

# MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

## Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay

Vicente Barros



NACIONES UNIDAS



# MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

## Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay

Vicente Barros



NACIONES UNIDAS



Este documento fue preparado por Vicente Barros, consultor de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y forma parte de los estudios sectoriales realizados en el marco de las actividades del proyecto CEPAL/Estudio regional de la economía del cambio climático (ERECC) en América Latina y el Caribe— iniciativa encabezada por la CEPAL—, en particular, del estudio de la economía del cambio climático en la Argentina, realizado bajo la coordinación de Osvaldo Girardín a nivel nacional y de Jose Luis Samaniego, Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, con la colaboración de Carlos de Miguel, Luis Miguel Galindo, Mauricio Pereira y Karina Martínez. El ERECC contó con el apoyo y colaboración financiera de los Gobiernos de Alemania, Dinamarca, España y el Reino Unido, así como de la Unión Europea y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la organización.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

---

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN 1564-4189

LC/L.3741

Copyright © Naciones Unidas, noviembre de 2013. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

---

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

# Índice

---

<b>Resumen</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	9
A. La Cuenca del Plata.....	9
B. Los cambios de caudales observados en la Cuenca del Plata.....	10
C. Necesidad del modelado hidrológico.....	11
<b>I. El modelado hidrológico</b> .....	13
A. El modelo VIC.....	13
B. Datos geográficos.....	15
C. Datos meteorológicos e hidrológicos.....	16
<b>II. Calibración y validación</b> .....	19
A. Río Uruguay.....	19
B. Río Paraná.....	21
C. Río Paraguay.....	23
D. Conclusión.....	23
<b>III. Sensibilidad a los cambios climáticos</b> .....	25
<b>IV. Escenarios hidrológicos</b> .....	29
A. Clima.....	29
1. Precipitación.....	29
2. Temperatura.....	34
B. Caudales.....	37
1. Río Uruguay.....	37
2. Río Paraná.....	40
<b>IV. Conclusiones</b> .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	51

<b>Anexo</b>	<b>Apoyo a las actividades de coordinación</b> .....	53
	<b>Serie Medio Ambiente y Desarrollo: números publicados</b> .....	55

**Índice de cuadros**

CUADRO 1	CAUDALES MEDIOS ANUALES EN M <sup>3</sup> /S DEL PERÍODO 1960/1999 .....	9
CUADRO 2	LOS 12 TIPOS DE CUBIERTA VEGETAL CONSIDERADOS EN LA APLICACIÓN DEL MODELO VIC.....	15
CUADRO 3	ESTACIONES DE AFORO.....	17
CUADRO 4	CAUDALES MEDIOS ANUALES OBSERVADOS Y MODELADOS CON DATOS DE PRECIS EN EL PERÍODO 1990-1994 PARA ESTACIONES SOBRE EL RÍO PARANÁ.....	21
CUADRO 5	CAUDALES Y VARIACIONES RELATIVAS, CON RESPECTO AL PERÍODO 1990/1999 EN TRES ESTACIONES ARGENTINAS.....	27
CUADRO 6	ESCENARIOS DE CAUDALES EN SALTO GRANDE Y SUS RESPECTIVAS VARIACIONES PORCENTUALES CON RESPECTO AL PERÍODO DE REFERENCIA .....	37
CUADRO 7	ESCENARIOS DE CAUDALES EN POSADAS Y SUS RESPECTIVAS VARIACIONES CON RESPECTO AL PERÍODO DE REFERENCIA .....	41
CUADRO 8	ESCENARIOS DE CAUDALES EN CORRIENTES Y SUS RESPECTIVAS VARIACIONES PORCENTUALES CON RESPECTO AL PERÍODO DE REFERENCIA .....	44

**Índice de gráficos**

GRÁFICO 1	MARCHAS DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS PARA LA ETAPA DE VALIDACIÓN (1991-1995) EN SALTO GRANDE .....	20
GRÁFICO 2	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS PARA TODA LA SERIE (1990-1999) EN SALTO GRANDE .....	20
GRÁFICO 3	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS (1990-1994) EN JUPIÁ .....	21
GRÁFICO 4	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS (1990-1994) EN INTAPÚ .....	22
GRÁFICO 5	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS (1990-1994) EN POSADAS .....	22
GRÁFICO 6	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS (1990-1994) EN CORRIENTES.....	23
GRÁFICO 7	MARCHA ANUAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES OBSERVADOS Y MODELADOS (1990-1994) EN ASUNCIÓN.....	24
GRÁFICO 8	ESCENARIOS DE CAUDAL MEDIO ANUAL EN SALTO GRANDE.....	37
GRÁFICO 9	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2016/2025 EN SALTO GRANDE PARA EL ESCENARIO A2 .....	38
GRÁFICO 10	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2046/2055 EN SALTO GRANDE PARA EL ESCENARIO A2 .....	38
GRÁFICO 11	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2046/2055 EN SALTO GRANDE PARA EL ESCENARIO B2 .....	39
GRÁFICO 12	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2091/2100 EN SALTO GRANDE PARA EL ESCENARIO A2 .....	39
GRÁFICO 13	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2091/2100 EN SALTO GRANDE PARA EL ESCENARIO B2 .....	40

GRÁFICO 14	ESCENARIOS DE CAUDAL MEDIO ANUAL EN POSADAS .....	41
GRÁFICO 15	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2016/2025 EN POSADAS PARA EL ESCENARIO A2 .....	42
GRÁFICO 16	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS, DE LA DÉCADA 2046/2055 EN POSADAS PARA EL ESCENARIO A2 .....	42
GRÁFICO 17	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS, DE LA DÉCADA 2046/2055 EN POSADAS PARA EL ESCENARIO B2 .....	43
GRÁFICO 18	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS, DE LA DÉCADA 2091/2100 EN POSADAS PARA EL ESCENARIO A2 .....	43
GRÁFICO 19	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS, DE LA DÉCADA 2091/2100 EN POSADAS PARA EL ESCENARIO B2 .....	44
GRÁFICO 20	ESCENARIOS DE CUADAL MEDIO ANUAL EN CORRIENTES .....	45
GRÁFICO 21	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2016/2025 EN CORRIENTES PARA EL ESCENARIO A2 .....	45
GRÁFICO 22	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2046/2055 EN CORRIENTES PARA EL ESCENARIO A2 .....	46
GRÁFICO 23	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2046/2055 EN CORRIENTES PARA EL ESCENARIO B2 .....	46
GRÁFICO 24	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2091/2100 EN CORRIENTES PARA EL ESCENARIO A2 .....	47
GRÁFICO 25	HIDROGRAMA MEDIO, VALORES MENSUALES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LA DÉCADA 2091/2100 EN CORRIENTES PARA EL ESCENARIO B2 .....	47

### Índice de diagramas

DIAGRAMA 1	ESQUEMA DE LA RUTA DE LOS FLUJOS DE AGUA GENERADOS EN LOS PUNTOS DE RETÍCULA .....	14
------------	---	----

### Índice de mapas

MAPA 1	LA CUENCA DEL PLATA .....	10
MAPA 2	LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES CON DATOS DE TEMPERATURA Y PUNTOS DE CIERRE DE LAS CUENCAS .....	16
MAPA 3	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS .....	17
MAPA 4	CAMBIO DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 2020-2040 RESPECTO DE 1961-2000 PARA EL ESCENARIO A1B, DERIVADO DE UN ENSAMBLE DE 14 MCGS, VERSIÓN 2006 .....	26
MAPA 5	CAMBIO DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 2020-2040 RESPECTO DE 1961-1990 PARA EL ESCENARIO A1B, DERIVADO DE UN ENSAMBLE DE 14 MCGS, VERSIÓN 2006 .....	26
MAPA 6	COEFICIENTE DE CORRECCIÓN DE LOS VALORES ANUALES DE PRECIPITACIÓN DEL MODELO PRECIS COMO RESULTADO DE SU COMPARACIÓN CON LOS CAMPOS BASADOS EN DATOS OBSERVADOS EN EL PERÍODO 1960/1990 .....	30
MAPA 7	ESCENARIO DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL ESCENARIO A2 EN EL PERÍODO 2020/2029 .....	30

MAPA 8	ESCENARIO DE CAMBIO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 2020/2029, ESCENARIO A2 .....	31
MAPA 9	ESCENARIO DE CAMBIO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 2050/2059 PARA LOS ESCENARIOS A2 Y B2 .....	31
MAPA 10	ESCENARIO DE CAMBIO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL PERÍODO 2090/2099 PARA LOS ESCENARIOS A2 Y B2 .....	32
MAPA 11	ESCENARIO DE TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA ANUAL PARA EL ESCENARIO A2 EN EL PERÍODO 2020/2029 .....	33
MAPA 12	ESCENARIOS DE CAMBIO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA MEDIA ANUAL CON RESPECTO AL PERÍODO 1960/1990, PARA EL PERÍODO 2020/2029, ESCENARIO A2 .....	34
MAPA 13	ESCENARIOS DE CAMBIO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA MEDIA ANUAL EN EL ESCENARIO A2 Y PARA LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA ANUAL EN EL ESCENARIO B2, PARA EL PERÍODO 2090/2099 CON RESPECTO AL PERÍODO 1960-1990 .....	35
MAPA 14	ESCENARIOS DE CAMBIO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA MEDIA ANUAL EN EL ESCENARIO A2 Y PARA LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA EN EL ESCENARIO B2, PARA EL PERÍODO 2090/2099 CON RESPECTO AL PERÍODO 1960-1990, MEDIO EN °C. ....	36

## Resumen

---

Los caudales medios de los grandes ríos de la Cuenca del Plata tuvieron un notable incremento, un 35 % entre 1951-1970 y 1980-1999. Cabe la pregunta si estos cambios de caudales medios se mantendrán durante las próximas décadas en un contexto de cambio climático global. El factor climático más importante es la precipitación media anual, su distribución estacional y regional, pero también es importante la evaporación que depende tanto de la lluvia como de la temperatura.

El modelo PRECIS muestra escenarios con importantes incrementos de precipitación sobre casi toda la cuenca a lo largo del siglo XXI. Pero para la Cuenca del Plata dan en promedio incrementos más moderados, y algunos de ellos reducciones. Por su parte, el modelo hidrológico VIC (Variable Infiltration Capacity) que representa muy bien los caudales en el río Uruguay, su comportamiento no es tan bueno en la cuenca superior del Paraná, pero mediante ajustes empíricos se logró reproducir los valores medios y el hidrograma medio anual. Aún con estos ajustes no es capaz de representar los caudales del río Paraguay, el cual es de difícil modelado por la baja pendiente que domina su cuenca.

En el caso del río Uruguay, en un escenario de calentamiento moderado no habría mayores cambios en los caudales y éstos disminuirían en un 15 % hacia fin de siglo. Por el contrario, si se acepta el escenario climático PRECIS con aumentos de lluvia, que no estarían totalmente compensados por

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

[https://www.yunbaogao.cn/report/index/云报告?reportId=5\\_1052](https://www.yunbaogao.cn/report/index/云报告?reportId=5_1052)

