que para la margen uruguay, el ajuste entre el modelo y los datos registrados es muy satisfactorio en los últimos años, mientras que en los primeros el modelo sobreestima el área cosechada en forma notoria. Esto es debido a que entre 1990 y los primeros años del 2000, hubo un marcado crecimiento de construcción de embalses. En efecto, ya para la zafra 1995/1996 el volumen embalsado era el 50% respecto de la zafra 2002/2003, con un cre-

cimiento paulatino. Por otra parte, para el modelo, la cantidad de embalses y tomas es constante e igual a la situación de 2015, por lo que resulta muy razonable que el modelo sobrestime las áreas cosechadas hasta mediados de los años 2000.

La distinción entre tomas y embalses en la comparación entre área cosechada simulada y observada responde a que la operación de las tomas es incierta y es dependiente de las necesidades instantáneas, influyendo entre otras variables el costo energético en su operación. En este sentido, las barras verdes pueden ser consideradas completamente como incertidumbre, asumiendo además como hipótesis que los bombeos nunca superan el máximo autorizado.

Figura 6.3.1.4

Área sembrada según riego (margen uruguay)

Contribución de embalses (azul); de tomas (verde); área sembrada declarada en cada periodo (puntos rojos).

Una vez determinada la dotación, riesgo y retorno óptimo en cada margen, se procedió a verificar el comportamiento del modelo SADr-IPH, analizando la evolución del área embalsada individual. Para ello, se utilizaron varias imágenes satelitales en la cuenca entre 1993 y 2001. Se analizaron como indicadores de ajuste el conocido índice de Nash-Sutcliffe (e) y el índice de concordancia (d) propuesto por Willmot (1981) y utilizado en algunas aplicaciones hidrológicas. Este índice fue propuesto originalmente para superar las inestabilidades en los índices Nash y R_2 y luego comenzó a utilizarse en diversas aplicaciones hidrológicas. El mismo se calcula como:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

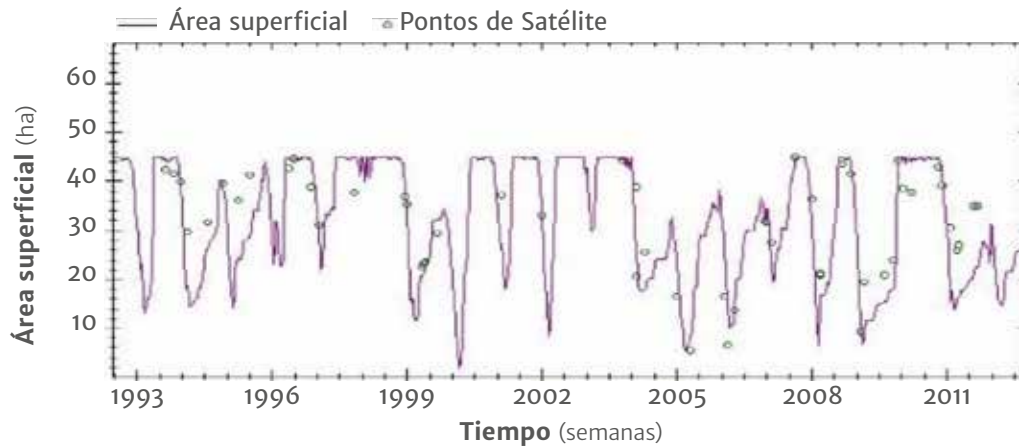
donde O es el valor de área observada y S el valor de área simulado en cada medición. En la **Figura 6.3.1.5**, se presentan cinco casos de embalse con diferentes niveles de ajuste del modelo. En todos los casos se observa que el índice Nash-Sutcliffe es inferior al índice de concordancia. A pesar que los valores de Nash-Sutcliffe resultan muy bajos (incluso negativos), el modelo representa en forma razonable las áreas calculadas con imágenes satelitales¹. Por esta razón se optó por el ín-

¹ Debe considerarse que el índice utilizado tiene limitaciones.

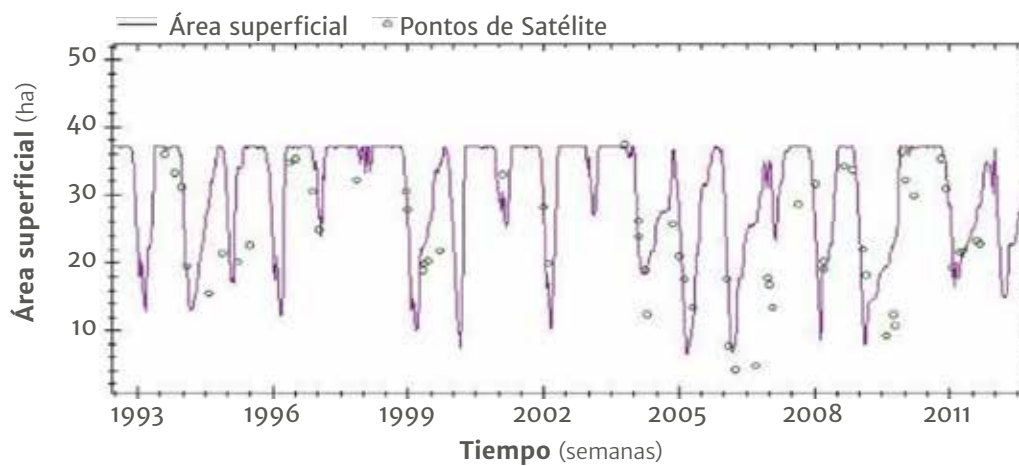
Figura 6.3.1.5

Evolución temporal del área embalsada en embalses individuales

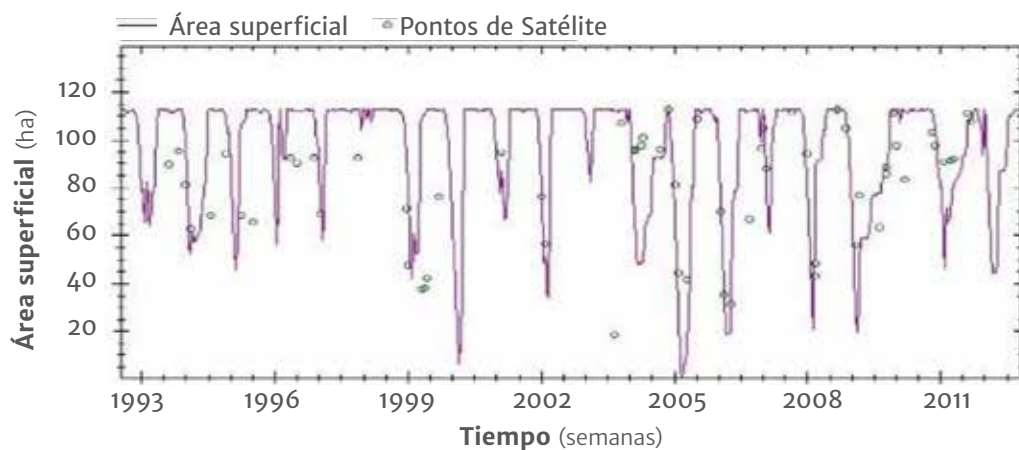
a) $d=0,9$; $e=0,6$



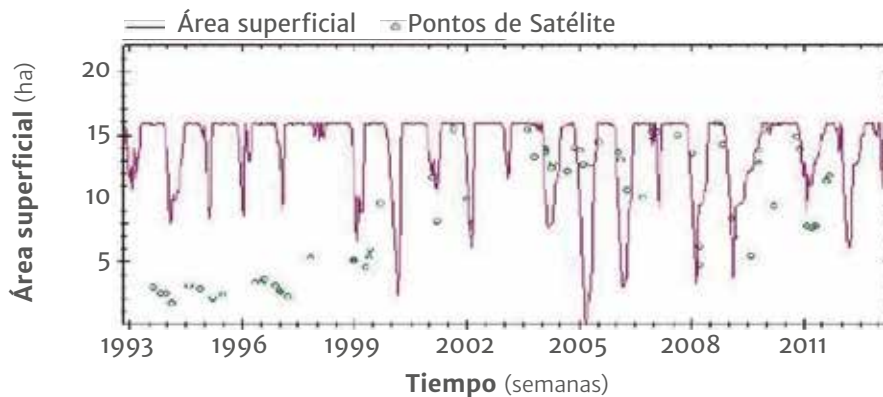
b) $d=0,8$; $e=0,18$



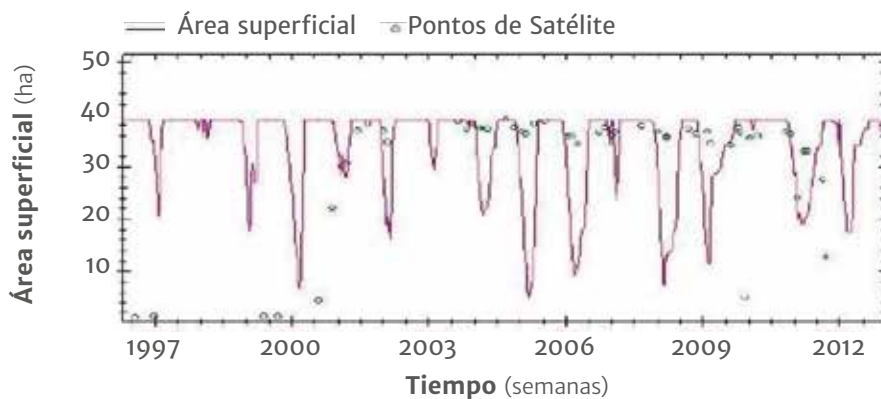
c) $d=0,64$; $e=-0,58$



d) $d=0,41$; $e=-1,45$



e) $d=0,2$; $e=-1,12$



La línea continua presenta los resultados del modelo, mientras que los puntos son los resultados del procesamiento de imágenes satelitales.

dice de concordancia como indicador más adecuado de la performance del modelo.

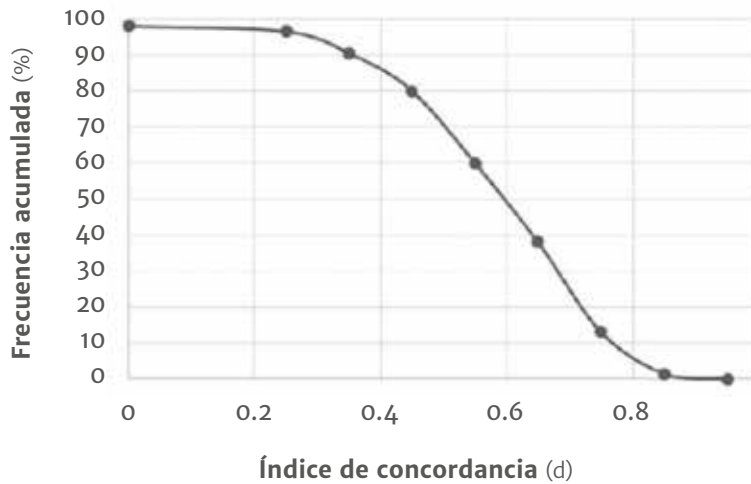
En términos de frecuencia o distribución de embalses bien representados, se obtuvo que más del 40% de los embalses tienen un índice de concordancia mayor o igual a 0.60, lo que corresponde a una situación de calidad de ajuste al menos como la presentada en **Figura 6.3.1.6**

(a). A su vez, el 80% de los embalses de la cuenca presentan un índice de concordan-

cia superior a 0.40. En la **Figura 15**, se presenta la frecuencia acumulada de embalses y su índice de concordancia para toda la cuenca. Los resultados muestran que el modelo representa de manera muy razonable la evolución de las áreas embalsadas, para la gran mayoría de los embalses de la cuenca.

El modelo trabaja sobre un Sistema de Información Geográfica (Map Windows), donde las tomas superficiales, los pozos de extracción y los embalses se incorporan como

Figura 6.3.1.6

Frecuencia acumulada de embalses y su índice de concordancia (d)

archivos vectoriales (shapes) independientes. Dichos archivos cuentan con la información geográfica para la localización de cada entidad y las características principales. La incorporación de nuevas demandas (tomas y embalses) puede hacerse directamente en los archivos correspondientes (shapes), así como las modificaciones de las entidades existentes.

Se asume que los nuevos embalses son individuales y su operación cumple los patrones generales de los embalses de la cuenca. Un embalse multipredial o con una operación regulada particular, debe analizarse de otra forma.

6.3.2 Evaluación de pronósticos de precipitación en los caudales del río Cuareim

Se analizaron diferentes modelos de pronóstico de precipitación concluyendo que, para los últimos años, el de mejor performance en la cuenca del río Cuareim es el modelo Global Forecast System (GFS) de la NOAA de EEUU. A partir de allí, se obtuvie-

ron los pronósticos de precipitación diarios a 7 días para los periodos de cultivo 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014.

La evaluación de pronósticos de precipitación en la cuenca del río Cuareim tiene diversas aplicaciones. En este caso, se evaluó la posibilidad de pronósticos en situación de déficit hídrico. Para ello, se seleccionó el periodo 2012-2013, por ser el más seco de los disponibles con pronóstico, y en particular las 8 primeras semanas del cultivo. En la **Tabla 6.3.2.1** se presentan los acumulados semanales de precipitación pronosticada y observada, y en la **Figura 6.3.2.1** el mismo resultado en gráfico de barras.

En base a los pronósticos de precipitación diarios con horizonte de 7 días, se simuló los caudales en el río Cuareim, resultantes de dicho pronóstico, utilizando el modelo MGB-IPH a paso diario.

En la **Tabla 6.3.2.2** y **Figura 6.3.2.2** se presentan los caudales medios semanales en Artigas resultantes de la simulación en los dos escenarios:

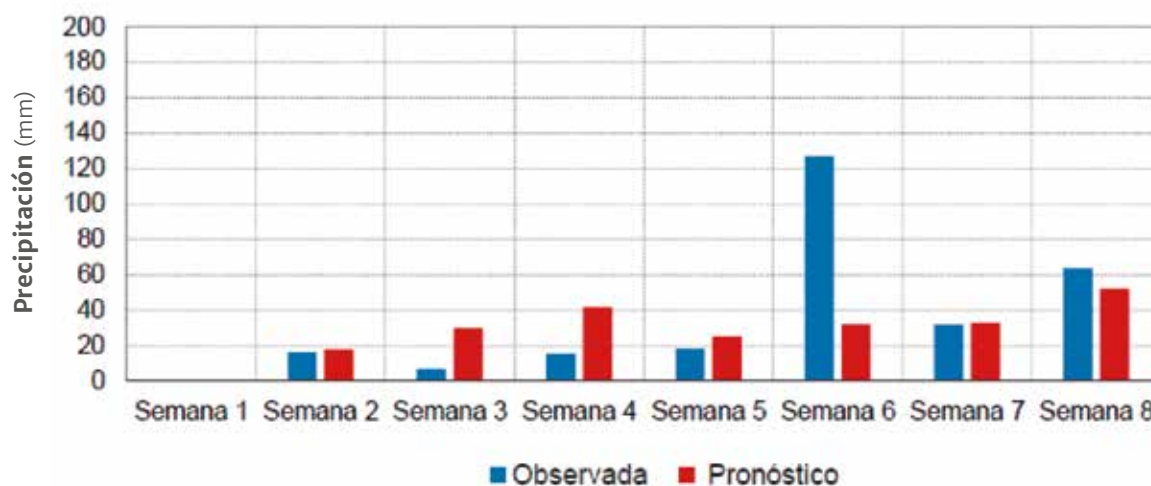
Tabla 6.3.2.1

Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim

Precipitación acumulada semanal (mm)			
Semana	Fecha	Observada	Pronóstico
Semana 1	1-7/11/2012	0.2	0.0
Semana 2	8-14/11/2012	16.1	17.7
Semana 3	15-21/11/2012	6.8	29.9
Semana 4	22-28/11/2012	15.4	41.5
Semana 5	29/11-5/12/2012	18.2	25.4
Semana 6	6-12/12/2012	126.8	31.9
Semana 7	13-19/12/2012	31.9	32.6
Semana 8	19-26/12/2012	64.0	51.9

Para las primeras semanas del periodo 2012-2013, con cierre en Artigas.

Figura 6.3.2.1

Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim

Para las primeras semanas del periodo 2012-2013, con cierre en Artigas.

Tabla 6.3.2.2

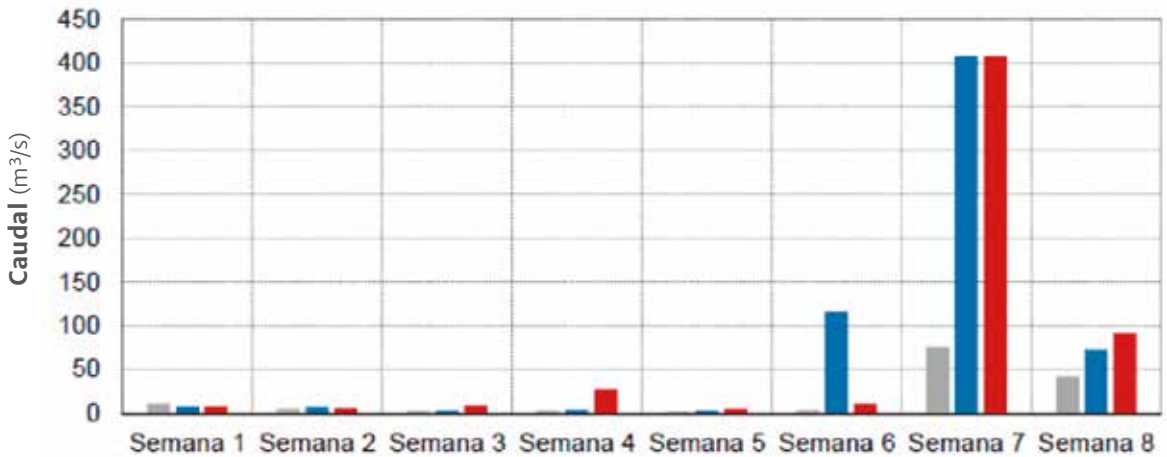
Comparación del caudal medio semanal del río Cuareim con datos observados

Caudal semanal (m³/s)			
Semana	Observado	Sim sin Pronóstico	Sim con Pronóstico
Semana 1	10.6	7.2	7.1
Semana 2	4.3	7.0	5.4
Semana 3	2.2	3.0	8.7
Semana 4	2.9	3.9	26.9
Semana 5	1.8	3.0	4.3
Semana 6	3.5	115.8	10.4
Semana 7	75.5	407.6	408.1
Semana 8	41.9	72.1	91.3

Comparación del caudal medio semanal del río Cuareim en Artigas, resultante del modelo MGB-IPH, con datos observados de precipitación y con datos de pronóstico de precipitación.

Figura 6.3.2.2

Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim



Comparación del caudal medio semanal del río Cuareim en Artigas, resultante del modelo MGB-IPH, con datos observados de precipitación y con datos de pronóstico de precipitación.

- **Sim sin Pronóstico:** con datos observados de precipitación.
- **Sim con Pronóstico:** con pronóstico de precipitación.

Se agregan también los datos de caudal medio semanal obtenidos de la serie de niveles y curva de aforo (observados).

Los resultados obtenidos son muy alentadores en cuanto a que los caudales medios semanales con y sin pronóstico resultan, en la mayor parte de los casos, similares. Al incluir en la comparación los observados, se desprende que las diferencias entre los simulados con y sin pronóstico son del mismo orden que las diferencias entre el modelo sin pronóstico y los valores observados. Esto ocurre fundamentalmente, porque la calibración del modelo MGB-IPH se reali-

zó para contemplar tanto los caudales altos, medios y bajos, y no específicamente minimizando las diferencias con los caudales bajos. Por otro lado, ya es conocida la alta incertidumbre en la medición para caudales bajos que se dispone en esa sección de aforo.

El disponer al comienzo de la semana de información que permita conocer si una situación de sequía se revertirá, permitiendo por ejemplo extraer de tomas el 100% del caudal solicitado (resolución 607 de ANA), agrega información valiosa a la gestión.

A la luz de estos elementos, se entiende que los resultados en base al pronóstico de precipitación son alentadores y merece profundizar su análisis ampliando el número de periodos de cultivo de comparación, e incluyendo también casos de caudales medios y altos.

Capítulo 7: Desafíos a futuro

Como tareas pendientes de desarrollo, respecto del cálculo del balance hídrico superficial como parte del balance hídrico integrado, resulta necesaria la elaboración de un documento que sintetice y muestre los resultados globales obtenidos del trabajo realizado durante el periodo de ejecución del PM por los países para el cálculo del balance a paso de tiempo mensual, con la representación cartográfica uniformizada de los mismos para toda la Cuenca del Plata. El producto final actualizaría el documento de OEA de 1969 en cuanto a caracterizar y representar la disponibilidad hídrica superficial de la Cuenca del Plata a escala mensual y anual, siendo un producto de utilidad para la planificación común del recurso en la Cuenca, para el sector académico y la comunidad en general.

Durante el PM se avanzó en acuerdos básicos para encarar los temas pendientes. Entre ellos, en la reunión del Grupo de Trabajo de Balance Hídrico en mayo de 2016, se trató la forma de presentación de los resultados del BHS de cada país pero integrados a nivel de toda la Cuenca y se acordó la necesidad de tener integrados los datos de pre-

cipitación y de evapotranspiración, que son los input principales del balance.

Las tareas pendientes en este tema son las siguientes:

- Análisis de consistencia de las series anuales de precipitación y evapotranspiración potencial utilizadas para el cálculo del balance;
- Análisis de consistencia de las series anuales de evapotranspiración real y escurrimiento obtenidas del balance;
- Análisis de frecuencia de caudales anuales y mensuales. Determinación de caudales esperados para distintas recurrencias;
- Curvas de permanencia de caudales mensuales;
- Compatibilización de las bases GIS disponibles;
- Representación cartográfica de resultados del balance:

Referencias

- Almeida, G. A. De, Bates P. (2013), *Applicability Of The Local Inertial Approximation Of The Shallow Water Equations To Flood Modeling*, *Water Resour. Res.* 49 – Doi:10.1002/Wrcr.20366.
- Almeida, G. A. De, P. Bates, J. E. Freer, y M. Souvignet (2012), *Improving The Stability Of A Simple Formulation Of The Shallow Water Equations For 2-D Flood Modeling*, *Water Resources Research*, 48, W05528, Doi:10.1029/2011wr011570.
- Antico, A; Kröhlhling, DM. (2011) *Solar motion and discharge of Paraná River, South America: Evidence for a link*. *Geophysical Research Letters*, 38(19), L19401.
- Bates, P. D., Horritt M. S., Fewtrell T. J. (2010), *A Simple Inertial Formulation Of The Shallow Water Equations For Efficient Two-Dimensional Flood Inundation Modelling*, *J. Hydrol.*, 387, 33–45, Doi:10.1016/ J.jhydrol.2010.03.027.
- Berbery, E. H.; Doyle, M.; Barros, V.R. (2006): Chapter 5, *Regional precipitation trends*, in *Climate Change in La Plata Basin*. V. R. Barros, R. Clarke, y P. Silva Dias, Eds. CIMA – CONICET/UBA, ISBN 950-692-066-4.
- Boulanger, J.-P. et al. (2005). *Observed precipitation in the Paraná-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections*. *Climate Dynamics*, 24, 393–413. DOI: 10.1007/s00382-004-0514-x.
- Bravo, J. M.; Allasia, D.; Paz, A. R. ; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M. (2012). *Coupled Hydrologic-Hydraulic Modeling of the Upper Paraguay River Basin*. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 17, p. 635, 2012.
- Bravo, J. M.; Collischonn, W.; Tucci, C. (2009) *Verificação da Eficiência e Eficácia de um Algoritmo Evolucionário Multi-objetivo na Calibração Automática do Modelo Hidrológico IPH II*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 14, p. 37–50.
- Collischonn, W. (2001). *Simulação Hidrológica de Grandes Bacias*. Tese de doutorado, IPH-UFRGS.
- Collischonn, W. ; Tucci, C. E. M. (2001) *Simulação hidrológica de grandes bacias*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n.2.
- Doyle, M.; Barros, V.R. (2011). *Attribution of the river flow growth in the Plata Basin*. *International Journal of Climatology*, 31, 2234–2248. DOI: 10.1002/joc.2228.
- Fan, F. M.; Collischonn, W. (2014) *Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 243–254, 2014.
- Fan, F.M.; Pontes, P.R.M.; Paiva, R.C.D.; Collischonn, W. (2014). *Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial das equações de Saint-Venant*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 255–268, 2014.

leira de Recursos Hídricos. Submetido.

- Fan, F.M.; Siqueira, V.A.; Pontes, P.R.M.; Collischonn, W. (2012). *Avaliação Do Uso De Dados De Precipitação Do Merge Para Simulação Hidrológica Da Bacia Do Rio Paraná*. Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET).
- Ferraz Mourão, C. E. (2014) *Relatório contendo a análise das simulações do modelo Eta-10 km para a região da Bacia do Prata, utilizando as condições do HadGEM2-ES RCP 4.5, para o período de 1961-2100*. 26 pp.
- Lima, J. W. M.; Collischonn, W.; Marengo, J. A. (2014) *Efeitos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica*. AES Tietê. 360pp.
- Martín-Vide, JP; Amarilla, M; Zárate, FJ. (2014). *Collapse of the Pilcomayo River*. *Geomorphology*, 205, 155–163.
- Mechoso, C. R., P. Silva Dias, W. Baethgen, V. Barros, E. H. Berbery, R. Clarke, H. Cullen, C. Ereño, B. Grassi, D. Lettenmaier, (2001): *Climatology and hydrology of the Plata Basin*. A document of VAMOS Scientific Study Group on the Plata Basin, 55 pp.
- Neal, J.; Schumann, G.; Bates, P.D. (2012). *A subgrid channel model for simulating river hydraulics and floodplain inundation over large and data sparse areas*, *Water Resour. Res.*, 48, W11506, doi:10.1029/2012WR012514.
- Nóbrega, M. T. ; Collischonn, W. ; Tucci, C. E. M. ; Paz, A. R. (2011) *Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil*. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 15, p. 585–595, 2011.
- Paiva, R. C. D. (2009). *Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: bacia do rio Solimões*. Dissertação de mestrado. IPH-UFRGS.
- Paiva, R. C. D.; Collischonn, W.; Schettini, E. B. (2011) *The Case Studies: Climate Change Impacts on Water Resources in the Quaraí river basin*. In: Fung, F.; Lopez, A.; New, M. 2011 *Modelling the impact of climate change on water resources*. Wiley-Blackwell. 187pp.
- Paz, A.R. ; Collischonn, W.; Bravo, J.M.; Bates, P.D.; Baugh, C. (2014). *The influence of vertical water balance on modelling Pantanal (Brazil) spatio-temporal inundation dynamics*.
- Pontes, P. R. M.; Collischonn, W.; Fan, F. M.; Paiva, R. C. D.; Buarque, D. C. (2015) *Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Vol. 20 No. 4.
- Rozante J. R. ; Moreira, D. S. ; Gonçalves, L. G. G. ; Vila, D. A. (2010). *Combining Trmm And Surface Observation Precipitation: Technique And Validation Over South America*. *Weather And Forecasting*.

- Shuttleworth, W. J. (1993). *Evaporation*. In: Maidment, D. R. (Ed.), Handbook of hydrology, McGraw-Hill, New York.
- Soto Benavides, M.H. (2001). *Calibración de dos modelos de simulación integral de cuenca*. Memoria al título de Ingeniero Forestal. Talca, Chile.
- Tucci, C.E.M.; Clarke, R.T. (1998). *Environmental Issues of La Plata Basin*. Water Resources Development. v.14, n.2, p.157-173.
- Willmot, C. (1981) *On the validation of models*, Physical Geography, Vol. 2, Iss. 2, 1981.

Anexo 1:

El modelo Témez-CHAC a nivel mensual

El programa CHAC permite analizar y procesar series de tiempo con graficación y análisis de disponibilidad de información, realizar análisis de consistencia mediante dobles masas, completar series utilizando métodos de correlación y determinar estadísticas básicas y hacer análisis de frecuencia. También se puede realizar la estimación de la evapotranspiración potencial por los métodos de Thornthwaite, Blaney-Criddle y Penman-Montheith. Finalmente se pueden obtener caudales mediante el balance de Témez. La **Figura A1.1** resume las variables utilizadas por el método de Témez.

La **Figura A.1.2** extraída del manual CHAC sintetiza las ecuaciones del método de Témez.

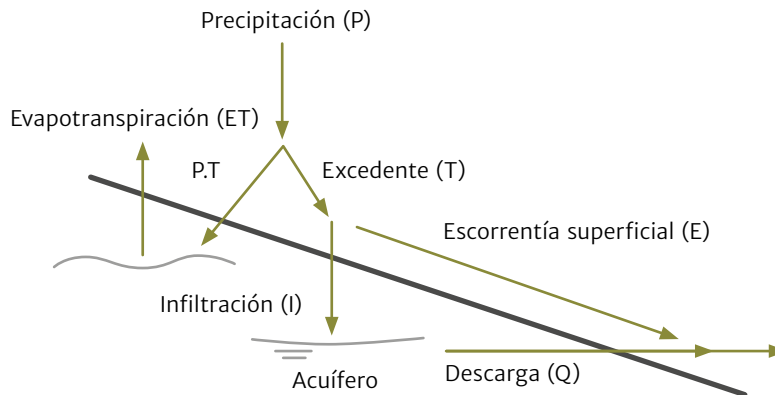
El modelo de Témez contempla el ajuste de cuatro parámetros

- *Parámetro “C” de excedencia:* se usa para calcular el valor límite “Po” de la precipitación por encima de la cual habrá excedente de agua para la escorrentía e infiltración. Si C es 0 el valor de $Po=0$, por lo que toda la lluvia, aun de pequeña magnitud producirá escorrentía a la

salida de la cuenca. Como se puede observar en la Figura 24 Po depende tanto de C como del contenido de agua en el suelo del mes anterior. Este parámetro es adimensional y su rango esta entre 0 y 1.

- *“HMAX”:* capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo y zona no saturada en mm por mes, incluyendo el almacenamiento superficial y en la vegetación. El agua almacenada en el suelo estará disponible para la evapotranspiración por lo que un valor mas grande de HMAX implica, en principio, una disminución del volumen de escorrentía. Este valor se puede obtener en base a información cartográfica, combinando un mapa de suelos o fisiografía con un mapa de vegetación.
- *“IMAX”:* infiltración máxima posible en el mes, en mm. Este parámetro determina la división del excedente T en escorrentía superficial y recarga al acuífero, por lo que su nombre más adecuado sería de percolación máxima. Varios autores proponen estimar Imax a partir de la características hidrogeológicas de la cuenca.

Figura A1.1

Esquema conceptual del método de Témez

Fuente: Soto, 2001

El agua precipitada (P), una vez en el suelo, se divide en *evapotranspiración* (ET) y *excedente* (T). El excedente a su vez alimenta la *escorrentía superficial* (E), y la fracción remanente pasa a formar parte de las reservas dentro del acuífero subterráneo, mediante la *infiltración* (I). Esta infiltración se convierte en *recarga* (R) al acuífero mientras la otra parte del excedente va íntegramente a formar parte de la *escorrentía superficial* o directa durante el periodo de análisis. Finalmente la aportación total para el mes se calcula como la suma de la *escorrentía superficial* y la *aportación subterránea*.

- *Coefficiente de descarga del acuífero “α”*: es la inversa de la constante de recesión “k” ($\alpha = 1/k$) expresada en (1/días). Resulta de considerar al acuífero un embalse lineal lo que lleva a ecuaciones del tipo: $Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\Delta t/k} = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha \Delta t}$; para el caudal Q drenado por el acuífero en el intervalo (i-1;i). Se puede obtener de los registros hidrométricos de la época de estiaje o por calibración. El parámetro α es más grande en cuencas pequeñas con acuíferos poco importantes”

Conformación de los archivos en formato LEMA

El programa CHAC utiliza un formato específico de archivos de entrada de datos denominado “Formato LEMA”. El mismo re-

quiere considerar la siguiente información:

- ubicación de la estación en coordenadas UTM,
- código que la identifica,
- tipo de variable,
- montos mensuales comenzando en el mes de inicio del año hidrológico y
- monto anual de la variable.

El formato y la identificación de cada variable está estipulada en el manual de usuario del modelo (CEDEX, 2013). A modo de ejemplo se muestra en la **Figura A.1.3** un archivo de precipitación mensual.

Figura A1.2

Ecuaciones del método de Témez

Umbral de escurrimiento, P_o	$P_o = C \cdot (H_{\max} - H_{i-1})$
Excedente, T_i	$P_i \leq P_o \Rightarrow T_i = 0$
	$P_i > P_o \Rightarrow T_i = \frac{(P_i - P_o)^2}{P_i + \delta - 2P_o}$ siendo
	$\delta = H_{\max} - H_{i-1} + EP_i$
Balance de agua en el suelo, H_i	$H_i = \max(0, H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)$
Evapotranspiración real, ER_i	$ER_i = \min(H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i)$
Infiltración, I_i	$I_i = I_{\max} \cdot \frac{T_i}{T_i + I_{\max}}$
Aportación superficial, $A_{SUP,i}$	$A_{SUP,i} = T_i - I_i$
Caudal drenado por el acuífero, Q_i	$Q_i = \alpha \cdot V_i$ $Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot i} + \alpha \cdot R_i \cdot e^{-\alpha \cdot \frac{i}{2}}$
Aportación subterránea, $A_{SUB,i}$	$A_{SUB,i} = V_{i-1} - V_i + R_i \cdot t$
Aportación total, $A_{TOT,i}$	$A_{TOT,i} = A_{SUP,i} + A_{SUB,i}$
VARIANTES DEL MODELO	
Siendo	Parámetro número de días con precipitación
	Dos ramas de descarga del acuífero:
	$\alpha 1$: Coeficiente de descarga del acuífero. días ⁻¹
	$\alpha 2$: Coeficiente de descarga del acuífero. días ⁻¹
	Parámetro de reparto de recarga: tanto por uno

Tabla 16. Formulario del modelo de Témez

Fuente: CEDEX, 2013

Los archivos de entrada al modelo en formato LEMA requeridos para el cálculo de aportaciones son:

- Precipitación mensual
- Temperatura media mensual
- Humedad relativa mensual
- Heliofanía efectiva mensual
- Velocidad de viento mensual
- Caudales mensuales

Además se requieren otros parámetros y características de las cuencas, ya sea para

calcular variables internas del modelo, como para la etapa de calibración. Estos parámetros deben cargarse en formato especiales en extensiones TXT, o mediante las pantallas del programa.

Determinación de la precipitación areal

Para la estimación de la precipitación media de la cuenca, es necesario disponer de datos de precipitación de estaciones meteorológicas dentro de la cuenca y su periferia, en un periodo común de tiempo. A partir de dicha información se puede ponderar la aportación espacial de cada sitio a través de varios métodos, habiéndose seleccionado en este caso el método de Thiessen.

Figura A1.3

Formato de archivo LEMA para modelo CHAC

pm2.txt - Bloc de notes

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

736629	6481104	Par3a	PMT	1970	61.9	147.7	31.5	104.1	305.6	75.0	240.1	75.3	101.8	17.4	12.6	30.6	1203.6			
736629	6481104	Par3a	PMT	1971	44.2	102.2	137.3	55.5	52.8	165.0	42.6	23.6	33.3	33.2	54.3	845.0				
736629	6481104	Par3a	PMT	1972	247.0	84.8	128.6	40.0	138.6	183.4	257.1	240.8	6.3	97.1	19.7	0	1659.4			
736629	6481104	Par3a	PMT	1973	3.8	121.5	83.6	42.9	151.8	129.2	78.4	65.9	76.8	13.0	32.5	781.4				
736629	6481104	Par3a	PMT	1974	37.6	28.8	69.6	162.2	55.9	72.4	244.2	65.1	81.3	77.3	22.8	61.7	979.0			
736629	6481104	Par3a	PMT	1975	126.9	47.7	46.9	20.3	175.4	88.9	108.9	81.8	117.1	9	3.3	107.5	929.6			
736629	6481104	Par3a	PMT	1976	3.0	210.0	99.4	193.0	82.4	157.2	154.3	40.1	24.9	31.2	51.0	27.2	1055.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	1977	63.8	140.1	185.5	153.9	347.0	131.1	371.3	33.4	11.0	63.4	69.9	1.8	1572.3			
736629	6481104	Par3a	PMT	1978	86.2	138.3	164.1	134.5	64.2	122.1	108.2	184.7	5.6	60.0	4.7	44.1	1098.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	1979	142.2	84.8	112.7	145.3	10.1	78.9	172.5	242.8	45.0	36.9	16.1	22.6	1180.9			
736629	6481104	Par3a	PMT	1980	24.0	44.6	22.9	53.7	213.7	140.4	42.8	271.8	220.1	4.7	46.0	32.6	1444.2			
736629	6481104	Par3a	PMT	1981	16.2	105.9	80.1	153.3	81.0	104.5	73.1	81.4	90.7	15.1	5.8	851.2				
736629	6481104	Par3a	PMT	1982	199.7	52.6	128.0	27.3	72.7	292.7	100.1	77.4	177.8	46.1	29.7	446.1	1260.3			
736629	6481104	Par3a	PMT	1983	46.6	148.6	128.8	53.5	227.8	339.9	175.6	33.5	31.3	16.3	28.1	25.6	1255.6			
736629	6481104	Par3a	PMT	1984	146.6	226.7	64.8	73.8	39.7	109.3	114.8	168.1	21.4	52.8	83.0	29.6	1131.6			
736629	6481104	Par3a	PMT	1985	90.4	170.7	39.8	89.0	138.1	39.6	140.2	312.8	47.1	65.4	22.0	32.6	1147.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	1986	70.6	115.6	222.0	137.8	94.9	85.3	188.7	51.8	73.9	0	36.6	24.0	1080.2			
736629	6481104	Par3a	PMT	1987	31.0	101.6	86.0	126.8	241.7	80.6	181.2	29.5	0	10.1	63.2	22.4	949.1			
736629	6481104	Par3a	PMT	1988	60.7	136.3	44.1	108.2	10.3	60.2	126.6	88.6	35.9	32.7	3.0	76.9	783.5			
736629	6481104	Par3a	PMT	1989	6.8	109.9	176.9	121.1	180.3	219.9	200.9	109.0	9.4	10.7	44.7	17.0	1206.6			
736629	6481104	Par3a	PMT	1990	17.6	121.9	152.2	125.4	186.2	3.6	26.2	118.4	86.1	108.2	69.5	44.7	1124.0			
736629	6481104	Par3a	PMT	1991	42.4	99.8	50.6	276.0	99.7	127.1	217.0	97.6	76.3	20.2	48.1	42.0	1216.8			
736629	6481104	Par3a	PMT	1992	51.3	159.4	106.0	350.0	61.9	65.2	29.4	126.6	62.8	52.7	7.7	24.8	1095.8			
736629	6481104	Par3a	PMT	1993	8.4	443.3	236.9	72.3	61.5	47.8	102.8	98.8	55.0	346.3	7.4	23.2	1189.5			
736629	6481104	Par3a	PMT	1994	8.4	135.2	126.1	141.9	119.7	59.7	153.7	147.1	28.0	8.4	2.6	3	931.1			
736629	6481104	Par3a	PMT	1995	29.0	173.7	189.7	36.4	92.6	207.3	112.4	115.0	95.3	11.6	0	6.9	1009.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	1996	39.1	54.8	127.4	46.8	75.6	108.9	27.8	75.7	45.0	51.8	35.7	58.8	708.1			
736629	6481104	Par3a	PMT	1997	24.1	135.8	122.6	244.4	238.4	40.6	296.6	87.5	32.4	29.8	63.1	20.3	1355.4			
736629	6481104	Par3a	PMT	1998	76.5	45.1	124.1	122.9	78.0	121.9	170.8	304.8	31.7	69.3	86.9	33.2	1230.3			
736629	6481104	Par3a	PMT	1999	31.5	35.7	14.7	145.0	80.8	222.7	108.6	351.6	182.8	12.6	42.0	63.7	1292.9			
736629	6481104	Par3a	PMT	2000	73.6	120.1	126.0	135.5	100.5	151.9	181.0	121.2	112.0	10.8	4	135.5	9			
736629	6481104	Par3a	PMT	2001	71.6	199.0	151.7	88.3	105.4	27.7	176.6	167.4	65.7	3.0	40.3	39.0	1135.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	2002	176.0	195.0	245.1	252.7	39.7	113.7	116.0	278.0	103.8	7.7	44.0	85.2	1787.0			
736629	6481104	Par3a	PMT	2003	79.0	84.6	158.0	176.3	9.7	41.5	60.8	131.1	24.0	9.5	0	6	948.0			
736629	6481104	Par3a	PMT	2004	21.3	87.5	173.0	196.8	190.6	65.0	286.3	140.6	17.5	85.4	25.4	55.0	1344.4			
736629	6481104	Par3a	PMT	2005	22.4	83.5	157.1	32.8	76.2	137.1	141.7	41.7	1.3	108.4	29.8	18.1	847.1			
736629	6481104	Par3a	PMT	2006	5.8	118.1	116.1	404.9	143.3	91.3	139.1	48.4	64.4	31.5	1	20.8	1597.2			
736629	6481104	Par3a	PMT	2007	118.6	115.8	6.7	109.2	167.6	120.8	16.7	44.4	16.3	7.0	10.5	0	783.9			
736629	6481104	Par3a	PMT	2008	50.2	119.5	97.3	37.7	15.0	197.0	292.0	85.8	64.9	7.0	7.0	8.6	1043.7			
736629	6481104	Par3a	PMT	2009	123.4	67.8	163.3	234.1	144.0	156.0	245.0	72.0	102.9	5.1	13.6	17.0	1886.2			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1970	71.0	182.8	7.7	109.9	212.8	192.0	66.4	55.4	173.8	186.8	46.5	17.2	1277.5			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1971	69.6	14.8	53.4	333.2	146.9	10.1	195.0	67.4	44.4	123.5	59.0	99.9	1245.2			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1972	209.9	157.7	101.9	41.1	163.1	163.7	38.8	147.7	9.0	115.4	86.9	34.8	1438.6			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1973	15.6	145.9	141.1	38.1	257.1	71.1	69.8	156.8	74.1	22.2	16.9	26.1	790.0			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1974	126.3	19.5	52.2	95.7	38.3	60.9	144.8	112.6	104.7	75.8	21.8	72.5	925.1			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1975	112.1	26.8	80.4	32.7	181.6	111.5	157.4	81.0	65.4	20.7	50.6	148.9	1070.1			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1976	11.5	227.2	102.9	184.4	133.5	114.0	121.3	54.5	51.1	45.4	87.2	41.8	1385.9			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1977	127.6	111.7	101.5	78.9	378.4	81.7	31.7	31.7	118.8	14.7	18.3	241.4				
634658	6347548	Qual3a	PMT	1978	86.2	138.3	164.1	134.5	64.2	122.1	108.2	184.7	5.6	60.0	4.7	44.1	1098.7			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1979	19.6	120.2	164.2	73.4	38.3	95.4	98.5	242.7	113.6	92.7	41.7	36.1	1136.0			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1980	56.3	80.5	149.8	44.1	274.1	59.4	5.8	104.8	34.0	47.3	122.9	0	1222.9			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1981	41.9	26.0	56.3	47.1	81.5	185.7	79.9	78.7	153.1	72.7	28.2	25.0	878.1			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1982	134.9	58.4	64.9	10.5	77.3	147.9	58.4	59.9	44.2	38.3	9.1	111.1	804.9			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1983	96.1	98.1	68.7	57.4	172.1	651.7	140.6	71.8	74.8	47.7	115.0	9.9	1401.0			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1984	104.8	149.3	119.5	78.4	36.9	40.9	66.8	71.8	48.8	80.8	40.7	79.9	924.4			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1985	60.7	103.2	90.7	116.6	75.8	11.9	86.3	213.4	84.5	53.0	23.0	126.6	1045.8			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1986	84.8	174.5	233.6	14.1	50.2	123.5	119.1	88.2	11.9	0	45.0	79.6	1089.5			
634658	6347548	Qual3a	PMT	1987	63.9	106.5	74.8	182.8	138.3	133.0	233.2	50.1	3	36.7	48.4	21.9	1071.9			

Este método se basa en ponderar el valor de la variable, por ejemplo precipitación, en cada estación en función de un área de influencia (A_i), superficie que se calcula según un procedimiento de trazado de polígonos. El procedimiento asume que en el área de influencia, definida por la poligonal, ocurre el mismo valor de lluvia de aquel observado en la estación meteorológica más cercana.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A}$$

Siendo:

P_m : precipitación media de la cuenca

P_i : precipitación de la estación i

A_i : área de influencia de la estación i

A : área total de la cuenca

n : cantidad de estaciones que influyen en la cuenca

La precipitación se ingresa al programa CHAC en un archivo LEMA con los datos mensuales de todas las estaciones disponibles y luego, para obtener la precipitación media areal de la cuenca, solamente se utilizan aquellas estaciones que tienen influencia en dicha cuenca. Las precipitaciones mensuales se ponderan según el porcentaje de participación de su área de influencia en relación del área total de cada subcuenca. Puede una estación participar en el área de influencia de más de una subcuenca.

Previo a la obtención de la precipitación media areal se completan los datos mensuales faltantes. Esto se realiza en el programa a partir de un modelo de regresión bivariado con estacionarización mensual

para el completado de cada una de las lagunas de una estación dada se basa en considerar un umbral mínimo del coeficiente de correlación múltiple ponderado según la expresión de la matriz de priorización (CEDEX, 2013). El proceso de completado de datos se puede realizar con todas las estaciones o bien con grupos de estaciones indicados. Con este método el modelo rellena los datos mensuales faltantes con las dos estaciones que mejor coeficiente de correlación presenta en el grupo de estaciones seleccionadas.

En resumen, los pasos seguidos para la de-

terminación de la precipitación areal en las subcuencas fueron:

- el relleno de precipitaciones mensuales faltantes,
- el trazado de los polígonos de Thiessen,
- la determinación de los porcentajes de las áreas de los polígonos con respecto al área total de la cuenca,
- la ponderación de la precipitación de las estaciones con los pesos de participación areal.

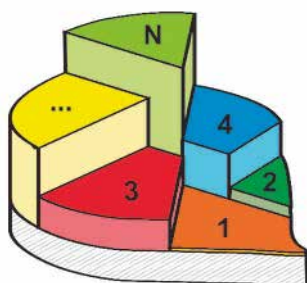
Anexo 2:

MGB a nivel diario, con escenarios futuros

Desarrollado por Collischonn y Tucci (2001), en base a los modelos LARSIM, presentados por Bremicker (1998) y VIC-2L (Wigmosta *et al.*, 1994; Liang *et al.*, 1994; Nijssem *et al.*, 1997), el modelo MGB-IPH trabaja con una discretización en minicuenas, las cuales son a su vez subdivididas en unidades de respuestas hidrológicas (URH) (**Figura A.2.1**), regiones de comportamiento hidrológico similar definidas por una combinación de mapas de cobertura de la tierra y de tipos de suelo (Kouwen *et al.*, 1993). En cada minicuenca, las características del uso y tipo del suelo y la cobertura vegetal son sintetizadas en las URH.

Figura A2.1

Minicuenca del modelo MGB-IPH dividida en N clases de uso, tipo y cobertura del suelo



Esta información es asociada a los centroides de las minicuenas por medio de interpolación de los puestos con datos más aproximados.

A continuación, se presentan los procesos hidrológicos e hidráulicos simulados a través del modelo MGB-IPH, basados en la descripción original de Collischonn (2001); Collischonn y Tucci (2001); Paiva (2009); Fan y Collischonn (2014) y Pontes *et al.* (2015).

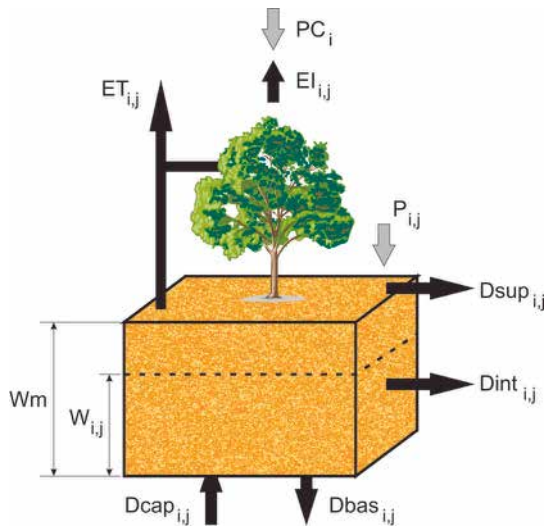
Procesos hidrológicos verticales

El balance del agua en el suelo y de energía son realizados de manera independiente en cada URH de las minicuenas, utilizando sus características y parámetros asociados. Los procesos verticales simulados por el modelo MGB-IPH involucran el balance de agua en el suelo, la interceptación, la percolación del agua hacia el acuífero y el flujo ascendente y la generación de drenajes superficial, subsuperficial y subterráneo. Estos procesos están detallados en el esquema que se presenta en la **Figura A.2.2**

Interceptación: es el proceso de retención de agua de lluvia por la vegetación antes de su llegada a la superficie del suelo. En el mo-

Figura A2.2

Esquema del balance de agua en el suelo del modelo MGB-IPH para una UHR



delo, este proceso es representado por un embalse de volumen máximo (S_{max}) dependiente de la densidad de vegetación que cubre el suelo, indicado por el Índice de área foliar (IAF). Este índice expresa la relación entre el área total de las hojas de vegetación y el área superficial del suelo; su valor depende del tipo de vegetación (menor que 1,0 m en vegetación baja y 6,0 o más en bosques o selvas forestas), con posibles variaciones a lo largo del año, como en los casos de cultivos agrícolas. El valor de S_{max} del embalse de interceptación es dado por:

$$S_{max_j} = \alpha \cdot IAF_j$$

donde, S_{max_j} e IAF_j el volumen máximo de interceptación [mm]; y el Índice del Área Foliar [$m \cdot m^{-1}$] de la URH j de una minicuenca. El parámetro de la lámina de interceptación α [mm] posee un valor fijo e igual a 0,4 mm. En el embalse de interceptación, el balance hídrico es generado por las siguientes ecuaciones:

$$S_{i,j}^t = \min(S_{i,j}^{t-1} + PC_i, S_{max_j})$$

$$P_{i,j} = PC_i - (S_{i,j}^t + S_{i,j}^{t-1})$$

$$S_{i,j}^t = S_{i,j}^t - EI_{i,j}$$

$$EI_{i,j} = \min(S_{i,j}^t, EPI_{i,j})$$

donde, $S_{i,j}$ [mm] es la lámina de agua interceptada en la URH j de la minicuenca i ; PC_i [mm] la precipitación en la cima de la cobertura vegetal en cualquier minicuenca i ; $P_{i,j}$ la precipitación sobre la capa superficial del suelo en la URH j de la minicuenca i ; $EI_{i,j}$ [mm] y $EPI_{i,j}$ [mm] la evaporación real y potencial, respectivamente, de la lámina de agua interceptada en la URH j de la minicuenca i . La evaporación potencial de la lámina de agua interceptada es calculada por medio de la ecuación de Penman-Monteith con el parámetro de resistencia superficial igual a cero. Los índices $t-1$ y t corresponden, respectivamente, al inicio y al final del intervalo del tiempo de cálculo.

Balance hídrico en el suelo: el balance del agua en el suelo, computado para cada URH j de la minicuenca i , se describe a través de la ecuación:

$$W_{i,j}^t = W_{i,j}^{t-1} + (P_{i,j} - ET_{i,j} - Dsup_{i,j} - Dint_{i,j} - Dbas_{i,j} + Dcap_{i,j})$$

donde: $W_{i,j}$ [mm] el almacenamiento de agua en la capa superficial del suelo en la URH j de la minicuenca i ; $P_{i,j}$ [mm] la parcela de la precipitación alcanza la superficie del suelo; $ET_{i,j}$ [mm] la evapotranspiración del agua en el suelo; $Dsup_{i,j}$ [mm] el drenaje superficial; $Dint_{i,j}$ [mm] el drenaje subsuperficial o

interno; $Dsub_{ij}$ [mm] el drenaje subterráneo; $Dcap_{ij}$ [mm] el drenaje ascendente del acuífero hacia la capa superficial del suelo.

Evapotranspiración: El modelo calcula la evapotranspiración a través de la ecuación Penman-Monteith (Shuttleworth, 1993), la cual utiliza datos meteorológicos y parámetros relacionados con las características aerodinámicas y con las estomas de las plantas:

$$ET = \frac{fc}{\lambda \cdot \rho_w} \left[\frac{\Delta \cdot (S_n - L_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \left(\frac{e_s - e_d}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right)} \right]$$

donde: ET [mm.dia⁻¹] la tasa de evaporación del agua; λ [MJ.kg⁻¹] el calor latente de vaporización; ρ_w [kg.m⁻³] la masa específica del agua igual a 1.000 kg.m⁻³; Δ [kPa.°C⁻¹] el gradiente de la presión de saturación del vapor en relación a la temperatura; S_n [MJ.m⁻².s⁻¹] la radiación líquida de onda corta; L_n [MJ.m⁻².s⁻¹] la radiación líquida de onda larga; G [MJ.m⁻².s⁻¹] el flujo de energía para el suelo; ρ_a [kg.m⁻³] la masa específica del aire; c_p [MJ.kg⁻¹.°C⁻¹] el calor específico del aire húmedo, igual a 1,013.10⁻³ MJ.kg⁻¹.°C⁻¹; e_s [kPa] la presión de saturación del vapor; e_d [kPa] la presión del vapor; γ [kPa.°C⁻¹] la constante psicométrica, igual a 0,66 kPa.°C⁻¹; r_a [s.m⁻¹] la resistencia aerodinámica; r_s [s.m⁻¹] la resistencia superficial de la vegetación; fc un factor de conversión de unidades, igual a 3,6x10⁻⁶.

La energía disponible para la evapotranspiración es primeramente utilizada para evaporar el agua interceptada; y la energía restante, si todavía la hubiere, queda disponible para cumplir con la etapa de transpiración de la vegetación. La evaporación potencial (EPI) se calcula utilizando la ecuación de Penman-Monteith consideran-

do la resistencia superficial (r_s) nula y la resistencia aerodinámica dependiente de la velocidad del viento y de la altura promedio de la vegetación.

Drenaje superficial: el drenaje superficial generado en cada URH es el escurrimiento directo efectivo, aquel que llega rápidamente a la red de drenaje. En el modelo, se considera que la ocurrencia del escurrimiento superficial se da únicamente en zonas saturadas, las cuales son variables en función del nivel de saturación de la cuenca, siguiendo un proceso Dunniano (Dunne & Black, 1970). Para la generación de este escurrimiento se utiliza una relación probabilística entre humedad del suelo y fracción del área saturada (zonas donde la infiltración es nula) conforme es presentada por Moore & Clarke (1981):

$$X = 1 - \left(1 - \frac{W}{Wm} \right)^{\frac{b}{b+1}}$$

Donde: X la fracción del área que está saturada; W [mm] el volumen de agua almacenado en el suelo; Wm [mm] la capacidad máxima de almacenamiento del agua en el suelo; b [-] un parámetro del modelo asociado a la URH que define el grado de heterogeneidad de la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo.

El drenaje superficial $Dsup$ entre dos pasos de tiempo consecutivos ($t-1$ e t) se obtiene para cada URH j de una minicuenca i a través de:

$$Dsup_{i,j} = P_{i,j} \cdot \Delta t - (Wm_j - W_{i,j}^{t-1}) \quad \text{si } A \leq 0$$

$$Dsup_{i,j} = P_{i,j} \cdot \Delta t - (Wm_j - W_{i,j}^{t-1}) + Wm_j \cdot A^{b_j+1} \quad \text{si } A > 0$$

Donde: $P_{i,j}$ [mm] la precipitación afectiva que llega a la superficie del suelo de la URH

j de la minicuenca i ; $Dsup_{i,j}$ [mm] el drenaje superficial de la URH j de la minicuenca i ; A un límite dado por la expresión:

$$A = \left[\left(1 - \frac{W_{i,j}^{t-1}}{Wm_j} \right)^{\frac{b}{b_j+1}} - \frac{P_{i,j} \cdot \Delta t}{Wm_j \cdot (b_j + 1)} \right]$$

Drenaje subsuperficial: es más lento que el superficial, sin embargo es más rápido que el subterráneo. Para describir este proceso, el modelo utiliza una ecuación no lineal correspondiente a la humedad del suelo, que relaciona la conductividad hidráulica del suelo con su textura, similar a la ecuación presentada por Brooks y Corey (Rawls *et al.*, 1993):

$$Dint_{i,j} = Kint_j \cdot \left(\frac{W_{i,j}^{t-1} - Wz_j}{Wm_j - Wz_j} \right)^{3+\frac{2}{\lambda_j}}$$

Donde: $Dint_{i,j}$ [mm] el volumen de escurrimiento subsuperficial en la URH j de la minicuenca i ; $Kint_j$ [mm.día⁻¹] un parámetro de drenaje sub superficial; Wz_j [mm] el límite mínimo del almacenamiento del agua en el suelo a partir del cual habrá generación de drenaje superficial; λ_j [-] el índice de porosidad del suelo.

Drenaje subterráneo: el volumen percolado al acuífero se calcula a través de una relación lineal del volumen de agua almacenado en el suelo. Para cada intervalo de tiempo, el volumen de escurrimiento subterráneo $Dbas_{i,j}$ de cada URH j da minicuenca i se obtiene por:

$$Dbas_{i,j} = Kbas_j \cdot \left(\frac{W_{i,j}^{t-1} - Wc_j}{Wm_j - Wc_j} \right)$$

Donde: Wc_j [mm] el límite mínimo de almacenamiento de agua en el suelo a partir del cual no hay percolación; $Kbas_j$ [mm] parámetro que define la máxima percolación cuando el suelo está saturado.

Flujo capilar ascendente: en situaciones de estrés hídrico, cuando la zona saturada del acuífero se encuentra a bajas profundidades, puede llevarse a cabo una transferencia de agua desde el embalse subterráneo hacia la zona no saturada del suelo. Este movimiento ascendente sucede por diferencia de potencial o por la existencia de vegetación con raíces lo suficientemente profundas para retirar el agua directamente del acuífero. En el modelo, este flujo ascendente es determinado por:

$$Dcap_{i,j} = \left(\frac{Wc_j - W_{i,j}^{t-1}}{Wc_j} \right) \cdot DMcap_j$$

Donde: Wc_j [mm] el límite máximo de almacenamiento del agua en el suelo para haber flujo ascendente; $DMcap_j$ [mm] el máximo flujo ascendente en el suelo.

Procesos hidrológicos horizontales

No todo el volumen de los escurrimientos generados en las minicuecas llega a su correspondiente red de drenaje en el mismo paso de tiempo, si no que sufren retraso y amortiguamiento. En el modelo, los factores de retraso y amortiguamiento de los hidrogramas de escurrimientos son considerados a través de su pasaje por tres embalses lineales, siendo uno para cada tipo de escurrimiento generado: superficial, sub superficial (o interno) y subterráneo. Los volúmenes almacenados en los tres embalses son computados por:

$$Vsup_i^t = Vsup_i^{t-1} + \sum_{j=1}^{NURH} (1000 \cdot Dsup_{i,j} \cdot A_{i,j})$$

$$Vint_i^{t'} = Vint_i^{t-1} + \sum_{j=1}^{N_{URH}} (1000 \cdot Dint_{i,j} \cdot A_{i,j})$$

$$Vbas_i^{t'} = Vbas_i^{t-1} + \sum_{j=1}^{N_{URH}} (Dbas_{i,j} - Dcap_{i,j}) \cdot 1000 \cdot A_{i,j}$$

siendo $Vsup_i$ [m³], $Vint_i$ [m³] y $Vbas_i$ [m³] los volúmenes en los embalses superficial, sub superficial y subterráneo, respectivamente, en la minicuenca i y A [km²] el área de la URH j de la minicuenca i . El índice j indica el número de la URH y N_{URH} el número de URHs existentes, ambos relacionados con la minicuenca i considerada.

El caudal de salida de cada embalse con destino a la red de drenaje se computa como una función lineal del respectivo volumen almacenado en el embalse y del tiempo de concentración de la minicuenca. Las ecuaciones que estiman los caudales de salida son:

$$Qsup_i = \frac{1}{TKS_i} Vsup_i^{t'}$$

$$Qint_i = \frac{1}{TKI_i} Vint_i^{t'}$$

$$Qbas_i = \frac{1}{TKB_i} Vbas_i^{t'}, \text{ con } TKB = CB \cdot 3600$$

siendo $Qsup_i$ [m³.s⁻¹], $Qint_i$ [m³.s⁻¹] y $Qsub_i$ [m³.s⁻¹] los caudales de salida de los embalses superficial, sub superficial y subterráneo, respectivamente, en la minicuenca i ; TKS_i [s], TKI_i [s] y TKB_i [s] los tiempos de retraso de los embalses superficial, sub superficial y subterráneo, respectivamente, en la minicuenca i ; CB [h] un parámetro de calibración que controla el retraso del escurrimiento subterráneo en la mini-cuenca y puede ser pre estimado a partir de los datos de recesión de los hidrogramas.

Los valores de TKS e TKI se obtienen en función del tiempo de concentración Tc_i [s] de la minicuenca y son controlados a través de los parámetros de calibración CS [-] e CI [-]:

$$TKS_i = CS \cdot Tc_i$$

$$TKI_i = CI \cdot Tc_i$$

El tiempo de concentración Tc_i [s] de la minicuenca i calculado por la fórmula de Kirpich:

$$Tc_i = a \frac{L_i^b}{S_i^c}$$

siendo L_i [km] e S_i [m.m⁻¹] la extensión y la pendiente, respectivamente, del mayor afluente del río principal de la minicuenca i . Los índices a , b y c son fijos con valores iguales a 239,04; 0,77; y 0,385, respectivamente.

Finalmente, el caudal $Qmini_i$ [m³.s⁻¹] que alcanza el tramo de río de la minicuenca es el resultado de la suma de los escurrimientos superficial, sub superficial y subterráneo:

$$Qmini_i = Qsup_i + Qint_i + Qbas_i$$

Propagación del caudal en la red de drenaje

La versión original del modelo MGB-IPH utiliza, en los cálculos de propagación del caudal en la red de drenaje, el método Muskingum-Cunge. Este método, sin embargo, presenta resultados poco precisos cuando aplicado en ríos de baja pendiente.

Además, el método Muskingum-Cunge es de difícil aplicación en cuencas hidrográficas con red de drenaje no dendrítica, como es el caso de algunas zonas de la cuenca del Plata, con destaque para la región del Pantanal.

Como alternativa, podría haber sido utilizado el método de propagación insertado en el modelo MGB-IPH por Paiva (2009), que utiliza las ecuaciones completas de Saint-Venant. Sin embargo, este método presenta algunas desventajas del punto de vista del procesamiento.

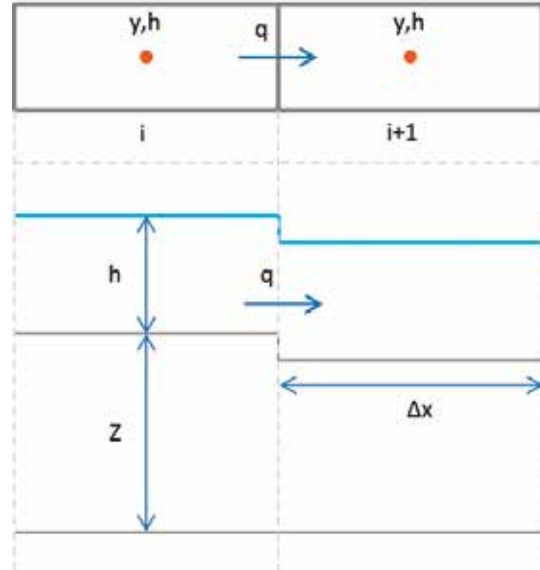
Por estos motivos, se optó por adoptar un nuevo método de propagación en el caso de la cuenca del Plata. El método adoptado se basa en una simplificación de las ecuaciones de Saint Venant, que desatiende únicamente el término de advección de la ecuación dinámica de Saint-Venant, y es denominada modelo Inercial (Bates *et al.*, 2010; Almeida *et al.*, 2012; Neal *et al.*, 2012; Almeida y Bates, 2013). Este modelo presenta como ventajas el hecho de representar los efectos hidrodinámicos del río; de ser un modelo simple y fácil de programar, además de necesitar etapas de pre procesamiento más sencillas que el modelo hidrodinámico. Una descripción detallada de este modelo es presentada por Fan *et al.* (2014) e Pontes *et al.* (2015).

Para la implementación en el modelo hidrológico se consideró también un esquema numérico centrado en el espacio y progresivo en el tiempo. Sin embargo, al envés de subtramos o células cuadradas, los caudales son propagados entre cada minicuenca i , donde el valor de Δx es la extensión del tramo de río de cada minicuenca.

La **Figura A.2.3** muestra el esquema de discretización de las minicuecas y de las variables de caudal, profundidad y nivel del

Figura A2.3

Esquema de discretización de las minicuecas



modelo inercial implementado en el modelo hidrológico MGB-IPH, donde q es el caudal por unidad de ancho.

De esta forma, los valores de nivel y en el espacio y del caudal Q en el tiempo, son dados por las ecuaciones a continuación:

$$\frac{\partial y}{\partial x} \approx \frac{y_{i+1}^t - y_i^t}{\Delta x_{IC}}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_i^{t+1} - Q_i^t}{\Delta t}$$

donde k se refiere al tiempo e i se refiere a la minicuenca.

En base a esto, se puede obtener la versión discretizada de la ecuación dinámica, dando origen a la ecuación:

$$Q_i^{t+1} = \left(\frac{((Q_i^t) - g.B.\Delta t.(hflow_i.Sflow_i))}{\left(1 + \frac{g.\Delta t.hflow_i.(Q_i^t).n^2}{B.(hflow_i)^{10/3}}\right)} \right)$$

La variable $hflow$ se refiere a la profundidad en la sección transversal ubicada entre la minicuenca i y la minicuenca $i+1$, y se estima a través de la ecuación:

$$hflow_i = \max[y_i^t; y_{i+1}^t] - \max[Ztab_{i,1}; Ztab_{i+1,1}]$$

El parámetro n es el coeficiente Manning.

La variable $Sflow_i$ es la pendiente de la línea de agua. La ecuación es dada por:

$$Sflow_i = \frac{(y_{i+1}^t - y_i^t)}{\Delta x_i}$$

A partir de una condición inicial en que son conocidos todos los valores de y_i^t para cualquier minicuenca i , la solución caudales al final del intervalo de tiempo puede ser

encontrada aplicando la versión discretizada de la ecuación dinámica.

En la minicuenca correspondiente a la salida de la cuenca es necesario establecer la condición de borde, es decir, el nivel del agua en la desembocadura.

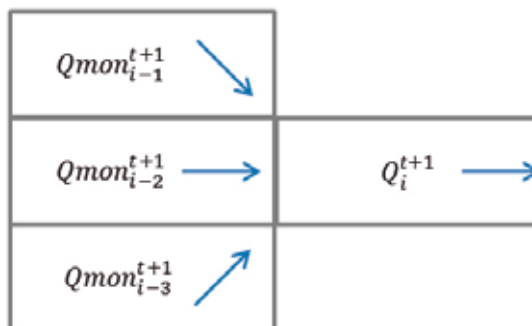
La ecuación de continuidad se describe a continuación:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Q_{salida} - Q_{entrada}$$

En el modelo MGB-IPH, la ecuación de continuidad se resuelve en base a los volúmenes en cada minicuenca, de acuerdo con el esquema presentado en la **Figura A.2.4**. Se considera que, para la minicuenca i , existen n minicuecas aguas arriba de la misma. De esta manera, el caudal en la minicuenca i es la sumatoria de los caudales aguas arriba. Se considera, también, el caudal de contribución lateral en la minicuenca i . Siendo así, los caudales $Q_{mon_{i-1}^{t+1}}$, $Q_{mon_{i-2}^{t+1}}$ y $Q_{mon_{i-3}^{t+1}}$ representan el caudal $Q_{entrada}$ y el caudal Q_i^{t+1} representa el caudal Q_{salida} .

Figura A2.4

Esquema representativo de la ecuación de continuidad en el modelo MGB-IPH



Anexo 3:

Modelo de Gestión SAD

Este modelo hidrológico de gestión es una evolución de una metodología de balance hídrico para fines de planificación de las cuencas, que cuenta con funcionalidades de interconexión con un sistema de información geográfica y herramientas para representar aspectos de cantidad y calidad del agua.

En la versión más actual del SAD-IPH, está incluido el balance hídrico de embalses y tramos de río, considerando las extracciones para satisfacción de las demandas en un sistema. Un esquema general de la metodología del sistema SADr-IPH se presenta en la **Figura 5.3.1** en el *Capítulo 5*. Allí se observa que existe una etapa de la metodología relacionada con el pre procesamiento de datos geográficos; una etapa que corresponde a la estimativa de disponibilidad del agua; una etapa referente a las demandas; y una última relacionada con la estimativa de datos de los embalses. Esta información es sintetizada en un banco de datos, que es accedido en el momento en que son realizados los cálculos del balance hídrico por el SADr-IPH.

Básicamente, estas etapas son una forma de subdividir la cuenca hidrográfica en unidades menores, aquí denominadas mi-

nicuencas, siguiendo la misma estrategia adoptada en el modelo hidrológico MGB-IPH. En estas minicuecas, son realizados los cálculos para obtener la información acerca de la disponibilidad hídrica y también los cálculos del balance hídrico entre disponibilidad y demanda, conforme se describe más adelante.

La disponibilidad hídrica en el sistema del balance hídrico del SADr-IPH se obtiene a partir de una aplicación previa del modelo hidrológico creciente-caudal MGB-IPH. Este modelo es aplicado en el paso de tiempo diario y, luego de calibrado, utilizado para generar series de caudales en un intervalo de tiempo semanal en todas las minicuecas, las cuales ha sido dividida la cuenca hidrográfica.

Las demandas hídricas son obtenidas a partir de datos catastrales como datos de concesión de uso del agua. Cuando los datos de concesión no son completados o cuando es evidente que hay un uso superior del agua en la cuenca de lo que sugieren los catastros oficiales, las demandas de uso del agua pueden ser estimadas en base a otras metodologías, como la estimativa partir de imágenes satelitales.

Los embalses también forman parte del banco de datos del sistema SAdR-IPH, siendo necesario tener conocimiento acerca del volumen útil de almacenamiento, el área superficial y la ubicación de cada uno de los embalses a ser utilizado en la simulación.

Procesamiento del Modelo Digital de Elevación

En la etapa del pre procesamiento geográfico para la aplicación del SAdR-IPH, son utilizadas herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) para extraer, de un Modelo Digital de Elevación (MDE), la información física relevante de la cuenca hidrográfica. Esta información es sintetizada en la forma de archivos de entrada, luego son utilizados en el SIG, que sirve de interfaz para los programas que realizan cálculos de disponibilidad hídrica (MGB-IPH) y balance hídrico (SAdR-IPH).

En el proceso de preparación de los datos, se utiliza la estructura de datos y el conjunto de herramientas denominado ArcHydro, también conocido como Hydro-Tools, desarrolladas por la Universidad de Texas en conjunto con la empresa ESRI, que operan internamente con el programa ArcGIS (Maidment, 2002). ArcHydro puede ser comprendido tanto como un conjunto de herramientas como también una estructura de datos proyectada para almacenar y relacionar entre sí conjuntos de datos geográficos utilizados en el área de recursos hídricos. La estructura de datos ArcHydro se define utilizando clases de objetos, en que objetos de una determinada clase poseen propiedades o atributos en común, y objetos de clases distintas pueden ser relacionados a través de atributos en común.

El resultado del pre procesamiento del MDE es un archivo que contiene una tabla con toda la información relevante de cada una

de las minicuenas: código, código de la minicuenca ubicada inmediatamente aguas abajo, área de drenaje local, área de drenaje acumulada aguas arriba, extensión del tramo del río, pendiente, entre otros. Este archivo es la base para la constitución del archivo de entrada del modelo MGB-IPH y del modelo SAdR-IPH.

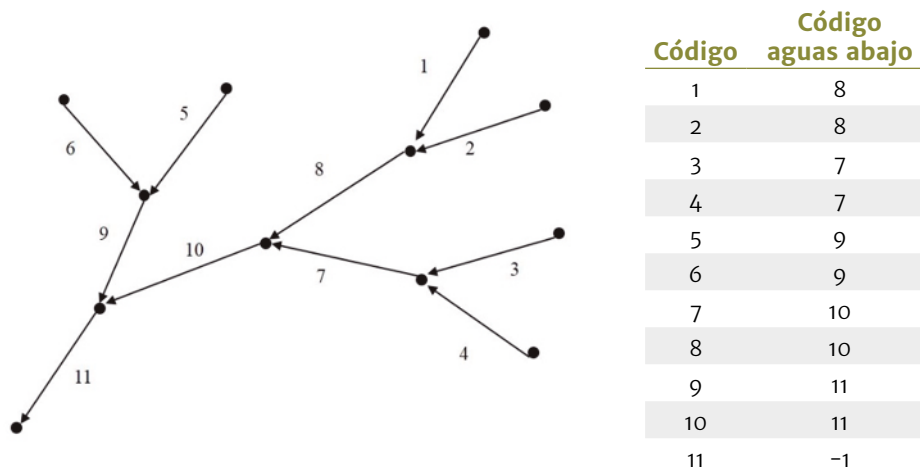
Uno de los resultados más importantes de la etapa de pre procesamiento es la obtención de la topología de la cuenca. La **Figura A.3.1** ilustra un esquema de una red de drenaje asociada a su tabla de atributos, ilustrando los códigos que establecen la topología de la cuenca. La estructura topológica se establece de tal manera que, a la excepción de los tramos de cabecera, todos los demás reciben la confluencia de dos tramos, y envían el flujo para un único tramo aguas abajo. Se observa que todos los tramos de cabecera son enumerados primeramente; en seguida los de primera orden, los de segunda, y así por delante.

Disponibilidad hídrica

Como mencionado anteriormente, la disponibilidad hídrica se obtiene a través del modelo MGB-IPH. Como salida del modelo original, son generadas las series de caudales para cada minicuenca discretizada, de duración correspondiente a lo que ha sido definido en los datos de entrada, con paso de tiempo típicamente diario.

Para la aplicación en el modelo de simulación de embalses, es interesante tener conocimiento acerca de las series incrementales de cada minicuenca, excluyendo el proceso de propagación aguas abajo, ya que este será realizado por el sistema de simulación de embalses. Además, se adopta un esquema de paso de tiempo mensual, con el fin de que se pueda desatender los efectos de propagación de flujo, consideran-

Figura A3.1

Ejemplo de red de drenaje ilustrando la estructura topológica de la cuenca

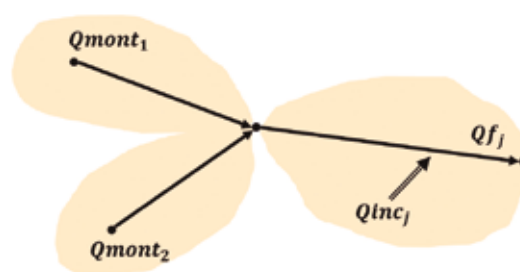
do cuencas con tiempo de concentración de algunos días. Siendo así, los datos de caudal calculados por el modelo, son agregados antes de generar los resultados en intervalo de tiempo de 7 días.

Tal cual ha sido mencionado, el paso de tiempo adoptado en el modelo de simulación de embalses es el semanal y el mensual, a fin de que se pueda desconsiderar el efecto de la propagación del caudal aguas abajo del vertedero. Este paso de tiempo es usual en análisis similares de balance hídrico y capacidad de atención de los embalses, pero no sería adecuado para los estudios de protección contra crecidas. Además, el formato requerido para entrada en el modelo es el caudal mensual incremental por cuenca, es decir, la contribución superficial de cada unidad.

De esta forma, han sido realizadas algunas adaptaciones en las rutinas de salida del modelo MGB-IPH. Entre ellas, la implementación de una rutina capaz de calcular los promedios semanales o mensuales, para todas las minicuenas, y registrarlos en un

archivo único. El mismo procedimiento ha sido realizado para la obtención de los archivos de precipitación y evaporación. En seguida, los datos del caudal pasan por un proceso de desmembramiento, con el fin de obtener el caudal de contribución de cada minicuenca. Para facilitar la comprensión, la **Figura A3.2** presenta un esquema ejemplificando como son obtenidos los caudales incrementales.

Figura A3.2

Esquema de desmembramiento de los datos del caudal mensual

La minicuenca *j* ubicada más a la derecha de la figura, posee un caudal de salida Q_{fj} . Este caudal corresponde al caudal total que pasa a través del río que abandona la minicuenca. Sin embargo, esta minicuenca recibe agua de las dos minicuencas ubicadas aguas arriba, cuyo caudal es Q_{mont_1} y Q_{mont_2} . Así, el caudal incremental generado en la minicuenca *j*, llamado Q_{inc} , puede ser calculado por la siguiente formula:

$$Q_{inc} = Q_f - (Q_{mont_1} + Q_{mont_2})$$

(3.1)

En el caso de tramos de cabecera, donde no hay entrada de contribuciones aguas arriba, el valor de Q_{inc} es igual que el de Q_f .

Este cálculo se repite para todas las minicuencas en que está dividida la cuenca hidrográfica.

Demandas y embalses

La información referente a las demandas hídricas es incluida en el modelo de balance hídrico de la forma más espacializada posible, teniendo en cuenta las propiedades de los SIGs. Se puede considerar básicamente dos tipos de demandas: las puntuales y las difusas. Las demandas puntuales, en general, son representadas por puntos de captación para suministro público urbano, por puntos de captación industrial o, incluso, a través de captaciones de agricultura de riego, cuando hay conocimiento del sitio de captación. Las demandas difusas pueden ser definidas como las demandas de suministro rural, riego animal o, aún, en los casos de riego, donde se considera una demanda específica constante a lo largo de todo el área de riego.

Diferente de la mayoría de los modelos de

simulación encontrado en la literatura (*e. g.*, MODSIM, WRAP, Hec-ResSim), donde la estructura topológica es constituida a partir de los objetos, en el modelo propuesto, la topología es constituida por unidades definidas en el MDE, habiendo posibilidad de inclusión de más de un objeto de retirada de agua por minicuenca – desde que este sea relacionado con la estructura del embalse y esté ubicado siempre en el exutorio de la unidad.

La **Figura A.3.3** presenta un ejemplo de asociación de las minicuencas con las demandas hídricas y embalses. A partir del ambiente SIG, son generados archivos de texto con el listado de estos elementos incluyendo también los códigos de las minicuencas correspondientes.

Descripción del módulo de simulación de embalses

El modelo de simulación propuesto se basa en la estructura de discretización en minicuencas, donde los objetos del sistema hídrico (por ejemplo, demandas, tramos de río, embalse) se asocian a ellas. La **Figura A.3.4** presenta un esquema general de la estructura del modelo de simulación de ríos y reservorios para una determinada minicuenca.

Siendo las siguientes variables constituidas por vectores de tamaño correspondiente al número de pasos de tiempo de la simulación:

- $Q_{mt_1}, Q_{mt_2}, \dots, Q_{mt_n}$ = caudal de cada minicuenca aguas arriba de la minicuenca simulada, siendo n el número de minicuencas aguas arriba;
- Q_i = caudal inicial de la minicuenca;
- Q_c = caudal incremental de la minicuenca;

Figura A3.3

Ejemplo de asociación de demandas y embalses en el sistema hídrico

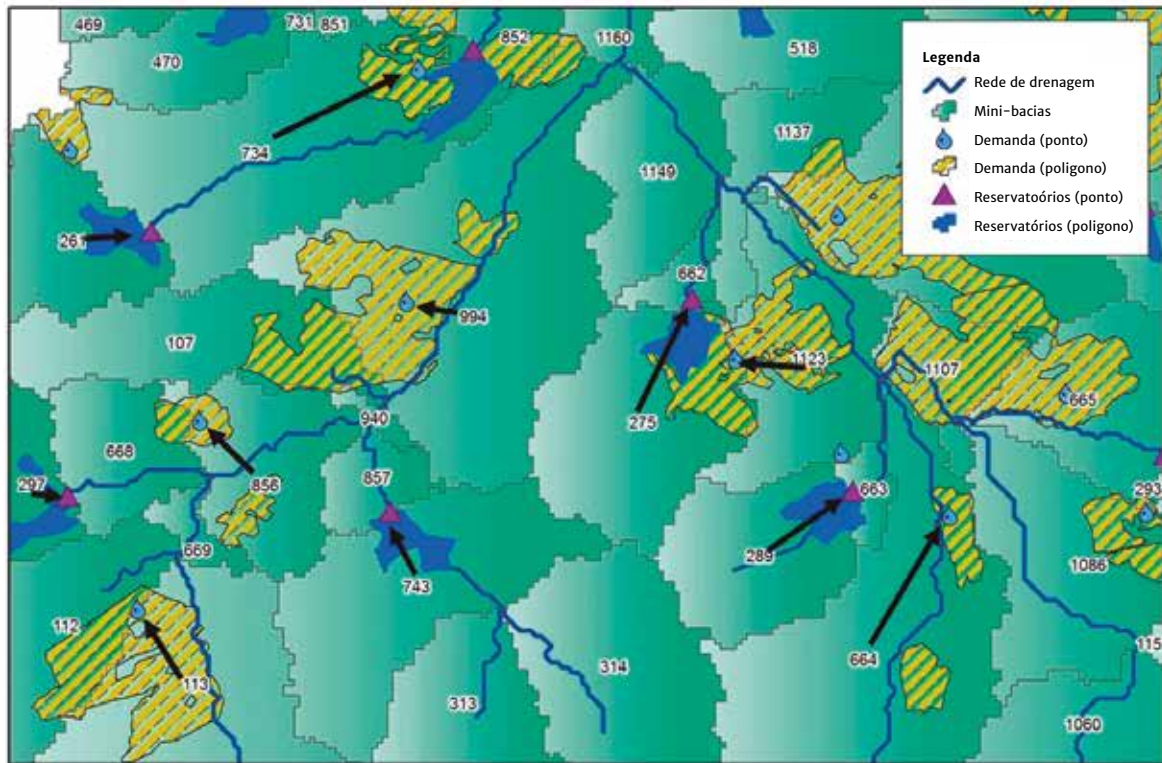


Figura A3.4

Representación del esquema de balance hídrico en el sistema de ríos y embalses del SADR-IPH



- Qd = caudal acumulado de la minicuenca, descontadas las retiradas del propio tramo;
- $Di_{m,1}, Di_{m,2}, \dots, Di_{m,j}$ = demandas individuales asociadas directamente con el tramo de la minicuenca, siendo j el número de demandas asociadas;
- $Di_{r,1}, Di_{r,2}, \dots, Di_{r,k}$ = demandas individuales asociadas al embalse de la minicuenca, siendo k el número de demandas asociadas;
- Qf = caudal en la salida de la minicuenca, considerando la liberación de agua en el embalse, si hubiere;

La metodología computacional adoptada en el modelo de simulación propuesto sigue una orden de simulación aguas arriba hacia aguas abajo. De esta forma, primeramente son simuladas todas las minicuecas de cabecera, que no poseen contribución aguas arriba. En seguida, se simulan las minicuecas ubicadas inmediatamente aguas debajo de las minicuecas de cabecera. El proceso sigue hasta que todas las minicuecas hayan sido simuladas. Este proceso es similar al realizado por otros modelos, como el HEC-ResSim.

Caudal afluente por minicuenca

Inicialmente son definidas las series de afluentes de entrada de cada minicuenca. En ese sentido, es importante que se haga la separación entre las minicuecas de cabecera y las demás, teniendo en cuenta que las primeras no reciben ninguna contribución aguas arriba, siendo considerada apenas la entrada correspondiente al caudal incremental de la unidad. Para las minicuecas de orden superior, son identificados todos los tramos aguas arriba de la misma, pudiendo ser hasta tres, de acuerdo

con la discretización de cada minicuenca. Siendo de valor 1 para todas las minicuecas de cabecera; 2 para las mini cuencas de orden inmediatamente superior; y así sucesivamente. El caudal inicial de la minicuenca es dado de acuerdo con la siguiente relación, siendo el número de tramos aguas arriba de la minicuenca.

$$Q_i = \sum_{t=1}^n Q_{mt,t}, \quad \text{se } Ord > 1$$

$$Q_i = 0, \quad \text{se } Ord = 1$$

(1)

Balance hídrico en el tramo

El modelo propuesto posibilita la utilización de dos tipos de captación: directamente del tramo del río o asociada a una represa o reservorio de suministro.

La demanda total a ser cumplida por una minicuenca es determina por la ecuación a continuación:

$$Dt_m = \sum_{i=1}^j Di_{m,i}$$

(2)

Donde $Di_{m,i}$ es la demanda individual asociada a la minicuenca, j es el número total de demandas asociadas y Dt_m es la sumatoria de las demandas de las minicuenca.

La disponibilidad de agua en la minicuenca, considerando la asignación de demandas, es dada por la diferencia entre el caudal natural y la demanda total calculada en la expresión anterior, de acuerdo con la siguiente relación:

$$Qd = Qi + Qc - Dt_m$$

(3)

Una vez que la disponibilidad haya alcanzado un valor mínimo, sea este un valor correspondiente a cero o algún caudal ambiental, la disponibilidad es convertida a ese valor, y el cumplimiento a la demanda se reduce al caudal restante en la minicuenca. A continuación se presenta la relación establecida para el cálculo de la demanda requerida (Dat_m) considerando la adopción de criterios de caudal ambiental por minicuenca (Q_{ec}).

$$\begin{aligned} Dat_m &= Dt_m, & se \ Qd > Q_{ec} \\ Dat_m &= Qi + Qc - Q_{ec}, & se \ Qd \leq Q_{ec} \end{aligned}$$

(4)

Conociendo el porcentaje de demanda atendida por la minicuenca en relación a la demanda total en cada intervalo de tiempo, es interesante cuantificar o satisfacer la demanda de cada usuario, aunque estos estén ubicados en la misma minicuenca. El criterio adoptado es que estos usuarios sean atendidos proporcionalmente de acuerdo con la demanda de cada intervalo de tiempo, estableciéndose las fracciones de cumplimiento para cada usuario localizado en la minicuenca, de acuerdo con la siguiente relación:

$$Fat_{m,i} = Di_{m,i} / Dt_m$$

(5)

Siendo $Fat_{m,i}$ la fracción de demanda i en relación a las demás demandas localizadas en la minicuenca. El cumplimiento a la demanda individual en la minicuenca ($Dai_{m,i}$) es determinado por la multiplicación de fracciones de cumplimiento por cumpli-

miento total de la minicuenca, de acuerdo con la ecuación de abajo:

$$Dai_{m,i} = Dat_m \cdot Fat_{m,i}$$

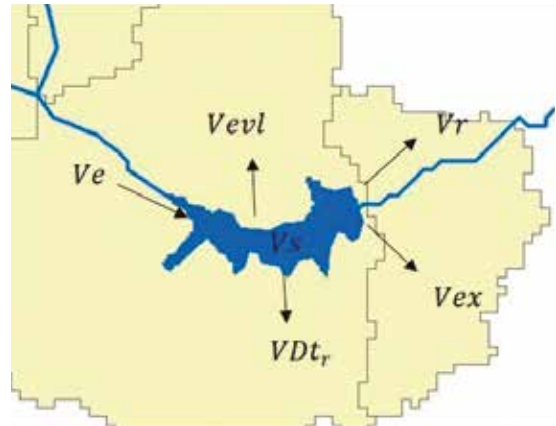
(6)

Balance hídrico en el embalse

La Figura A.3.5 presenta un esquema específico para el balance del volumen de agua en el embalse, indicado variables involucradas en el proceso:

Figura A3.5

Detalle del esquema de balance hídrico para los embalse en el modelo SADr-IPH



Siendo:

- Ve = volumen de entrada en el embalse;
- Vs = volumen almacenado durante el período de tiempo en el embalse;
- $Vevl$ = volumen resultante de la diferencia entre la lámina de agua evaporada y precipitada en la superficie de la laguna;
- Vdt_r = volumen reservado para el cumpli-

miento de las demandas relacionadas directamente con el embalse j ;

- V_o = volumen correspondiente al caudal liberado para aguas abajo del embalse j ;
- V_{ex} = volumen de extravasación, caso el volumen del embalse alcance su límite máximo;

El principal objetivo de esta etapa es la aplicación de la ecuación de continuidad o conservación del volumen para un embalse, siendo simplificada en el modelo propuesto de acuerdo con la siguiente relación:

$$V_s(t+1) = V_s(t) + V_e(t) - V_{evl}(t) - V D t_r(t) - V_o(t) - V_{ex}(t) \quad (7)$$

Donde $V_s(t)$ y $V_s(t+1)$ son los volúmenes almacenados en el embalse en el paso de tiempo actual y en el paso de tiempo posterior.

Para la realización del balance hídrico en el embalse, inicialmente se verifica el valor de la demanda que el embalse debe atender directamente, es decir, se verifica si existen captaciones directas en el espejo de agua. La demanda total a ser cumplida es determinada por la siguiente ecuación:

$$D t_r = \sum_{i=1}^k D i_{r,i} \quad (8)$$

Donde $D t_r$ es la demanda total a ser cumplida por el embalse; $D i_{r,i}$ es la demanda individual asociada al embalse, independientemente si está ubicada o no en la minicuenca; y k es el número de demandas asociadas al embalse. Se define también la variable $V D t_r$ como siendo $D t_r$ convertido en unidades de volumen.

A continuación, los valores de demanda y de caudal de entrada en el reservorio son convertidos en unidades de volumen, adoptándose generalmente el paso de tiempo semanal o mensual, y recordando también que las unidades de caudal son dadas en m^3/s y las de volumen en hm^3 . Los volúmenes de evaporación líquida son calculados a partir de los valores de evaporación y precipitación, dados en mm.

Estos datos corresponden al conjunto de información de entrada del modelo, los cuales pueden ser obtenidos a través del modelo creciente-caudal MGB-IPH, que calcula el total precipitado y evaporado en cada minicuenca y en cada paso de tiempo. El volumen de evaporación líquida es determinado por la siguiente relación:

$$V_{evl} = (E - P) A_s \cdot c \quad (9)$$

Donde E y P son valores mensuales (o diarios) de evaporación y precipitación, dados en mm; A_s es el área del reservorio en el inicio del paso de tiempo correspondiente en km^2 ; y c es un factor de conversión de unidades.

Considerando que el almacenamiento en el tiempo inicial sea un porcentaje de la capacidad máxima de almacenamiento del reservorio, el volumen del embalse en el paso del tiempo siguiente será determinado por la ecuación de continuidad, obtenido por la ecuación (7). El valor será ajustado, de acuerdo con los límites máximos y mínimos, así como los valores de salida.

En caso de que el volumen, en un paso de tiempo posterior, haya alcanzado la capacidad máxima, habrá desbordes de volumen excedente para aguas abajo, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\begin{aligned}
 Vex(t) &= Vs(t+1) - Vmax(t) \quad ,se \quad Vs(t+1) \geq Vmax \\
 Vex(t) &= 0 \quad ,se \quad Vs(t+1) < Vmax
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

En el caso de volumen en el paso de tiempo posterior haya alcanzado el volumen mínimo, habrá restricciones en relación al suministro de las demandas del embalse. La variable $VDat_r$ corresponde al volumen destinado al cumplimiento de las demandas del reservorio. Considerando un escenario en que no hay regularización del caudal, es decir, considerando solamente las salidas directas de las demandas, la misma se calcula de acuerdo con la siguiente relación:

$$\begin{aligned}
 VDat_r(t) &= VDat_r(t) \quad ,se \quad Vs(t+1) > Vmin \\
 VDat_r(t) &= Vs(t) + Ve(t) - Vevl(t) - Vo(t) - Vmin, se \quad Vs(t+1) \leq Vmin
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

A continuación, son llevadas a cabo las actualizaciones de las variables de volumen liberado y volumen almacenado, conforme la capacidad de almacenamiento de cada embalse:

$$\begin{aligned}
 Vs(t+1) &= Vmax \quad ,se \quad Vs(t+1) \geq Vmax \\
 Vs(t+1) &= Vmin \quad ,se \quad Vs(t+1) < Vmin
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

A partir de la definición del cumplimiento a las demandas totales de cada embalse, se puede cuantificar el cumplimiento individual, a fin de diferenciar los tipos de uso y, posteriormente, definir una priorización que garantice las demandas. El cumplimiento individual es definido proporcionalmente para cada usuario, de acuerdo con la demanda, y determinado en la ecuación:

$$Fat_{r,i} = Di_{r,i} / Dt_r
 \tag{13}$$

Siendo Fat_i la fracción de demanda i en relación a las demás demandas asociadas al embalse.

El cumplimiento de la demanda individual ($Dai_{r,i}$) se determina por medio de la multiplicación de fracción de demanda total por el cumplimiento total en la minicuenca, de acuerdo con la siguiente relación:

$$Dai_{r,i} = VDat_r \cdot Fat_{r,i} \cdot c
 \tag{14}$$

Anexo 4:

Resultados del balance hídrico por país

Argentina

1. Síntesis del balance hídrico superficial para toda la región

Al realizar un balance hídrico en cuencas, se evalúan las entradas y salidas del agua en su área de aporte. Se determinaron entonces las variables mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y real, la escorrentía, todas expresadas en mm de lámina de agua. También se rellenaron las series de caudales mensuales (m^3/s), en los casos de datos faltantes, con los obtenidos mediante simulación, de este modo se completaron las series de caudales mensuales para el período 1970/71 al 2009/10. Por último se computó el caudal específico en lts/skm^2 y la aportación total en Hm^3 . En los casos

de áreas sin mediciones, las series de caudales mensuales fueron construidas con los caudales simulados.

En las **Tabla A4.1** a **Tabla A4.4** se presentan los resultados de los balances hídricos superficiales para las cuencas, considerando el área de aporte total, es decir, desde la naciente hasta su desembocadura en el curso principal.

El color celeste del campo código indica cuencas con caudales observados en la desembocadura, el color verde indica cuencas sin registros de caudales, y por lo tanto determinados por modelación, y el color canela corresponde a cuencas que presenta áreas con registros y áreas sin registros, cuyos caudales a la salida han sido agregados por suma directa.

Tabla A4.1

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71–2009/10. Margen derecha del río Paraguay

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Pilcomayo (MDP-Co1) 24431 km ²	Escorr (mm)	1.8	1.6	1.8	5.2
	Qsim (m ³ /s)	16.5	15.0	17.4	48.9
	qesp (lts/s Km ²)	0.7	0.6	0.7	2.0
	Aport. total (Hm3)	42.8	38.8	45.2	126.6
Región Endorreica en Salta y Formosa (MDP-Co2) 18654 km ²	Escorr (mm)	0.5	0.4	0.4	0.8
	Qsim (m ³ /s)	3.6	3.0	2.6	5.6
	qesp (lts/s Km ²)	0.2	0.2	0.1	0.3
	Aport. total (Hm3)	9.4	8.0	6.8	14.9
Ríos y Arroyos de Salta y Formosa afluentes al río Paraguay (MDP-Co3) 28010 km ²	Escorr (mm)	1.7	1.6	1.8	5.4
	Qsim (m ³ /s)	18.9	17.1	19.9	56.0
	qesp (lts/s Km ²)	0.7	0.6	0.7	2.0
	Aport. total (Hm3)	48.9	45.7	51.7	149.9
Río Bermejo (Q02ELC+MDP-Co4) 97488 km ²	Escorr (mm)	2.1	1.8	3.1	8.6
	Qsim (m ³ /s)	75.6	64.6	115.2	304.4
	qesp (lts/s Km ²)	0.8	0.7	1.2	3.1
	Aport. total (Hm3)	195.7	172.9	298.6	815.1
A° Guaycurú y otros (MDP-C12) 15414 km ²	Escorr (mm)	4.7	6.7	12.3	13.5
	Qsim (m ³ /s)	27.7	38.7	72.9	77.8
	qesp (lts/s Km ²)	1.8	2.5	4.7	5.0
	Aport. total (Hm3)	71.7	103.7	188.9	208.3

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
10.9	10.5	10.5	7.6	5.7	4.2	3.1	2.3	65.3
102.7	98.7	99.4	71.7	53.9	40.0	29.6	22.0	51.3
4.2	4.0	4.1	2.9	2.2	1.6	1.2	0.9	2.1
266.2	255.8	257.5	186.0	139.7	103.7	76.8	56.9	1596
2.4	2.4	2.6	2.0	1.5	1.1	0.8	0.6	16
16.7	18.5	18.4	14.3	10.6	7.9	5.8	4.3	9.3
0.9	1.0	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5
44.8	44.8	49.3	37.1	28.4	20.4	15.6	11.5	291
11.3	9.8	10.9	7.6	5.9	4.2	3.2	2.4	66
117.7	113.1	113.9	82.2	61.8	45.8	34.0	25.2	58.8
4.2	4.0	4.1	2.9	2.2	1.6	1.2	0.9	2.1
315.2	273.6	305.0	213.1	165.5	118.8	90.9	67.4	1846
22.5	26.8	34.4	28.4	13.5	6.7	5.0	3.5	156
801.9	1059	1225	1049	483.7	249.7	176.4	124.2	477.3
8.2	10.9	12.6	10.8	5.0	2.6	1.8	1.3	4.9
2147.8	2561	3280	2718	1295	647.3	472.4	332.7	14938
12.4	11.4	18.1	24.0	18.6	9.9	7.5	5.6	145
71.1	72.7	104.4	142.9	106.9	58.7	43.1	32.3	70.8
4.6	4.7	6.8	9.3	6.9	3.8	2.8	2.1	4.6
190.5	175.8	279.7	370.3	286.2	152.2	115.3	86.5	2229

Tabla A4.2

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71-2009/10. Margen derecha del río Paraná

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Negro (MDP-C13) 8949 km ²	Escorr (mm)	2.6	3.6	5.5	7.1
	Qsim (m ³ /s)	9.1	11.9	19.1	23.6
	qesp (lts/s Km ²)	1.0	1.3	2.1	2.6
	Aport. total (Hm3)	23.5	31.9	49.5	63.3
Aº Palometa y otros (MDP-C14) 7984 km ²	Escorr (mm)	6.4	9.6	15.7	15.6
	Qsim (m ³ /s)	19.6	28.7	48.4	46.4
	qesp (lts/s Km ²)	2.5	3.6	6.1	5.8
	Aport. total (Hm3)	50.9	76.9	125.4	124.2
Región hídrica del Impenetrable (MDP-C17) 35094 km ²	Escorr (mm)	0.1	0.1	0.1	0.1
	Qsim (m ³ /s)	1.1	1.1	1.1	1.4
	qesp (lts/s Km ²)	0.0	0.0	0.0	0.0
	Aport. total (Hm3)	2.8	3.0	2.8	3.7
Región sin desarrollo de cursos fluviales de importancia (MDP-C18) 16254 km ²	Escorr (mm)	0.2	0.2	0.2	0.5
	Qsim (m ³ /s)	1.2	1.0	1.0	2.9
	qesp (lts/s Km ²)	0.1	0.1	0.1	0.2
	Aport. total (Hm3)	3.0	2.8	2.6	7.7
Río Tapenagá y otros (Q15FLO+MDPC15) 13999 km ²	Escorr (mm)	9.6	18.3	27.2	29.2
	Qsim (m ³ /s)	9.0	16.2	25.9	28.6
	qesp (lts/s Km ²)	0.6	1.2	1.8	2.0
	Aport. total (Hm3)	23.3	43.5	67.1	76.7
Aº Los Amores y otros (Q16VOC+MDPC6) 8598 km ²	Escorr (mm)	7.8	17.9	29.5	30.9
	Qsim (m ³ /s)	10.7	22.4	39.2	41.3
	qesp (lts/s Km ²)	1.2	2.6	4.6	4.8
	Aport. total (Hm3)	27.7	59.9	101.6	110.7
Aº El Rey (Q14MOU+MDPC8) 7041 km ²	Escorr (mm)	11.5	20.2	38.9	37.9
	Qsim (m ³ /s)	9.3	13.7	37.0	37.0
	qesp (lts/s Km ²)	1.3	1.9	5.3	5.3
	Aport. total (Hm3)	24.1	36.6	95.8	99.0

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
7.7	6.2	11.1	14.6	9.6	6.0	4.5	3.3	82
25.8	23.0	37.0	50.6	32.2	20.6	15.1	11.2	23.3
2.9	2.6	4.1	5.6	3.6	2.3	1.7	1.2	2.6
69.2	55.6	99.1	131.0	86.1	53.3	40.3	30.0	733
19.4	16.2	24.8	38.2	18.0	12.9	9.9	7.4	194
57.7	53.4	74.0	117.8	53.7	39.9	29.5	22.2	49.3
7.2	6.7	9.3	14.8	6.7	5.0	3.7	2.8	6.2
154.6	129.3	198.2	305.2	143.9	103.3	79.1	59.3	1550
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	2
2.2	2.5	3.2	2.5	2.1	1.7	1.5	1.3	1.8
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
5.8	6.0	8.5	6.6	5.6	4.5	4.0	3.4	57
0.6	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	4
3.6	3.6	3.4	2.9	2.4	2.0	1.7	1.5	2.3
0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
9.6	8.8	9.2	7.4	6.3	5.1	4.5	3.9	71
34.1	36.4	45.8	59.9	35.6	27.4	17.1	11.2	352
31.8	36.2	45.8	65.0	48.8	38.2	21.3	12.2	31.6
2.3	2.6	3.3	4.6	3.5	2.7	1.5	0.9	2.3
85.3	87.5	122.8	168.4	130.6	99.1	57.0	32.5	994
33.4	33.8	46.5	72.8	39.0	28.5	17.7	8.9	367
43.2	49.0	61.2	102.1	61.9	46.3	27.6	13.1	43.2
5.0	5.7	7.1	11.9	7.2	5.4	3.2	1.5	5.0
115.7	118.6	164.0	264.6	165.7	120.1	73.8	35.0	1357
34.9	43.2	51.8	77.6	38.6	34.1	22.9	13.4	425
28.9	40.6	49.7	72.3	49.7	42.9	31.2	15.9	35.7
4.1	5.8	7.1	10.3	7.1	6.1	4.4	2.3	5.1
77.5	98.1	133.0	187.3	133.0	111.2	83.5	42.5	1122

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71-2009/10. Margen derecha del río Paraná (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Malabrigo y otros (Q19R88+MDPC9) 3169 km ²	Escorr (mm)	14.4	32.7	50.3	54.4
	Qsim (m ³ /s)	8.6	18.8	30.6	32.2
	qesp (lts/s Km ²)	2.7	5.9	9.7	10.1
	Aport. total (Hm3)	22.3	50.3	79.4	86.1
A° Saladillos (Q21SDU+Q22SAM+MDPC4) 11305 km ²	Escorr (mm)	11.1	20.2	26.5	38.0
	Qsim (m ³ /s)	14.8	26.9	36.4	50.7
	qesp (lts/s Km ²)	1.31	2.38	3.22	4.49
	Aport. total (Hm3)	38.3	71.9	94.4	135.9
Río Salado (*) (Q23R70+MDPC5) 87728 km ²	Escorr (mm)	11.8	16.7	20.4	26.8
	Qsim (m ³ /s)	75.0	84.1	99.9	162.9
	qesp (lts/s Km ²)	0.9	1.0	1.1	1.9
	Aport. total (Hm3)	233.0	257.8	284.5	466.7
A° Los Padres y otros (Q21SDU+Q22SAM+MDPC4) 1108 km ²	Escorr (mm)	1.3	3.0	3.8	4.2
	Qsim (m ³ /s)	0.5	1.3	1.6	1.7
	qesp (lts/s Km ²)	0.49	1.13	1.48	1.58
	Aport. total (Hm3)	1.4	3.4	4.2	4.7
A° Colastiné (Q24COL) 6707 km ²	Escorr (mm)	1.3	1.5	2.8	4.6
	Qsim (m ³ /s)	3.3	3.8	7.2	11.5
	qesp (lts/s Km ²)	0.5	0.6	1.1	1.7
	Aport. total (Hm3)	8.5	10.3	18.8	30.8
A° El Monje (Q25MON) 6709 km ²	Escorr (mm)	2.2	5.1	8.2	10.8
	Qsim (m ³ /s)	5.6	12.7	21.1	27.0
	qesp (lts/s Km ²)	0.8	1.9	3.2	4.0
	Aport. total (Hm3)	14.6	34.0	54.8	72.2

(*) Se considera que el río Salado superior o medio se desconeta o tiene un aporte mínimo hacia su cuenca inferior, por lo que la cuenca de aporte que se contabiliza es desde tostado hasta su desembocadura en el río Paraná.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
50.5	59.3	64.9	100.4	39.7	27.5	21.0	13.0	528
29.8	39.0	38.7	62.2	23.9	16.8	12.4	7.5	26.7
9.4	12.3	12.2	19.6	7.5	5.3	3.9	2.4	8.4
79.8	94.4	103.8	161.1	64.0	43.5	33.3	20.1	838
41.2	47.0	55.5	70.4	58.7	35.8	22.6	12.1	439
55.8	68.5	74.2	96.8	75.4	47.0	29.5	15.4	49.3
4.93	6.06	6.57	8.56	6.67	4.16	2.61	1.36	4.36
149.3	165.7	198.8	250.9	202.0	121.9	79.0	41.2	1549
23.2	27.2	43.6	33.6	24.0	18.1	14.1	11.5	271
155.5	210.8	282.4	267.2	266.6	186.6	139.8	108.6	169.9
1.8	2.4	3.2	3.0	3.0	2.1	1.6	1.2	1.9
510.4	634.3	897.7	804.5	807.4	555.8	434.2	339.0	6225
3.0	3.6	9.4	4.7	2.0	1.5	1.2	1.1	39
1.2	1.7	3.9	2.0	0.8	0.7	0.5	0.5	1.4
1.12	1.50	3.52	1.81	0.74	0.59	0.46	0.42	1.24
3.3	4.0	10.5	5.2	2.2	1.7	1.4	1.2	43
4.7	2.8	8.3	4.4	2.3	1.8	1.2	1.1	37
11.9	7.8	20.8	11.4	5.8	4.6	3.0	2.7	7.8
1.8	1.2	3.1	1.7	0.9	0.7	0.4	0.4	1.2
31.8	18.8	55.6	29.5	15.5	11.9	8.1	7.2	247
11.1	10.8	16.4	7.8	6.4	4.2	2.3	1.6	87
27.7	30.0	41.1	20.2	15.9	11.0	5.8	3.9	18.5
4.1	4.5	6.1	3.0	2.4	1.6	0.9	0.6	2.8
74.2	72.6	110.0	52.2	42.7	28.5	15.5	10.6	582

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71–2009/10. Margen derecha del río Paraná (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Carcarañá (Q23PUA) 59050 km ²	Escorr (mm)	2.0	2.5	3.0	3.5
	Qsim (m ³ /s)	46.5	57.6	67.6	79.1
	qesp (lts/s Km ²)	0.8	1.0	1.1	1.3
	Aport. total (Hm3)	120.5	149.2	175.3	204.9
Aº Ludueña y otros (MDP–C20) 1227 km ²	Escorr (mm)	6.6	11.8	11.5	19.6
	Qsim (m ³ /s)	3.1	5.4	5.4	9.0
	qesp (lts/s Km ²)	2.6	4.4	4.4	7.3
	Aport. total (Hm3)	8.2	14.5	14.1	24.1
Aº Saladillo (Q27SAL) 3154 km ²	Escorr (mm)	6.7	10.5	12.4	13.5
	Qsim (m ³ /s)	8.1	12.4	15.1	16.0
	qesp (lts/s Km ²)	2.6	3.9	4.8	5.1
	Aport. total (Hm3)	21.1	33.1	39.1	42.7
Aº Frías y otros (MDP–C21) 553 km ²	Escorr (mm)	3.9	9.8	9.6	11.1
	Qsim (m ³ /s)	0.8	2.0	2.1	2.3
	qesp (lts/s Km ²)	1.5	3.7	3.7	4.1
	Aport. total (Hm3)	2.1	5.4	5.3	6.1
Aº Pavón (Q28PAV+MDPC7) 3460 km ²	Escorr (mm)	9.3	20.7	21.2	24.6
	Qsim (m ³ /s)	5.8	12.2	13.8	15.5
	qesp (lts/s Km ²)	1.7	3.5	4.0	4.5
	Aport. total (Hm3)	15.0	32.6	35.8	41.6
Aº Del Medio (Q29EMI+MDPC10) 2309 km ²	Escorr (mm)	8.7	24.6	21.9	28.4
	Qsim (m ³ /s)	4.4	12.0	10.3	13.1
	qesp (lts/s Km ²)	1.9	5.2	4.4	5.7
	Aport. total (Hm3)	11.3	32.2	26.6	35.2

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
4.1	4.6	4.6	4.6	3.2	2.7	2.3	2.2	39
92.6	103.9	105.5	105.3	72.0	61.1	52.6	49.5	74.4
1.6	1.8	1.8	1.8	1.2	1.0	0.9	0.8	1.3
239.9	269.2	273.3	272.9	186.5	158.4	136.3	128.4	2315
16.7	20.9	30.0	17.0	15.7	10.2	8.0	6.6	174
7.6	10.6	13.7	8.0	7.2	4.8	3.7	3.0	6.8
6.2	8.6	11.2	6.5	5.9	3.9	3.0	2.5	5.5
20.4	25.6	36.8	20.8	19.3	12.5	9.8	8.1	214
14.3	19.1	24.4	17.9	14.9	8.7	6.2	5.8	154
16.9	24.9	28.8	21.8	17.6	10.6	7.4	6.8	15.5
5.3	7.9	9.1	6.9	5.6	3.3	2.3	2.2	4.9
45.1	60.2	77.0	56.4	47.1	27.4	19.7	18.3	487
7.1	13.1	13.2	7.5	7.2	4.9	3.2	3.6	94
1.5	3.0	2.7	1.6	1.5	1.1	0.7	0.7	1.7
2.6	5.4	4.9	2.9	2.7	1.9	1.2	1.3	3.0
3.9	7.2	7.3	4.1	4.0	2.7	1.8	2.0	52
18.0	25.9	26.9	17.0	15.5	11.7	7.8	8.4	207
12.5	17.5	17.0	11.6	9.5	7.7	4.8	5.1	11.1
3.6	5.1	4.9	3.3	2.7	2.2	1.4	1.5	3.2
33.6	42.3	45.4	30.0	25.4	19.9	12.8	13.8	348
21.5	29.4	33.9	22.8	18.6	12.3	7.9	7.6	237
10.8	14.6	16.3	11.6	8.4	5.6	3.8	3.8	9.6
4.7	6.3	7.1	5.0	3.7	2.4	1.6	1.6	4.1
28.8	35.4	43.7	30.1	22.6	14.5	10.1	10.2	301

Tabla A4.3

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71-2009/10. Margen izquierda del río Paraná

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Uruguay-i y otros (MIP-C01) 2547 km ²	Escorr (mm)	81.9	121.2	86.0	69.6
	Qsim (m ³ /s)	80.4	115.3	84.5	66.2
	qesp (lts/s Km ²)	31.6	45.3	33.2	26.0
	Aport. total (Hm3)	208.5	308.7	218.9	177.3
A° Aguaray Guazú (MIP-C2) 865 km ²	Escorr (mm)	78.1	118.0	67.2	67.6
	Qsim (m ³ /s)	26.1	38.1	22.4	21.8
	qesp (lts/s Km ²)	30.1	44.0	25.9	25.2
	Aport. total (Hm3)	67.5	102.0	58.1	58.4
A° Piray Miní (Q01VHE+MIPC3) 1475 km ²	Escorr (mm)	155.9	250.9	145.2	128.3
	Qsim (m ³ /s)	44.1	71.8	43.4	34.1
	qesp (lts/s Km ²)	29.9	48.7	29.4	23.1
	Aport. total (Hm3)	114.2	192.2	112.4	91.2
A° Piray Guazú (Q02CIB+MIPC4) 2156 km ²	Escorr (mm)	134.5	217.2	142.3	119.3
	Qsim (m ³ /s)	55.8	87.2	59.6	47.5
	qesp (lts/s Km ²)	25.9	40.5	27.7	22.0
	Aport. total (Hm3)	144.8	233.7	154.6	127.2
A° Paranay (Q03ALC) 979 km ²	Escorr (mm)	62.8	102.2	79.2	57.7
	Qsim (m ³ /s)	23.7	37.4	29.9	21.1
	qesp (lts/s Km ²)	24.2	38.2	30.5	21.5
	Aport. total (Hm3)	61.4	100.0	77.5	56.5
A° Guadalupe y otros (MIP-C5) 2485 km ²	Escorr (mm)	62.5	91.2	62.5	45.0
	Qsim (m ³ /s)	60.0	84.6	59.9	41.7
	qesp (lts/s Km ²)	24.1	34.0	24.1	16.8
	Aport. total (Hm3)	155.4	226.6	155.2	111.7
A° Yabebirí y otros (MIP-C6) 3820 km ²	Escorr (mm)	62.4	104.8	74.9	62.2
	Qsim (m ³ /s)	92.0	149.5	110.4	88.8
	qesp (lts/s Km ²)	24.1	39.1	28.9	23.2
	Aport. total (Hm3)	238.5	400.4	286.2	237.7

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
64.2	49.5	41.9	56.3	92.3	76.6	58.6	66.9	865
61.0	52.1	39.8	55.3	87.8	75.3	55.8	63.6	68.8
24.0	20.5	15.6	21.7	34.5	29.6	21.9	25.0	27.0
163.4	126.1	106.7	143.3	235.1	195.2	149.4	170.4	2203
58.6	50.1	47.8	63.0	71.4	69.1	48.3	66.3	806
18.9	17.9	15.4	21.0	23.1	23.1	15.6	21.4	22.1
21.9	20.7	17.9	24.3	26.7	26.7	18.0	24.7	25.5
50.7	43.3	41.3	54.5	61.8	59.7	41.8	57.3	697
107.8	101.7	86.4	127.2	160.2	154.0	108.3	123.9	1650
28.0	31.3	22.1	36.4	47.3	46.7	31.9	32.5	39.1
19.0	21.2	15.0	24.7	32.0	31.7	21.6	22.1	26.5
74.9	75.8	59.3	94.3	126.6	121.1	85.4	87.1	1234
88.7	85.0	71.6	108.8	138.8	138.8	104.4	111.3	1461
35.5	38.2	28.7	46.0	56.5	58.9	42.2	44.9	50.1
16.5	17.7	13.3	21.3	26.2	27.3	19.6	20.8	23.2
95.2	92.3	76.9	119.2	151.4	152.6	113.0	120.2	1581
37.4	40.4	34.4	57.3	72.9	74.1	67.8	61.4	748
13.7	16.3	12.6	21.6	26.6	28.0	24.8	22.4	23.2
14.0	16.7	12.9	22.1	27.2	28.6	25.3	22.9	23.7
36.6	39.5	33.7	56.1	71.3	72.5	66.3	60.1	732
39.1	31.9	31.1	48.6	51.3	53.8	46.6	50.0	614
36.3	32.8	28.8	46.6	47.6	51.6	43.2	46.4	48.3
14.6	13.2	11.6	18.8	19.2	20.8	17.4	18.7	19.4
97.2	79.3	77.2	120.8	127.5	133.7	115.8	124.3	1525
52.3	46.6	43.6	70.5	62.5	57.6	54.7	55.4	748
74.6	73.6	62.1	103.9	89.1	84.9	78.0	79.0	90.5
19.5	19.3	16.3	27.2	23.3	22.2	20.4	20.7	23.7
199.7	177.9	166.4	269.4	238.6	220.0	208.9	211.7	2855

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71-2009/10. Margen izquierda del río Paraná (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Empedrado y otros (MIP-C7) 8933 km ²	Escorr (mm)	238.5	400.4	286.2	237.7
	Qsim (m ³ /s)	11.7	24.1	35.8	29.2
	qesp (lts/s Km ²)	40.2	80.5	123.3	97.3
	Aport. total (Hm3)	4.5	9.0	13.8	10.9
Río Santa Lucía (Q04STA+MIPC8) 6743 km ²	Escorr (mm)	104.3	215.5	319.7	260.6
	Qsim (m ³ /s)	25.6	36.6	53.8	46.1
	qesp (lts/s Km ²)	31.5	47.9	69.7	69.1
	Aport. total (Hm3)	4.7	7.1	10.3	10.2
A° Batelito (MIP-C9) 1824 km ²	Escorr (mm)	81.7	128.4	180.6	185.0
	Qsim (m ³ /s)	6.0	7.8	12.1	9.1
	qesp (lts/s Km ²)	4.3	5.3	8.5	6.2
	Aport. total (Hm3)	2.3	2.9	4.7	3.4
Río Corriente (Q07LAU+MIPC10) 23583 km ²	Escorr (mm)	31.0	42.8	49.4	52.5
	Qsim (m ³ /s)	174.7	191.6	249.9	267.8
	qesp (lts/s Km ²)	7.4	8.1	10.6	11.4
	Aport. total (Hm3)	453	513	648	717
A° Sarandí y otros (MIP-C11) 1356 km ²	Escorr (mm)	8.5	25.7	27.2	32.3
	Qsim (m ³ /s)	4.4	13.0	14.2	16.4
	qesp (lts/s Km ²)	3.3	9.6	10.5	12.1
	Aport. total (Hm3)	11.5	34.9	36.8	43.8
Río Guayquiraró (Q08LLA+Q09JUN+MIPC12) 9206 km ²	Escorr (mm)	22.8	58.8	80.1	79.0
	Qsim (m ³ /s)	28.9	65.8	94.7	86.5
	qesp (lts/s Km ²)	3.1	7.1	10.3	9.4
	Aport. total (Hm3)	75.0	176.2	245.5	231.7
A° Yacaré y otros (MIP-C19) 1166 km ²	Escorr (mm)	5.8	16.9	23.0	28.2
	Qsim (m ³ /s)	2.6	7.4	10.3	12.3
	qesp (lts/s Km ²)	2.2	6.3	8.9	10.5
	Aport. total (Hm3)	6.7	19.7	26.8	32.8

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
27.8	25.2	33.5	60.3	29.0	23.9	16.7	12.7	330
92.8	92.9	111.9	207.8	96.9	82.5	55.5	42.5	93.7
10.4	10.4	12.5	23.3	10.8	9.2	6.2	4.8	10.5
248.5	224.9	299.6	538.7	259.5	213.8	148.8	113.8	2947
45.0	36.7	50.4	80.5	54.0	41.4	33.3	23.7	527
62.2	54.0	64.4	110.3	89.7	74.7	57.0	41.8	64.4
9.2	8.0	9.6	16.4	13.3	11.1	8.4	6.2	9.5
166.5	130.6	172.6	285.9	240.4	193.5	152.5	111.9	2030
11.4	9.2	12.6	24.9	10.5	9.2	7.1	6.1	126
7.8	6.9	8.6	17.5	7.1	6.5	4.9	4.2	7.3
4.3	3.8	4.7	9.6	3.9	3.5	2.7	2.3	4.0
20.9	16.7	22.9	45.4	19.1	16.8	13.0	11.1	230
55.1	44.2	60.1	94.7	70.4	55.0	45.3	36.3	637
232.9	217.0	232.9	384.5	393.4	306.7	271.7	225.1	262.3
9.9	9.2	9.9	16.3	16.7	13.0	11.5	9.5	11.1
624	525	624	997	1054	795	728	603	8279
36.5	29.2	38.4	56.9	25.5	17.1	11.8	8.0	317
18.5	16.4	19.5	29.8	12.9	8.9	6.0	4.0	13.7
13.6	12.1	14.4	22.0	9.5	6.6	4.4	3.0	10.1
49.5	39.6	52.1	77.2	34.5	23.2	16.0	10.8	430
83.7	80.8	100.0	147.6	108.4	64.7	41.8	20.7	889
85.4	103.8	109.8	180.7	149.6	90.5	59.2	29.5	90.4
9.3	11.3	11.9	19.6	16.2	9.8	6.4	3.2	9.8
228.8	251.2	294.2	468.3	400.6	234.6	158.7	79.0	2844
33.0	24.9	36.8	45.0	23.3	15.1	8.2	4.1	264
14.3	12.0	16.0	20.2	10.1	6.8	3.6	1.8	9.8
12.3	10.3	13.7	17.4	8.7	5.8	3.0	1.5	8.4
38.4	29.0	42.9	52.5	27.1	17.6	9.5	4.8	308

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71-2009/10. Margen izquierda del río Paraná (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Feliciano (Q10MED+MIPC13) 8234 km ²	Escorr (mm)	20.6	34.9	44.3	47.9
	Qsim (m ³ /s)	34.5	55.5	76.2	74.5
	qesp (lts/s Km ²)	4.2	6.7	9.3	9.0
	Aport. total (Hm3)	89.4	148.5	197.6	199.5
A° del Tala y otros (MIP-C18) 3468 km ²	Escorr (mm)	5.6	17.8	18.6	24.2
	Qsim (m ³ /s)	7.5	23.1	24.8	31.3
	qesp (lts/s Km ²)	2.2	6.7	7.2	9.0
	Aport. total (Hm3)	19.4	61.8	64.4	83.9
A° del Doll y otros (MIP-C17) 2972 km ²	Escorr (mm)	6.5	15.2	14.6	21.1
	Qsim (m ³ /s)	7.5	16.9	16.7	23.5
	qesp (lts/s Km ²)	2.5	5.7	5.6	7.9
	Aport. total (Hm3)	19.5	45.3	43.4	62.8
A° Nogoyá (Q11NOG) 3889 km ²	Escorr (mm)	11.7	11.4	13.1	12.5
	Qsim (m ³ /s)	17.6	16.6	19.6	18.1
	qesp (lts/s Km ²)	4.5	4.3	5.0	4.7
	Aport. total (Hm3)	45.6	44.5	50.8	48.5
Río Gualeguay (Q12TAL+MIPC15) 21755 km ²	Escorr (mm)	26.9	42.7	46.2	46.0
	Qsim (m ³ /s)	109.0	163.1	193.8	187.0
	qesp (lts/s Km ²)	5.0	7.5	8.9	8.6
	Aport. total (Hm3)	282.6	437.0	502.3	500.7

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
47.0	60.0	64.7	92.9	51.1	36.1	17.6	9.3	526
72.3	103.0	102.1	155.6	87.2	63.2	30.3	16.2	72.6
8.8	12.5	12.4	18.9	10.6	7.7	3.7	2.0	8.8
193.6	249.2	273.4	403.4	233.6	163.8	81.2	43.5	2277
18.8	23.7	36.2	26.9	14.4	8.4	5.1	4.4	204
24.4	34.0	46.9	36.0	18.7	11.3	6.7	5.7	22.5
7.0	9.8	13.5	10.4	5.4	3.2	1.9	1.6	6.5
65.2	82.2	125.6	93.3	50.0	29.2	17.9	15.3	708
17.7	20.3	31.0	22.4	12.9	6.4	4.5	4.0	177
19.7	25.0	34.4	25.6	14.3	7.4	5.0	4.4	16.7
6.6	8.4	11.6	8.6	4.8	2.5	1.7	1.5	5.6
52.7	60.4	92.1	66.5	38.4	19.1	13.3	11.8	525
14.1	23.9	28.1	27.3	22.0	16.1	10.3	6.7	197
20.5	38.4	40.8	41.0	32.0	24.1	15.0	9.7	24.5
5.3	9.9	10.5	10.5	8.2	6.2	3.9	2.5	6.3
55.0	92.8	109.2	106.3	85.7	62.6	40.1	25.9	767
38.6	50.2	56.8	49.6	46.4	30.8	22.7	19.0	476
159.5	223.5	229.1	232.5	207.2	145.4	98.1	78.4	168.9
7.3	10.3	10.5	10.7	9.5	6.7	4.5	3.6	7.8
427.2	540.7	613.6	602.6	554.8	376.9	262.8	210.0	5311

Tabla A4.4

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71-2009/10. Margen derecha del río Uruguay

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Paraíso y otros (MDU-C1) 4149 km ²	Escorr (mm)	85.9	136.9	80.3	65.1
	Qsim (m ³ /s)	137.6	212.1	128.5	100.9
	qesp (lts/s Km ²)	33.2	51.1	31.0	24.3
	Aport. total (Hm3)	356.6	568.2	333.1	270.1
A° Acaragua y otros (MDU-C2) 3113 km ²	Escorr (mm)	86.7	142.6	92.1	63.8
	Qsim (m ³ /s)	104.1	165.8	110.6	74.2
	qesp (lts/s Km ²)	33.5	53.3	35.5	23.8
	Aport. total (Hm3)	269.9	444.0	286.6	198.7
A° Itacaruaré y otros (MDU-C3) 5218 km ²	Escorr (mm)	61.4	108.6	66.7	46.8
	Qsim (m ³ /s)	123.6	211.5	134.2	91.1
	qesp (lts/s Km ²)	23.7	40.5	25.7	17.5
	Aport. total (Hm3)	320.2	566.5	347.9	244.1
A° Cuay Grande (MDU-C3) 1898 km ²	Escorr (mm)	53.1	82.0	67.5	44.8
	Qsim (m ³ /s)	38.9	58.1	49.4	31.7
	qesp (lts/s Km ²)	20.5	30.6	26.0	16.7
	Aport. total (Hm3)	100.8	155.6	128.1	85.0
Río Aguapey (Q34SIR+MDUC4) 8566 km ²	Escorr (mm)	88.9	148.7	131.1	84.2
	Qsim (m ³ /s)	145.2	236.5	216.7	134.2
	qesp (lts/s Km ²)	17.0	27.6	25.3	15.7
	Aport. total (Hm3)	376.5	633.5	561.7	359.4
A° Guavivarí y otros (MDU-C5) 4298 km ²	Escorr (mm)	34.1	59.4	58.4	40.6
	Qsim (m ³ /s)	56.6	95.3	96.9	65.1
	qesp (lts/s Km ²)	13.2	22.2	22.5	15.2
	Aport. total (Hm3)	146.7	255.4	251.1	174.4
Río Miriñay (Q36LED+MDUC6) 12836 km ²	Escorr (mm)	50.3	87.5	97.1	74.3
	Qsim (m ³ /s)	103.4	187.3	232.7	165.9
	qesp (lts/s Km ²)	8.1	14.6	18.1	12.9
	Aport. total (Hm3)	268.0	501.7	603.2	444.4

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
49.2	50.7	41.7	60.3	76.5	81.4	72.5	73.8	874
76.3	86.9	64.6	96.5	118.5	130.4	112.3	114.4	114.9
18.4	20.9	15.6	23.3	28.6	31.4	27.1	27.6	27.7
204.3	210.2	173.1	250.1	317.3	337.9	300.7	306.3	3628
56.7	46.7	39.4	68.7	73.2	79.4	75.4	65.3	890
65.9	60.1	45.7	82.5	85.1	95.3	87.6	75.9	87.7
21.2	19.3	14.7	26.5	27.3	30.6	28.2	24.4	28.2
176.6	145.3	122.5	213.9	227.9	247.0	234.7	203.2	2770
44.6	38.9	35.3	67.3	50.8	50.6	52.1	41.9	665
86.9	83.9	68.8	135.5	99.0	101.8	101.4	81.6	109.9
16.6	16.1	13.2	26.0	19.0	19.5	19.4	15.6	21.1
232.6	202.9	184.2	351.1	265.2	263.8	271.7	218.6	3469
47.7	43.5	50.0	107.3	76.4	52.5	58.0	56.5	739
33.8	34.2	35.4	78.6	54.2	38.5	41.1	40.0	44.5
17.8	18.0	18.7	41.4	28.5	20.3	21.6	21.1	23.4
90.5	82.7	94.8	203.7	145.0	99.7	110.1	107.2	1403
84.8	73.6	85.1	163.3	129.2	105.8	107.7	91.1	1293
134.4	128.2	134.0	262.3	204.3	175.9	171.8	143.5	173.9
15.7	15.0	15.6	30.6	23.8	20.5	20.1	16.7	20.3
360.1	310.3	359.0	679.9	547.1	455.9	460.2	384.2	5488
44.7	49.2	57.0	87.5	54.3	43.6	39.7	25.1	594
71.8	87.4	91.4	145.0	87.2	72.4	63.7	40.3	81.1
16.7	20.3	21.3	33.7	20.3	16.8	14.8	9.4	18.9
192.2	211.4	244.8	375.9	233.5	187.6	170.7	108.1	2552
70.4	76.7	102.4	154.8	104.3	78.7	71.9	50.0	1018
140.5	168.2	230.0	365.7	260.6	191.4	172.0	125.9	195.3
10.9	13.1	17.9	28.5	20.3	14.9	13.4	9.8	15.2
376.4	407.0	616.2	947.9	698.1	496.2	460.7	337.2	6157

Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas.
Período 1970/71-2009/10. Margen derecha del río Uruguay (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
A° Mocoretá (MDU-C7) 5172 km ²	Escorr (mm)	22.8	46.0	47.8	40.6
	Qsim (m ³ /s)	45.6	88.8	95.4	78.3
	qesp (lts/s Km ²)	8.8	17.2	18.4	15.1
	Aport. total (Hm3)	118.2	237.8	247.2	209.8
A° Ayuí Grande y otros (MDU-C8) 1919 km ²	Escorr (mm)	25.4	31.4	37.9	35.5
	Qsim (m ³ /s)	18.8	22.5	28.0	25.4
	qesp (lts/s Km ²)	9.8	11.7	14.6	13.3
	Aport. total (Hm3)	48.8	60.3	72.6	68.1
A° Yuquerí Grande (Q37CON) 634 km ²	Escorr (mm)	24.2	28.2	35.5	36.0
	Qsim (m ³ /s)	5.9	6.7	8.7	8.5
	qesp (lts/s Km ²)	9.3	10.5	13.7	13.4
	Aport. total (Hm3)	15.3	17.9	22.5	22.8
A° Grande o del Pedernal (MDU-C11) 2415 km ²	Escorr (mm)	25.5	31.5	38.0	35.6
	Qsim (m ³ /s)	23.7	28.4	35.4	32.1
	qesp (lts/s Km ²)	9.8	11.8	14.7	13.3
	Aport. total (Hm3)	61.5	76.1	91.7	85.9
A° Caraballo y otros (MDU-C10) 3076 km ²	Escorr (mm)	15.7	24.2	22.7	21.7
	Qsim (m ³ /s)	18.7	27.8	26.9	24.9
	qesp (lts/s Km ²)	6.1	9.0	8.8	8.1
	Aport. total (Hm3)	48.3	74.5	69.8	66.6
Río Gualeguay-chú (QQ38GUA+MDUC9) 6878 km ²	Escorr (mm)	31.5	51.9	52.2	46.8
	Qsim (m ³ /s)	49.4	76.0	77.1	69.5
	qesp (lts/s Km ²)	7.2	11.1	11.2	10.1
	Aport. total (Hm3)	128.0	203.7	199.9	186.1
A° Ñancay y otros (QMDU-C13) 1924 km ²	Escorr (mm)	50.3	87.5	97.1	74.3
	Qsim (m ³ /s)	103.4	187.3	232.7	165.9
	qesp (lts/s Km ²)	8.1	14.6	18.1	12.9
	Aport. total (Hm3)	268.0	501.7	603.2	444.4

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
45.5	46.8	57.3	78.0	41.0	37.8	24.4	14.9	503
87.8	100.1	110.7	155.6	79.2	75.5	47.1	28.8	82.7
17.0	19.4	21.4	30.1	15.3	14.6	9.1	5.6	16.0
235.2	242.2	296.4	403.4	212.0	195.7	126.2	77.1	2601
31.0	31.8	34.8	41.5	32.3	27.5	19.2	14.1	363
22.2	25.2	24.9	30.7	23.2	20.4	13.7	10.1	22.1
11.6	13.2	13.0	16.0	12.1	10.6	7.2	5.3	11.5
59.5	61.0	66.7	79.7	62.1	52.8	36.8	27.0	696
27.9	29.6	29.3	41.6	33.1	24.8	18.1	12.2	340
6.6	7.7	6.9	10.2	7.8	6.1	4.3	2.9	6.9
10.4	12.2	11.0	16.0	12.4	9.6	6.8	4.5	10.8
17.7	18.7	18.6	26.4	21.0	15.7	11.5	7.7	216
31.1	31.9	34.8	41.6	32.4	27.6	19.2	14.1	363
28.0	31.8	31.4	38.7	29.2	25.7	17.3	12.7	27.9
11.6	13.2	13.0	16.0	12.1	10.6	7.2	5.3	11.5
75.0	77.0	84.0	100.3	78.2	66.6	46.4	34.1	877
16.2	19.7	25.3	23.6	18.0	15.5	10.7	9.8	223
18.6	25.1	29.1	28.0	20.6	18.4	12.3	11.3	21.8
6.1	8.2	9.5	9.1	6.7	6.0	4.0	3.7	7.1
49.9	60.7	78.0	72.6	55.3	47.8	32.9	30.1	686
39.5	55.5	64.6	63.3	45.4	27.5	27.6	21.2	527
55.7	85.9	91.3	81.0	61.4	40.5	37.2	31.0	63.0
8.1	12.5	13.3	11.8	8.9	5.9	5.4	4.5	9.2
149.2	207.7	244.6	210.0	164.5	104.9	99.6	83.1	1981
70.4	76.7	102.4	154.8	104.3	78.7	71.9	50.0	1018
140.5	168.2	230.0	365.7	260.6	191.4	172.0	125.9	195.3
10.9	13.1	17.9	28.5	20.3	14.9	13.4	9.8	15.2
376.4	407.0	616.2	947.9	698.1	496.2	460.7	337.2	6157

Bolivia

Figura A4.1

Unidades hidrográficas de la Cuenca del Plata

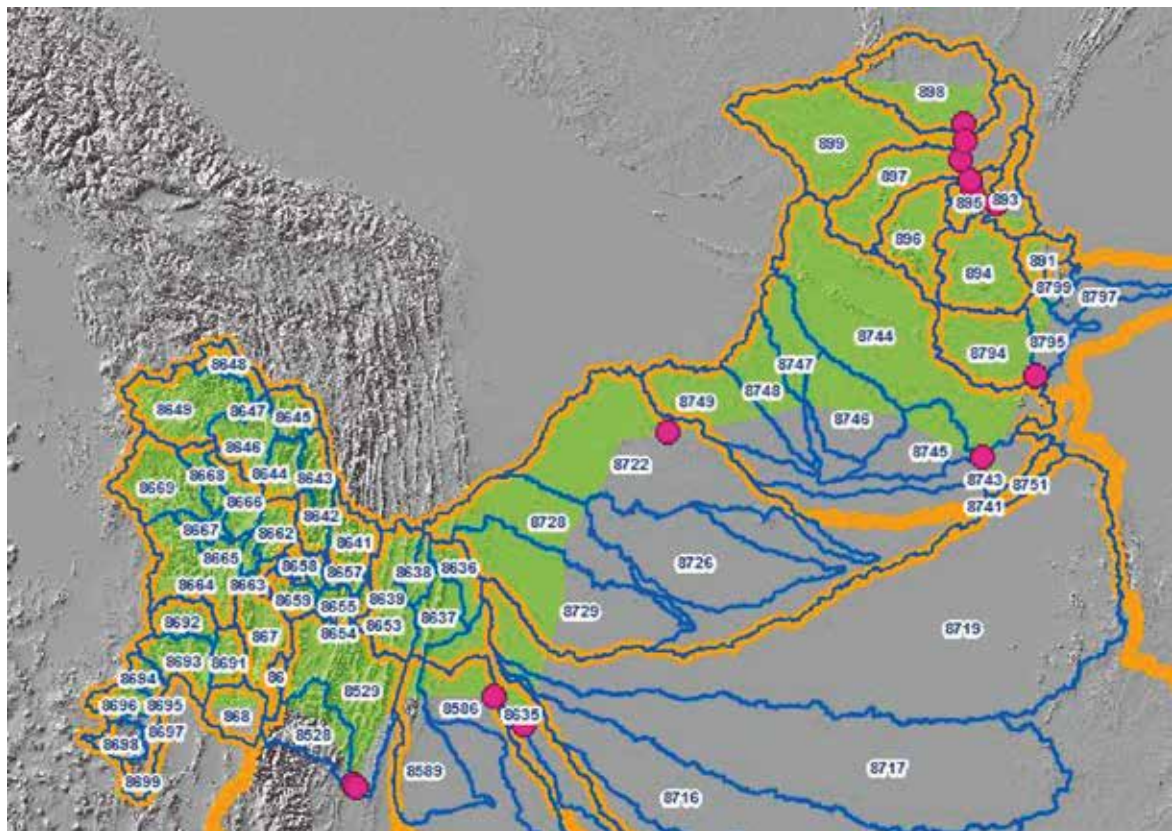


Tabla A4.5

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (8699)	0.15	0.25	0.62	1.21	3.30	2.84	2.04	0.60	1.25	0.47	0.43	0.27
Cuenca (8698)	0.13	0.17	0.43	1.02	2.76	2.26	1.46	0.35	0.39	0.19	0.11	0.20
Intercuenca (8697)	0.03	0.04	0.12	0.27	0.73	0.61	0.40	0.10	0.02	0.05	0.01	0.05
Cuenca (8696)	0.19	0.13	0.33	1.04	2.75	2.12	1.30	0.26	2.22	0.47	0.86	0.22
Intercuenca (8695)	0.03	0.06	0.17	0.36	1.00	0.85	0.57	0.12	0.01	0.06	0.00	0.07
Cuenca (8694)	0.07	0.06	0.16	0.46	1.35	1.09	0.66	0.10	0.14	0.23	0.46	0.10
Intercuenca (8693)	0.13	0.27	0.80	1.91	5.63	4.87	3.12	0.55	0.00	0.37	0.08	0.41
Cuenca (8692)	1.60	1.35	1.38	7.87	9.38	8.34	5.03	2.68	2.68	2.53	2.01	1.55
Intercuenca (8691)	0.00	0.21	0.58	1.17	3.41	7.91	6.16	0.53	0.00	0.18	0.01	0.24
Cuenca (869)	2.33	2.53	4.59	15.31	30.31	30.88	20.74	5.29	6.71	4.56	3.98	3.12
Cuenca (868)	0.36	0.57	1.27	2.12	5.67	5.11	4.04	1.42	1.75	1.05	1.68	0.70
Intercuenca (867)	0.96	0.89	1.89	2.97	16.08	12.44	5.90	4.48	0.33	1.56	0.42	1.33
1 - Aporte (869+868+867)	3.65	3.99	7.75	20.40	52.07	48.43	30.68	11.19	8.79	7.17	6.08	5.14

Tabla A4.6

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (8669)	0.91	0.85	1.46	2.62	7.51	7.36	4.94	1.95	0.85	1.25	1.25	1.08
Cuenca (8668)	0.36	0.36	0.61	1.04	2.43	2.60	1.90	0.98	1.10	0.36	0.36	0.42
Intercuenca (8667)	0.09	0.14	0.34	0.66	1.81	1.57	1.41	0.47	0.01	0.10	0.03	0.08
Cuenca (8666)	0.45	0.51	0.89	1.55	16.07	33.80	14.13	0.89	0.60	0.20	0.20	0.50
Intercuenca (8665)	0.06	0.10	0.24	0.46	5.18	10.17	4.70	0.20	0.01	0.01	0.01	0.02
Cuenca (8664)	3.52	3.21	3.77	6.23	13.12	11.73	11.12	7.12	5.85	5.44	4.75	3.84
Intercuenca (8663)	0.05	0.09	0.17	0.28	3.21	7.22	3.13	0.07	0.00	0.01	0.01	0.03
Cuenca (8662)	0.37	0.51	1.61	4.75	11.83	10.28	6.59	1.33	0.66	0.36	0.30	0.39
Intercuenca (8661)	0.02	0.06	0.34	1.23	3.13	2.72	1.63	0.19	0.00	0.11	0.04	0.02
Cuenca (866)	5.83	5.83	9.43	18.82	64.29	87.45	49.55	13.20	9.08	7.84	6.95	6.38
2 - Aporte (866)	5.83	5.83	9.43	18.82	64.29	87.45	49.55	13.20	9.08	7.84	6.95	6.38

Tabla A4.7

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (8659)	0.74	0.41	3.18	7.50	38.51	36.90	55.30	13.57	10.96	3.98	2.68	1.80
Cuenca (8658)	1.17	1.18	4.68	10.27	12.77	20.93	17.07	8.45	1.54	2.13	1.69	1.49
Intercuenca (8657)	1.00	1.05	4.15	8.95	11.27	18.38	15.14	7.72	3.25	2.08	1.56	1.27
Cuenca (8656)	0.61	0.64	2.51	5.37	6.80	11.02	9.12	4.70	2.84	1.46	1.38	0.79
Intercuenca (8655)	1.50	1.59	6.26	13.28	16.81	27.27	22.57	11.77	7.20	3.69	2.84	1.92
Cuenca (8654)	0.55	0.58	2.29	4.84	6.12	9.95	8.25	4.35	2.59	1.38	1.04	0.71
Intercuenca (8653)	0.64	2.05	2.75	5.57	7.19	11.60	9.65	6.06	9.02	3.39	5.45	0.84
Cuenca (8652)	0.33	0.53	1.45	1.80	3.48	4.40	4.48	4.10	7.86	4.83	3.52	0.23
Intercuenca (8651)	0.02	0.02	0.06	0.06	0.12	0.14	0.16	0.18	0.86	0.18	0.18	0.02
Intercuenca (865)	6.56	8.05	27.35	57.65	103.06	140.60	141.73	60.89	46.13	23.12	20.33	9.07
3 - Aporte (1+2+865)	16.04	17.87	44.53	96.87	219.42	276.48	221.96	85.28	64.00	38.13	33.36	20.59

Tabla A4.8

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (8649)	6.82	8.71	15.16	23.41	55.98	63.91	53.06	20.82	9.72	7.74	7.10	7.55
Cuenca (8648)	1.99	1.67	2.82	5.25	14.27	17.60	16.61	6.81	1.42	0.46	2.73	2.76
Intercuenca (8647)	0.36	0.81	1.45	3.76	7.06	14.30	5.33	1.90	0.76	0.52	0.10	0.08
Cuenca (8646)	0.69	6.53	12.52	35.17	56.56	47.50	32.62	9.92	7.32	6.15	1.08	0.86
Intercuenca (8645)	1.13	2.85	5.13	13.70	24.70	23.68	19.61	5.76	2.71	2.24	1.04	9.89
Cuenca (8644)	1.70	1.63	2.91	5.62	13.88	17.15	15.92	5.57	1.30	1.06	1.21	1.43
Intercuenca (8643)	2.00	2.93	3.94	6.72	16.74	22.16	24.91	10.47	4.70	1.91	1.72	0.88
Cuenca (8642)	0.78	1.25	2.36	4.40	11.70	16.26	16.71	7.18	2.63	1.25	0.80	0.34
Intercuenca (8641)	1.90	3.22	7.39	12.33	27.92	39.61	43.97	26.95	16.13	10.05	8.46	0.38
Cuenca (864)	17.37	29.60	53.68	110.35	228.81	262.17	228.74	95.39	46.68	31.37	24.24	22.41
4 - Aporte (864)	17.37	29.60	53.68	110.35	228.81	262.17	228.74	95.39	46.68	31.37	24.24	22.41

Tabla A4.9

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (8639)	2.92	5.13	15.07	24.70	57.65	80.51	88.09	66.96	40.35	22.24	12.19	1.57
Cuenca (8638)	0.62	1.05	3.12	5.07	17.20	24.45	26.71	15.04	9.85	4.80	1.87	0.34
Intercuenca (8637)	1.09	2.55	8.27	13.00	43.05	60.96	67.30	40.57	23.71	9.37	2.23	0.68
Cuenca (8636)	0.96	1.71	5.60	8.93	33.57	48.69	53.25	27.42	17.81	8.39	2.51	0.51
Intercuenca (8635-p)	1.06	2.50	9.07	13.17	42.87	60.69	68.95	37.12	19.81	6.90	0.06	0.28
Intercuenca (863)	6.64	12.94	41.13	64.87	194.35	275.30	304.30	187.11	111.53	51.70	18.86	3.38
Salida (3+4+863)												
Pilcomayo (Límite Bolivia)	40.05	60.41	139.34	272.09	642.58	813.95	755.00	367.78	222.20	121.20	76.46	46.38

Tabla A4.10

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (punto) (8528-p)	4.87	6.41	17.92	29.41	71.67	97.08	109.64	66.96	41.80	34.56	44.00	7.34
Cuenca (punto) (8529-p)	12.76	21.30	60.87	97.90	217.01	298.56	340.39	211.56	119.24	85.94	85.40	12.00
Bermejo (Límite Bolivia)												

Tabla A4.11

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (punto) (8586-p)	0.61	1.84	6.17	9.71	20.15	28.43	33.34	33.34	12.85	4.53	0.35	0.05

Tabla A4.12

Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tipo	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Cuenca (punto) (898)	9.36	7.73	14.78	15.63	38.97	64.71	74.86	65.27	42.24	27.12	13.11	13.54
Intercuenca (punto) (895)	1.66	1.15	2.05	2.97	7.37	9.75	11.50	8.19	7.55	6.93	4.44	2.60
Cuenca (896)	5.54	3.42	5.73	9.01	20.64	30.46	35.14	29.32	28.37	23.72	13.70	9.66
Intercuenca (punto) (897)	6.95	4.28	7.63	10.89	27.56	40.78	48.46	28.95	20.72	7.74	19.30	7.36
Cuenca (899)	11.81	9.28	18.03	21.60	18.66	79.21	93.35	79.37	58.75	39.90	21.83	20.19
Cuenca (894)	4.95	3.63	4.40	10.54	22.19	28.15	39.18	26.07	22.31	39.32	25.20	11.68
Cuenca (8744)	24.64	15.47	28.13	39.74	80.81	115.04	130.12	115.31	96.10	74.12	46.06	56.99
Cuenca (8794)	6.57	3.77	5.95	10.62	21.26	31.46	34.78	39.54	42.87	38.51	15.21	14.02

Tabla A4.13

Variables hidrometeorológicas medias mensuales (1970 - 2010)

Evapotranspiración potencial por unidades hidrográficas (UH) en mm

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	161.1	134.7	132.0	101.8	80.2	61.9	67.0	87.8	115.4	148.0	158.8	159.5
860	158.7	132.6	133.4	110.7	94.1	76.8	84.6	106.6	130.9	158.6	161.6	166.8
867	168.0	139.3	138.3	110.1	89.5	70.4	77.8	100.8	128.2	159.6	166.6	172.1
868	177.7	147.9	143.9	109.9	84.2	64.4	69.7	92.2	122.7	158.1	171.8	172.2
891	181.0	154.8	161.3	133.5	113.2	101.0	109.6	133.0	152.9	181.7	178.7	181.7
893	180.8	154.7	164.2	137.0	116.0	103.7	112.8	135.5	153.9	183.4	179.9	182.9
894	182.0	156.4	161.8	134.7	115.0	100.5	108.2	132.8	154.3	181.5	181.6	183.2
895	180.5	154.8	164.9	139.0	117.9	104.1	113.2	136.6	155.2	183.1	181.5	183.4
896	178.0	154.1	160.7	136.0	117.4	100.2	108.3	134.0	155.5	180.2	182.0	181.8
897	175.4	151.3	160.2	137.0	116.8	100.2	109.9	135.7	155.9	178.8	179.8	179.5
898	177.9	151.7	167.2	143.1	119.8	109.7	120.5	142.4	156.6	182.6	179.3	180.1
899	174.8	150.8	160.4	138.9	116.3	103.5	114.3	140.9	160.0	179.9	177.7	174.4
8528	181.9	147.4	142.2	112.0	94.1	75.2	88.2	113.5	141.7	168.4	172.6	187.3
8529	180.6	146.9	142.4	113.4	96.7	77.7	91.3	116.6	143.8	168.0	170.9	186.8
8586	198.2	158.9	148.7	114.0	93.4	75.6	92.6	124.4	150.7	175.1	184.3	200.8
8589	186.5	151.2	144.6	110.2	94.1	75.2	90.9	120.2	146.4	167.4	172.0	191.1
8635	200.7	162.4	150.7	116.4	95.4	77.9	93.3	125.6	151.8	178.0	186.6	203.3
8636	193.6	159.4	150.2	117.8	98.6	81.7	96.0	126.4	151.6	178.2	183.6	198.0
8637	194.6	159.1	149.2	115.7	97.5	80.2	94.6	125.9	150.9	176.3	182.1	198.5
8638	188.0	155.0	147.4	116.0	98.7	81.4	95.9	125.1	150.0	174.2	178.6	193.7
8639	186.0	153.0	146.3	115.6	99.1	81.3	96.1	124.3	149.6	172.4	176.2	192.3
8641	171.5	142.8	140.2	114.7	98.9	82.1	95.0	119.8	144.0	165.6	168.4	180.5
8642	155.2	130.2	131.0	109.6	95.4	79.4	88.5	110.1	132.8	155.9	157.6	164.3
8643	146.0	124.1	125.9	105.7	92.8	78.6	86.8	107.6	128.3	149.4	151.5	155.5
8644	137.0	116.8	119.8	103.4	92.2	78.7	84.7	102.6	121.7	145.6	146.6	144.7
8645	137.1	117.2	121.5	104.0	93.1	81.4	87.9	106.5	124.7	144.3	146.3	145.9
8646	133.4	113.7	117.1	103.3	93.4	80.2	86.0	102.2	120.1	144.3	145.3	140.4
8647	142.8	120.9	126.0	109.6	98.4	86.9	93.8	112.4	130.7	149.2	151.9	151.1
8648	136.4	115.0	119.5	104.2	93.6	82.0	87.9	104.8	123.0	145.6	147.6	143.5
8649	127.2	107.8	109.9	95.0	84.6	69.4	75.4	90.6	108.6	135.3	138.4	133.7
8651	189.1	154.9	147.6	118.2	100.8	83.4	99.4	127.5	152.6	175.7	180.5	195.6
8652	176.9	146.2	142.8	116.4	100.9	83.0	96.5	121.6	146.8	168.5	170.4	185.3
8653	180.2	148.5	144.1	116.2	100.9	82.5	96.4	122.3	147.9	169.7	171.7	187.8
8654	172.0	142.0	140.2	114.4	99.1	80.2	91.7	115.3	141.2	164.7	165.6	179.4
8655	173.1	142.7	140.9	115.6	100.2	81.6	93.6	117.5	143.1	166.3	167.4	181.3

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8656	165.6	137.6	137.1	113.2	98.1	80.4	91.0	114.0	138.6	162.1	163.1	174.3
8657	168.3	139.4	138.7	115.1	99.7	82.0	93.3	116.5	141.3	164.4	165.6	177.6
8658	157.1	131.4	132.1	109.7	94.1	77.1	85.1	106.8	130.6	157.2	159.6	165.0
8659	165.9	137.4	137.5	112.9	95.6	77.3	86.4	109.5	135.0	162.5	165.3	173.8
8661	162.9	135.3	136.1	113.1	95.6	77.5	85.8	108.2	133.4	161.7	165.2	171.8
8662	146.3	123.5	125.2	105.8	91.8	75.9	82.3	101.6	123.6	150.5	153.1	153.7
8663	156.3	130.8	131.9	110.6	94.1	76.5	83.8	104.5	128.8	157.2	161.1	164.8
8664	154.2	128.9	129.5	107.1	88.6	67.9	73.9	91.7	118.5	149.2	157.1	160.7
8665	158.4	132.3	133.6	113.3	96.1	77.7	85.1	105.3	130.3	158.9	163.3	167.6
8666	142.6	120.7	123.0	106.9	94.0	78.3	84.6	102.0	123.0	149.4	151.8	150.1
8667	152.8	128.0	129.6	111.0	95.3	76.4	83.5	101.6	126.0	153.8	158.4	161.1
8668	134.9	114.6	116.5	100.7	89.3	72.1	78.4	94.0	114.1	141.9	145.4	142.1
8669	134.7	113.6	115.1	98.3	84.9	64.5	70.7	84.7	107.1	135.3	141.0	140.8
8691	173.6	144.4	142.6	111.5	87.7	67.8	74.2	97.6	126.9	161.4	171.7	175.2
8692	157.4	131.6	130.9	104.8	83.8	63.0	68.1	86.4	114.6	147.2	157.9	161.1
8693	164.2	136.8	135.1	105.8	82.6	61.8	67.0	86.7	116.0	149.5	161.8	164.7
8694	144.2	120.3	119.0	92.7	71.9	51.6	55.7	71.3	98.5	128.4	141.0	144.1
8695	163.8	136.2	134.0	104.2	80.4	59.6	64.4	83.3	113.0	145.8	159.3	162.7
8696	143.5	119.4	117.8	91.1	70.0	50.3	54.3	69.9	96.9	126.1	139.1	142.7
8697	139.4	116.1	114.2	87.7	67.1	48.0	51.6	66.9	93.3	122.1	135.2	138.1
8698	129.4	107.6	105.9	81.0	61.6	43.7	47.1	61.2	85.9	112.4	125.0	128.6
8716	202.9	164.4	152.0	117.8	95.1	77.5	92.8	124.8	152.2	178.8	188.6	205.4
8717	203.0	164.6	152.1	118.1	95.8	78.0	93.0	125.2	152.6	179.3	188.6	205.5
8719	201.8	164.6	153.0	119.4	97.5	80.3	94.6	126.5	153.1	180.7	188.3	204.5
8722	191.0	165.8	160.1	129.6	109.4	92.3	104.6	131.6	158.7	191.0	190.7	197.5
8726	195.9	165.1	158.1	127.9	105.8	87.9	99.9	128.7	155.8	188.0	188.6	200.8
8728	193.2	161.9	154.9	123.7	102.6	85.7	99.9	128.2	154.4	184.1	187.0	198.4
8729	198.5	163.8	154.4	122.0	100.4	83.2	96.9	127.3	153.8	182.6	187.5	201.9
8741	195.0	167.0	164.3	132.8	110.0	93.0	99.0	123.1	146.3	177.0	186.0	198.1
8743	194.4	166.1	163.7	132.2	109.4	93.4	99.3	124.5	148.2	177.0	185.9	196.1
8744	182.7	160.2	159.8	134.5	118.3	98.4	105.0	132.8	158.0	182.6	187.7	187.5
8745	193.6	166.9	163.8	134.0	113.4	96.8	102.9	129.0	154.5	182.4	189.9	195.4
8746	186.4	163.8	159.7	133.1	117.3	97.5	104.3	132.4	159.0	185.2	192.0	192.6
8747	179.2	160.0	157.2	133.5	120.1	98.3	105.9	135.1	161.4	185.8	189.1	187.6
8748	183.4	162.4	158.2	132.9	117.5	97.1	105.5	134.6	161.5	187.7	190.5	191.1
8749	186.9	164.2	159.3	131.9	114.1	95.2	104.9	133.5	161.1	189.7	190.4	193.7
8751	193.9	165.8	163.0	131.4	108.5	92.3	98.3	123.1	146.0	175.3	184.7	196.1
8794	190.1	163.0	163.3	134.0	113.6	99.1	105.3	130.9	155.6	182.8	185.5	188.3
8795	183.4	155.9	158.2	129.1	108.6	96.6	104.3	129.3	152.0	178.8	178.4	181.3

Variables hidrometeorológicas medias mensuales (1970 - 2010)

Evapotranspiración potencial por unidades hidrográficas (UH) en mm (cont.)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8795	183.4	155.9	158.2	129.1	108.6	96.6	104.3	129.3	152.0	178.8	178.4	181.3
8797	180.8	153.9	157.5	128.8	108.9	97.2	105.7	130.2	151.7	179.0	176.8	180.2
8799	180.9	154.1	158.6	130.5	110.3	98.5	107.1	131.1	152.2	180.0	177.5	180.6

Tabla A4.14

Evapotranspiración real por unidades hidrográficas (UH) en mm

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	59.2	51.2	50.0	35.1	24.6	16.9	19.1	23.7	34.2	38.4	48.2	48.4
860	48.8	42.6	43.3	34.7	25.7	19.0	19.3	22.2	26.3	30.6	40.3	41.6
867	51.8	49.1	49.5	37.8	27.8	19.6	20.0	23.6	29.2	34.1	39.3	40.6
868	45.6	46.0	47.1	34.4	22.6	16.0	16.1	19.8	25.9	30.8	37.4	37.5
891	154.9	135.3	142.8	109.8	96.7	77.2	82.9	80.9	70.7	108.4	141.2	143.5
893	134.0	118.1	127.4	100.8	89.5	70.6	79.1	79.8	70.2	109.5	122.3	124.3
894	160.2	139.4	146.6	113.9	100.2	78.2	83.3	79.9	66.5	95.2	134.4	135.6
895	138.9	122.3	134.1	108.3	93.6	73.7	81.2	78.5	64.1	100.3	121.9	123.0
896	156.2	139.1	144.9	116.0	104.2	78.9	85.5	83.4	64.4	101.8	134.1	134.0
897	146.1	131.1	140.1	113.6	99.1	74.6	80.1	77.0	65.9	116.5	135.4	135.1
898	129.2	114.8	130.1	107.4	92.3	73.9	76.9	71.7	59.8	96.9	117.5	118.0
899	152.0	129.6	141.5	117.1	99.2	74.7	79.8	76.5	62.9	113.4	131.1	128.7
8528	142.5	118.2	116.6	82.7	68.2	45.7	53.1	61.6	70.7	89.7	93.8	102.0
8529	136.8	114.6	113.8	82.2	70.2	48.4	56.5	65.5	73.3	92.6	96.3	105.5
8586	151.4	123.7	116.0	84.9	70.4	47.5	51.5	61.1	66.9	78.5	87.2	95.0
8589	164.5	133.9	123.9	90.5	82.4	56.9	67.8	76.0	83.4	102.6	106.8	118.7
8635	138.4	117.6	107.9	79.3	65.5	44.6	48.4	59.2	63.9	75.8	86.7	94.5
8636	152.0	135.7	127.1	93.4	82.6	55.7	57.8	66.8	68.8	77.5	77.8	83.9
8637	160.2	132.1	122.3	89.7	77.8	51.5	55.6	64.5	69.0	79.5	82.8	90.3
8638	150.6	133.0	123.8	91.1	80.6	51.1	54.6	61.7	67.5	75.8	71.8	77.9
8639	151.2	129.2	123.7	92.0	82.2	53.2	59.8	66.4	70.4	81.1	80.0	87.4
8641	141.1	121.9	120.4	90.9	80.5	53.9	64.0	69.2	74.3	93.0	92.4	99.2
8642	91.0	82.2	81.8	63.6	49.7	31.6	32.7	36.7	40.5	47.5	52.9	55.2
8643	77.5	67.8	67.9	55.0	43.6	29.4	30.2	35.6	38.4	43.4	46.5	47.8
8644	39.4	37.7	40.0	35.2	28.4	21.8	21.4	25.2	26.8	29.9	33.9	33.4

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8645	55.9	51.0	56.0	43.0	35.2	26.5	26.5	31.5	33.7	36.6	40.4	40.3
8646	46.0	44.6	46.7	39.6	31.4	23.6	23.2	26.5	28.7	32.4	36.6	35.3
8647	54.8	53.8	56.9	46.7	37.9	28.4	27.7	31.8	33.4	35.1	38.7	38.5
8648	54.4	49.7	53.1	42.4	35.0	26.3	26.4	30.2	33.4	36.8	41.5	40.4
8649	38.7	36.6	38.7	32.2	25.8	19.4	19.6	22.4	25.7	29.9	34.2	33.0
8651	159.0	133.8	129.3	99.7	89.9	61.9	70.2	79.0	75.8	85.9	76.5	82.9
8652	151.0	129.7	133.6	99.8	89.1	61.3	75.4	80.7	85.7	111.1	111.6	121.3
8653	150.9	128.3	129.7	96.1	85.7	57.6	66.0	74.1	75.3	92.3	86.0	94.1
8654	109.4	97.7	98.8	75.4	61.4	38.8	40.8	46.0	51.2	58.8	57.0	61.7
8655	124.4	107.7	106.7	83.7	70.0	44.1	46.0	50.8	55.9	66.1	66.0	71.5
8656	117.9	103.0	107.3	75.8	63.4	38.7	43.2	47.4	52.8	64.9	61.9	66.1
8657	111.2	98.0	97.6	73.9	58.5	36.7	38.0	42.0	46.4	54.0	55.5	59.5
8658	62.7	58.0	57.2	43.4	32.8	22.9	23.5	27.3	31.5	36.5	40.3	41.8
8659	59.1	54.3	54.0	42.2	31.9	22.1	22.6	26.4	30.5	34.9	38.2	40.3
8661	48.9	46.1	47.0	40.0	31.6	23.1	23.6	26.8	31.3	36.3	40.9	42.5
8662	40.6	36.8	37.5	32.8	25.7	19.9	19.9	23.5	26.4	30.3	33.8	34.0
8663	45.7	42.8	43.3	36.9	29.0	21.5	21.6	24.8	28.6	32.9	36.3	37.1
8664	37.9	37.4	38.5	32.7	24.2	17.2	16.9	19.6	23.7	27.7	32.6	33.3
8665	52.0	49.6	50.4	42.1	32.4	23.0	22.8	25.8	29.7	34.1	39.1	40.1
8666	44.6	40.6	41.4	36.5	28.6	21.5	21.1	23.9	27.1	31.1	35.8	35.4
8667	45.6	43.7	43.9	38.7	30.5	21.9	21.6	24.3	27.8	31.7	36.2	36.9
8668	38.4	36.6	37.8	33.8	27.0	20.0	20.1	22.5	25.9	29.9	34.3	33.5
8669	32.5	29.9	30.8	27.6	21.4	16.1	16.0	18.2	21.9	25.9	30.1	30.0
8691	49.4	47.9	47.5	36.8	25.9	18.1	17.9	21.4	26.8	31.5	37.9	38.7
8692	38.7	36.9	37.7	31.3	22.4	15.7	15.4	17.9	22.9	27.1	32.8	33.5
8693	41.4	39.8	40.3	31.7	22.0	15.5	15.4	18.3	23.5	28.0	34.0	34.6
8694	33.0	30.1	31.0	25.0	17.5	12.4	12.8	15.5	20.6	24.9	30.4	31.1
8695	36.0	33.8	34.4	27.7	19.4	14.1	14.5	17.7	23.0	27.1	32.9	33.6
8696	28.7	26.0	27.7	21.8	15.0	11.1	11.2	13.8	18.4	22.1	27.7	28.4
8697	28.7	25.5	26.0	21.1	14.4	10.6	10.6	13.1	17.9	21.6	27.1	27.7
8698	26.5	23.2	23.4	19.3	12.9	9.6	9.7	12.2	16.7	20.4	25.7	26.4
8716	127.0	112.1	104.5	75.4	61.5	42.8	47.6	58.7	61.6	71.1	81.2	88.4
8717	128.9	112.6	103.2	75.5	61.6	42.8	46.9	59.1	61.8	71.1	83.8	91.2
8719	128.6	116.9	109.9	81.7	67.5	46.7	50.1	64.1	66.6	74.6	80.7	87.6
8722	136.0	123.9	122.7	91.4	77.4	53.5	56.0	64.3	68.1	87.0	92.7	95.9
8726	129.4	120.9	120.8	88.4	71.0	48.2	48.6	54.4	58.3	74.7	75.3	80.1
8728	125.4	116.7	115.3	85.1	69.6	47.4	50.9	60.2	66.6	78.2	76.0	80.7
8729	129.7	116.8	115.7	85.3	71.2	49.0	52.7	65.1	68.2	79.1	78.6	84.6
8741	139.3	120.2	136.5	100.4	79.6	64.2	67.3	77.7	80.0	105.9	115.8	123.3

Evapotranspiración real por unidades hidrográficas (UH) en mm (cont.)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8743	131.6	113.4	121.1	87.8	70.0	56.0	52.1	61.3	64.1	89.8	107.6	113.4
8744	159.7	141.5	144.2	112.2	101.5	73.0	74.9	82.8	79.2	122.4	142.3	142.2
8745	172.1	146.3	150.3	112.2	97.2	70.1	71.1	77.8	74.0	121.5	149.6	153.9
8746	156.2	134.1	140.9	110.1	100.6	72.1	73.6	86.4	94.0	134.4	136.2	136.6
8747	147.7	129.9	131.9	106.7	97.6	67.9	67.4	81.8	93.7	118.6	128.5	127.4
8748	150.3	134.0	135.9	109.0	98.2	65.3	64.5	78.6	89.2	106.2	112.1	112.4
8749	143.6	127.7	136.4	103.3	92.4	63.7	64.5	77.5	74.1	93.0	101.2	102.9
8751	132.8	113.7	124.6	92.1	72.2	58.2	57.6	68.4	71.9	97.0	110.0	116.7
8794	166.5	144.9	149.9	113.1	99.2	76.7	80.2	82.8	70.2	95.4	139.1	141.2
8795	164.0	138.1	144.7	108.6	93.2	75.9	83.2	82.7	72.5	104.7	149.0	151.5
8797	138.9	122.9	135.6	106.7	87.1	73.7	75.5	75.1	65.6	103.4	145.6	148.4
8799	142.7	124.7	131.2	101.9	86.7	71.4	75.4	74.2	66.8	108.8	137.1	139.5

Tabla A4.15

Precipitación por unidades hidrográficas (UH) en mm

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	135.2	115.2	104.7	18.1	3.4	0.9	1.0	1.2	6.3	27.7	37.4	112.2
860	118.8	105.2	97.2	20.9	4.0	2.4	1.5	3.2	12.1	35.7	46.9	108.4
867	125.2	100.9	88.8	13.4	2.9	0.9	0.8	1.0	5.8	23.7	33.2	102.1
868	113.7	96.4	81.3	11.6	3.7	1.0	1.3	1.2	4.5	15.6	24.1	88.4
891	195.7	186.7	156.8	70.6	41.3	13.8	21.9	26.5	32.9	97.4	130.0	152.2
893	195.1	206.5	170.4	69.4	42.6	10.9	20.9	26.4	33.2	95.4	128.8	148.3
894	185.4	186.1	150.1	74.1	50.0	15.5	24.7	27.5	35.8	96.7	133.2	163.0
895	197.4	214.7	172.4	74.0	47.0	13.0	19.6	25.4	34.8	91.2	127.9	162.5
896	183.5	185.8	161.6	80.4	52.8	18.1	26.4	27.8	39.1	97.5	128.5	167.1
897	194.3	181.2	165.7	78.6	50.6	22.2	25.4	28.5	41.7	99.3	126.2	172.8
898	237.7	220.3	185.6	75.4	42.4	18.2	13.6	27.7	39.8	108.3	130.6	190.3
899	207.2	182.1	164.4	73.7	44.7	21.5	18.2	28.5	43.5	99.3	122.1	182.1
8528	184.0	191.4	170.9	49.5	12.7	4.7	3.6	1.7	11.0	51.3	85.9	176.0
8529	165.5	165.9	149.6	40.5	7.5	2.5	1.9	1.3	9.9	49.5	79.0	170.6
8586	155.0	175.4	148.8	68.1	9.7	3.5	3.0	1.8	9.8	52.3	96.6	200.9
8589	168.9	187.5	160.3	63.7	9.3	3.3	2.2	1.7	10.2	53.0	96.8	208.0
8635	138.3	162.2	132.1	63.5	9.3	3.1	3.7	2.0	9.8	49.0	90.7	189.1
8636	132.1	156.5	124.7	56.2	9.1	3.1	3.5	2.0	10.4	39.2	78.4	180.3

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8637	147.6	170.6	134.6	65.3	8.6	2.7	2.6	1.4	10.5	48.0	91.7	194.7
8638	143.0	160.9	133.5	54.8	8.2	2.8	2.7	2.0	11.5	44.0	83.8	185.0
8639	148.8	158.7	137.8	48.9	6.8	2.3	2.0	2.1	12.4	49.7	84.4	180.3
8641	144.9	143.9	137.3	38.3	6.0	3.6	2.6	6.4	20.0	53.2	79.1	159.3
8642	127.1	122.7	118.6	29.5	5.5	3.2	2.1	6.5	19.3	47.5	64.6	130.0
8643	131.2	129.2	118.9	30.9	5.6	2.8	2.6	7.0	20.2	50.9	60.9	133.7
8644	120.3	111.1	99.2	28.6	6.8	3.5	3.3	6.8	16.7	42.2	47.7	112.3
8645	129.6	125.0	103.3	29.2	6.6	2.4	3.1	6.6	17.3	48.6	49.2	126.7
8646	118.9	105.1	83.0	25.3	7.1	3.8	3.6	7.0	14.6	37.1	38.4	103.6
8647	129.1	119.6	92.5	29.4	7.7	2.7	2.8	7.0	15.9	45.8	46.7	121.1
8648	140.3	135.7	97.2	34.4	7.3	3.6	4.2	6.2	14.8	44.3	44.6	126.2
8649	99.3	94.1	70.3	21.7	11.6	8.7	6.0	8.8	14.9	28.5	26.9	84.8
8651	147.3	149.6	139.7	41.0	5.8	2.8	2.1	3.9	15.2	53.1	82.2	165.3
8652	148.4	142.9	136.7	35.8	4.5	2.4	1.7	3.8	15.5	51.9	78.2	156.0
8653	148.3	144.2	134.4	34.1	4.0	1.1	1.0	1.4	11.9	50.6	75.1	159.8
8654	146.4	133.7	126.8	27.2	3.0	0.7	0.7	0.8	10.2	48.5	69.3	149.8
8655	142.7	128.9	123.3	25.8	2.9	0.9	0.8	1.3	11.6	46.7	66.8	140.9
8656	143.1	132.6	128.7	29.8	4.0	2.4	1.6	4.1	15.8	49.0	71.8	142.2
8657	135.8	124.2	119.7	26.5	4.0	2.3	1.5	4.1	15.3	46.1	65.9	131.9
8658	123.8	113.0	107.1	24.0	4.3	2.5	1.6	4.2	14.5	41.2	56.0	118.0
8659	125.5	107.2	98.1	17.8	3.1	1.0	0.6	1.4	9.4	35.2	48.2	113.2
8661	112.8	92.8	81.8	15.3	3.5	1.7	1.0	1.7	8.3	26.0	30.5	94.0
8662	112.2	100.7	94.2	23.4	5.6	3.4	2.4	4.5	14.0	35.6	42.3	103.6
8663	108.0	88.4	77.8	16.2	3.5	1.8	1.3	1.9	8.7	25.4	26.6	87.3
8664	93.7	73.5	58.7	9.5	3.1	1.6	2.3	1.7	6.1	14.6	17.3	64.6
8665	100.7	81.0	69.1	13.3	2.5	1.2	1.1	1.4	7.5	19.6	20.3	75.5
8666	105.3	89.6	76.8	19.4	4.7	2.4	2.2	3.6	11.2	27.5	27.9	86.1
8667	95.4	76.8	64.9	13.3	2.9	1.6	1.5	1.9	8.0	18.3	18.7	69.5
8668	97.8	83.9	67.1	17.3	6.8	4.6	3.3	5.1	11.9	25.0	23.0	75.4
8669	76.7	63.4	50.3	10.8	9.2	7.1	4.7	5.8	10.7	15.3	14.6	49.1
8691	116.5	90.1	74.8	8.9	2.4	0.8	1.5	1.2	4.1	15.5	22.9	88.0
8692	102.9	80.6	57.7	10.3	3.6	1.2	2.7	1.6	4.9	13.6	17.7	70.3
8693	103.6	84.1	59.1	8.3	3.8	1.6	3.1	1.7	4.1	11.4	15.6	71.6
8694	90.6	74.1	46.4	8.7	4.5	2.7	5.4	2.4	4.8	8.7	11.0	54.6
8695	95.5	81.0	53.5	8.3	3.6	2.3	4.0	2.4	4.3	10.4	11.8	60.6
8696	81.6	68.7	43.7	10.8	3.9	2.5	3.7	2.3	4.7	9.2	12.1	49.1
8697	85.4	73.2	48.3	10.7	3.4	1.8	2.1	2.2	4.0	10.0	13.5	52.7
8698	65.6	61.3	39.3	14.1	4.2	3.5	3.4	2.9	4.6	9.7	12.5	40.6
8716	123.0	147.5	121.3	54.2	9.4	3.1	5.1	3.0	9.6	45.8	87.5	177.8

Precipitación por unidades hidrográficas (UH) en mm (continuación)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8717	123.0	146.4	117.7	54.9	9.2	3.0	5.3	2.9	10.0	45.6	85.7	177.7
8719	120.8	145.9	112.2	56.2	9.0	2.9	4.9	2.8	10.5	43.8	79.5	173.6
8722	109.4	114.4	115.6	42.9	16.3	10.4	11.7	7.3	14.7	48.3	71.7	126.4
8726	97.6	123.9	102.3	46.8	13.2	6.7	9.1	4.5	9.1	41.4	68.2	118.4
8728	104.3	133.1	107.3	45.8	12.5	4.6	6.5	4.1	10.3	36.6	68.6	152.6
8729	104.9	137.1	103.2	47.7	11.2	3.7	4.7	3.6	9.9	38.5	72.3	156.1
8741	162.2	162.3	127.6	83.6	57.1	21.9	25.8	24.0	42.2	98.8	146.7	160.7
8743	160.8	161.8	125.6	78.6	58.0	21.7	29.6	22.5	41.4	96.8	141.7	162.7
8744	163.7	152.5	139.0	78.6	56.6	22.6	30.5	27.0	42.9	93.4	129.5	166.5
8745	167.7	163.4	120.9	73.8	55.8	20.7	28.7	22.2	38.1	97.9	142.3	160.6
8746	156.1	152.7	131.2	71.8	56.8	25.1	27.4	21.3	39.5	89.0	136.0	156.4
8747	152.2	131.5	139.6	70.9	52.6	23.6	27.3	26.2	42.8	84.6	120.8	149.9
8748	150.4	131.6	131.2	64.8	47.0	23.3	27.0	22.5	37.0	84.9	120.1	143.4
8749	132.2	121.8	124.3	57.8	31.7	19.7	20.6	17.3	27.7	65.7	93.2	125.7
8751	161.2	162.6	126.7	81.5	58.2	23.3	31.1	24.7	41.9	94.7	142.8	162.6
8794	178.6	166.7	131.7	72.4	55.5	19.5	32.9	29.7	38.9	98.7	132.2	170.5
8795	192.1	169.6	135.5	69.5	47.6	22.8	24.2	26.2	35.0	102.3	133.6	168.6
8797	192.8	170.5	139.2	68.9	46.1	22.3	22.9	24.5	34.0	98.1	129.4	164.1
8799	192.4	173.5	144.2	71.1	45.4	21.4	25.0	25.4	33.7	97.6	129.0	161.6

Tabla A4.16

Escorrentía por unidades hidrográficas (UH) en mm

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	71.8	56.1	48.2	2.1	3.2	4.3	4.2	4.1	2.4	3.9	7.1	53.7
860	61.9	51.1	45.0	1.9	2.3	2.9	3.3	2.6	1.1	6.5	11.7	53.6
867	73.2	52.6	43.0	0.7	2.1	3.0	3.1	2.9	1.3	2.9	6.5	53.8
868	46.0	34.3	24.8	2.4	4.6	5.9	5.7	5.8	4.3	2.0	2.1	29.2
891	88.7	81.9	60.8	12.6	4.2	3.9	2.9	2.9	3.1	24.8	43.5	57.9
893	81.5	89.1	65.6	15.5	9.0	9.0	7.9	7.8	7.9	25.2	41.5	52.5
894	78.8	78.1	54.2	15.2	7.7	5.5	5.1	4.7	5.3	26.1	45.7	64.8
895	26.0	32.0	17.8	4.3	7.8	18.8	16.1	14.0	11.1	4.5	7.8	14.9
896	56.0	56.8	44.4	14.5	8.5	10.1	9.4	8.4	8.2	20.3	32.1	49.8
897	58.3	50.4	44.1	12.2	7.9	9.4	8.7	7.5	7.5	17.8	27.5	49.2
898	85.4	75.3	56.9	15.7	11.6	13.3	14.4	11.8	11.3	24.0	31.6	59.5

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
899	102.9	83.5	71.0	16.4	6.4	3.4	3.7	3.4	6.2	29.2	42.8	84.7
8528	91.8	96.9	81.2	7.3	3.6	5.9	6.3	7.2	4.0	8.6	23.8	85.2
8529	75.7	75.7	63.6	3.8	4.0	5.8	6.1	6.4	3.1	6.2	18.4	79.0
8586	36.9	46.3	33.9	9.8	14.4	17.1	17.4	18.0	14.4	8.4	14.8	58.6
8589	54.7	66.3	49.5	7.2	8.2	10.8	11.3	11.6	7.9	5.2	17.7	79.9
8635	34.6	45.4	30.4	10.5	12.6	15.2	14.9	15.7	12.5	8.0	15.5	59.3
8636	27.3	39.0	24.2	4.3	10.2	12.9	12.7	13.4	9.7	3.9	8.1	51.9
8637	42.3	55.3	35.2	7.4	8.7	11.3	11.3	11.9	8.0	4.8	15.8	70.3
8638	51.3	63.9	44.9	4.9	3.7	6.0	6.0	6.4	2.7	2.4	16.3	81.7
8639	57.8	64.9	50.0	4.4	4.2	6.1	6.3	6.2	2.5	4.4	18.2	80.9
8641	63.3	62.3	57.6	3.3	3.7	4.7	5.1	3.7	1.6	8.3	20.0	73.7
8642	80.3	76.3	72.6	5.6	0.7	1.4	1.7	0.6	1.7	15.8	27.8	82.8
8643	88.5	86.7	77.3	7.4	0.5	1.1	1.2	0.3	2.5	20.2	27.7	90.8
8644	76.3	68.1	57.5	5.3	0.3	1.0	1.1	0.3	1.0	13.0	16.6	69.1
8645	84.2	80.1	60.8	5.6	0.4	1.5	1.2	0.4	1.2	17.1	17.5	81.7
8646	68.9	57.3	39.5	3.6	0.9	1.6	1.7	0.9	0.8	8.8	9.5	56.1
8647	82.6	74.1	50.4	5.2	0.2	1.4	1.3	0.3	0.6	14.5	15.1	75.5
8648	88.1	84.0	50.7	6.6	0.5	1.5	1.2	0.7	0.3	11.9	12.0	75.5
8649	58.7	54.1	34.3	2.9	0.7	0.9	0.6	0.4	0.9	5.9	5.3	46.3
8651	46.7	48.2	42.1	1.9	6.1	7.4	7.8	7.0	3.3	3.7	12.6	58.5
8652	60.3	56.2	51.9	1.8	4.7	5.6	6.0	5.0	1.7	5.7	16.4	65.7
8653	57.6	54.5	47.9	1.3	5.3	6.6	6.7	6.5	2.6	4.7	13.6	65.6
8654	75.1	64.9	59.4	1.7	3.4	4.5	4.5	4.4	1.2	8.7	19.4	77.9
8655	77.5	66.1	61.5	1.9	2.9	3.8	3.9	3.6	0.8	9.3	20.5	75.9
8656	83.4	74.5	71.3	3.9	2.1	2.7	3.0	2.0	0.9	12.8	27.0	82.7
8657	87.3	76.9	72.9	4.1	1.2	1.7	2.1	1.2	0.8	14.6	28.4	83.8
8658	75.1	65.6	60.6	3.1	1.2	1.8	2.2	1.3	0.7	11.2	20.6	69.9
8659	78.9	62.7	54.8	1.2	1.4	2.2	2.4	2.0	0.2	8.2	16.1	67.9
8661	67.2	50.0	40.8	0.6	1.2	1.9	2.2	1.9	0.2	3.7	5.7	51.0
8662	67.2	57.2	51.6	2.8	0.6	1.1	1.5	0.9	0.4	8.5	12.6	59.7
8663	63.3	46.5	37.9	0.8	1.2	1.8	2.1	1.8	0.2	3.5	4.0	45.6
8664	47.4	31.7	21.2	0.6	2.0	2.5	2.3	2.5	1.1	0.7	1.2	25.4
8665	43.5	29.9	22.4	1.8	4.1	4.6	4.7	4.6	2.5	2.0	2.1	26.3
8666	55.1	42.8	33.0	1.7	1.8	2.6	2.6	2.1	0.9	4.1	4.2	40.1
8667	51.4	36.2	27.1	0.3	1.5	2.0	2.1	1.9	0.3	1.1	1.2	30.5
8668	54.5	42.8	29.6	1.1	0.8	1.1	1.4	1.0	0.4	3.6	2.8	36.0
8669	41.2	30.5	20.7	0.8	1.2	1.3	1.0	1.1	0.8	1.6	1.4	20.1
8691	56.3	36.4	26.0	1.4	3.4	4.1	3.8	4.0	2.7	1.0	1.8	35.1
8692	53.5	35.9	19.4	0.6	1.8	2.8	2.1	2.6	1.4	0.5	0.9	28.1

Escorrentia por unidades hidrográficas (UH) en mm (continuación)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8693	51.3	36.2	18.9	1.3	2.4	3.3	2.7	3.3	2.3	0.9	1.0	27.3
8694	47.5	34.1	14.4	0.3	1.0	1.6	0.8	1.7	0.9	0.3	0.3	19.8
8695	51.5	39.8	19.5	1.2	2.1	2.6	2.0	2.6	1.9	1.1	1.1	24.4
8696	48.5	37.4	17.7	0.6	0.7	1.1	0.8	1.1	0.5	0.4	0.8	21.7
8697	52.1	42.4	24.0	5.3	5.6	6.2	6.0	6.0	5.5	5.2	5.8	27.0
8698	31.8	28.5	13.0	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	1.5	1.1	1.4	13.9
8716	5.2	8.2	5.0	8.3	23.1	26.3	25.2	26.4	23.0	10.0	4.3	14.4
8717	7.7	11.0	6.9	8.5	22.5	25.6	24.4	25.7	22.1	10.2	5.6	18.2
8719	7.9	11.0	7.5	9.9	24.5	27.6	26.6	27.7	23.8	12.2	7.1	16.1
8722	3.1	4.4	3.5	12.6	22.3	25.1	24.4	26.6	23.0	10.9	6.0	4.7
8726	7.6	13.1	8.4	6.3	15.0	17.9	16.8	19.0	16.8	7.1	5.1	11.8
8728	14.0	21.3	13.8	5.8	12.5	16.0	15.1	16.2	13.5	6.8	6.1	29.4
8729	8.9	14.4	8.9	7.9	18.3	21.9	21.3	21.9	18.8	9.4	5.7	19.5
8741	20.9	21.0	13.7	10.0	11.8	20.4	19.0	19.6	14.4	10.4	17.2	20.6
8743	18.0	18.3	8.7	3.3	4.0	12.0	9.5	11.7	6.5	4.1	12.6	18.6
8744	26.1	21.6	20.3	8.8	8.4	14.5	12.2	13.3	10.5	9.9	15.5	26.7
8745	2.5	2.2	1.6	7.4	11.9	24.6	21.2	24.0	17.6	3.5	1.2	2.0
8746	16.7	15.7	10.6	4.3	5.2	12.0	11.2	13.3	8.1	4.7	11.8	16.8
8747	28.8	19.8	23.9	4.1	2.8	6.0	5.2	5.6	3.3	5.9	15.6	27.8
8748	18.9	12.7	13.4	3.1	4.4	9.6	8.5	9.9	6.1	4.0	9.6	16.4
8749	5.4	4.8	4.5	10.3	18.0	22.3	22.0	23.4	19.2	9.0	6.0	4.8
8751	27.7	28.3	14.7	4.3	2.8	7.7	5.8	7.3	3.9	6.4	20.3	28.3
8794	30.2	25.8	16.5	8.6	8.7	15.9	12.1	12.9	11.0	10.5	16.4	27.1
8795	75.1	59.8	39.8	9.8	4.3	4.1	3.7	3.5	3.3	22.4	38.2	59.6
8797	113.1	95.3	71.4	24.4	13.3	6.6	6.6	6.9	9.0	42.3	64.2	90.3
8799	99.4	84.6	63.0	18.3	8.3	3.8	4.0	4.0	5.3	32.5	52.4	75.8

Tabla A4.17

Caudal por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
860	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
867	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
868	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
891	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
893	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
894	22.2	28.2	39.2	26.1	22.3	39.3	25.2	11.7	5.0	3.6	4.4	10.5
895	7.4	9.8	11.5	8.2	7.6	6.9	4.4	2.6	1.7	1.2	2.1	3.0
896	20.6	30.5	35.1	29.3	28.4	23.7	13.7	9.7	5.5	3.4	5.7	9.0
897	27.6	40.8	48.5	29.0	20.7	7.7	19.3	7.4	7.0	4.3	7.6	10.9
8642	80.3	76.3	72.6	5.6	0.7	1.4	1.7	0.6	1.7	15.8	27.8	82.8
8643	88.5	86.7	77.3	7.4	0.5	1.1	1.2	0.3	2.5	20.2	27.7	90.8
8644	76.3	68.1	57.5	5.3	0.3	1.0	1.1	0.3	1.0	13.0	16.6	69.1
8645	84.2	80.1	60.8	5.6	0.4	1.5	1.2	0.4	1.2	17.1	17.5	81.7
8646	68.9	57.3	39.5	3.6	0.9	1.6	1.7	0.9	0.8	8.8	9.5	56.1
8647	7.1	14.3	5.3	1.9	0.8	0.5	0.1	0.1	0.4	0.8	1.5	3.8
8648	14.3	17.6	16.6	6.8	1.4	0.5	2.7	2.8	2.0	1.7	2.8	5.3
8649	56.0	63.9	53.1	20.8	9.7	7.7	7.1	7.6	6.8	8.7	15.2	23.4
8651	0.1	0.1	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
8652	3.5	4.4	4.5	4.1	7.9	4.8	3.5	0.2	0.3	0.5	1.5	1.8
8653	7.2	11.6	9.7	6.1	9.0	3.4	5.5	0.8	0.6	2.1	2.8	5.6
8654	6.1	10.0	8.3	4.4	2.6	1.4	1.0	0.7	0.6	0.6	2.3	4.8
8655	16.8	27.3	22.6	11.8	7.2	3.7	2.8	1.9	1.5	1.6	6.3	13.3
8656	6.8	11.0	9.1	4.7	2.8	1.5	1.4	0.8	0.6	0.6	2.5	5.4
8657	11.3	18.4	15.1	7.7	3.3	2.1	1.6	1.3	1.0	1.1	4.2	9.0
8658	12.8	20.9	17.1	8.5	1.5	2.1	1.7	1.5	1.2	1.2	4.7	10.3
8659	38.5	36.9	55.3	13.6	11.0	4.0	2.7	1.8	0.7	0.4	3.2	7.5
8661	67.2	50.0	40.8	0.6	1.2	1.9	2.2	1.9	0.2	3.7	5.7	51.0
8662	67.2	57.2	51.6	2.8	0.6	1.1	1.5	0.9	0.4	8.5	12.6	59.7
8663	63.3	46.5	37.9	0.8	1.2	1.8	2.1	1.8	0.2	3.5	4.0	45.6
8664	47.4	31.7	21.2	0.6	2.0	2.5	2.3	2.5	1.1	0.7	1.2	25.4
8665	43.5	29.9	22.4	1.8	4.1	4.6	4.7	4.6	2.5	2.0	2.1	26.3
8666	55.1	42.8	33.0	1.7	1.8	2.6	2.6	2.1	0.9	4.1	4.2	40.1
8667	51.4	36.2	27.1	0.3	1.5	2.0	2.1	1.9	0.3	1.1	1.2	30.5
8668	54.5	42.8	29.6	1.1	0.8	1.1	1.4	1.0	0.4	3.6	2.8	36.0

Caudal por unidades hidrográficas (UH) en m³/s (continuación)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8669	41.2	30.5	20.7	0.8	1.2	1.3	1.0	1.1	0.8	1.6	1.4	20.1
8691	56.3	36.4	26.0	1.4	3.4	4.1	3.8	4.0	2.7	1.0	1.8	35.1
8692	53.5	35.9	19.4	0.6	1.8	2.8	2.1	2.6	1.4	0.5	0.9	28.1
8693	51.3	36.2	18.9	1.3	2.4	3.3	2.7	3.3	2.3	0.9	1.0	27.3
8694	47.5	34.1	14.4	0.3	1.0	1.6	0.8	1.7	0.9	0.3	0.3	19.8
8695	51.5	39.8	19.5	1.2	2.1	2.6	2.0	2.6	1.9	1.1	1.1	24.4
8696	48.5	37.4	17.7	0.6	0.7	1.1	0.8	1.1	0.5	0.4	0.8	21.7
8697	52.1	42.4	24.0	5.3	5.6	6.2	6.0	6.0	5.5	5.2	5.8	27.0
8698	31.8	28.5	13.0	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	1.5	1.1	1.4	13.9
8716	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8717	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8719	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8722	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8726	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8729	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8741	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8743	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8744	80.8	115.0	130.1	115.3	96.1	74.1	46.1	57.0	24.6	15.5	28.1	39.7
8745	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8746	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8747	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8748	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8749	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8751	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8794	21.2	31.5	34.8	39.5	42.9	38.5	15.2	14.0	6.6	3.8	6.0	10.6
8795	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8797	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8799	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla A4.18

Caudal específico por unidades hidrográficas (UH) en (lts/s km²)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	71.8	56.1	48.2	2.1	3.2	4.3	4.2	4.1	2.4	3.9	7.1	53.7
860	61.9	51.1	45.0	1.9	2.3	2.9	3.3	2.6	1.1	6.5	11.7	53.6
867	73.2	52.6	43.0	0.7	2.1	3.0	3.1	2.9	1.3	2.9	6.5	53.8
868	46.0	34.3	24.8	2.4	4.6	5.9	5.7	5.8	4.3	2.0	2.1	29.2
891	88.7	81.9	60.8	12.6	4.2	3.9	2.9	2.9	3.1	24.8	43.5	57.9
893	81.5	89.1	65.6	15.5	9.0	9.0	7.9	7.8	7.9	25.2	41.5	52.5
894	78.8	78.1	54.2	15.2	7.7	5.5	5.1	4.7	5.3	26.1	45.7	64.8
895	26.0	32.0	17.8	4.3	7.8	18.8	16.1	14.0	11.1	4.5	7.8	14.9
896	56.0	56.8	44.4	14.5	8.5	10.1	9.4	8.4	8.2	20.3	32.1	49.8
897	58.3	50.4	44.1	12.2	7.9	9.4	8.7	7.5	7.5	17.8	27.5	49.2
898	85.4	75.3	56.9	15.7	11.6	13.3	14.4	11.8	11.3	24.0	31.6	59.5
899	102.9	83.5	71.0	16.4	6.4	3.4	3.7	3.4	6.2	29.2	42.8	84.7
8528	91.8	96.9	81.2	7.3	3.6	5.9	6.3	7.2	4.0	8.6	23.8	85.2
8529	75.7	75.7	63.6	3.8	4.0	5.8	6.1	6.4	3.1	6.2	18.4	79.0
8586	36.9	46.3	33.9	9.8	14.4	17.1	17.4	18.0	14.4	8.4	14.8	58.6
8589	54.7	66.3	49.5	7.2	8.2	10.8	11.3	11.6	7.9	5.2	17.7	79.9
8635	34.6	45.4	30.4	10.5	12.6	15.2	14.9	15.7	12.5	8.0	15.5	59.3
8636	27.3	39.0	24.2	4.3	10.2	12.9	12.7	13.4	9.7	3.9	8.1	51.9
8637	42.3	55.3	35.2	7.4	8.7	11.3	11.3	11.9	8.0	4.8	15.8	70.3
8638	51.3	63.9	44.9	4.9	3.7	6.0	6.0	6.4	2.7	2.4	16.3	81.7
8639	57.8	64.9	50.0	4.4	4.2	6.1	6.3	6.2	2.5	4.4	18.2	80.9
8641	63.3	62.3	57.6	3.3	3.7	4.7	5.1	3.7	1.6	8.3	20.0	73.7
8642	80.3	76.3	72.6	5.6	0.7	1.4	1.7	0.6	1.7	15.8	27.8	82.8
8643	88.5	86.7	77.3	7.4	0.5	1.1	1.2	0.3	2.5	20.2	27.7	90.8
8644	6.3	7.8	7.2	2.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	1.3	2.5
8645	12.1	11.6	9.6	2.8	1.3	1.1	0.5	4.9	0.6	1.4	2.5	6.7
8646	17.6	14.8	10.1	3.1	2.3	1.9	0.3	0.3	0.2	2.0	3.9	10.9
8647	26.1	52.8	19.7	7.0	2.8	1.9	0.4	0.3	1.3	3.0	5.4	13.9
8648	8.6	10.6	10.0	4.1	0.9	0.3	1.7	1.7	1.2	1.0	1.7	3.2
8649	7.8	8.9	7.4	2.9	1.4	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	2.1	3.3
8651	4.8	5.6	6.4	7.2	34.4	7.2	7.2	0.8	0.8	0.8	2.4	2.4
8652	6.0	7.6	7.7	7.1	13.6	8.4	6.1	0.4	0.6	0.9	2.5	3.1
8653	11.4	18.3	15.2	9.6	14.2	5.4	8.6	1.3	1.0	3.2	4.4	8.8
8654	18.0	29.2	24.2	12.8	7.6	4.1	3.1	2.1	1.6	1.7	6.7	14.2
8655	19.4	31.5	26.1	13.6	8.3	4.3	3.3	2.2	1.7	1.8	7.2	15.3

Caudal específico por unidades hidrográficas (UH) en (lts/s km²) (cont.)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8656	19.4	31.4	26.0	13.4	8.1	4.2	3.9	2.3	1.7	1.8	7.2	15.3
8657	19.1	31.1	25.6	13.1	5.5	3.5	2.6	2.2	1.7	1.8	7.0	15.2
8658	18.6	30.4	24.8	12.3	2.2	3.1	2.5	2.2	1.7	1.7	6.8	14.9
8659	23.1	22.2	33.2	8.2	6.6	2.4	1.6	1.1	0.4	0.3	1.9	4.5
8661	5.2	4.6	2.7	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	2.1
8662	5.6	4.9	3.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.8	2.3
8663	5.0	11.2	4.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
8664	2.1	1.9	1.8	1.1	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5	0.6	1.0
8665	6.1	11.9	5.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5
8666	6.2	13.0	5.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6
8667	1.8	1.5	1.4	0.5	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6
8668	1.4	1.5	1.1	0.6	0.7	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6
8669	1.4	1.4	0.9	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5
8691	1.8	4.2	3.2	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.6
8692	4.1	3.6	2.2	1.2	1.2	1.1	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	3.4
8693	1.8	1.5	1.0	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.6
8694	1.7	1.4	0.8	0.1	0.2	0.3	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6
8695	3.9	3.3	2.2	0.5	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1	0.2	0.7	1.4
8696	1.6	1.3	0.8	0.2	1.3	0.3	0.5	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6
8697	15.8	13.2	8.7	2.2	0.4	1.1	0.2	1.1	0.7	0.9	2.6	5.8
8698	12.8	10.5	6.8	1.6	1.8	0.9	0.5	0.9	0.6	0.8	2.0	4.7
8716	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8717	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8719	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8722	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8726	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8728	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8729	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8741	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8743	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8744	3.3	4.7	5.3	4.7	3.9	3.0	1.9	2.3	1.0	0.6	1.2	1.6
8745	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8746	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8747	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8748	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8749	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8751	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8794	3.1	4.6	5.1	5.8	6.3	5.7	2.2	2.1	1.0	0.6	0.9	1.6
8795	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8797	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8799	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla A4.19

Aportación total por unidades hidrográficas (UH) en Hm³

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
86	33.3	26.0	22.4	1.0	1.5	2.0	2.0	1.9	1.1	1.8	3.3	24.9
860	20.9	17.2	15.2	0.7	0.8	1.0	1.1	0.9	0.4	2.2	3.9	18.1
867	325.3	233.8	190.8	3.2	9.4	13.3	13.6	12.9	5.6	12.7	28.9	239.1
868	55.8	41.6	30.0	2.9	5.6	7.1	6.9	7.0	5.2	2.4	2.6	35.4
891	108.6	100.3	74.4	15.5	5.1	4.7	3.5	3.5	3.9	30.4	53.3	70.9
893	81.9	89.6	66.0	15.6	9.0	9.0	8.0	7.8	7.9	25.3	41.7	52.8
894	572.7	567.5	394.2	110.3	56.0	40.1	37.4	34.4	38.7	189.7	332.0	471.3
895	38.5	47.4	26.3	6.3	11.5	27.9	23.8	20.7	16.4	6.6	11.6	22.1
896	324.0	328.5	257.1	83.6	49.4	58.6	54.2	48.6	47.7	117.7	185.5	288.1
897	416.3	360.0	314.8	87.1	56.6	66.8	62.3	53.6	53.5	127.1	196.2	351.3
898	394.3	347.7	262.9	72.3	53.3	61.2	66.3	54.3	52.2	110.9	145.8	274.5
899	1372.7	1113.2	947.0	218.8	85.8	45.9	49.4	44.7	82.4	389.8	570.7	1129.9
8528	185.1	195.5	163.7	14.8	7.2	11.9	12.8	14.6	8.0	17.4	47.9	171.8
8529	748.0	748.2	628.4	37.3	39.3	57.4	60.3	62.9	30.7	60.8	181.6	781.5
8586	94.6	118.7	86.8	25.0	36.9	43.9	44.5	46.1	36.9	21.5	37.9	150.3
8589	42.9	52.1	38.9	5.7	6.5	8.5	8.9	9.1	6.2	4.1	13.9	62.8
8635	121.0	159.1	106.4	36.6	44.2	53.1	52.2	55.1	43.8	27.9	54.2	207.9
8636	63.1	90.1	55.8	10.0	23.5	29.7	29.3	31.0	22.3	9.1	18.8	119.9
8637	130.7	171.1	108.9	22.8	26.9	34.8	35.0	36.8	24.8	14.9	48.9	217.3
8638	63.0	78.4	55.1	6.1	4.6	7.3	7.4	7.9	3.3	2.9	20.0	100.3
8639	322.0	361.3	278.7	24.6	23.5	34.1	34.9	34.7	14.0	24.6	101.4	450.7
8641	184.4	181.6	167.9	9.6	10.8	13.6	14.9	10.7	4.8	24.3	58.3	215.0
8642	124.6	118.5	112.7	8.6	1.2	2.1	2.7	0.9	2.6	24.6	43.2	128.5
8643	205.7	201.4	179.6	17.1	1.1	2.7	2.8	0.7	5.7	47.0	64.3	210.9
8644	168.6	150.4	127.1	11.7	0.6	2.2	2.4	0.6	2.1	28.7	36.7	152.7
8645	171.5	163.1	123.8	11.3	0.8	3.0	2.5	0.8	2.3	34.8	35.6	166.3
8646	221.6	184.3	127.0	11.5	2.8	5.3	5.5	2.9	2.7	28.3	30.6	180.6
8647	22.4	20.1	13.6	1.4	0.1	0.4	0.4	0.1	0.2	3.9	4.1	20.4

Aportación total por unidades hidrográficas (UH) en Hm³ (continuación)

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8648	145.8	139.1	84.0	10.9	0.8	2.5	2.0	1.2	0.6	19.7	19.9	125.1
8651	1.2	1.2	1.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	1.5
8652	34.9	32.5	30.0	1.0	2.7	3.3	3.5	2.9	1.0	3.3	9.5	38.0
8653	36.5	34.5	30.3	0.8	3.3	4.2	4.2	4.1	1.6	3.0	8.6	41.6
8654	25.6	22.1	20.3	0.6	1.2	1.5	1.5	1.5	0.4	3.0	6.6	26.5
8655	67.1	57.2	53.3	1.6	2.5	3.3	3.3	3.1	0.7	8.1	17.7	65.7
8656	29.3	26.1	25.0	1.4	0.7	0.9	1.1	0.7	0.3	4.5	9.5	29.0
8657	51.5	45.4	43.0	2.4	0.7	1.0	1.2	0.7	0.5	8.6	16.7	49.5
8658	51.7	45.1	41.7	2.1	0.9	1.3	1.5	0.9	0.5	7.7	14.2	48.1
8659	131.3	104.3	91.2	2.0	2.3	3.6	4.0	3.4	0.4	13.7	26.7	113.0
8661	40.1	29.8	24.4	0.4	0.7	1.1	1.3	1.1	0.1	2.2	3.4	30.4
8662	141.9	120.8	109.1	5.9	1.3	2.4	3.2	1.9	0.9	17.9	26.5	126.1
8663	40.8	29.9	24.4	0.5	0.8	1.2	1.3	1.1	0.1	2.2	2.6	29.4
8666	143.8	111.6	86.2	4.4	4.7	6.7	6.9	5.6	2.2	10.8	11.1	104.6
8667	53.3	37.5	28.1	0.3	1.6	2.1	2.2	2.0	0.3	1.2	1.3	31.6
8668	92.8	72.9	50.4	1.9	1.3	1.9	2.3	1.7	0.7	6.1	4.7	61.2
8669	224.8	166.5	113.2	4.3	6.3	7.1	5.5	5.9	4.5	8.9	7.8	109.9
8691	106.9	69.3	49.4	2.7	6.4	7.9	7.2	7.5	5.2	2.0	3.4	66.7
8692	123.3	82.7	44.7	1.5	4.2	6.4	4.9	5.9	3.2	1.0	2.0	64.7
8693	161.7	114.1	59.7	4.1	7.7	10.5	8.7	10.3	7.3	3.0	3.1	86.0
8694	38.0	27.3	11.5	0.3	0.8	1.3	0.6	1.3	0.7	0.2	0.2	15.8
8695	13.1	10.1	5.0	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.3	6.2
8696	81.1	62.6	29.6	1.0	1.2	1.8	1.3	1.9	0.9	0.6	1.4	36.2
8697	2.4	2.0	1.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	1.3
8698	6.9	6.2	2.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	3.0
8716	1.1	1.7	1.1	1.7	4.9	5.5	5.3	5.6	4.8	2.1	0.9	3.0
8717	3.5	5.0	3.1	3.8	10.1	11.6	11.0	11.6	10.0	4.6	2.5	8.2
8719	25.8	36.0	24.5	32.4	80.3	90.5	87.0	90.7	78.0	40.0	23.2	52.7
8722	34.3	49.2	39.0	140.1	248.1	278.6	271.2	295.6	255.7	121.0	67.1	52.1
8726	0.4	0.7	0.5	0.3	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	0.4	0.3	0.6
8728	95.6	145.4	93.9	39.8	84.9	109.0	102.8	110.6	92.0	46.0	41.7	200.3
8729	64.1	104.6	64.1	57.3	132.5	158.3	154.3	158.6	136.5	68.3	41.2	141.5
8741	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5
8743	13.8	14.1	6.7	2.5	3.1	9.2	7.3	9.0	5.0	3.2	9.7	14.3
8744	640.7	530.2	499.0	217.2	205.4	356.7	300.5	327.2	257.0	242.0	380.1	655.5
8745	4.7	4.2	3.0	14.1	22.6	47.0	40.4	45.7	33.5	6.6	2.3	3.8
8746	58.7	55.2	37.1	15.3	18.4	42.1	39.3	46.6	28.3	16.6	41.4	59.0

UHS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8747	109.9	75.4	91.2	15.5	10.6	22.8	19.7	21.4	12.5	22.6	59.6	105.9
8748	75.4	50.4	53.2	12.4	17.5	38.1	33.8	39.4	24.5	16.0	38.2	65.5
8749	29.6	26.1	24.3	56.0	98.3	121.5	120.0	127.7	104.7	49.1	33.0	26.1
8751	5.2	5.3	2.7	0.8	0.5	1.4	1.1	1.4	0.7	1.2	3.8	5.3
8794	205.5	175.6	112.4	58.4	59.4	108.3	82.5	88.0	74.7	71.3	111.8	184.8
8795	80.3	64.0	42.6	10.5	4.6	4.4	4.0	3.8	3.5	24.0	40.8	63.7
8797	4.0	3.4	2.5	0.9	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	1.5	2.3	3.2
8799	46.5	39.6	29.5	8.6	3.9	1.8	1.9	1.9	2.5	15.2	24.6	35.5

Brasil

Tabla A4.20

Resultados del balance hídrico superficial

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Furnas	Precipitación Cuenca (mm)	64.2	109.6	179.0	269.5
	ETP Cuenca (mm)	132.5	131.9	130.4	126.8
	ETR Cuenca (mm)	45.5	60.3	76.9	89.8
	Escorrentía (mm)	31.8	39.8	56.1	91.4
	Caudal (m³/s)	492.1	557.3	777.8	1248.3
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	9.4	10.7	14.9	24.0
	Aportación total (Hm³)	1655.0	2074.3	2922.5	4761.3
Água Vermelha	Precipitación Cuenca (mm)	57.8	109.5	156.6	240.4
	ETP Cuenca (mm)	190.7	188.4	178.1	163.2
	ETR Cuenca (mm)	57.0	68.6	85.6	96.4
	Escorrentía (mm)	31.1	33.9	36.5	45.8
	Caudal (m³/s)	1255.6	1400.7	1749.1	2607.2
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	9.0	10.0	12.5	18.6
	Aportación total (Hm³)	4343.6	4735.0	5103.8	6406.3
Ilha Solteira	Precipitación Cuenca (mm)	69.1	111.8	144.0	235.9
	ETP Cuenca (mm)	145.5	164.5	151.8	141.5
	ETR Cuenca (mm)	50.9	73.4	88.3	97.0
	Escorrentía (mm)	31.9	35.5	38.2	50.1
	Caudal (m³/s)	2860.5	3152.1	4139.4	6368.3
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	7.5	8.3	10.9	16.8
	Aportación total (Hm³)	12102.3	13469.5	14485.7	19023.5
Porto Primavera	Precipitación Cuenca (mm)	88.3	123.2	137.6	194.8
	ETP Cuenca (mm)	161.5	181.6	182.8	169.4
	ETR Cuenca (mm)	100.5	117.7	119.5	115.0
	Escorrentía (mm)	19.9	26.0	27.5	36.9
	Caudal (m³/s)	4042.4	4541.9	5645.1	8332.7
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	7.0	7.9	9.8	14.5
	Aportación total (Hm³)	11434.2	14932.3	15789.3	21209.9

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
266.6	170.1	158.6	72.0	45.2	21.3	17.4	18.1	1391.6
132.4	124.7	124.3	106.5	92.4	81.0	96.2	124.0	1403.0
102.4	95.8	95.2	76.1	61.3	47.7	45.3	44.0	840.4
114.0	88.0	83.2	53.4	40.1	31.1	28.4	26.2	683.5
1754.1	1723.1	1609.0	1189.5	860.1	685.6	552.2	454.5	992.0
33.7	33.1	30.9	22.8	16.5	13.2	10.6	8.7	19.0
5937.0	4587.2	4336.9	2781.1	2088.0	1621.3	1480.1	1365.1	35609.7
274.8	204.9	168.5	80.7	49.7	22.3	18.0	20.0	1403.3
160.4	147.1	146.8	139.0	122.9	114.7	143.2	178.8	1873.4
109.4	106.3	108.6	97.7	80.7	67.9	68.3	64.9	1011.4
54.8	49.8	51.6	41.3	37.5	33.2	32.5	31.0	479.0
3670.3	3968.9	3691.5	2905.6	2155.1	1775.7	1473.4	1230.3	2323.6
26.2	28.4	26.4	20.8	15.4	12.7	10.5	8.8	16.6
7660.0	6972.5	7223.4	5780.1	5245.6	4642.5	4549.5	4332.9	66995.2
270.3	192.1	169.6	79.2	57.0	25.5	20.3	19.5	1394.4
139.4	134.5	129.0	113.7	99.3	87.3	112.3	138.5	1557.4
108.6	108.9	107.1	90.6	74.1	61.0	61.8	54.6	976.4
65.7	63.2	66.8	51.2	42.4	34.4	32.3	29.7	541.4
9201.6	10495.1	10392.1	8325.4	5924.4	4727.0	3707.2	2977.5	6022.5
24.2	27.7	27.4	21.9	15.6	12.5	9.8	7.8	15.9
24947.4	23997.9	25333.7	19418.6	16099.3	13052.2	12240.3	11266.7	205437.1
224.7	169.9	134.3	79.4	83.8	49.2	42.6	39.1	1366.8
166.3	152.0	154.1	138.9	113.4	102.6	127.8	157.1	1807.5
118.9	110.2	112.6	97.2	78.9	69.8	82.5	97.8	1220.6
45.1	37.3	32.9	23.6	23.7	16.7	14.6	12.9	317.1
11771.0	13518.9	13207.5	10713.7	7851.4	6324.4	4984.6	4017.5	7912.6
20.5	23.5	23.0	18.6	13.7	11.0	8.7	7.0	13.8
25920.3	21408.0	18903.2	13555.8	13598.1	9597.2	8407.7	7427.5	182183.4

Resultados del balance hídrico superficial (cont.)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Balsa Santa Maria	Precipitación Cuenca (mm)	141.4	188.7	155.4	179.2
	ETP Cuenca (mm)	145.3	186.1	187.9	174.8
	ETR Cuenca (mm)	77.5	106.3	114.4	111.7
	Escorrentía (mm)	41.0	63.7	54.5	61.4
	Caudal (m³/s)	436.6	643.2	508.4	565.2
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	20.7	30.5	24.1	26.8
	Aportación total (Hm³)	864.9	1343.8	1148.1	1293.4
Pato Bragado	Precipitación Cuenca (mm)	146.0	200.8	169.4	169.6
	ETP Cuenca (mm)	152.2	196.9	195.4	180.3
	ETR Cuenca (mm)	66.5	100.5	101.6	99.4
	Escorrentía (mm)	58.7	93.7	76.8	81.0
	Caudal (m³/s)	47.7	74.6	62.4	64.0
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	21.4	33.4	28.0	28.7
	Aportación total (Hm³)	131.0	209.2	171.4	180.8
Estrada Iguatemi	Precipitación Cuenca (mm)	121.9	167.5	177.2	183.9
	ETP Cuenca (mm)	133.6	164.8	176.2	173.0
	ETR Cuenca (mm)	65.7	91.9	108.2	111.0
	Escorrentía (mm)	41.3	45.5	47.9	53.4
	Caudal (m³/s)	115.0	122.7	133.5	144.0
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	15.9	17.0	18.5	19.9
	Aportación total (Hm³)	298.2	328.7	346.3	386.1
Guaíra	Precipitación Cuenca (mm)	124.8	176.8	156.8	169.0
	ETP Cuenca (mm)	139.2	169.8	182.9	178.4
	ETR Cuenca (mm)	87.1	109.3	120.4	121.8
	Escorrentía (mm)	42.5	55.7	52.1	53.9
	Caudal (m³/s)	7027.5	8363.9	9029.0	12050.6
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	8.7	10.4	11.2	15.0
	Aportación total (Hm³)	34181.0	44760.0	41872.6	43337.9

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
174.7	157.9	116.3	126.2	154.3	116.7	89.5	83.8	1684.2
178.2	155.0	161.1	133.5	107.4	96.3	123.8	133.3	1782.8
115.4	98.2	101.3	78.4	63.6	55.5	67.6	71.5	1061.4
57.2	51.9	47.4	38.5	64.5	58.4	51.0	35.9	625.4
603.7	590.4	420.8	415.1	652.1	584.7	494.8	340.3	521.3
28.6	28.0	20.0	19.7	30.9	27.7	23.5	16.1	24.7
1205.3	1094.2	999.2	812.4	1359.1	1230.9	1075.3	756.5	13183.1
166.1	156.1	123.9	145.8	166.4	117.8	88.8	89.1	1739.7
185.6	160.6	166.7	140.9	112.9	102.6	133.8	140.5	1868.4
100.5	86.8	87.1	69.3	58.1	50.3	57.0	54.2	931.4
69.9	67.0	60.7	63.9	97.4	72.2	58.0	49.6	849.0
54.4	58.0	47.6	52.2	79.2	60.7	46.5	39.2	57.2
24.4	26.0	21.3	23.4	35.5	27.2	20.9	17.6	25.6
156.0	149.6	135.4	142.7	217.3	161.3	129.5	110.8	1895.0
158.9	151.1	120.6	126.7	137.0	86.9	53.9	69.1	1554.6
175.4	148.2	143.4	116.0	91.1	77.4	100.3	117.9	1617.4
113.2	97.5	93.4	71.7	56.7	47.1	55.4	60.0	971.7
53.3	50.0	49.7	47.0	54.1	50.3	46.6	41.6	580.7
143.8	148.2	134.3	130.9	145.8	140.5	125.9	112.4	133.1
19.9	20.5	18.6	18.1	20.2	19.4	17.4	15.6	18.4
385.1	361.0	359.3	339.4	390.7	363.8	336.8	300.9	4196.4
162.4	140.3	111.9	119.4	138.4	97.3	70.4	76.5	1543.9
178.7	152.4	148.3	120.4	93.8	81.3	103.2	122.9	1671.1
123.2	106.3	103.6	81.6	63.2	52.8	63.8	76.3	1109.4
52.4	45.9	41.6	42.5	50.3	42.5	37.5	35.7	552.5
16367.4	18588.7	17373.8	14488.3	11935.9	10337.9	8450.5	6686.9	11725.0
20.4	23.1	21.6	18.0	14.8	12.9	10.5	8.3	14.6
42109.0	36912.5	33422.2	34181.0	40414.7	34149.4	30145.4	28724.9	444210.5

Resultados del balance hídrico superficial (cont.)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Baixo Iguaçu	Precipitación Cuenca (mm)	160.1	232.8	171.1	174.1
	ETP Cuenca (mm)	91.4	123.0	144.0	155.7
	ETR Cuenca (mm)	72.6	99.7	116.8	126.9
	Escorrentía (mm)	81.1	124.0	89.9	67.8
	Caudal (m³/s)	1735.0	2396.3	1829.9	1564.9
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	28.0	38.7	29.5	25.3
	Aportación total (Hm³)	5024.2	7682.4	5571.3	4201.2
Salto Santiago	Precipitación Cuenca (mm)	169.7	226.4	163.8	189.5
	ETP Cuenca (mm)	145.0	186.3	189.4	179.0
	ETR Cuenca (mm)	77.1	95.1	102.9	110.2
	Escorrentía (mm)	84.4	119.4	84.3	79.5
	Caudal (m³/s)	1220.6	1592.9	1185.7	1086.4
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	27.7	36.1	26.9	24.6
	Aportación total (Hm³)	3723.0	5264.9	3717.5	3505.0
São Mateus do Sul	Precipitación Cuenca (mm)	140.2	151.7	117.4	152.2
	ETP Cuenca (mm)	109.4	138.4	165.6	178.0
	ETR Cuenca (mm)	58.3	80.6	91.7	90.9
	Escorrentía (mm)	62.0	75.4	47.7	52.9
	Caudal (m³/s)	128.6	153.9	105.3	118.8
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	21.2	25.4	17.4	19.6
	Aportación total (Hm³)	376.0	456.7	288.8	320.3
Itaipu	Precipitación Cuenca (mm)	124.8	176.8	156.8	169.0
	ETP Cuenca (mm)	139.2	169.8	182.9	178.4
	ETR Cuenca (mm)	87.1	109.3	120.4	121.8
	Escorrentía (mm)	42.5	55.7	52.1	53.9
	Caudal (m³/s)	7337.9	8805.1	9408.3	12303.0
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	8.9	10.7	11.5	15.0
	Aportación total (Hm³)	34861.2	45650.8	42705.9	44200.3

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
183.6	165.4	132.3	155.3	181.0	159.0	126.3	114.4	1955.5
150.4	122.9	112.4	84.3	62.3	50.2	57.1	74.9	1228.5
122.2	101.4	92.8	67.3	50.9	40.7	46.7	60.0	998.1
60.4	60.3	50.4	63.0	100.7	99.3	88.5	69.0	954.5
1682.7	1782.2	1369.4	1375.8	1857.9	1896.4	1892.9	1395.7	1731.6
27.2	28.8	22.1	22.2	30.0	30.6	30.6	22.5	28.0
3739.5	3736.2	3122.9	3903.6	6237.5	6153.6	5481.5	4273.8	59127.7
196.5	170.9	134.1	149.0	169.5	155.4	134.4	107.8	1967.1
182.5	156.5	159.2	132.6	106.9	96.0	123.2	132.0	1788.5
108.3	93.9	90.0	69.7	56.2	47.7	54.1	66.9	972.2
83.1	78.0	58.0	65.9	95.2	92.4	89.6	61.8	991.9
1215.4	1268.1	986.7	934.8	1219.0	1245.3	1315.7	953.0	1185.3
27.6	28.8	22.4	21.2	27.7	28.2	29.8	21.6	26.9
3662.4	3440.6	2558.4	2906.7	4198.2	4075.5	3948.2	2726.0	43726.4
175.2	148.6	122.0	93.2	114.2	108.7	108.1	85.1	1516.7
156.2	130.1	122.1	88.8	69.6	59.6	73.4	98.8	1389.9
97.6	84.7	78.4	55.2	42.1	37.1	44.8	52.6	813.8
65.9	60.1	53.8	43.5	61.5	60.2	70.9	48.4	702.3
157.4	154.5	124.9	93.9	116.4	118.5	138.9	99.0	125.8
26.0	25.5	20.6	15.5	19.2	19.6	22.9	16.3	20.8
399.1	364.3	325.9	263.8	372.8	364.5	429.7	293.2	4255.1
162.4	140.3	111.9	119.4	138.4	97.3	70.4	76.5	1543.9
178.7	152.4	148.3	120.4	93.8	81.3	103.2	122.9	1671.1
123.2	106.3	103.6	81.6	63.2	52.8	63.8	76.3	1109.4
52.4	45.9	41.6	42.5	50.3	42.5	37.5	35.7	552.5
16578.0	18971.6	17739.6	14968.4	12406.1	10788.4	8846.8	7020.2	12097.8
20.2	23.1	21.6	18.3	15.1	13.2	10.8	8.6	14.8
42947.0	37647.0	34087.3	34861.2	41219.0	34829.0	30745.3	29296.6	453050.5

Resultados del balance hídrico superficial (cont.)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Passo do Socorro	Precipitación Cuenca (mm)	157.8	179.4	139.2	146.4
	ETP Cuenca (mm)	253.0	307.4	318.4	335.8
	ETR Cuenca (mm)	66.0	84.1	90.9	94.8
	Escorrentía (mm)	82.3	96.6	68.4	56.9
	Caudal (m³/s)	276.4	281.7	221.9	193.6
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	32.6	33.2	26.2	22.8
	Aportación total (Hm³)	698.0	819.7	580.1	482.4
Passo Caximbu	Precipitación Cuenca (mm)	169.1	216.0	158.9	164.0
	ETP Cuenca (mm)	181.3	229.8	254.5	279.8
	ETR Cuenca (mm)	71.1	95.5	102.3	108.1
	Escorrentía (mm)	89.3	118.4	83.1	68.2
	Caudal (m³/s)	1694.1	1986.0	1488.3	1161.6
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	32.0	37.5	28.1	21.9
	Aportación total (Hm³)	4728.0	6271.4	4400.1	3613.3
Passo Mariano Pinto	Precipitación Cuenca (mm)	128.0	147.0	133.1	112.5
	ETP Cuenca (mm)	133.9	182.5	205.9	229.5
	ETR Cuenca (mm)	69.6	96.0	104.1	99.5
	Escorrentía (mm)	55.1	61.5	58.8	39.7
	Caudal (m³/s)	1094.4	1170.1	1091.2	719.0
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	25.5	27.3	25.4	16.8
	Aportación total (Hm³)	2363.9	2637.2	2519.9	1702.8
Ponte Mística	Precipitación Cuenca (mm)	149.8	190.2	157.3	145.5
	ETP Cuenca (mm)	160.9	215.8	230.0	262.4
	ETR Cuenca (mm)	70.1	90.2	79.7	56.7
	Escorrentía (mm)	74.5	101.1	107.5	113.1
	Caudal (m³/s)	312.7	363.3	307.9	225.2
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	32.3	37.6	31.8	23.3
	Aportación total (Hm³)	721.0	978.0	1040.2	1094.6

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
163.3	155.0	118.3	115.5	133.3	125.5	144.4	129.8	1707.9
313.0	253.2	241.7	203.9	176.4	164.7	194.1	227.3	2989.0
95.0	82.6	76.7	60.2	51.8	45.9	52.4	58.7	859.1
60.1	66.0	54.4	53.2	73.5	68.5	90.1	79.8	849.7
215.8	264.8	204.5	175.0	221.6	203.5	272.8	260.0	232.6
25.4	31.2	24.1	20.6	26.1	24.0	32.2	30.6	27.4
509.8	560.0	461.2	451.2	623.8	581.1	764.6	677.2	7209.3
169.7	161.4	131.5	153.3	162.4	152.0	143.4	133.9	1915.6
260.6	211.9	197.5	156.6	129.5	110.4	135.9	160.3	2308.0
103.9	90.5	83.2	63.9	52.2	44.8	51.9	60.6	927.9
63.0	69.1	57.0	74.6	98.2	96.7	98.2	83.5	999.2
1190.0	1440.0	1112.1	1149.8	1508.0	1561.5	1829.4	1609.9	1477.6
22.5	27.2	21.0	21.7	28.5	29.5	34.5	30.4	27.9
3336.6	3659.3	3017.1	3950.4	5203.5	5121.2	5203.0	4425.5	52929.5
138.9	141.5	134.4	157.6	126.8	109.9	110.9	88.6	1529.1
215.6	176.5	153.5	111.1	83.5	71.0	81.5	108.8	1753.4
94.7	91.5	82.4	62.5	48.0	38.1	43.3	56.1	885.9
39.0	45.0	44.9	67.1	65.8	60.7	63.7	55.7	657.0
664.3	755.4	712.0	1081.5	1109.3	1163.3	1226.2	1122.5	992.4
15.5	17.6	16.6	25.2	25.9	27.1	28.6	26.2	23.1
1674.4	1929.3	1925.6	2877.6	2823.4	2601.6	2732.8	2387.4	28176.1
154.0	146.3	137.5	172.5	143.0	139.6	125.8	116.7	1778.2
244.8	192.7	181.8	142.6	117.3	99.2	113.2	142.5	2103.3
50.6	51.1	52.1	73.4	76.7	80.4	77.3	71.1	829.3
105.4	94.3	88.0	69.2	56.0	45.4	51.4	62.2	968.3
174.0	181.7	155.0	208.4	265.9	330.2	335.5	326.8	265.6
18.0	18.8	16.0	21.5	27.5	34.1	34.7	33.8	27.5
1020.0	911.8	851.2	669.9	541.8	439.1	497.7	601.9	9367.0

Resultados del balance hídrico superficial (cont.)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Barra do Quaraí	Precipitación Cuenca (mm)	128.0	147.0	133.1	112.5
	ETP Cuenca (mm)	133.9	182.5	205.9	229.5
	ETR Cuenca (mm)	69.6	96.0	104.1	99.5
	Escorrentía (mm)	55.1	61.5	58.8	39.7
	Caudal (m³/s)	219.2	229.0	252.8	169.0
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	14.9	15.6	17.2	11.5
	Aportación total (Hm³)	809.8	903.5	863.3	583.4
Uruguiana	Precipitación Cuenca (mm)	128.0	147.0	133.1	112.5
	ETP Cuenca (mm)	133.9	182.5	205.9	229.5
	ETR Cuenca (mm)	69.6	96.0	104.1	99.5
	Escorrentía (mm)	55.1	61.5	58.8	39.7
	Caudal (m³/s)	5210.1	6533.9	5851.9	3972.4
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	27.3	34.3	30.7	20.8
	Aportación total (Hm³)	10512.9	11728.2	11206.5	7572.8
Cáceres	Precipitación Cuenca (mm)	61.0	147.4	197.3	262.7
	ETP Cuenca (mm)	173.6	181.7	157.6	152.9
	ETR Cuenca (mm)	47.2	90.3	113.5	128.1
	Escorrentía (mm)	13.3	19.1	28.4	46.0
	Caudal (m³/s)	249.6	247.6	299.7	430.6
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	10.3	10.3	12.4	17.8
	Aportación total (Hm³)	322.0	461.2	684.5	1109.5
Fazenda Rio Negro	Precipitación Cuenca (mm)	68.2	116.1	168.6	207.2
	ETP Cuenca (mm)	151.6	182.8	174.9	168.0
	ETR Cuenca (mm)	80.5	105.8	118.3	126.6
	Escorrentía (mm)	2.3	2.8	3.5	4.8
	Caudal (m³/s)	33.5	36.3	42.2	52.3
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	1.8	1.9	2.2	2.8
	Aportación total (Hm³)	43.2	52.3	65.4	91.4

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
138.9	141.5	134.4	157.6	126.8	109.9	110.9	88.6	1529.1
215.6	176.5	153.5	111.1	83.5	71.0	81.5	108.8	1753.4
94.7	91.5	82.4	62.5	48.0	38.1	43.3	56.1	885.9
39.0	45.0	44.9	67.1	65.8	60.7	63.7	55.7	657.0
179.2	263.2	217.7	334.2	325.4	282.9	254.7	225.1	246.0
12.2	17.9	14.8	22.7	22.1	19.3	17.3	15.3	16.7
573.6	660.9	659.7	985.8	967.2	891.3	936.2	817.9	9652.6
138.9	141.5	134.4	157.6	126.8	109.9	110.9	88.6	1529.1
215.6	176.5	153.5	111.1	83.5	71.0	81.5	108.8	1753.4
94.7	91.5	82.4	62.5	48.0	38.1	43.3	56.1	885.9
39.0	45.0	44.9	67.1	65.8	60.7	63.7	55.7	657.0
3630.4	4276.7	3891.3	4624.5	5475.3	5855.1	5937.2	5384.4	5053.6
19.0	22.4	20.4	24.2	28.7	30.7	31.1	28.2	26.5
7446.4	8579.9	8563.7	12797.3	12556.1	11569.8	12153.3	10617.3	125304.1
280.4	254.3	232.3	127.9	50.8	11.5	7.9	16.1	1649.6
145.3	126.6	136.9	124.2	123.7	131.3	157.3	193.3	1804.4
129.8	116.9	125.8	113.1	101.8	79.6	65.8	45.4	1157.2
67.6	75.2	90.9	70.9	45.3	25.8	17.6	13.8	513.9
612.9	774.5	876.6	832.1	684.3	518.0	382.5	293.2	516.8
25.4	32.1	36.3	34.5	28.3	21.5	15.8	12.1	21.4
1632.8	1815.2	2193.6	1712.7	1094.2	622.9	424.3	334.1	12407.1
208.9	170.3	134.3	84.6	74.0	33.4	22.9	29.0	1317.7
161.1	140.3	139.0	128.2	115.3	101.2	136.8	157.1	1756.3
133.3	120.8	122.4	110.1	94.7	79.3	93.7	89.6	1274.9
7.0	7.4	8.1	6.8	5.7	4.5	3.3	2.5	58.7
69.7	79.4	79.9	71.2	60.8	53.0	42.6	35.9	54.7
3.7	4.2	4.2	3.8	3.2	2.8	2.3	1.9	2.9
132.2	140.5	154.4	129.1	107.8	84.7	63.4	48.2	1112.6

Resultados del balance hídrico superficial (cont.)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Porto Murtinho	Precipitación Cuenca (mm)	59.3	105.8	151.1	184.4
	ETP Cuenca (mm)	204.5	220.4	209.9	183.9
	ETR Cuenca (mm)	90.6	104.1	112.9	119.8
	Escorrentía (mm)	1.0	1.0	1.0	1.1
	Caudal (m ³ /s)	1780.3	1811.4	2099.0	2686.1
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	3.0	3.1	3.6	4.6
	Aportación total (Hm ³)	589.9	600.4	593.6	636.4

Balance hídrico en la Cuenca del Plata

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
196.4	157.3	142.2	90.8	71.1	31.5	22.3	29.5	1241.7
184.5	153.8	163.1	158.3	147.5	140.9	186.2	205.4	2158.4
128.4	112.4	117.7	107.2	93.1	81.4	94.1	94.1	1255.8
1.8	1.6	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	15.6
3609.8	4299.4	4730.1	4467.9	3657.2	2938.9	2347.7	1960.2	3032.3
6.1	7.3	8.0	7.6	6.2	5.0	4.0	3.3	5.2
1028.8	919.2	977.1	882.8	839.7	743.1	695.5	640.1	9146.6

Paraguay

Tabla A4.21

Resultados del balance hídrico superficial: Río Apa

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Apa (891) 15400 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	81.54	144.59	175.82	190.01
	ETP Cuenca (mm)	121.87	145.64	147.33	149.28
	ETR Cuenca (mm)	71.75	108.02	127.35	136.97
	Escorrentía (mm)	7.67	17.57	28.20	37.22
	Caudal (m ³ /s)	45.57	101.04	167.55	214.01
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	2.96	6.56	10.88	13.90
	Aportación total (Hm3)	118.11	270.63	434.29	573.21
Río Aquidaban (878) 11611 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	85.78	146.53	187.40	186.35
	ETP Cuenca (mm)	119.39	144.49	150.11	158.29
	ETR Cuenca (mm)	76.49	111.28	131.00	144.75
	Escorrentía (mm)	8.18	18.58	35.42	35.84
	Caudal (m ³ /s)	36.66	80.55	158.67	155.35
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	3.16	6.94	13.67	13.38
	Aportación total (Hm3)	95.01	215.73	411.27	416.09
Río Ypane (876) 9977 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	90.11	150.94	191.08	182.68
	ETP Cuenca (mm)	109.98	133.37	139.97	146.69
	ETR Cuenca (mm)	81.98	109.83	128.39	140.72
	Escorrentía (mm)	11.85	23.44	42.06	38.57
	Caudal (m ³ /s)	45.62	87.32	161.88	143.68
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	4.57	8.75	16.23	14.40
	Aportación total (Hm3)	118.24	233.87	419.60	384.84
Intercuenca Arroyo Tagatija Guazu (879) 4023 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	58.49	137.85	164.83	159.40
	ETP Cuenca (mm)	132.64	157.66	161.74	172.89
	ETR Cuenca (mm)	55.95	97.61	125.61	135.22
	Escorrentía (mm)	5.39	16.04	25.10	25.61
	Caudal (m ³ /s)	8.37	24.10	38.95	38.46
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	2.08	5.99	9.68	9.56
	Aportación total (Hm3)	21.68	64.54	100.97	103.02

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
170.25	160.60	136.29	114.78	125.09	56.24	40.88	38.57	1434.64
141.16	116.08	128.23	102.52	79.98	74.27	88.68	113.43	1408.46
133.10	110.78	120.16	92.81	75.04	71.51	76.02	62.66	1186.18
32.25	27.96	25.29	18.88	27.63	10.81	8.73	8.35	250.57
185.42	177.96	145.41	112.17	158.89	64.22	50.21	48.02	122.54
12.04	11.56	9.44	7.28	10.32	4.17	3.26	3.12	7.96
496.62	430.53	389.46	290.75	425.57	166.47	134.48	128.61	3858.73
165.49	160.67	136.28	124.84	131.21	65.25	42.35	38.41	1470.54
150.43	120.94	130.02	100.97	76.36	66.19	80.98	107.76	1405.92
137.36	109.12	117.64	89.49	71.00	64.84	73.90	76.71	1203.58
31.58	29.11	24.33	23.52	32.37	12.58	9.36	8.23	269.11
136.89	139.74	105.49	105.35	140.33	56.35	40.59	35.68	99.30
11.79	12.03	9.09	9.07	12.09	4.85	3.50	3.07	8.55
366.66	338.05	282.54	273.06	375.85	146.06	108.70	95.55	3124.59
156.14	155.47	129.15	131.69	134.57	72.10	50.24	45.28	1489.43
137.85	112.96	119.41	94.52	73.00	61.56	76.74	101.26	1307.30
129.79	104.72	110.42	85.14	69.24	61.03	73.37	85.81	1180.45
33.12	30.65	25.21	30.53	38.34	16.82	11.67	9.65	311.91
123.37	126.41	93.90	117.53	142.80	64.74	43.49	35.94	98.89
12.37	12.67	9.41	11.78	14.31	6.49	4.36	3.60	9.91
330.42	305.81	251.49	304.64	382.47	167.81	116.47	96.27	3111.96
162.71	150.17	130.67	111.01	122.95	49.79	35.38	31.93	1315.17
165.87	130.48	144.83	108.26	80.99	75.68	90.97	117.51	1539.51
125.98	104.76	119.65	90.48	69.57	68.47	64.67	53.71	1111.70
29.28	23.15	19.73	15.59	24.87	7.31	6.78	6.07	204.91
43.98	38.50	29.63	24.19	37.35	11.34	10.18	9.12	26.18
10.93	9.57	7.36	6.01	9.28	2.82	2.53	2.27	6.51
117.80	93.15	79.36	62.70	100.03	29.40	27.27	24.43	824.36

Resultados del balance hídrico superficial: Río Apa (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Intercuenca Arroyo Cabral (875 Y 876) 3250 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	71.02	126.88	174.17	162.64
	ETP Cuenca (mm)	116.81	142.20	149.14	164.55
	ETR Cuenca (mm)	70.15	100.96	120.92	138.67
	Escorrentía (mm)	6.98	13.34	33.44	26.80
	Caudal (m ³ /s)	8.76	16.19	41.93	32.52
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	2.69	4.98	12.90	10.01
	Aportación total (Hm ³)	22.69	43.36	108.68	87.10

Tabla A4.22

Resultados del balance hídrico superficial: Río Tebicuary

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Tebicuary (852) 27325 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	101.88	170.49	175.04	140.51
	ETP Cuenca (mm)	99.41	130.95	149.26	170.26
	ETR Cuenca (mm)	90.16	113.28	128.26	126.92
	Escorrentía (mm)	26.25	44.67	53.01	39.84
	Caudal (m ³ /s)	276.68	455.76	558.86	406.50
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	10.13	16.68	20.45	14.88
	Aportación total (Hm ³)	717.16	1220.69	1448.57	1088.76
Río Jejuí (874) 20337 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	99.30	156.74	188.38	171.91
	ETP Cuenca (mm)	101.43	128.23	140.45	153.26
	ETR Cuenca (mm)	79.46	107.00	124.66	131.89
	Escorrentía (mm)	21.09	34.94	52.35	49.26
	Caudal (m ³ /s)	165.49	265.26	410.75	373.99
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	8.14	13.04	20.20	18.39
	Aportación total (Hm ³)	428.95	710.48	1064.67	1001.71

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
147.10	143.27	123.67	126.16	124.19	58.93	42.77	33.54	1334.34
154.87	124.16	129.30	98.29	73.22	59.10	73.85	101.66	1387.14
121.58	98.11	106.67	79.56	66.21	57.47	67.37	73.73	1101.39
28.74	25.08	20.74	25.78	31.25	8.36	8.26	6.60	235.38
34.87	33.70	25.17	32.32	37.92	10.49	10.03	8.01	24.32
10.73	10.37	7.74	9.95	11.67	3.23	3.09	2.47	7.48
93.39	81.52	67.41	83.78	101.56	27.18	26.86	21.46	764.98

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
154.19	140.33	124.60	172.36	143.78	98.70	80.45	66.22	1568.52
160.40	129.88	128.48	93.99	65.75	47.52	65.43	86.31	1327.64
106.13	97.63	97.35	76.10	62.09	46.22	63.89	79.87	1087.91
41.19	37.11	33.75	52.58	54.45	39.56	35.39	26.77	484.57
420.24	419.20	344.34	554.26	555.45	417.04	361.07	273.07	420.21
15.38	15.34	12.60	20.28	20.33	15.26	13.21	9.99	15.38
1125.57	1014.14	922.29	1436.63	1487.73	1080.98	967.09	731.40	13241.00
137.03	130.16	102.14	145.41	153.40	82.53	67.34	60.09	1494.42
142.10	116.18	119.54	92.16	68.43	52.94	69.05	92.02	1275.78
110.09	90.45	95.93	71.25	63.24	52.03	67.27	81.82	1075.07
39.19	33.05	26.62	37.48	54.48	31.06	25.52	19.54	424.59
297.53	277.86	202.12	294.10	413.67	243.73	193.79	148.40	273.89
14.63	13.66	9.94	14.46	20.34	11.98	9.53	7.30	13.47
796.91	672.20	541.37	762.32	1107.99	631.75	519.04	397.49	8634.87

Resultados del balance hídrico superficial: Río Tebicuary (continuación)

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Manduvirá (872) 14547 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	92.24	160.41	177.65	157.58
	ETP Cuenca (mm)	103.86	130.50	146.35	165.41
	ETR Cuenca (mm)	78.87	105.57	125.08	128.78
	Escorrentía (mm)	18.56	34.87	48.67	41.30
	Caudal (m ³ /s)	104.16	189.39	273.15	224.30
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	7.16	13.02	18.78	15.42
	Aportación total (Hm ³)	269.97	507.25	708.00	600.75
Intercuenca Lago Ypoa (853) 6679 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	85.85	155.41	169.46	160.79
	ETP Cuenca (mm)	108.00	132.13	152.78	175.83
	ETR Cuenca (mm)	81.95	101.33	120.23	126.25
	Escorrentía (mm)	17.55	33.90	46.10	42.25
	Caudal (m ³ /s)	45.22	84.53	118.80	105.36
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	6.77	12.66	17.79	15.77
	Aportación total (Hm ³)	117.20	226.41	307.92	282.19
Intercuenca Arroyo Ñeembucú (851) 6138 km ²	Precipitación Cuenca (mm)	89.06	161.00	168.76	126.77
	ETP Cuenca (mm)	103.58	138.73	158.25	178.56
	ETR Cuenca (mm)	81.54	112.42	121.97	115.82
	Escorrentía (mm)	16.35	34.08	44.18	32.83
	Caudal (m ³ /s)	38.71	78.09	104.61	75.23
	q (Caudal específico) (lts/s Km ²)	6.31	12.72	17.04	12.26
	Aportación total (Hm ³)	100.34	209.15	271.16	201.50

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
138.57	124.05	106.14	151.15	138.41	80.97	61.92	52.75	1441.83
150.64	123.63	125.54	93.84	68.40	50.94	66.77	91.80	1317.67
104.54	91.85	93.38	71.41	63.43	49.49	63.76	78.58	1054.73
37.07	30.50	25.85	38.16	46.87	28.75	23.46	17.26	391.33
201.34	183.42	140.38	214.19	254.55	161.36	127.44	93.77	180.62
13.84	12.61	9.65	14.72	17.50	11.09	8.76	6.45	12.42
539.26	443.72	376.00	555.17	681.80	418.25	341.33	251.14	5692.64
153.95	137.05	127.10	158.35	125.91	83.93	55.48	57.52	1470.79
159.76	132.43	131.01	96.90	69.16	49.20	65.98	93.85	1367.00
109.87	97.75	97.21	76.07	63.51	47.16	61.13	79.88	1062.35
40.54	35.53	34.31	45.41	44.17	30.56	23.39	18.19	411.90
101.09	98.09	85.56	117.01	110.15	78.74	58.33	45.35	87.35
15.13	14.69	12.81	17.52	16.49	11.79	8.73	6.79	13.08
270.75	237.30	229.17	303.29	295.03	204.10	156.23	121.47	2751.05
181.18	148.12	136.60	188.91	140.53	79.53	57.33	47.41	1525.20
175.07	140.59	135.55	95.33	69.52	50.25	67.74	88.74	1401.88
110.36	102.28	98.56	78.95	66.14	48.68	63.73	75.16	1075.62
49.73	41.88	38.84	63.86	55.93	34.01	24.57	17.13	453.37
113.96	106.26	89.02	151.22	128.17	80.53	56.31	39.26	88.45
18.57	17.31	14.50	24.64	20.88	13.12	9.17	6.40	14.41
305.23	257.06	238.42	391.96	343.29	208.73	150.81	105.15	2782.80

Tabla A4.22

Balance Hídrico en las cuencas afluentes del Río Paraguay

Cuenca	Variable	SET	OCT	NOV	DIC
Río Carapa	Precipitación Cuenca (mm)	110.6	167.4	183.5	189.8
	ETP Cuenca (mm)	91.9	119.8	134.0	141.6
	ETR Cuenca (mm)	84.2	109.0	125.8	132.6
	Escorrentía (mm)	35.13	45.42	52.33	54.01
	Caudal (m³/s)	36.23	45.33	53.97	53.90
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	13.55	16.96	20.19	20.17
	Aportación total (Hm³)	93.90	121.41	139.88	144.37
Río Monday	Precipitación Cuenca (mm)	106.9	172.6	183.4	139.7
	ETP Cuenca (mm)	87.1	118.2	137.1	152.0
	ETR Cuenca (mm)	83.6	113.0	125.0	126.1
	Escorrentía (mm)	38.65	57.42	64.75	46.24
	Caudal (m³/s)	99.86	143.54	167.26	115.59
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	14.91	21.43	24.97	17.26
	Aportación total (Hm³)	258.83	384.46	433.54	309.59
Río Ñacunday	Precipitación Cuenca (mm)	106.3	173.1	187.5	138.5
	ETP Cuenca (mm)	87.6	118.7	138.1	154.4
	ETR Cuenca (mm)	52.3	70.7	80.4	86.2
	Escorrentía (mm)	76.40	98.59	100.50	92.22
	Caudal (m³/s)	74.87	93.49	98.49	87.46
	q (Caudal específico) (lts/s Km²)	29.48	36.81	38.77	34.43
	Aportación total (Hm³)	194.06	250.42	255.28	234.25

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total Anual
151.6	132.9	101.2	145.3	172.4	96.8	82.2	74.1	1608.0
132.4	108.9	111.3	87.2	64.2	50.2	64.8	85.2	1191.4
121.9	97.1	97.8	72.4	60.7	49.8	64.5	82.3	1098.1
42.09	36.14	34.13	40.27	62.10	40.31	37.61	34.81	514.35
42.01	39.94	34.06	41.53	61.98	41.57	37.54	34.74	43.57
15.71	14.94	12.74	15.54	23.19	15.55	14.04	12.99	16.30
112.51	96.61	91.23	107.65	166.00	107.74	100.53	93.03	1374.86
162.9	129.1	122.5	161.4	164.0	108.2	96.0	79.7	1626.4
140.3	114.6	112.1	85.7	60.1	44.0	58.7	76.9	1186.8
107.2	95.2	90.0	71.8	56.7	43.2	57.8	74.5	1044.1
48.06	37.03	39.73	51.88	69.43	46.29	46.98	41.49	587.93
120.15	102.50	99.31	134.03	173.57	119.57	117.46	103.73	124.72
17.94	15.3	14.83	20.01	25.92	17.85	17.54	15.49	18.625
321.82	247.96	266.00	347.39	464.88	309.93	314.59	277.82	334.04
163.1	130.8	124.1	165.7	174.4	104.0	95.8	83.0	1646.4
143.4	116.5	114.4	85.8	60.0	44.1	59.4	76.7	1199.1
72.7	64.4	61.9	47.2	35.1	26.5	35.6	45.8	678.9
83.90	68.75	68.56	74.94	89.63	93.92	86.85	81.63	1015.90
79.56	72.18	65.02	73.43	85.00	92.04	82.36	77.41	82.74
31.32	28.42	25.60	28.91	33.46	36.24	32.43	30.48	32.57
213.11	174.62	174.14	190.34	227.66	238.56	220.60	207.35	2580.39

En la región del Chaco no se cuentan con datos de caudales y además se tiene que la mayoría de los cursos de agua no son permanentes. Además observando en el mapa de excesos y déficit hídricos del país vemos que todo el Chaco en el periodo 1970-2010 en la media anual tuvo déficit hídricos (representado en la gama de amarillo y rojo en el mapa). El Río Pilcomayo que si posee un gran caudal debido a las lluvias que ocurren en su cuenca alta en los meses de verano, actualmente solo ingresa a territorio paraguayo unos 40 km. Y posteriormente sus aguas son divididas por canales a territorio argentino y paraguayo.

Esta cuenca posee un Balance Hídrico realizado por la Comisión Trinacional del Río Pilcomayo.

Por este motivo en las 2 cuencas ubicadas en el Chaco se definió realizar un Balance Hídrico Vertical, es decir presentar la relación entre precipitación y evapotranspiración de las cuencas. Para esto se utilizó la información de la base de datos CRU y con ella se determinaron las series de precipitación y evapotranspiración de ambas cuencas. Con estas series se determinaron las medias mensuales las cuales se presentan a continuación.

Tabla A4.23

Precipitación y Evapotranspiración Potencial Cuenca del Río Pilcomayo (88)

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PRE (88)	110.6	167.4	183.5	189.8	151.6	132.9	101.2	145.3	172.4	96.8	82.2	74.1
EVP (88)	91.9	119.8	134.0	141.6	132.4	108.9	111.3	87.2	64.2	50.2	64.8	85.2

Tabla A4.24

Precipitación y Evapotranspiración Potencial Cuenca Alta del Río Paraguay (89)

Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PRE (89)	106.1	104.8	95.5	64.0	35.6	18.2	15.9	10.0	22.9	64.7	87.2	98.4
EVP (89)	159.5	126.8	131.9	105.5	84.8	75.8	93.5	134.2	148.1	164.4	159.4	163.4

Tabla A4.25

Precipitación y Evapotranspiración Cuencas del Chaco

Cuenca	PRE	EVP
Cuenca del Río Pilcomayo (88)	871.79	1515.64
Cuenca Alta del Río Paraguay (89)	723.39	1547.32

Si observamos los datos de la Estación meteorológica de Mcal Estigarribia que se encuentra aproximadamente en el medio del Chaco paraguayo y que además tiene datos

de un periodo mayor de tiempo vemos que los valores determinados de precipitación y evapotranspiración en las cuencas son del orden de los obtenidos en la estación

Tabla A4.26

Precipitación y Evapotranspiración en el Chaco Paraguayo

Estación	PRE	EVP
Mcal. Estigarribia	783.97	1394.55

Uruguay

Tabla A4.27

Resultados del cálculo del Balance Hídrico

		Promedio mes					
	Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Santa Lucía 13478.8 km ²	P (mm)	94.5	114.6	121.5	105.5	102.7	99.7
	ETP (mm)	172.3	127.7	106.4	62.8	37.3	24.0
	ETR (mm)	94.9	90.4	87.4	58.9	37.1	23.4
	Escorrentía (m ³ /s)	40.0	62.4	111.5	87.4	155.7	227.2
	Escorrentía (mm)	7.8	12.2	21.7	17.0	30.3	44.3
Tacuarembó 16201.7 km ²	P (mm)	118.9	146.2	124.7	155.0	135.9	110.0
	ETP (mm)	165.0	121.2	105.9	62.8	38.6	25.6
	ETR (mm)	113.6	94.7	93.2	58.5	38.6	25.6
	Escorrentía (m ³ /s)	118.4	149.3	142.4	314.3	396.5	385.9
	Escorrentía (mm)	19.2	24.2	23.1	50.9	64.3	62.6
Negro Alto 24651.8 km ²	P (mm)	102.7	134.9	111.0	138.3	131.9	110.9
	ETP (mm)	163.1	121.4	105.8	63.4	39.2	26.2
	ETR (mm)	99.8	95.4	88.1	57.8	38.6	26.2
	Escorrentía (m ³ /s)	120.0	214.0	181.0	344.1	540.5	580.5
	Escorrentía (mm)	12.8	22.8	19.3	36.7	57.6	61.9
Negro Bajo 27292.0 km ²	P (mm)	106.7	134.1	121.8	117.6	110.9	90.2
	ETP (mm)	173.3	129.4	109.6	65.6	40.0	26.4
	ETR (mm)	102.6	98.0	89.4	61.5	39.0	25.4
	Escorrentía (m ³ /s)	107.8	234.8	235.9	242.6	409.2	451.9
	Escorrentía (mm)	10.4	22.6	22.7	23.3	39.4	43.5
De La Plata 12153.5 km ²	P (mm)	97.2	113.5	124.0	103.9	91.7	82.7
	ETP (mm)	176.1	131.7	109.9	65.8	39.6	26.0
	ETR (mm)	100.4	91.9	88.4	61.6	39.6	25.1
	Escorrentía (m ³ /s)	30.5	45.0	89.1	61.5	102.9	133.8
	Escorrentía (mm)	6.6	9.7	19.3	13.3	22.2	28.9

Promedio mes						Promedio mensual	Promedio anual
JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
88.1	92.3	90.8	119.3	102.5	92.0	102.0	1223.6
28.7	46.1	69.2	102.0	134.1	164.7	89.6	1075.3
28.7	46.1	69.2	100.7	114.3	99.3	70.9	850.3
257.5	264.8	216.4	241.9	146.9	91.8	158.6	1903.3
50.2	51.6	42.2	47.1	28.6	17.9	30.9	370.9
99.1	87.3	117.7	132.7	128.6	119.1	122.9	1475.0
31.6	51.2	71.2	105.3	129.5	160.7	89.1	1068.7
31.6	51.2	71.2	105.3	123.7	120.2	77.3	927.5
398.4	291.9	336.9	335.8	302.4	193.9	280.5	3365.9
64.6	47.3	54.6	54.4	49.0	31.4	45.5	545.7
103.2	92.5	103.0	119.5	112.4	105.7	113.8	1366.1
31.2	49.2	69.4	102.6	128.6	157.7	88.2	1057.9
31.2	49.2	69.4	102.5	112.3	104.8	72.9	875.4
629.1	494.6	468.7	452.0	354.0	215.0	382.8	4593.5
67.0	52.7	49.9	48.2	37.7	22.9	40.8	489.4
80.8	83.4	85.0	125.5	105.4	103.8	105.4	1265.2
31.4	50.1	72.7	105.9	136.1	166.6	92.3	1107.2
31.4	50.1	72.7	101.1	114.4	103.2	74.1	888.8
449.7	434.4	359.5	465.1	297.7	200.6	324.1	3889.2
43.3	41.8	34.6	44.8	28.6	19.3	31.2	374.3
77.0	82.8	81.6	118.8	104.3	96.7	97.8	1174.2
30.8	49.3	72.7	105.5	137.8	169.1	92.9	1114.3
30.8	49.3	72.2	104.6	118.6	104.0	73.9	886.4
166.1	169.3	145.9	180.9	116.3	77.8	109.9	1319.2
35.9	36.6	31.5	39.1	25.1	16.8	23.8	285.1

Resultados del cálculo del Balance Hídrico (continuación)

		Promedio mes					
	Variable	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Uruguay Alto 22526.8 km ²	P (mm)	134.7	144.5	136.5	167.4	167.4	94.0
	ETP (mm)	176.7	130.5	113.7	66.9	42.0	27.8
	ETR (mm)	102.5	93.0	92.3	62.9	41.1	27.8
	Escorrentía (m ³ /s)	284.2	332.1	349.8	625.7	525.4	479.8
	Escorrentía (mm)	33.1	38.7	40.8	73.0	61.3	55.9
Uruguay Centro 22657.9 km ²	P (mm)	122.2	141.6	134.8	152.9	109.5	85.6
	ETP (mm)	180.9	134.1	116.5	68.4	43.0	28.4
	ETR (mm)	101.5	95.0	97.8	63.8	42.5	28.2
	Escorrentía (m ³ /s)	187.6	275.9	270.9	450.4	441.8	389.6
	Escorrentía (mm)	21.7	32.0	31.4	52.2	51.2	45.2
Cuenca del Plata Uruguay 138962.5 km ²	P (mm)	112.5	134.9	124.9	137.1	116.3	96.3
	ETP (mm)	172.5	128.0	110.0	65.3	40.2	26.6
	ETR (mm)	102.3	94.6	91.2	60.9	39.7	26.2
	Escorrentía (m ³ /s)	888.5	1313.5	1380.7	2125.9	2571.9	2648.8
	Escorrentía (mm)	16.8	24.8	26.1	40.2	48.6	50.1

Promedio mes						Promedio mensual	Promedio anual
JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
69.0	68.1	102.1	140.1	133.3	122.4	119.3	1432.1
33.2	55.1	77.6	113.1	140.2	170.8	95.6	1147.7
33.2	54.2	75.6	105.2	102.3	98.1	74.0	888.1
356.0	273.9	339.9	413.0	386.7	284.7	387.6	4651.2
41.5	31.9	39.6	48.2	45.1	33.2	45.2	542.3
60.9	66.1	87.1	133.2	122.6	120.0	111.4	1336.6
33.8	56.4	79.8	115.7	143.9	174.6	98.0	1175.5
33.8	55.8	78.6	106.4	108.6	98.5	75.9	910.6
267.9	221.5	245.5	349.4	279.2	247.0	302.2	3626.6
31.1	25.7	28.5	40.5	32.4	28.6	35.0	420.4
82.1	81.0	95.4	127.7	116.3	109.8	111.2	1334.3
31.8	51.5	73.5	107.6	135.9	166.4	92.4	1109.2
31.8	51.2	73.0	103.6	112.6	103.6	74.2	890.4
2524.6	2150.4	2112.8	2438.2	1883.2	1310.7	1945.8	23349.1
47.7	40.6	39.9	46.1	35.6	24.8	36.8	441.3

Listado de figuras

Capítulo 1

- Figura 1.1 Mapa general de la Cuenca del Plata
- Figura 1.2 Variación espacial de la precipitación en la Cuenca del Plata

Capítulo 2

- Figura 2.2.1 Ubicación de estaciones características de medición de caudales
- Figura 2.2.2 Caudales medios mensuales en los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay
- Figura 2.2.3 Río Paraná en Corrientes. Caudales
- Figura 2.3.1 Acuíferos transfronterizos de la Cuenca del Plata
- Figura 2.3.2 Distribución de la salinidad en las aguas subterráneas

Capítulo 3

- Figura 3.2.1 Densidad de perforaciones para extracción de agua subterránea por subcuencas
- Figura 3.2.2 Volúmenes de agua subterránea explotados anualmente

Capítulo 5

- Figura 5.1.1 Esquema conceptual del método de Témez
- Figura 5.3.1 Estructura general del modelo SADr-IPH.

Capítulo 6

- Figura 6.2.1.1 Hidrogramas del río Paraguay en Amolar
- Figura 6.2.1.2 Hidrogramas del río Paraná inferior
- Figura 6.2.1.3 Alteración del caudal medio proyectado en base al modelo ETA-10km (2010-2039)
- Figura 6.2.1.4 Alteración del caudal medio en base a las proyecciones del modelo ETA-10km (2040-2079)
- Figura 6.2.1.5 Alteración del caudal medio en base a las proyecciones del modelo ETA-10km (2070-2099)
- Figura 6.2.1.6 Alteración del caudal mínimo (Q_{90}) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2010-2039)
- Figura 6.2.1.7 Alteración del caudal mínimo (Q_{90}) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2040-2069)
- Figura 6.2.1.8 Alteración del caudal mínimo (Q_{90}) en base a las proyecciones climáticas del modelo ETA-10km (2070-2099)
- Figura 6.2.1.9 Relación entre los caudales medios mensuales de la situación actual 1960-90) y tres escenarios futuros

- Figura 6.3.1** Implementación de las demandas en el modelo SADr-IPH
- Figura 6.3.1.1** Área sembrada según dotación (margen brasileña)
- Figura 6.3.1.2** Área sembrada según dotación (margen uruguaya)
- Figura 6.3.1.3** Área sembrada según riego (margen brasileña)
- Figura 6.3.1.4** Área sembrada según riego (margen uruguaya)
- Figura 6.3.1.5** Evolución temporal del área embalsada en embalses individuales.
- Figura 6.3.1.6** Frecuencia acumulada de embalses y su índice de concordancia (d)
- Figura 6.3.2.1** Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim
- Figura 6.3.2.2** Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim

Anexo I

- Figura A1.1** Esquema conceptual del método de Témez
- Figura A1.2** Ecuaciones del método de Témez
- Figura A1.3** Formato de archivo LEMA para modelo CHAC

Anexo II

- Figura A2.1** Minicuenca del modelo MGB-IPH dividida en N clases de uso, tipo y cobertura del suelo
- Figura A2.2** Esquema del balance de agua en el suelo del modelo MGB-IPH para una UHR
- Figura A2.3** Esquema de discretización de las minicuencas
- Figura A2.4** Esquema representativo de la ecuación de continuidad en el modelo MGB-IPH

Anexo III

- Figura A3.1** Ejemplo de red de drenaje ilustrando la estructura topológica de la cuenca
- Figura A3.2** Esquema de desmembramiento de los datos del caudal mensual
- Figura A3.3** Ejemplo de asociación de demandas y embalses en el sistema hídrico
- Figura A3.4** Representación del esquema de balance hídrico en el sistema de ríos y embalses del SADr-IPH
- Figura A3.5** Detalle del esquema de balance hídrico para los embalse en el modelo SADr-IPH

Anexo IV

- Figura A4.1** Unidades hidrográficas de la Cuenca del Plata

Listado de tablas

Capítulo 2

- Tabla 2.1.1** Precipitación media mensual (P), evapotranspiración potencial media mensual (ETP) y su diferencia.
- Tabla 2.2.1:** Caudal medio de largo término y lámina de escurrimiento anual en diferentes regiones de la cuenca del Plata

Capítulo 3

- Tabla 3.1** Demanda de agua en la Cuenca del Plata

Capítulo 4

- Tabla 4.1** Resumen de caudales medios anuales (período 1971–2010)

Capítulo 6

- Tabla 6.2.1.1** Cuencas hidrográficas analizadas y su área de drenaje correspondiente
- Tabla 6.2.1.2** Caudales medios calculados a través del modelo MGB-IPH
- Tabla 6.2.1.3** Caudales con 90% de permanencia en los períodos Actual, Futuro 1, Futuro 2 y Futuro 3
- Tabla 6.3.2.1** Precipitación acumulada semanal observada y pronosticada en la cuenca del Cuareim
- Tabla 6.3.2.2** Comparación del caudal medio semanal del río Cuareim con datos observados

Anexo IV

- Tabla A4.1** Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71–2009/10. Margen derecha del río Paraguay
- Tabla A4.2** Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71–2009/10. Margen derecha del río Paraná
- Tabla A4.3** Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71–2009/10. Margen izquierda del río Paraná
- Tabla A4.4** Síntesis del balance hídrico superficial por subcuencas. Período 1970/71–2009/10. Margen derecha del río Uruguay
- Tabla A4.5** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s
- Tabla A4.6** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s
- Tabla A4.7** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s
- Tabla A4.8** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s
- Tabla A4.9** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s
- Tabla A4.10** Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m³/s

Tabla A4.11	Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m ³ /s
Tabla A4.12	Caudales por unidades hidrográficas (UH) en m ³ /s
Tabla A4.13	Variables hidrometeorológicas medias mensuales (1970 – 2010). Evapotranspiración potencial por unidades hidrográficas (UH) en mm
Tabla A4.14	Evapotranspiración real por unidades hidrográficas (UH) en mm
Tabla A4.15	Precipitación por unidades hidrográficas (UH) en mm
Tabla A4.16	Escorrentia por unidades hidrográficas (UH) en mm
Tabla A4.17	Caudal por unidades hidrográficas (UH) en m ³ /s
Tabla A4.18	Caudal específico por unidades hidrográficas (UH) en (lts/s km ²)
Tabla A4.19	Aportación total por unidades hidrográficas (UH) en Hm ³
Tabla A4.20	Resultados del balance hídrico superficial
Tabla A4.21	Resultados del balance hídrico superficial: Río Apa
Tabla A4.22	Resultados del balance hídrico superficial: Río Tebicuary
Tabla A4.23	Balance Hídrico en las cuencas afluentes del Río Paraguay
Tabla A4.24	Precipitación y Evapotranspiración Potencial Cuenca del Río Pilcomayo (88)
Tabla A4.25	Precipitación y Evapotranspiración Potencial Cuenca Alta del Río Paraguay (89)
Tabla A4.26	Precipitación y Evapotranspiración en el Chaco Paraguayo
Tabla A4.27	Resultados del cálculo del Balance Hídrico

Listado de siglas y acrónimos

ADT	Análisis Diagnóstico Transfronterizo
ANA	<i>Agência Nacional de Águas</i> / Agencia Nacional de Aguas de Brasil
BHI	Balance Hídrico Integrado
BHS	Balance Hídrico Superficial
CARP	Comisión Administradora para el Río de la Plata
CARU	Comisión Administradora del Río Uruguay
CdP	Cuenca del Plata
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas de España
CHAC	Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas
CIC	Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata
CNRH	<i>Conselho Nacional de Recursos Hídricos</i> / Consejo Nacional de Recursos Hídricos de Brasil
COHIFE	Consejo Hídrico Federal, de Argentina
CPTEC	<i>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos</i> / Centro de Predicción del Tiempo y Estudios Climáticos de Brasil
CTM	Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (Argentina-Uruguay)
DINAGUA	Dirección Nacional de Aguas de Uruguay
DMH	Dirección de Meteorología e Hidrología de Paraguay
EBY	Entidad Binacional Yacyretá (Argentina-Paraguay)
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
ETP	Evapotranspiración potencial media
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEF	<i>Global Environment Facility</i> / Fondo para el Medio Ambiente Mundial – FMAM (se cita en el documento por su sigla en español)
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
IB	Itaipú Binacional (Brasil-Paraguay)
INA	Instituto Nacional del Agua de Argentina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia / Instituto Nacional de Meteorología de Brasil
INPE	<i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i> / Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> / Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IPH	Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul
IRGA	Instituto Riograndense del Arroz
MGB	Modelo de Grandes Cuencas

OEA	Organización de los Estados Americanos
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PAE	Programa de Acciones Estratégicas
PM	Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SADr-IPH	Sistema de Soporte a la Decisión con inclusión de Embalses, del Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul
SAG	Sistema Acuífero Guaraní
SAYTT	Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMHN	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional de Bolivia
SMN	Servicio Meteorológico Nacional de Argentina
SNHN	Servicio Nacional de Hidrografía Naval de Bolivia
SNIRH	<i>Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos</i> / Sistema Nacional de Informaciones sobre los Recursos Hídricos de Brasil
SRHU	<i>Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano</i> / Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano de Brasil
SSRH	Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación de Argentina
TCP	Tratado de la Cuenca del Plata
TCT	Tema Crítico Transfronterizo
TSM	Temperatura de la superficie del mar
UCP	Unidad de Coordinación de Proyecto
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> / Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA (se cita en el texto por su sigla en español)
URH	Unidades de respuestas hidrológicas
WMO	<i>World Meteorological Organization</i> / Organización Meteorológica Mundial – OMM (se cita en el texto por su sigla en español)

Referencias Institucionales

Representantes de los países en el Consejo Director del Programa Marco

Representante Político	Representante Técnico	Segundo Representante Técnico
Argentina		
Titulares		
Embajador Natalio Marcelo Jamer (2016)	Pablo Bereciartua (2016)	Osvaldo Fernandez (2016)
Embajadora Mónica Rosa Troadello (2011-2015)	Edgardo Bortolozzi (2012-2015)	Roberto Adaro (2015, 2013 y 2012)
	Fabián López (2011)	Julio Nasser (2014)
		Miguel Gomez (2011)
Alternos		
Ministro Eugenio Garcia Santos (2012-2016)	Marcelo Gaviño Novillo (2016)	Miguel Gomez (2014)
	Andrés Rodríguez (2011-2015)	
Bolivia		
Titulares		
Embajador Juan Carlos Alurralde (2013-2016)	Carlos Ortuño (2014-2016)	Oscar Cespedes Montaña (2014-2016)
Embajador Pablo Guzman Lougier (2011-2013)	Luis Marka Saravia (2012-2013)	
Alternos		
Juan Carlos Segurola Tapia (2014-2016)	Oscar Céspedes (2014-2016)	
Mayra Montero Castillo (2011-2016)		
Clarems Endara Vera (2011)		
Brasil		
Titulares		
Embajadora Eugenia Barthelmess (2015-2016)	Julio Thadeu Silva Kettelhut (2011-2016)	
Embajador João Luiz Pereira Pinto (2011-2013)		

Representante Político	Representante Técnico	Segundo Representante Técnico
------------------------	-----------------------	-------------------------------

Brasil		
---------------	--	--

Alternos		
-----------------	--	--

Ministra Consejera Gisela Padovan (2013-2016)		
Primer Secretario Rodrigo de Macedo Pinto (2016)		
Segundo Secretario Joaquim Araújo (2016)		
Secretario Filipe Lopes (2014-2015)		
Secretario Felipe Antunes (2014-2015)		
Ministro Philip Fox-Drummond Gough (2013)		
Segunda Secretaria Patricia Soares (2011)		

Paraguay		
-----------------	--	--

Titulares		
------------------	--	--

Embajador Didier Olmedo (2014-2016)	David Fariña (2014-2016)	
Embajador Luis Fernando Avalos (2012-2014)	Sofía Vera (2013-2014)	
Embajador Gabriel Enciso Lopez (2011)	Daniel González (2013)	
	Silvia Spinzi (2012)	
	Daniel Garcia (2011-2012)	

Alternos		
-----------------	--	--

Primer Secretario Blas Felip (2013-2016)		Rafael Gonzalez (2011)
Ministro Miguel Lopez Arzamendia (2012)		
Consejero Alfredo Nuñez (2011-2012)		
Primera Secretaria Eliana Abigail Vergara (2011-2013)		

Uruguay		
----------------	--	--

Titulares		
------------------	--	--

Martín Vidal (2016)	Daniel Greif (2015-2016)	Alejandro Nario (2015-2016)
Ministro Juan Remedi (2011-2015)	Daniel Gonzalez (2012-2013)	Jorge Rucks (2011-2015)
	José Luis Genta (2011)	

Alternos		
-----------------	--	--

Javier Vidal (2016)	Silvana Alcoz (2015-2016)	
------------------------	------------------------------	--

Unidades Nacionales del Programa Marco

Coordinadores Nacionales

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Titulares				
Miguel A. Giraut (2011-2016)	Mayra Montero Castillo (2011-2016)	Julio Thadeu Silva Kettelhut (2011-2016)	David Fariña (2014-2016) Sofia Vera (2013-2014) Daniel Gonzalez (2013) Silvia Spinzi (2012) Daniel Garcia (2011-2012)	Silvana Alcoz (2011-2016)

Asistentes de Coordinadores Nacionales

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Susana Minatti (2011-2016)		Aureliano Cesar (2011-2016)	Julieta Gauto (2011-2016)	Ana Laura Martino (2011-2016)

Unidades Nacionales del Programa Marco

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina*	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Marco Legal e Institucional				
Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto (Mónica Troadello, Natalio Marcelo Jamer)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Carlos Alurralde, Pablo Guzmán Lougier, Mayra Montero Castillo)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Eugenia Barthelmess, Joa Luíz Pereira Pinto); Ministerio do Medio Ambiente/ Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano (Julio Thadeu Silva Kettelhut)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Didier Olmedo, Luis Fernando Avalos, Blas Felip)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Antonio Remedi)
Sistema Soporte para la Toma de Decisiones				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Federico Scuka, Carla Lupano)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Lizet Sullcata)	Agencia Nacional de Aguas (Sergio Barbosa)	Secretaría del Ambiente (Julián Cáceres); Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Federico Ferreira, Nestor Cabral)	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (Virginia Fernández); Instituto Uruguayo Meteorología (INUMET) (Víctor Marabotto); Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM-SG) (Ignacio Corrales)
Participación Pública, Comunicación y Educación				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Silvia Freiler, Daniela García)	Ministerio de Relaciones Exteriores (María del Sagrario Urgel Aguilar, Consuelo Ponce) Ministerio de Educación	Ministerio de Medio Ambiente/ Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano (Franklin de Paula Júnior)	Universidad Nacional de Pilar (Ernilda Vera); Secretaría de la Información y Comunicación (César Palacios); Secretaría del Ambiente (Maria Coronel)	MVOTMA (Luján Jara); Ana Laura Martino; Ministerio de Educación y Cultura (Laura Barcia); Secretaría Comunicación Presidencia (Carolina Echavarría)
Balance Hídrico Integrado				
Instituto Nacional del Agua/Centro Regional Litoral (Carlos Paoli)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Luis Noriega)	Instituto de Investigaciones Hidráulicas (André Silveira, Walter Collischonn)	Secretaría del Ambiente (Andrés Wehrle); Universidad Nacional de Asunción (Juan Pablo Nogués); Itaipú Binacional (Pedro Domaniczky)	Universidad de la República (UDELAR) (Luis Silveira, Christian Chreties, Magdalena Crisci, Jimena Alonso); UDELAR-Regional Norte (Pablo Gamazo); CTM-SG (Nicolás Failache); MVOTMA (Rodolfo Chao)

*Consejo Hídrico Federal Argentina (2011– 2016).

Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (Oscar Duarte). Instituto Correntino del Agua y del Ambiente (Mario Rujana).

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Cantidad y Calidad de Agua				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Marina Jakomin)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Geovana Rocabado)	Agencia Nacional de Aguas (Maurrem Ramon Vieira)	Universidad Nacional de Asunción (Inocencia Peralta); Secretaria del Ambiente (Sofía Vera, Aida Olavarrieta)	MVOTMA (Luis Reolón)
Aguas Subterráneas				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Jorge Santa Cruz, Lida Borello)	Servicio Geológico Minero (Jorge Bellot)	Departamento de Aguas y Energía Eléctrica (Gerôncio Rocha); Servicio Geológico de Brasil (João Alberto Diniz, Fernando Feitosa, Roberto Kircheim)	Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (Andrés Wehrle); Secretaria del Ambiente (Daniel García Segredo)	MVOTMA (Lourdes Batista, Ximena Lacués); CEREGAS (Alberto Manganelli) Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) (Enrique Massa, Javier Techera); Obras Sanitarias del Estado (OSE) (Pablo Decoud, Andrés Pérez)
Ecosistemas Acuáticos y Asociados				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Sara Sverlij); Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Laura Pertusi)	Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas (Sharbel Gutierrez)	Universidad Estadual Paulista (Marcos Nogueira, Danilo Naliato)	Secretaría del Ambiente (Mirta Medina, Nora Neris, Reinilda Duré)	MVOTMA (Guillermo Scarlato); Ana Laura Martino; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Alfredo Pereira); UDELAR (Alejandro Brazeiro)
Degradación de la Tierra				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (José Cuevas; Pablo Viegas Aurelio)	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierra	Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Celso Vainer Manzatto)	Secretaría del Ambiente (David Fariña, José Silvero)	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca MGAP (Carlos Clerici); Facultad de Agronomía de la Universidad de la República - UDELAR (Mario Pérez Bidegain, Fernando García Prechac)
Oportunidades para el Desarrollo				
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Martín Reymúndez)	Ministerio de Relaciones Exteriores	Ministerio de Transportes (Luiz Eduardo García)	Secretaría Nacional de Turismo (Antonio Van Humbeeck)	Ministerio de Turismo (Marcelo Canteiro)

Unidades Nacionales del Programa Marco

Grupos Temáticos del Programa Marco (continuación)

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
PPD Biodiversidad				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Laura Pertusi); Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Sara Sverlij)	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	Universidad Estadual Paulista (Marcos Nogueira); Itaipú Binacional (Carla Canzi)	Secretaría del Ambiente (Darío Mandelburger)	
PPD Confluencia				
Administración Provincial del Agua del Chaco (Patricia Parini)		Itaipú Binacional (Jair Kotz, Carla Canzi)	Entidad Binacional Yacyretá (Lucas Chamorro)	
PPD Cuareim				
		Comité de las Aguas Estadales de la cuenca del río Quaraí (Ivo Lima Wagner); Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul; Departamento de Recursos Hídricos (Fernando Meirelles)		Referente Local (Laura Marcelino); Comisión Cuenca Río Cuareim; MVOTMA (Silvana Alcoz); Ana Laura Martino
PPD Pilcomayo				
Unidad Provincial Coordinadora del Agua de Formosa (Horacio Zambón); Secretaría de Recursos Hídricos de Salta (Alfredo Fuertes)	Ministerio de Relaciones Exteriores (Juan Carlos Seguro, Mayra Montero Castillo); Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Oscar Cespedes)		Secretaría del Ambiente (Rosa Morel, Daniel García)	
Escenarios Hidroclimáticos				
Instituto Nacional del Agua (Dora Goniadzki)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Gualberto Carrasco)	Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Gilvan Sampaio de Oliveira)	Dirección de Meteorología e Hidrología (Julián Baez); Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción (Benjamín Grassi)	UDELAR (Rafael Terra, Gabriel Cazes, Marcelo Barrero); INUMET (Mario Bidegain)

Grupos Temáticos del Programa Marco

Argentina	Bolivia	Brasil	Paraguay	Uruguay
Monitoreo y Alerta				
Instituto Nacional del Agua (Juan Borús)	Servicio Nacional de Hidrografía Naval (Luis Miguel Carrasco)	Agencia Nacional de Aguas (Valdemar S. Guimarães, Augusto Bragança)	Entidad Binacional Yacyretá (Lucas Chamorro); Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Cristián Escobar)	UDELAR (Luis Silveira, Jimena Alonso); MVOTMA (Luis Reolón, Gabriel Yorda, Javier Martínez, Juan Carlos Giacri, Adriana Piperno) CECOED Artigas (Juan José Eguillor)
Radars				
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Juan Carlos Bertoni, Carlos Lacunza)	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Gualberto Carrasco)	Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (Carlos Frederico de Angelis)	Dirección de Meteorología e Hidrología (Julián Baez)	UDELAR (Gabriel Cazes); INUMET (Daniel Bonora, Néstor Santayana); CTM-SG (Juan Badagian)
Modelos de Grandes Cuencas				
Instituto Nacional del Agua (Juan Borús)	Servicio Nacional de Hidrografía Naval (Luis Miguel Carrasco)	Instituto de Investigaciones Hidráulicas (Walter Collischonn)	Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Cristián Escobar, Pedro Takahashi)	UDELAR (Christian Chreties)



**FONDO PARA EL MEDIO
AMBIENTE MUNDIAL - FMAM**
GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY - GEF

El FMAM promueve la cooperación internacional y fomenta medidas encaminadas a proteger el medio ambiente de nuestro planeta. Desde su creación, se ha convertido en un agente catalizador y fuente de financiamiento para considerar en forma integrada problemas ambientales mundiales en el proceso de desarrollo, lo que resulta decisivo para conseguir un equilibrio sostenible entre el hombre y la naturaleza. Aportó los fondos no reembolsables con los que se financió el Programa Marco.



**PROGRAMA DE NACIONES
UNIDAS PARA EL MEDIO
AMBIENTE**
UNITED NATIONS ENVIRONMENT
PROGRAMME - UN ENVIRONMENT

El Programa dirige y alienta la participación en el cuidado del medio ambiente, inspirando, informando y dando a las naciones y a los pueblos los medios para mejorar su capacidad de vida sin poner en peligro a las futuras generaciones. En la estructura organizativa del Programa Marco ha sido la agencia de implementación del GEF, habiendo sido su objetivo asegurar que el mismo se ejecutara para el beneficio del medio ambiente global. Miembro del Consejo Director del Proyecto.



**ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS - OEA**
ORGANIZATION OF
AMERICAN STATES - OAS

La OEA ha mantenido una histórica relación de cooperación técnica con la Cuenca del Plata y con el CIC en temas relativos al desarrollo sostenible, a los recursos naturales y a la gestión de los recursos hídricos. Para la preparación del Programa Marco de la Cuenca del Plata fue la organización regional seleccionada, tanto por el PNUMA como por el CIC, como agencia ejecutora, responsable técnica y administrativa de los fondos FMAM. Miembro del Consejo Director del Proyecto.

Programa Marco

FMAM - GEF

Christian Severin
Especialista Principal en Medio Ambiente

UN ENVIRONMENT

Isabelle Van Der Beck
Gerente de Programa

OEA - OAS

Cletus Springer
Director del Departamento
de Desarrollo Sostenible (DDS)

Maximiliano Campos
Jefe Sección II, Gestión Integrada
de Recursos Hídricos

Enrique Bello
Jefe Unidad Técnica Administrativa
SG/OEA Argentina

DIRECTOR DE PROYECTO

Miguel Ángel López Arzamendia (2010-2011)
José Luis Genta (2011-2015)
Alejandro Peyrou (2015-2016)

COORDINADORA TÉCNICA INTERNACIONAL

Silvia Rafaelli (2011-2016)

COORDINADORA TÉCNICA ADJUNTA

Elena Benitez Alonso (2011-2013)
Ana Maria Castillo Clerici (2013-2016)

ASISTENTES TÉCNICOS

Ignacio Masson (2011-2014)
Julia Lacal Bereslawski (2011-2016)
Eduardo Roude (2011-2016)
Valeria Rodríguez Brondo (2011-2014)
Fabián Riveros (2011-2012)
Romina Morbelli (2013-2016)
Marta Ayala (2014-2016)
Martín Ribeiros (2014)
Roberto Montes (2015)

SECRETARIAS

Aliene Zardo Ferreira (2011)
Danielle Carvalho (2011-2012)
Lourdes Martins (2012-2015)
María Paula Giorgieri (2015-2016)

Publicaciones del Programa Marco

Documentos principales

Versiones en español, portugués e inglés



Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata ADT



Programa de Acciones Estratégicas de la Cuenca del Plata PAE



Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT) y Programa de Acciones Estratégicas (PAE)
Síntesis ejecutiva



Programa Marco de la Cuenca del Plata
Proceso de ejecución y principales resultados

Documentos temáticos



Sistema soporte para la toma de decisiones de la Cuenca del Plata



Marco institucional y legal para la gestión integrada de los recursos hídricos en la Cuenca del Plata



Participación pública, comunicación y educación
Proyectos del Fondo de Participación Pública
Réplica del Programa Cultivando Agua Buena



Hidroclimatología de la Cuenca del Plata



Balance hídrico en la Cuenca del Plata
Disponibilidad y usos, considerando escenarios futuros
Modelos de gestión



**Calidad del agua
en la Cuenca del Plata**



**Aguas subterráneas
en la Cuenca del Plata**



**Ecosistemas acuáticos
en la Cuenca del Plata**



**Inventario de Regiones
de Humedales de
la Cuenca del Plata**



**Degradación de tierras
en la Cuenca del Plata**



**Selva Misionera
Paranaense**



**Hidroelectricidad
y navegación en
la Cuenca del Plata**



**Tecnologías limpias
y ecoturismo
en la Cuenca del Plata**



**Buenas prácticas
en el uso del suelo
en la Cuenca del Plata**



**Boas práticas
para o cultivo do arroz
na Bacia do Prata**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Conservación de la biodiversidad
íctica en una zona regulada
del río Paraná**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Resolución de conflictos por
el uso del agua en la cuenca
del río Cuareim/Quaraí**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Sistema de alerta hidroambiental
en la confluencia de los ríos
Paraguay y Paraná**



**Proyecto Piloto Demostrativo
Control de contaminación
y erosión en el río Pilcomayo**



Programa Marco para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos de la variabilidad y el cambio climático
Programa Marco para gestão sustentável dos recursos hídricos da Bacia do Prata, considerando os efeitos decorrentes da variabilidade e mudanças do clima

ISBN 978-987-4187-09-3



9 789874 187093

