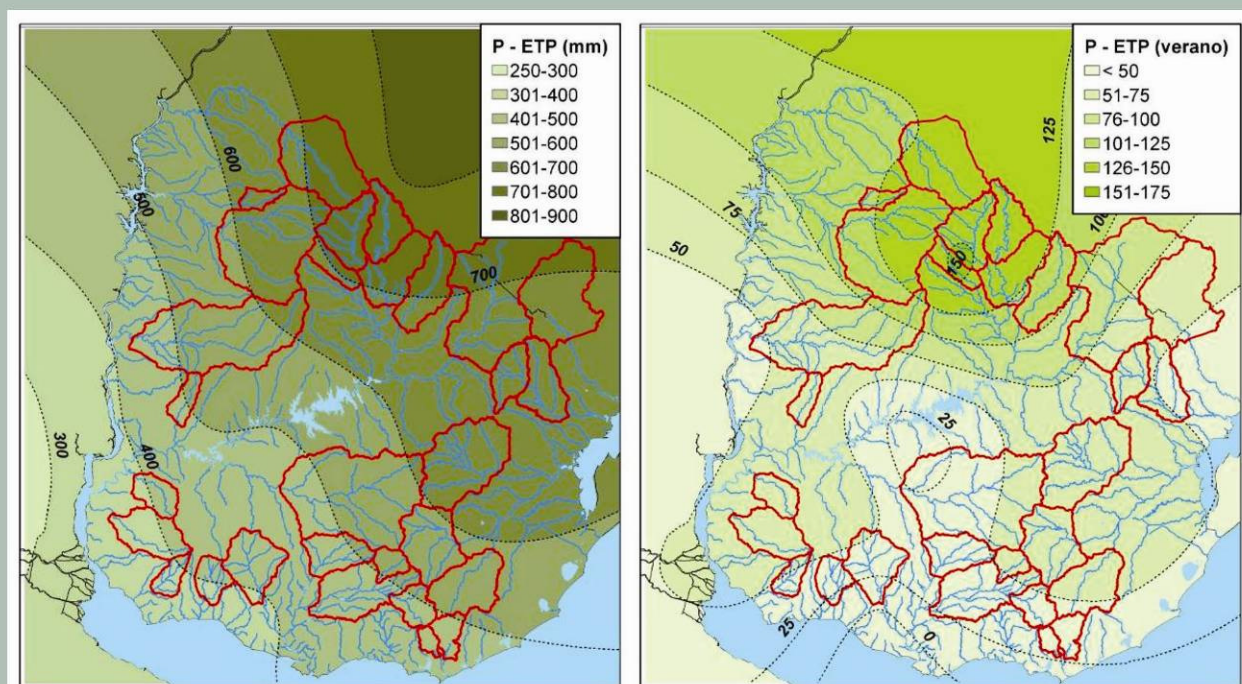


DIVISIÓN RECURSOS HÍDRICOS DEPARTAMENTO DE HIDROLOGÍA



REGIONALIZACIÓN Y CORRELACIONES DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

BANCO NACIONAL DE DATOS HIROLÓGICOS
SISTEMA DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Montevideo, marzo de 2012



Dirección Nacional de Aguas

DINAGUA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

AUTORIDADES

Arq. GRACIELA MUSLERA

MINISTRA DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL
Y MEDIO AMBIENTE

Arq. RAQUEL LEJTREJER

SUBSECRETARIA

Dr. GERARDO SIRI

DIRECTOR GENERAL DE SECRETARÍA

Ing. DANIEL GONZÁLEZ

DIRECTOR NACIONAL DE AGUAS

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| PRESENTACIÓN | |
| 1.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2.- INFORMACIÓN UTILIZADA | 3 |
| 2.1.- Información hidrométrica | 3 |
| 2.2.- Información meteorológica | 5 |
| 2.3.- Información de capacidad de almacenamiento en suelos | 6 |
| 3.- INTERPOLACIÓN DE VALORES ANUALES Y ESTACIONALES | 10 |
| 3.1.- Interpolación de la precipitación media anual y cuatrimestral | 11 |
| 3.2.- Interpolación de la ETP media anual y de verano | 12 |
| 3.3.- Interpolación de los escurrimientos | 13 |
| 4.- REGIONALIZACIÓN DE ESCURRIMIENTOS | 14 |
| 4.1.- Regionalización de cuencas aforadas en base a APDN | 14 |
| 4.2.- Verificación en base a curvas de frecuencia estacionales | 16 |
| 4.3.- Verificación en base a los ciclos anuales de escurrimientos | 22 |
| 5.- RESUMEN DE PARÁMETROS ESTACIONALES REGIONALIZADOS..... | 26 |

PRESENTACIÓN

A partir de la entrada en vigencia de la Ley N° 18.172 del 31 de agosto de 2007 las competencias de la Dirección Nacional de Hidrografía del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (DNH-MTOP) en materia de evaluación, administración y control de los recursos hídricos fueron transferidas al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, actualmente a cargo de su Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA-MVOTMA).

En dicha transferencia están incluidas las responsabilidades del Servicio Hidrológico Nacional y todos sus antecedentes documentales y de información hidrométrica, que abarcan varias décadas de observaciones y estudios hidrológicos.

Desde su anterior ubicación institucional en el MTOP los Departamentos de Administración de Aguas y de Hidrología de la División Recursos Hídricos (DRH) han elaborado las sucesivas ediciones de las publicaciones llamadas "Inventarios de Estaciones Hidrológicas", "Anuarios Hidrológicos" e "Inventarios de Aprovechamientos de Aguas Superficiales". Estas publicaciones son resultado directo de la existencia del "inventario actualizado de los recursos hídricos del país" previsto en el Art. 7 del Código de Aguas. Desde fines de la década del '90 dicho inventario se ha desarrollado en la órbita de la División Recursos Hídricos como un Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (SGRH).

Este informe, junto con el titulado "Ciclos anuales y estacionales de parámetros hidrológicos (1980-2004)" que se edita contemporáneamente, continúa una serie de informes temáticos del Departamento de Hidrología orientada a presentar en forma resumida y sistematizada la información hidrométrica contenida en el SGRH y algunas evaluaciones cuantitativas o cualitativas de los principales fenómenos hidrológicos ocurridos en el período.

Para la realización de estos informes ha sido fundamental la participación de los funcionarios del Departamento de Hidrología (Aytes. Juan C. Giacri, Jorge Coo, Loreley Castillo, Luis Machado y Roberto Sánchez) en las actividades de campo y de gabinete necesarias para la recolección, concentración y procesamiento primario de los datos de la red hidrométrica, así como la colaboración de las Oficinas Regionales en apoyo operativo. Pero sobre todo debe agradecerse la existencia de un banco de datos extenso y consolidado a lo largo de varias décadas, fruto de la visión y la dedicación de nuestros antecesores.

Montevideo, marzo de 2012

Ing. Roberto Torres
DIVISIÓN RECURSOS HÍDRICOS

Ing. Rodolfo Chao
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGÍA

1.- INTRODUCCIÓN

El "Glosario Hidrológico Internacional" (UNESCO – OMM)¹ define a los recursos hídricos de la siguiente manera:

*"Recursos de agua **disponibles** o potencialmente disponibles en cantidad y calidad **suficientes**, en un **lugar** y en un período de **tiempo** apropiados para satisfacer una **demanda** identificable."*

Desde esta perspectiva, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos requiere disponer de información confiable sobre el comportamiento hidrológico de las fuentes de agua que se quieren utilizar: ubicación, cuantificación, variabilidad estacional e interanual. Por lo tanto se debe manejar un mínimo de parámetros estadísticos que ayuden a estimar la **disponibilidad** de las cantidades de agua necesarias en el tiempo y en el lugar en los que se las pretende utilizar, en relación a las **demandas** de los usos actuales o potenciales.

Desde temprano el aprovechamiento de los recursos hídricos y su estudio en el Uruguay han sido objeto de atención a impulso de las demandas prevalentes en cada época (navegación, drenaje de tierras inundables, generación hidroeléctrica, riego). En la década del '80 se produce un fuerte impulso, siguiendo los desarrollos a nivel mundial en la valoración de los conceptos de evaluación y gestión de los recursos hídricos.² Con el apoyo de organismos técnicos internacionales se encara el relevamiento sistemático de datos de niveles y caudales cubriendo una buena parte del territorio nacional y de manera independiente de los requerimientos de un tipo de demanda específica.³

La red de observaciones hidrométricas en los principales cursos de agua ha generado desde entonces un volumen de información que permite la realización de estudios hidrológicos tales como balances hídricos o la estimación de valores estadísticos regionalizados para los escurrimientos superficiales.

En particular, en convenio con la Facultad de Ingeniería (UdelaR) se han hecho balances hídricos superficiales mensuales para 16 cuencas del país utilizando información del Servicio Hidrológico y de la Dirección Nacional de Meteorología (período 1980 a 1999) y aplicando modelos conceptuales de precipitación-escurrimiento para determinar los ciclos anuales de caudal, precipitación y evapotranspiración real.⁴

¹ Versión internet en <http://hydrologie.org/glu/aglo.htm>

² Ley 14.859 del 15 de diciembre de 1978 ("Código de Aguas"), Artículo 7º.- "El Ministerio competente llevará un inventario actualizado de los recursos hídricos del país, en el cual se registrará su ubicación, volumen, aforo, niveles, calidad, grado de aprovechamiento y demás datos técnicos pertinentes." (TÍTULO II: "Del inventario y apreciación de los recursos hídricos y del registro de los derechos al uso de aguas").

³ Proyecto URU/008/SCE/001-UNESCO, capítulo HIDROLOGÍA, Wilson, A.- CONADHI (1972-1973); Proyecto HIDROLOGÍA PARA EL DESARROLLO URU-87/007, MTOP-DNH-PNUD-OMM (1987-1990).

⁴ "Balance hídrico en el Uruguay" IMFIA-MTOP-UNESCO-PHI (dic. 2001).

El presente trabajo se orienta a actualizar la información hidrológica disponible organizándola desde un punto de vista regional y analizando las variables hidrometeorológicas en conjunto con las capacidades de retención de agua en los suelos.

El objetivo es disponer de criterios simplificados para extrapolar la información disponible a subcuencas no aforadas con fines de gestión y planificación, como paso previo al desarrollo de modelos más detallados.

La información hidrométrica utilizada en este estudio ha sido elaborada a partir de datos del Banco Nacional de Datos Hidrométricos que, junto con el Inventario de Aprovechamientos de Recursos Hídricos, integra el Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (SGRH) que viene utilizando la División Recursos Hídricos desde el año 2005.

Se ha utilizado además información proporcionada por la Dirección Nacional de Meteorología (MDN) y datos extraídos de publicaciones de la División Suelos y Aguas Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca para valorar la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos.

El comportamiento medio de los ciclos de precipitaciones, evapotranspiración potencial y escurrimientos se presenta con mayor detalle en otra publicación de este Departamento.⁵

⁵ "Ciclos anuales y estacionales de parámetros hidrológicos (1980-2004)" - Depto. de Hidrología, DINAGUA-MVOTMA (mar. 2012).

2.- INFORMACIÓN UTILIZADA

2.1.- Información hidrométrica

La información hidrométrica utilizada en este estudio ha sido elaborada a partir de datos en el Banco Nacional de Datos Hidrométricos que, junto con el Inventario de Aprovechamientos de Recursos Hídricos, integra el Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (SGRH) que ha desarrollado la División Recursos Hídricos.

En la Figura 2.1 se identifican por su código las estaciones hidrométricas utilizadas en el estudio y las respectivas cuencas de aporte. La Tabla 1 resume la información de identificación de dichas estaciones y los valores promediales de caudales específicos incrementales. Los números de estación son los que identifican los datos presentados en los distintos gráficos y tablas del documento.

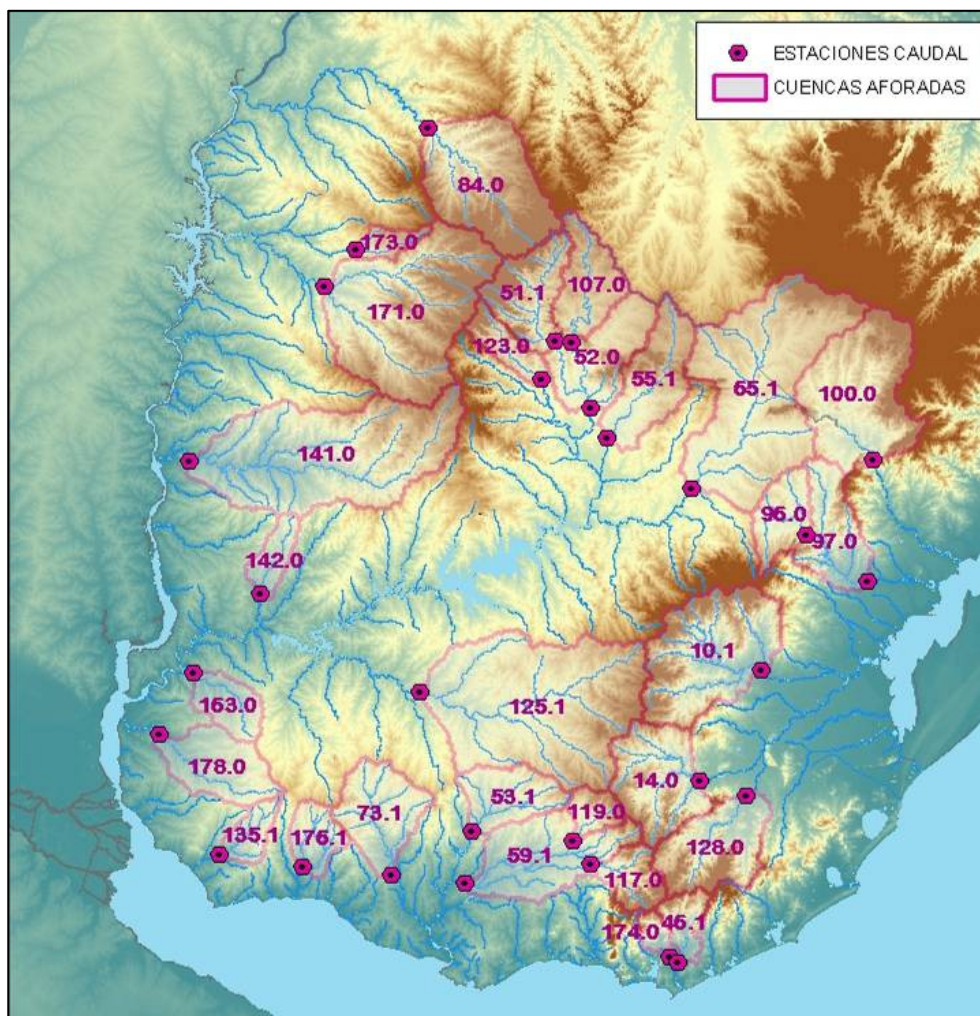


Fig. 2.1 – Estaciones de aforo y sus cuencas.

Fuente: SGRH (DINAGUA-MVOTMA)

Se seleccionó para este trabajo las estaciones hidrométricas que contaban con series de caudales continuas, extensas y confiables. El período de referencia estadística que se adoptó fue 1980 a 2004, en concordancia con los períodos de análisis considerados en otras publicaciones recientes del Departamento.⁶

Las cuencas aforadas cubren en total unos 82.850 km², un área equivalente a 45% del territorio nacional. Debe tenerse presente que de esa área unos 9.400 km² están en territorio brasileño (partes de las cuencas de los ríos Cuareim, Negro y Yaguarón).

En el Capítulo 3 se analiza la distribución espacial de los valores medios de los escurrimientos anuales y cuatrimestrales.

**TABLA 1 – Estaciones de aforo (SGRH).
(Período estadístico 1980-2004)**

| CUENCA | RIO O ARROYO | No. est. | AREA | | CAUDAL ESPEC. INCR. (L/s/km ²) | | | |
|-----------------|---------------------|----------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---------|---------|---------|
| | | | CUENCA TOTAL (km ²) | CUENCA INCREM. (km ²) | ANUAL | ABR-JUL | AGO-NOV | DIC-MAR |
| RÍO URUGUAY | Río Cuareim | 84.0 | 4486 | 4486 | 21.0 | 30.6 | 18.3 | 14.2 |
| RÍO URUGUAY | Río Queguay | 141.0 | 7863 | 7863 | 15.4 | 23.3 | 13.7 | 9.1 |
| RÍO URUGUAY | Río Arapey | 171.0 | 6932 | 6932 | 16.0 | 24.9 | 11.6 | 11.6 |
| RÍO URUGUAY | Río Arapey Ch. | 173.0 | 519 | 519 | 19.8 | 29.5 | 17.2 | 12.7 |
| RÍO URUGUAY | Río San Salvador | 178.0 | 2157 | 2157 | 13.5 | 14.1 | 14.0 | 12.5 |
| RÍO DE LA PLATA | Río San Juan | 135.0 | 747 | 747 | 8.4 | 10.2 | 9.6 | 5.4 |
| RÍO DE LA PLATA | Río Rosario | 176.1 | 1001 | 1001 | 7.0 | 8.6 | 8.2 | 4.3 |
| O. ATLANTICO | Ao. San Carlos | 46.1 | 823 | 823 | 13.4 | 17.3 | 17.5 | 5.3 |
| O. ATLANTICO | Ao. Maldonado | 174.0 | 364 | 364 | 14.8 | 18.4 | 19.8 | 6.3 |
| LAGUNA MERIN | Río Olimar | 10.1 | 4676 | 4676 | 20.9 | 28.5 | 23.5 | 10.7 |
| LAGUNA MERIN | Río Cebollatí | 14.0 | 2899 | 2899 | 19.3 | 24.6 | 23.3 | 10.0 |
| LAGUNA MERIN | Río Tacuarí | 96.0 | 1425 | 1425 | 18.6 | 27.4 | 20.5 | 7.9 |
| LAGUNA MERIN | Río Tacuarí | 97.0 | 3540 | 2115 | 16.9 | 22.9 | 19.5 | 8.3 |
| LAGUNA MERIN | Río Yaguarón | 100.0 | 4701 | 4701 | 15.0 | 22.1 | 16.6 | 6.4 |
| LAGUNA MERIN | Ao. Aiguá | 128.0 | 2748 | 2748 | 14.0 | 20.5 | 14.8 | 6.7 |
| RÍO NEGRO | Río Tacuarembó | 51.1 | 2213 | 2213 | 20.8 | 27.9 | 20.5 | 14.0 |
| RÍO NEGRO | Río Tacuarembó | 52.0 | 6599 | 2460 | 23.7 | 34.4 | 23.6 | 12.9 |
| RÍO NEGRO | Ao. Yaguarí | 55.1 | 2489 | 2489 | 20.3 | 30.3 | 19.8 | 10.9 |
| RÍO NEGRO | Río Negro | 65.1 | 8045 | 8045 | 17.2 | 26.0 | 17.6 | 8.0 |
| RÍO NEGRO | Ao. Cuñapirú | 107.0 | 1926 | 1926 | 21.0 | 29.1 | 21.9 | 12.0 |
| RÍO NEGRO | Ao. Tres Cruces | 123.0 | 918 | 918 | 20.9 | 28.3 | 19.9 | 14.5 |
| RÍO NEGRO | Río Yí | 125.1 | 8884 | 8884 | 13.9 | 20.3 | 15.5 | 5.9 |
| RÍO NEGRO | Ao. Don Esteban | 142.0 | 783 | 783 | 10.7 | 14.7 | 10.3 | 7.0 |
| RÍO NEGRO | Ao. Bequeló | 163.0 | 1145 | 1145 | 10.6 | 13.5 | 10.7 | 7.7 |
| RÍO STA. LUCIA | Río Santa Lucía Ch. | 53.1 | 1748 | 1748 | 13.1 | 17.3 | 16.3 | 5.9 |
| RÍO STA. LUCIA | Río Santa Lucía | 59.1 | 4916 | 3149 | 12.6 | 14.9 | 14.6 | 8.3 |
| RÍO STA. LUCIA | Río San José | 73.1 | 2314 | 2314 | 13.3 | 15.7 | 15.7 | 8.4 |
| RÍO STA. LUCIA | Río Santa Lucía | 117.0 | 1077 | 1077 | 16.6 | 21.8 | 19.2 | 8.7 |
| RÍO STA. LUCIA | Ao. Casupá | 119.0 | 690 | 690 | 10.1 | 13.2 | 12.7 | 4.5 |

⁶ "Valores mensuales 2005 vs. Ciclos anuales 1980 - 2004" y "Series mensuales normalizadas 1996 - 2005"; Depto. de Hidrología, DNH-MTOP (dic. 2006).

2.2.- Información meteorológica

La Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay (DNM - MDN) es la institución que gestiona la información meteorológica de carácter oficial en todo el territorio nacional. Para este estudio se utilizó información suministrada por la DNM (totales mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial mensual según Thornthwaite) correspondiente al período de referencia 1980 – 2004. La información fue utilizada tal como fue suministrada, sin revisión de consistencia.

La Figura 2.2 muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio. En la Tabla 2 se resumen los datos de identificación de las estaciones meteorológicas consideradas y la información utilizada en cada una de ellas (temperatura y/o precipitación).

La distribución espacial de los valores medios se presenta en el Capítulo 3.

TABLA 2 – Estaciones Meteorológicas (Dir. Nal. de Meteorología – MDN).

| CÓDIGO | ESTACIÓN | LAT (S) | LONG (O) | DATOS UTILIZADOS |
|--------|-------------------|---------|----------|------------------|
| 86315 | BELLA UNION | 30° 20' | 57° 58' | PREC, -- |
| 86330 | ARTIGAS | 30° 45' | 56° 47' | PREC, TEMP |
| 86350 | RIVERA | 30° 91' | 55° 55' | PREC, TEMP |
| 86360 | SALTO | 31° 45' | 57° 98' | PREC, TEMP |
| 86370 | TACUAREMBO | 31° 70' | 55° 96' | PREC, TEMP |
| 86430 | PAYSANDU | 32° 33' | 58° 08' | PREC, TEMP |
| 86440 | MELO | 32° 37' | 54° 18' | PREC, TEMP |
| 86450 | YOUNG | 32° 71' | 57° 62' | PREC, TEMP |
| 86460 | PASO DE LOS TOROS | 32° 82' | 56° 50' | PREC, TEMP |
| 86490 | MERCEDES | 33° 25' | 58° 07' | PREC, TEMP |
| 86500 | TREINTA Y TRES | 33° 38' | 54° 63' | PREC, TEMP |
| 86530 | DURAZNO | 33° 37' | 56° 53' | PREC, TEMP |
| 86532 | TRINIDAD | 33° 53' | 56° 88' | PREC, -- |
| 86545 | FLORIDA | 34° 07' | 56° 25' | PREC, TEMP |
| 86550 | SAN JOSE | 34° 35' | 56° 72' | PREC, -- |
| 86560 | COLONIA | 34° 47' | 57° 85' | PREC, TEMP |
| 86565 | ROCHA | 34° 48' | 54° 33' | PREC, TEMP |
| 86580 | CARRASCO | 34° 85' | 56° 02' | PREC, TEMP |
| 86585 | PRADO | 34° 87' | 56° 20' | PREC, -- |

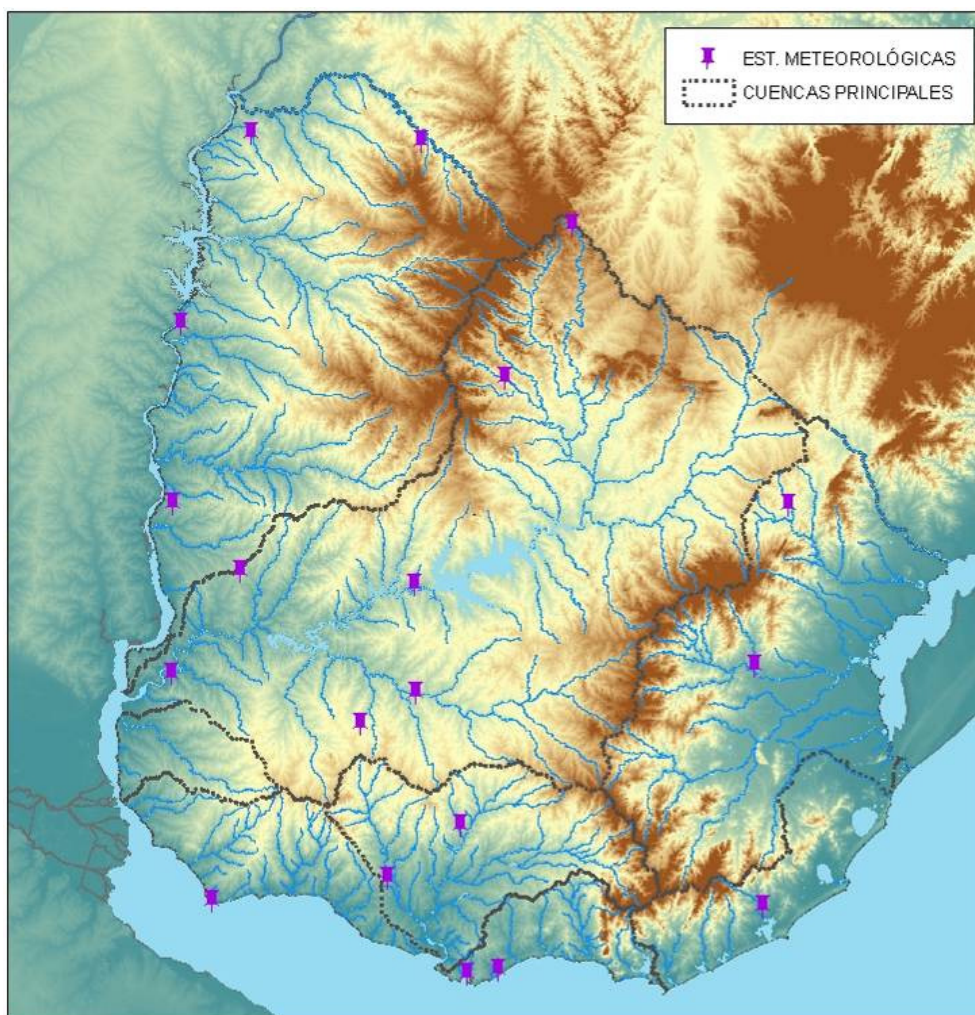


Fig. 2.2 – Estaciones meteorológicas (DNM-MDN)

Fuente: Elaboración sobre datos de DNM-MDN

2.3.- Información de capacidad de almacenamiento en suelos

En el año 2001 la División Suelos y Aguas Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca publicó el informe "Agua Disponible de las Tierras del Uruguay – Segunda Aproximación" (J. H. Molfino; A. Califra).⁷

En dicho trabajo se estimó el potencial de almacenamiento de agua disponible neta (**APDN**) de las respectivas Unidades Cartográficas (noventa y nueve Asociaciones de Suelos), calculado como la diferencia entre la capacidad de campo (**CC**) y el punto de marchitez permanente (**CMP**).

⁷ "AGUA DISPONIBLE DE LAS TIERRAS DEL URUGUAY - SEGUNDA APROXIMACIÓN"; División Suelos y Aguas - Dirección General de Recursos Naturales Renovables (MGAP) - J.H. Molfino; A. Califra Mayo, 2001

Las unidades cartográficas fueron clasificadas por rangos de **APDN**. En la Figura 2.3 se muestra la clasificación de suelos resultante y se identifican como referencia las cuencas aforadas que se incluyeron en este estudio.

Puede observarse que en general existe dentro de cada cuenca aforada una cierta predominancia de una clase de suelos según esta clasificación, lo que alienta a establecer algún tipo de correlación entre este parámetro y los regímenes hidrológicos respectivos.

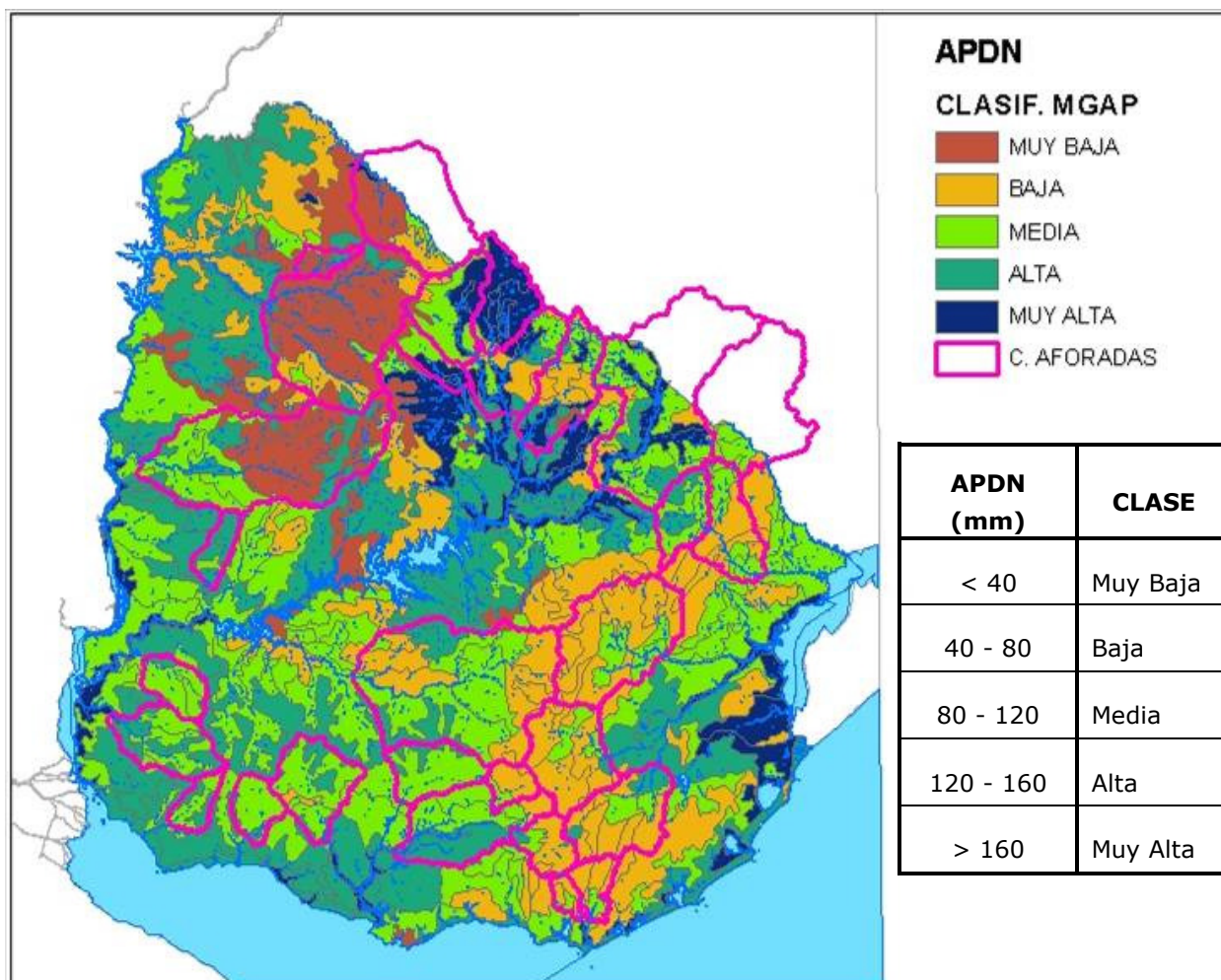


Fig. 2.3 – Agua potencialmente disponible en los suelos del Uruguay.

Fuente: Elaboración sobre datos de DGRNR-MGAP

La Tabla 3 muestra la distribución porcentual en el territorio nacional de las distintas clases definidas, los respectivos valores medios por clase y el total para el país.

**TABLA 3 – Distribución areal de clases de suelos por APDN.
(Todo el país)**

| CLASE | % ÁREA TOTAL | APDN MEDIO (mm) |
|--------------|---------------------|------------------------|
| Muy Baja | 9.6 | 26 |
| Baja | 21.1 | 64 |
| Media | 31.5 | 97 |
| Alta | 28.9 | 136 |
| Muy Alta | 8.9 | 168 |
| TOTAL | 100.0 | 101 |

En cada una de las subcuencas aforadas se calculó el promedio ponderado por áreas del parámetro **APDN**. Para cuencas transfronterizas el cálculo se hizo considerando solamente las porciones de cuenca en territorio uruguayo. (Ver Cap. 4.)

En la Tabla 4 se presentan datos análogos a los de la Tabla 3, pero limitados a las cuencas aforadas (aproximadamente el 40% del total del territorio nacional).

**TABLA 4 – Distribución areal de clases de suelos por APDN.
(Solamente en cuencas aforadas)**

| CLASE | % ÁREA TOTAL | APDN MEDIO (mm) |
|--------------|---------------------|------------------------|
| Muy Baja | 15.3 | 27 |
| Baja | 26.1 | 64 |
| Media | 33.8 | 95 |
| Alta | 16.9 | 138 |
| Muy Alta | 7.9 | 167 |
| TOTAL | 100.0 | 89 |

En términos generales se puede concluir que:

- la distribución areal de las distintas clases de valores de **APDN** calculados para las unidades cartográficas de todo el país se corresponde aceptablemente con la correspondiente a las cuencas aforadas (Fig. 2.4), salvo la clase "alta" que está notoriamente sub-representada;
- considerados clase a clase, los promedios de **APDN** son aproximadamente equivalentes en el total del país y en las cuencas aforadas (Fig. 2.5).

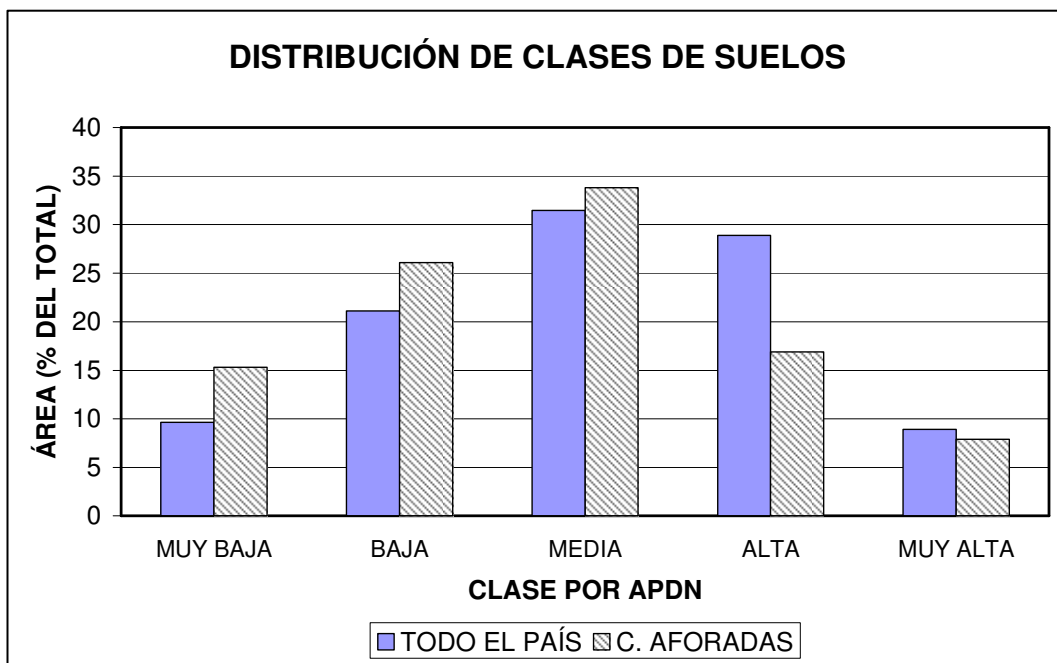


Fig. 2.4 – Distribución areal por clase de almacenamiento de agua en suelos.

Fuente: Elaboración sobre datos de DGRNR-MGAP

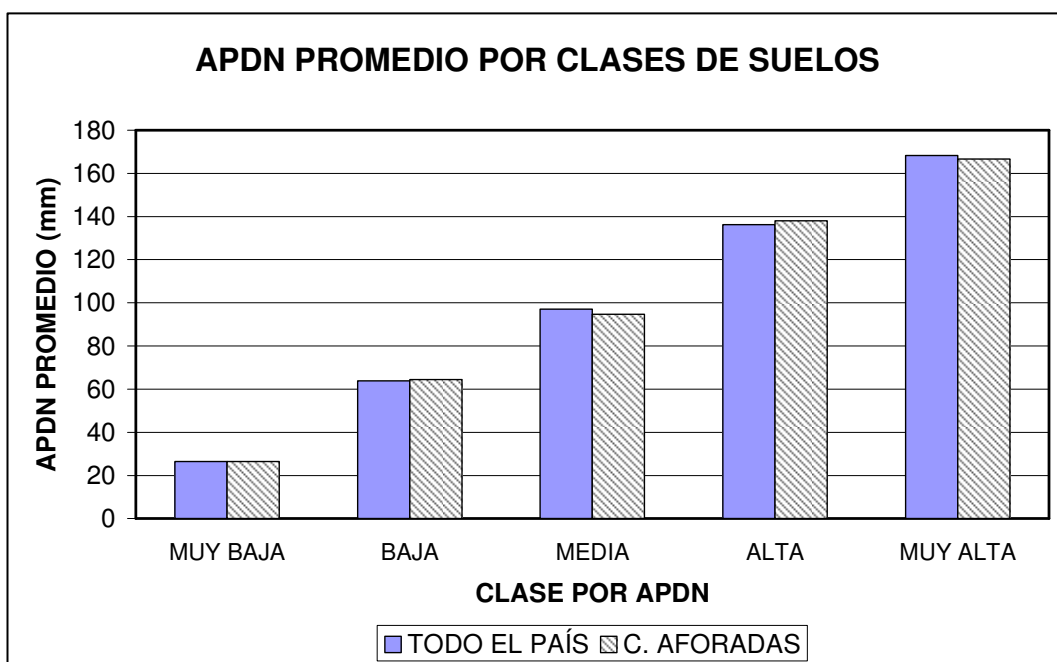


Fig. 2.5– Promedios de APDN por clase de almacenamiento de agua en suelos (ponderados por área).

Fuente: Elaboración sobre datos de DGRNR-MGAP

3.- INTERPOLACIÓN DE VALORES ANUALES Y ESTACIONALES

La información disponible fue reelaborada con el uso de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para apreciar gráficamente los patrones del comportamiento regional de los valores estadísticos determinados, en particular en los meses de verano (diciembre – marzo). En este período del año es que la práctica del riego se hace de manera más intensiva, sobre todo para los cultivos tradicionalmente más importantes, y por ello tiene interés para las actividades de gestión y evaluación de los aprovechamientos que realiza la DINAGUA.

El método clásico de interpolación para datos meteorológicos es el de polígonos de Thiessen. Este método asigna a cada punto con registros de datos un área delimitada por líneas rectas equidistantes de los demás puntos de referencia más cercanos y asume que dentro de esos polígonos los valores del parámetro considerado se distribuyen uniformemente. Por su relativa sencillez es un método aplicable sin necesidad de disponer de herramientas computacionales sofisticadas.

El método de interpolación de Krigging, implementado en los paquetes de análisis de las herramientas SIG, es aplicable en general para magnitudes de variables distribuidas en un medio homogéneo y mayormente isotrópico. Se basa en cálculos de autocorrelación entre los valores de todos los puntos de la muestra, y considera además la proximidad entre ellos. Por ello, parámetros como las precipitaciones y las temperaturas en una región de escaso relieve como la nuestra se ajustan bien con dicho método por superficies de interpolación relativamente uniformes.

En el caso de los caudales existen otros factores asociados con el medio físico por el que se desplaza el agua que pueden no estar bien representados en la muestra disponible, como por ejemplo la topografía y los límites de cuenca, las diferentes configuraciones hidrogeológicas, la distribución de los tipos de suelos, presencia de barreras hidráulicas, etc.. Además, la extrapolación fuera de los límites de las cuencas estudiadas es más difícil de justificar en ausencia de datos suficientes, como en cambio es natural hacer en el caso de los parámetros meteorológicos.

Por esta razón la interpolación de datos de caudales no parece una opción estrictamente válida con fines de regionalización, salvo de una manera cualitativa.

A continuación se presentan los resultados de procesar por estos métodos la información hidrometeorológica disponible (promedios de acumulados anuales y cuatrimestrales). El período de referencia estadística en todos los casos es 1980 – 2004.

3.1.- Interpolación de la precipitación media anual y cuatrimestral

Los mapas en la Figura 3.1 muestran la distribución de los datos de precipitación acumulada media anual y por cuatrimestres utilizando el método de interpolación de Kriging.

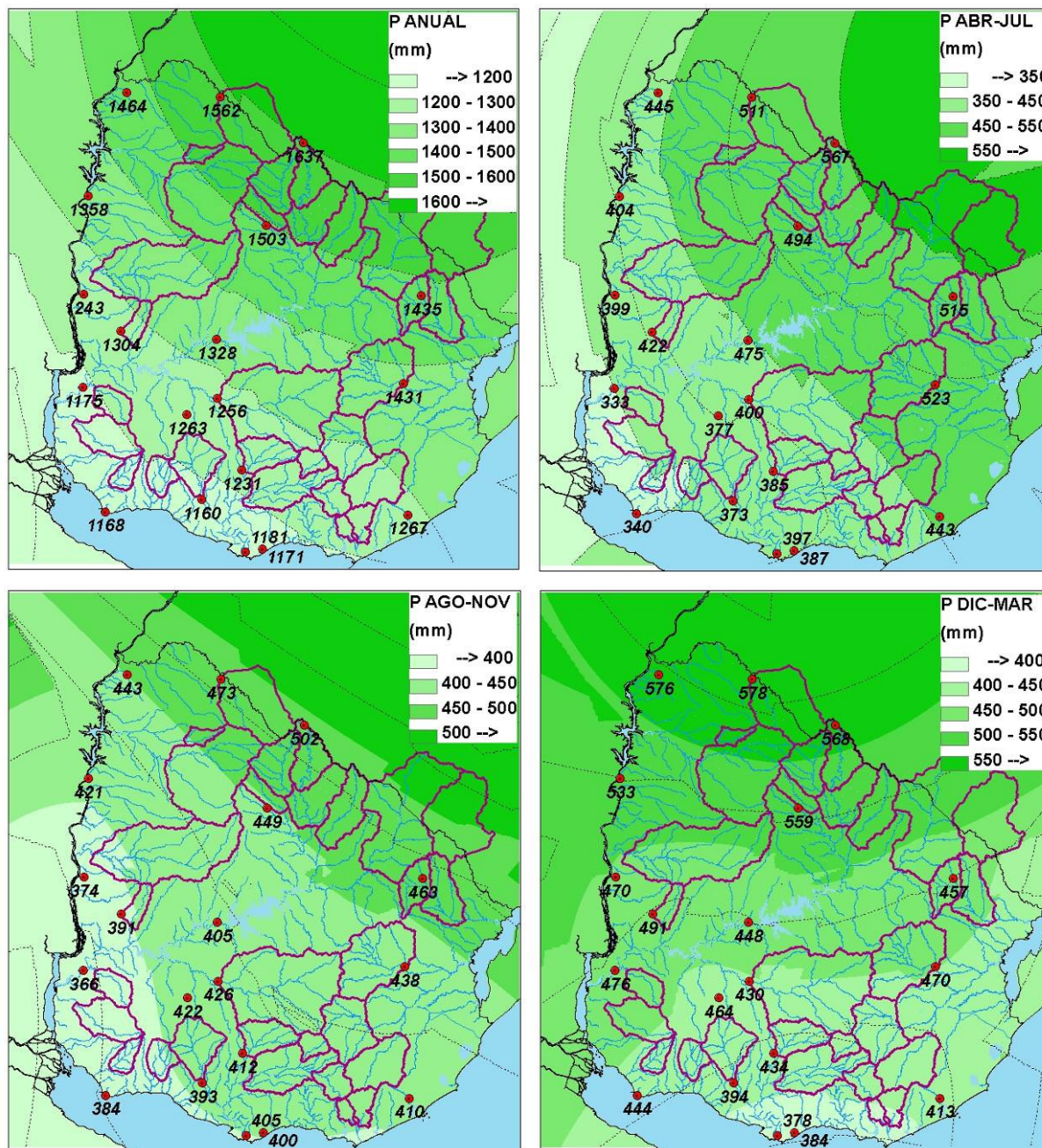


Fig. 3.1 – Precipitación acumulada anual y por cuatrimestres (1980-2004)

Fuente: Elaboración sobre datos de DNM-MDN

3.2.- Interpolación de la ETP media anual y de verano

Los mapas en la Figura 3.2 muestran los resultados de un análisis similar al del párrafo anterior con los datos de evapotranspiración potencial acumulados anuales y por cuatrimestres (Krigging).

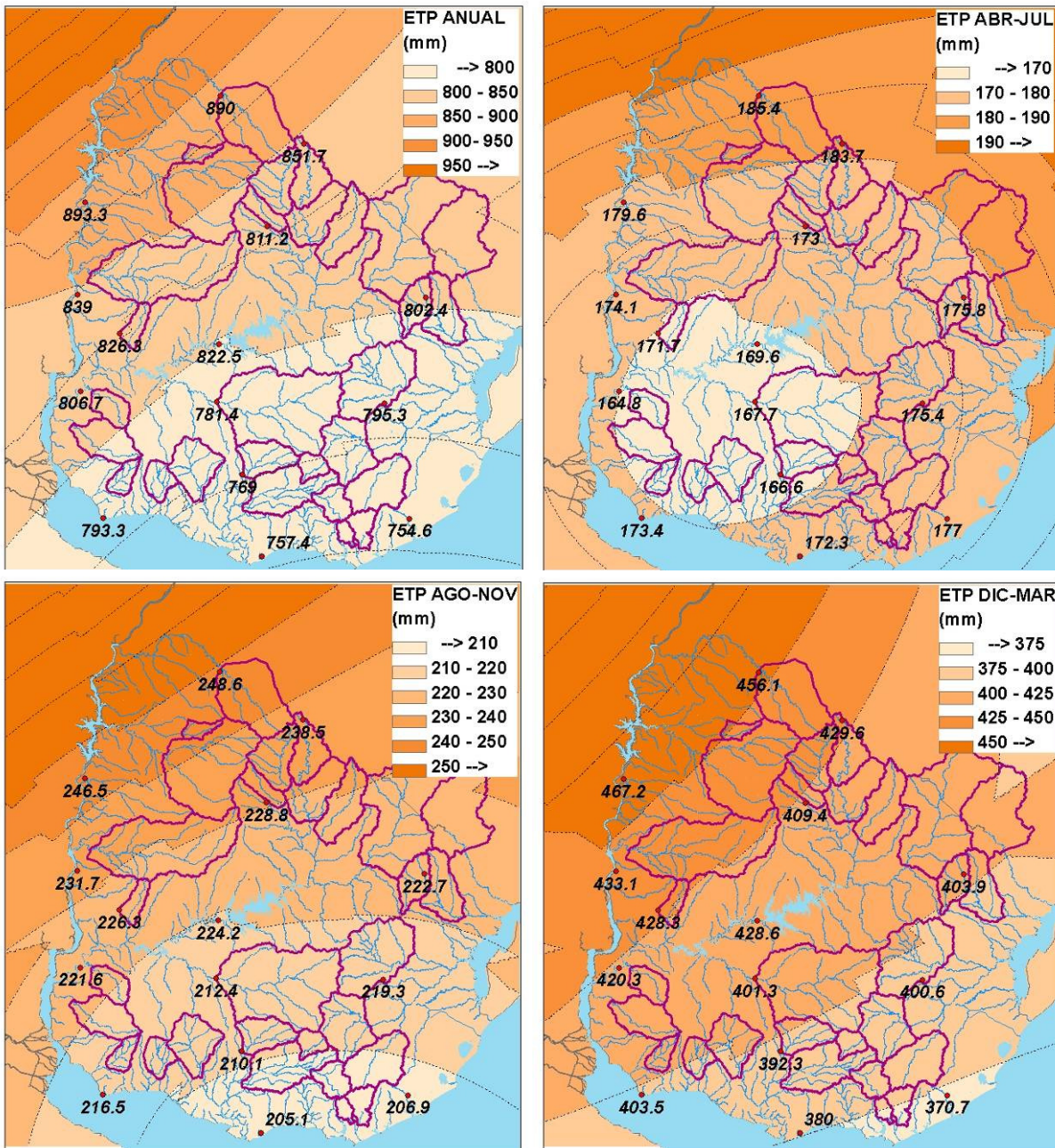


Fig. 3.2 – ETP acumulada anual y por cuatrimestres (1980-2004)

Fuente: Elaboración sobre datos de DNM-MDN

3.3.- Aproximación a la regionalización de los escurrimientos

En base a las conclusiones presentadas en el documento ya citado "Ciclos anuales y estacionales de parámetros hidrológicos (1980 - 2004)" respecto a la semejanza en los ciclos anuales de los valores medios de **E** y de **P - ETP**, se procedió a generar una superficie de interpolación resultante de restar los valores medios de precipitación y evapotranspiración potencial en cada período estudiado.

Las superficies resultantes se muestran en la Figura 3.3 para los valores anuales y cuatrimestrales y se pueden considerar como indicativas de los patrones de escurrimiento en cada período, a menos de la incidencia de los suelos.

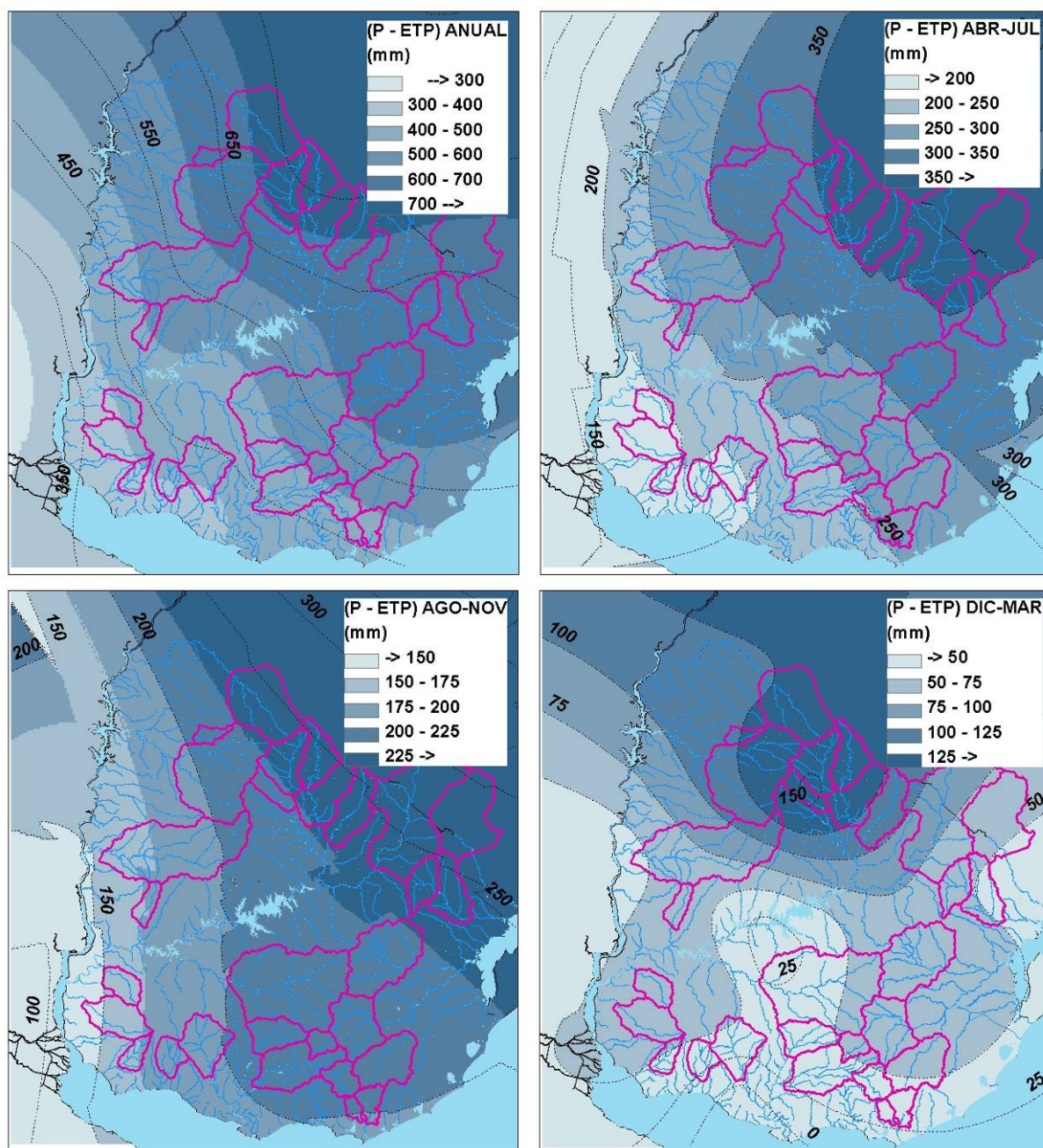


Fig. 3.3 – Diferencias P - ETP anuales y por cuatrimestres (1980-2004)

Fuente: Elaboración sobre datos de DNM-MDN

4.- REGIONALIZACIÓN DE ESCURRIMIENTOS

4.1.- Regionalización de cuencas aforadas en base a APDN

El criterio propuesto para establecer una regionalización hidrológica se basa en comparar los valores de capacidad de almacenamiento de los suelos (agua potencialmente disponible neta, **APDN**) en cuencas geográficamente próximas y con comportamientos hidrológicos similares, considerando los patrones generales de escurrimiento (ver parágrafo 3.3). Para ello se calculó en cada una de las cuencas aforadas el valor medio ponderado de **APDN**. En la Tabla 5 se resumen los resultados, a su vez agrupados y promediados según la propuesta de regionalización que se está presentando. Las áreas utilizadas en cada caso corresponden a las porciones de cuenca en territorio uruguayo.

TABLA 5 – APDN por cuenca aforada.

| REGIÓN | RIO O ARROYO | No. est. | APDN (mm) |
|---------------|---------------------|----------|-----------|
| LITORAL NORTE | Río Queguay | 141.0 | 72 |
| CENTRO NORTE | Río Cuareim | 84.0 | 43 |
| | Río Arapey | 171.0 | 39 |
| | Río Arapey Ch. | 173.0 | 51 |
| NORESTE | Río Tacuarembó | 51.1 | 110 |
| | Río Tacuarembó | 52.0 | 118 |
| | Ao. Cuñapirú | 107.0 | 162 |
| | Ao. Tres Cruces | 123.0 | 108 |
| LITORAL SUR | Ao. Don Esteban | 142.0 | 130 |
| | Ao. Bequeló | 163.0 | 119 |
| | Río San Salvador | 178.0 | 126 |
| SUROESTE | Río San Juan | 135.0 | 123 |
| | Río Rosario | 176.1 | 101 |
| CENTRO SUR | Río Santa Lucía Ch. | 53.1 | 105 |
| | Río Santa Lucía | 59.1 | 110 |
| | Río San José | 73.1 | 107 |
| | Río Yí | 125.1 | 90 |
| CENTRO ESTE | Ao. Yaguarí | 55.1 | 104 |
| | Río Negro | 65.1 | 120 |
| | Río Tacuarí | 96.0 | 111 |
| | Río Tacuarí | 97.0 | 86 |
| | Río Yaguarón | 100.0 | 101 |
| ESTE | Río Olimar | 10.1 | 73 |
| | Río Cebollatí | 14.0 | 72 |
| | Ao. Aiguá | 128.0 | 78 |
| SURESTE | Ao. San Carlos | 46.1 | 66 |
| | Río Santa Lucía | 117.0 | 75 |
| | Ao. Casupá | 119.0 | 72 |
| | Ao. Maldonado | 174.0 | 62 |

Fuente: Elaboración sobre datos de DGRNR-MGAP

De acuerdo a la clasificación por **APDN** (ver Capítulo 2), solamente una de las cuencas aforadas considerada globalmente pertenecería al grupo de "muy baja" capacidad de almacenamiento, tres al grupo de "alta" capacidad y el resto se distribuye equilibradamente en las clases de "baja" y "media" capacidad (10 y 14 casos, respectivamente). Resulta entonces que las cuencas aforadas tienen una irregular representatividad desde el punto de vista de esta clasificación, con una marcada sub-representación de las clases extremas.

En la Figura 4.1 se indican los valores promedio de **APDN** calculados en cada cuenca en particular y los promedios ponderados calculados para cada región propuesta.

Se debe observar que la cuenca del río Queguay tiene un valor promedio de **APDN** de 72 mm resultante de componer dos zonas nítidamente diferenciadas: la cuenca alta con valores bajos, más próximos a los de las cuencas aforadas de los ríos Cuareim y Arapey, y la cuenca baja con valores de **APDN** más altos, cercanos a los del litoral al sur del río Negro (ver Fig. 2.3). Por esa razón esta cuenca no se ha agrupado con ninguna de las dos regiones colindantes, y se verá que su comportamiento global tampoco puede ser asociado categóricamente al de alguna de ellas, sino que más bien comparte características de ambas.

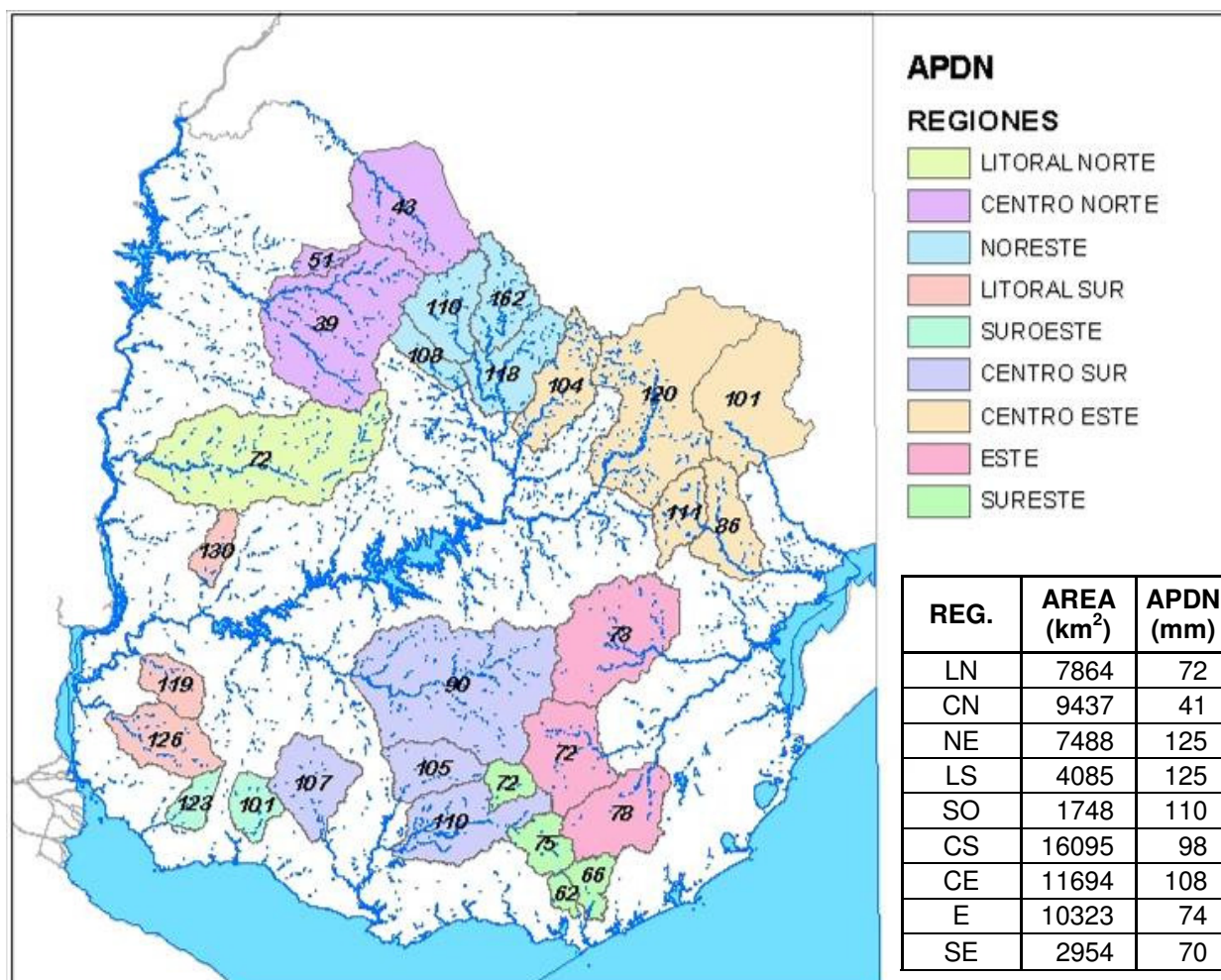


Fig. 4.1 – Regionalización de cuencas aforadas según APDN.

Fuente: Elaboración sobre datos de DGRNR-MGAP

Debido a esta heterogeneidad interna respecto al parámetro **APDN** en algunas de las cuencas aforadas (por ejemplo los ríos Queguay, Yí y Santa Lucía), amerita considerarse el establecimiento de estaciones de observación intermedias, o su jerarquización si ya existiesen, además de la permanente necesidad de ampliación de la red a zonas que actualmente no son aforadas.

4.2.- Verificación en base a curvas de frecuencia estacionales

En términos generales, para los fines de gestión de los recursos hídricos el período del año más sensible es el correspondiente a los meses en los que las demandas se intensifican. Teniendo en cuenta este punto de vista, en este párrafo se hará foco en los datos correspondientes al cuatrimestre de diciembre a marzo. En ese período es que se concentran las demandas de agua para suplementar mediante riego las necesidades no cubiertas por las precipitaciones.

Se calcularon las curvas de frecuencia de caudales específicos medios diarios en dicho cuatrimestre (período de referencia 1980-2004) en cada una de las estaciones seleccionadas.

Los datos han sido agrupados según los criterios de regionalización propuestos. Las Figuras 4.2 a 4.5 muestran las curvas de frecuencia para cada grupo de estaciones. Se incluyen además en cada gráfico como referencia los valores correspondientes al promedio general y a la frecuencia 50% del cuatrimestre (promedios ponderados de los respectivos grupos). Los números que identifican a las curvas corresponden a los códigos de las estaciones hidrométricas.

Para las escalas de tiempo utilizadas en este análisis se ha encontrado que los comportamientos de estaciones pertenecientes a un mismo grupo son similares. Ello habilita a proponer por cada grupo una "curva de frecuencias sintética" que pueda razonablemente ser considerada característica de la región y por lo tanto extrapolada a cuencas similares y cercanas sin datos.

El método utilizado para crear esas curvas sintéticas fue calcular dentro de cada grupo los promedios ponderados por área de cuenca de los valores correspondientes a cada intervalo de frecuencias.

La Figura 4.6 muestra estas curvas de frecuencias (sintéticas por región) de los caudales específicos diarios en los meses de diciembre a marzo. Un detalle de la rama de caudales más bajos (frecuencia mayor a 50%) se presenta en la Figura 4.7, con el destaque de los valores 0,4 y 0,6 L/s/km² utilizados convencionalmente como referencia para la asignación de caudales en las solicitudes de aprovechamiento de aguas a falta de evaluaciones más precisas.

Este último gráfico permite valorar el margen disponible para adoptar criterios de referencia regionales para los caudales específicos en estiajes. En efecto, en cualquiera de las regiones estudiadas resulta que:

- el valor de 0,6 L/s/km² no es alcanzado como mínimo en el 15% de los días del cuatrimestre, pero sería un valor "seguro" para el 60% de los días;
- el valor de 0,4 L/s/km² no es alcanzado como mínimo en el 5% de los días y sería "seguro" solamente para el 65% de los días del cuatrimestre.

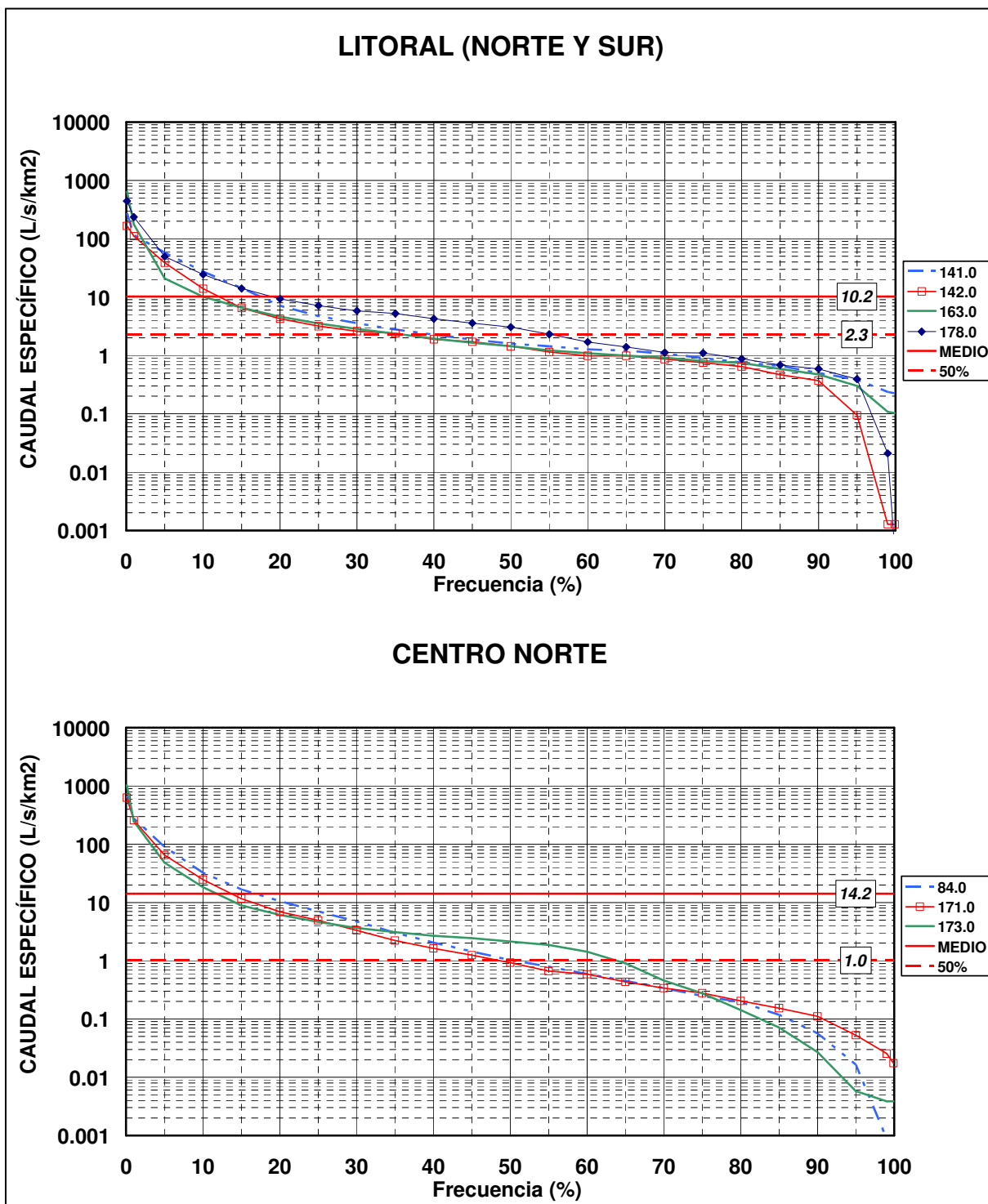


Fig. 4.2 – Frecuencias de caudales específicos diarios DIC-MAR.
Período de referencia 1980-2004

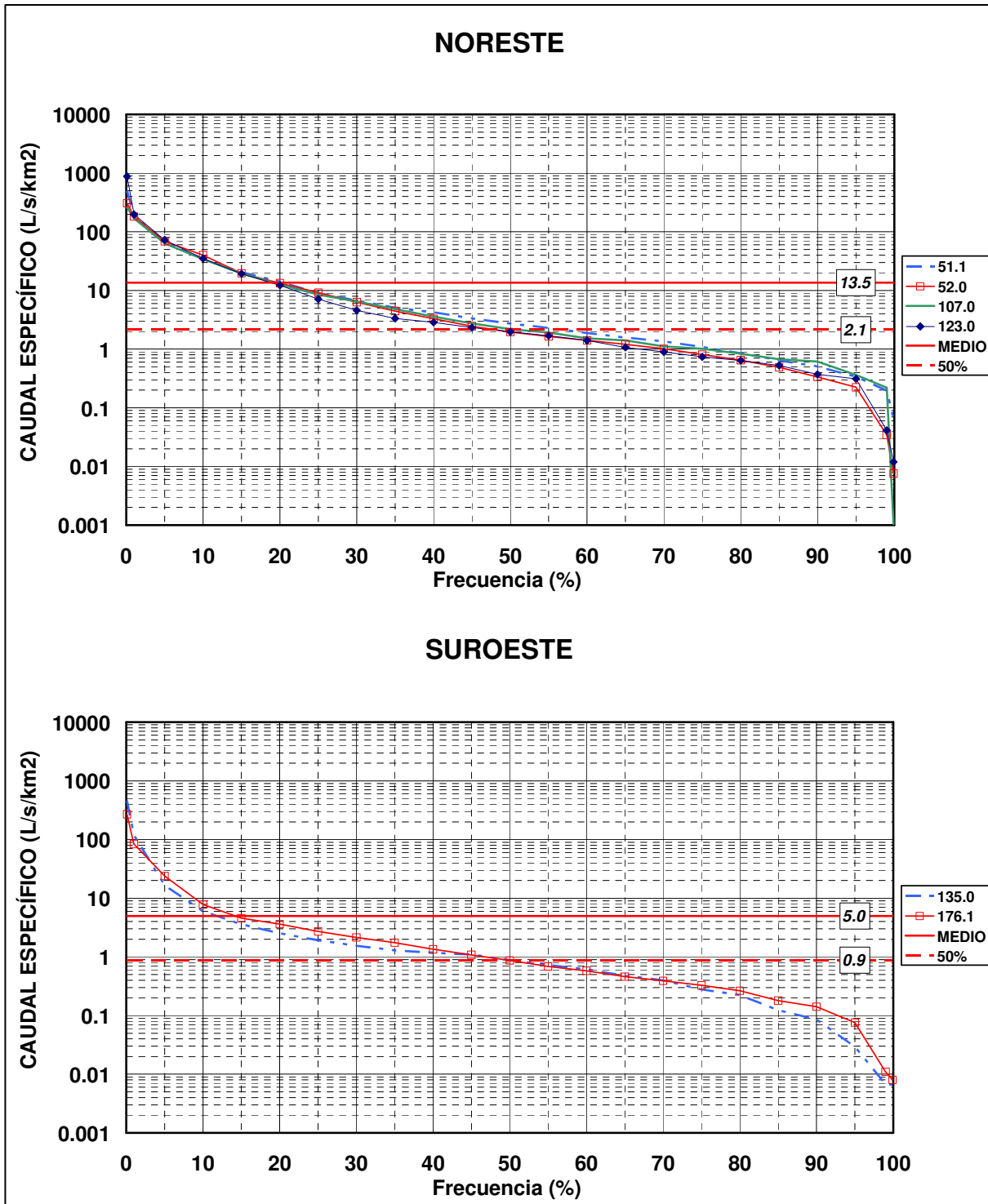


Fig. 4.3 – Frecuencias de caudales específicos diarios DIC-MAR (cont.)

Período de referencia 1980-2004

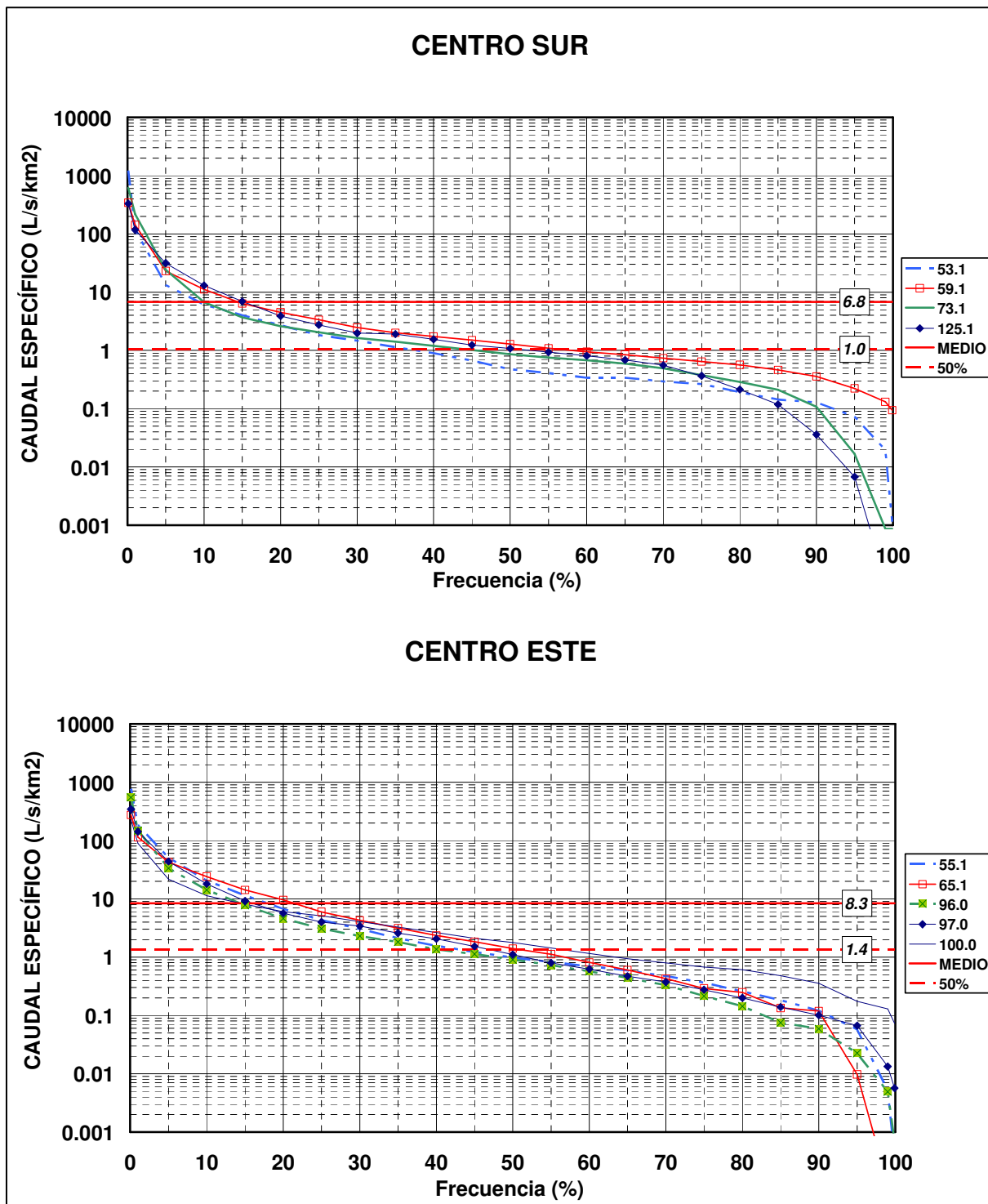


Fig. 4.4 – Frecuencias de caudales específicos diarios DIC-MAR (cont.)

Período de referencia 1980-2004

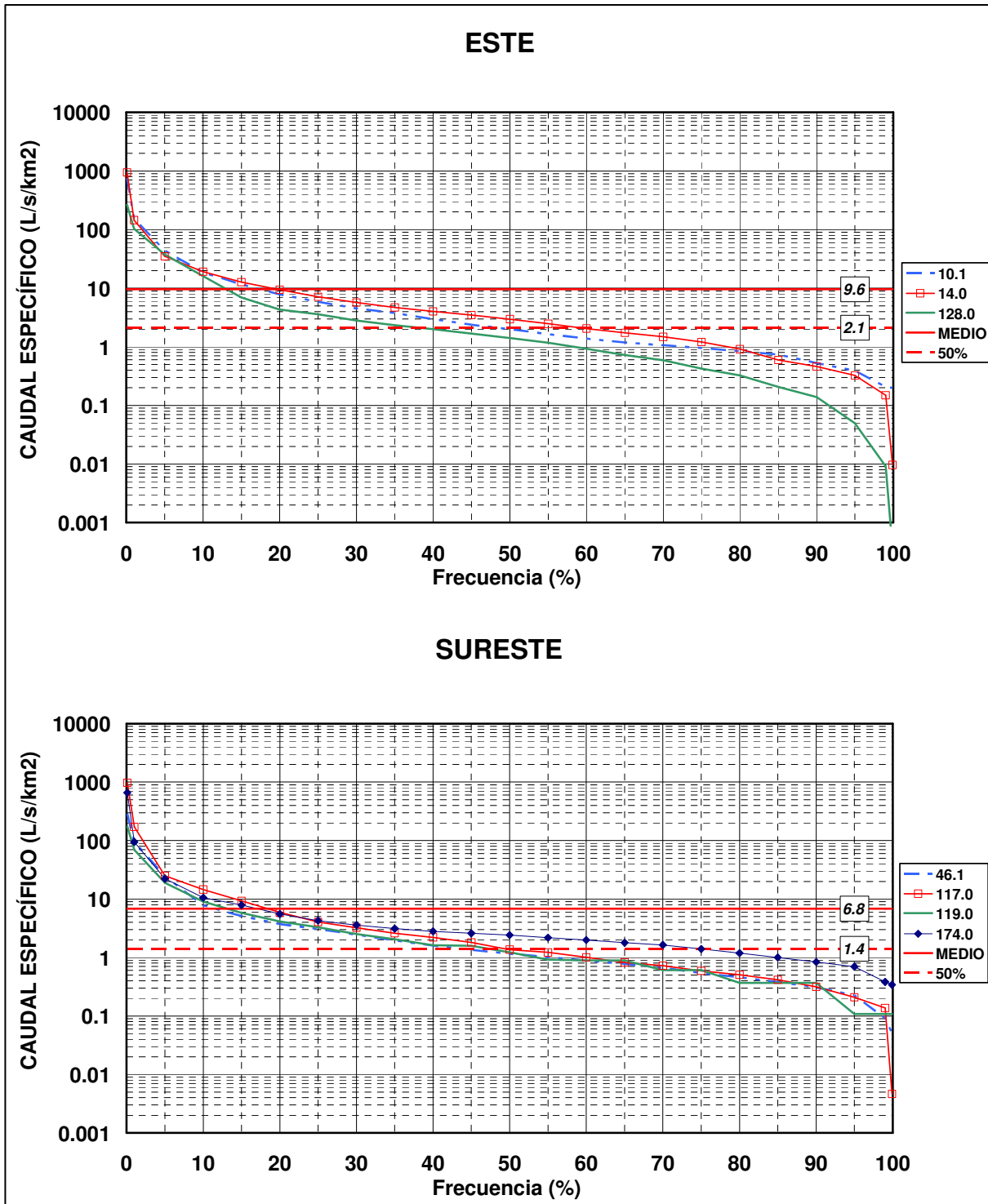
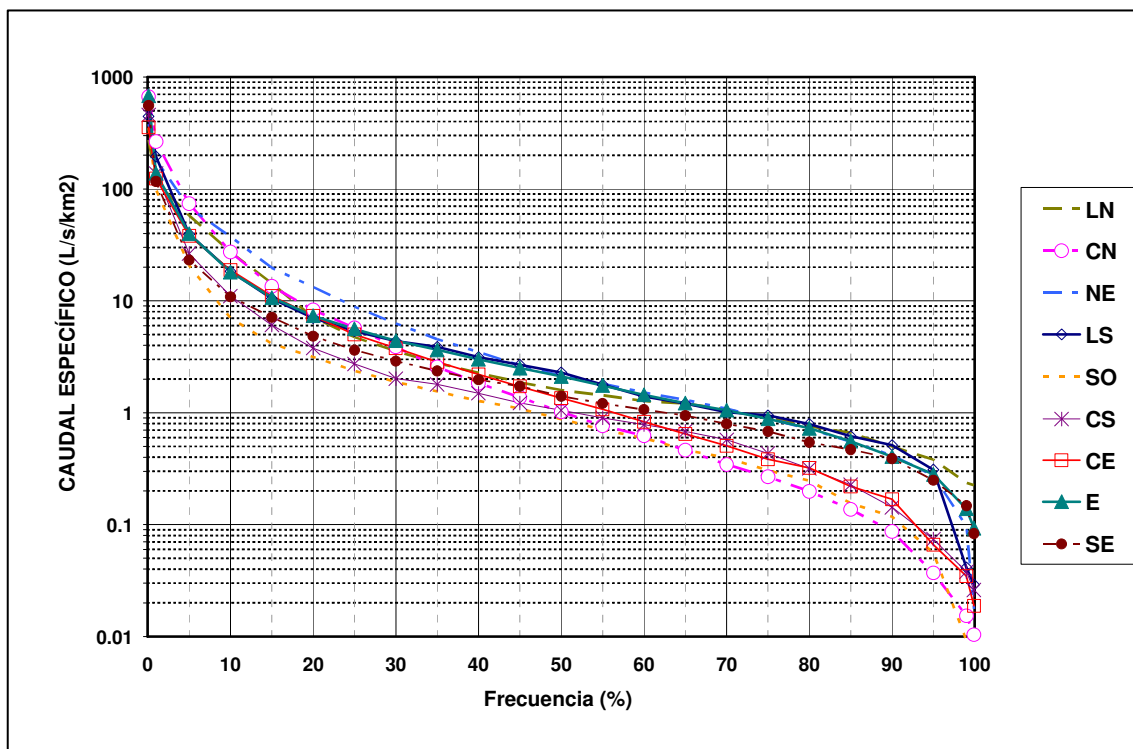
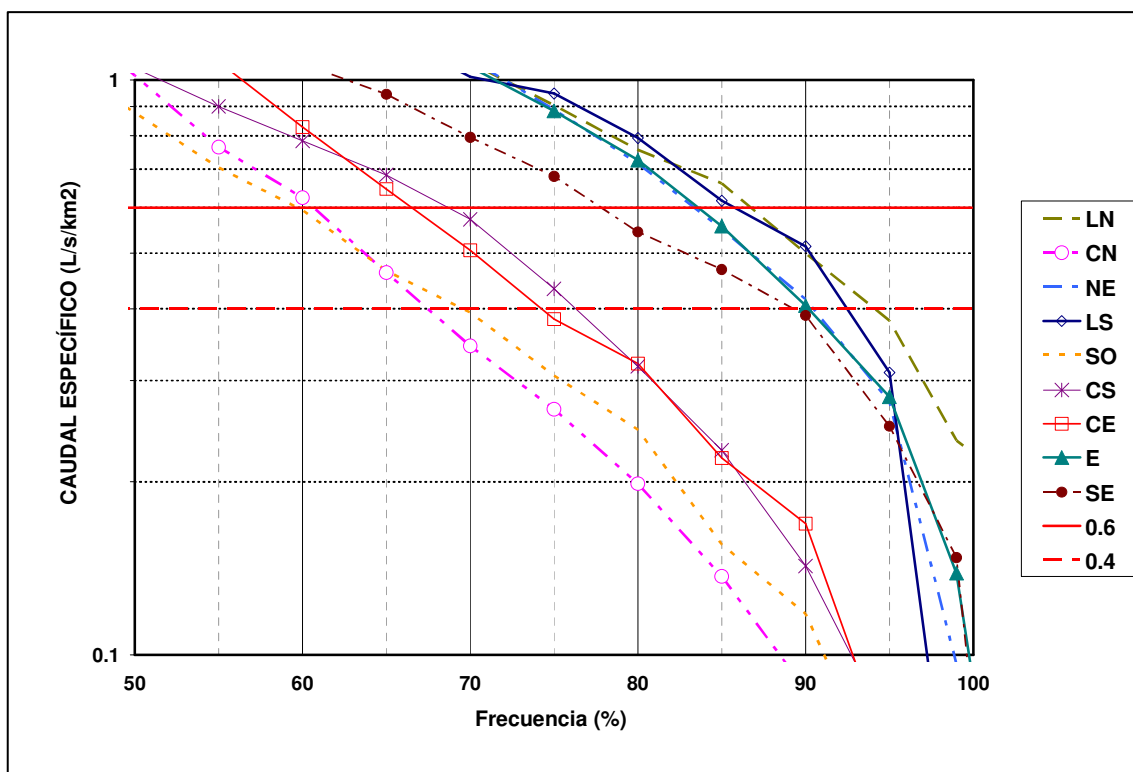


Fig. 4.5 – Frecuencias de caudales específicos diarios DIC-MAR (cont.)

Período de referencia 1980-2004



**Fig. 4.6 – Curvas de frecuencias diarias DIC-MAR (sintéticas por región)
Período de referencia 1980-2004**



**Fig. 4.7 – Curvas de frecuencias diarias DIC-MAR (sintéticas por región)
(detalle $f > 50\%$)
Período de referencia 1980-2004**

4.3.- Verificación en base a los ciclos anuales de escurrimientos

En la Tabla 6 se presentan los datos de escurrimientos medios mensuales en el período 1980–2004 de las estaciones incluidas en el estudio, expresados en **mm/mes**. Se dan también los promedios mensuales ponderados por grupo.

En las Figuras 4.8 a 4.10 se muestran gráficamente los ciclos medios de caudales específicos (**L/s/km²**) de las cuencas estudiadas agrupadas según la propuesta. Cada gráfico contiene los promedios mensuales de todas las estaciones de observación asociadas a una región. Se indica con barras verticales el ciclo promedio conjunto, calculado mes a mes como promedios ponderados por áreas.

En cada uno de los grupos propuestos se observa que los comportamientos mes a mes en los escurrimientos medios son semejantes: los meses de máximos y de mínimos coinciden, las secuencias de meses "húmedos" y "secos" son idénticas y los valores numéricos para cada mes resultan razonablemente comparables.

**TABLA 6 – Escurrimientos mensuales en cuencas aforadas.
(Período de referencia 1980-2004)**

| REGION | N° EST. | E (mm/mes) | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
| LITORAL NORTE | 141.0 | 67.8 | 85.7 | 48.6 | 43.9 | 30.9 | 38.7 | 38.1 | 36.4 | 34.4 | 16.2 | 17.5 | 27.8 |
| | | 67.8 | 85.7 | 48.6 | 43.9 | 30.9 | 38.7 | 38.1 | 36.4 | 34.4 | 16.2 | 17.5 | 27.8 |
| CENTRO NORTE | 84.0 | 104.8 | 90.9 | 71.8 | 54.5 | 35.9 | 50.3 | 52.9 | 53.7 | 34.3 | 22.3 | 45.8 | 44.7 |
| | 171.0 | 115.6 | 67.2 | 38.1 | 37.6 | 20.6 | 24.7 | 27.0 | 37.0 | 25.8 | 30.0 | 17.0 | 49.6 |
| | 173.0 | 124.2 | 72.9 | 73.0 | 39.0 | 19.9 | 59.2 | 56.1 | 46.0 | 41.7 | 29.6 | 28.3 | 33.3 |
| | | 111.9 | 76.4 | 52.3 | 44.0 | 26.3 | 35.8 | 38.0 | 43.7 | 29.7 | 27.1 | 28.3 | 47.0 |
| NORESTE | 51.1 | 81.2 | 84.3 | 68.5 | 60.1 | 43.6 | 57.4 | 67.3 | 47.9 | 42.9 | 30.7 | 29.6 | 43.2 |
| | 52.0 | 73.1 | 96.8 | 82.7 | 71.1 | 53.4 | 64.1 | 68.3 | 46.8 | 38.9 | 29.6 | 26.5 | 41.5 |
| | 107.0 | 72.4 | 89.7 | 75.9 | 69.1 | 55.3 | 58.4 | 69.8 | 47.2 | 39.4 | 25.7 | 27.4 | 33.4 |
| | 123.0 | 84.2 | 91.9 | 66.5 | 55.5 | 41.1 | 55.9 | 60.1 | 52.9 | 38.4 | 34.3 | 28.3 | 51.8 |
| | | 76.7 | 90.7 | 74.8 | 65.4 | 49.5 | 59.7 | 67.4 | 48.0 | 40.1 | 29.5 | 27.9 | 41.2 |
| LITORAL SUR | 142.0 | 42.1 | 44.5 | 35.8 | 32.6 | 25.4 | 27.0 | 27.7 | 28.4 | 20.0 | 12.9 | 22.2 | 17.6 |
| | 163.0 | 34.9 | 38.4 | 32.5 | 36.8 | 29.4 | 26.8 | 31.7 | 24.7 | 24.1 | 8.6 | 21.4 | 25.9 |
| | 178.0 | 43.6 | 39.2 | 36.3 | 29.6 | 26.2 | 42.3 | 38.0 | 40.2 | 35.9 | 25.2 | 32.2 | 37.5 |
| | | 40.9 | 40.0 | 35.1 | 32.2 | 27.0 | 35.0 | 34.3 | 33.6 | 29.5 | 18.2 | 27.3 | 30.4 |
| SUROESTE | 135.1 | 18.0 | 32.9 | 30.4 | 26.1 | 24.0 | 24.8 | 27.7 | 25.2 | 11.7 | 6.7 | 17.4 | 19.7 |
| | 176.1 | 19.7 | 21.2 | 25.8 | 24.2 | 22.1 | 24.1 | 21.1 | 19.2 | 10.7 | 5.5 | 13.4 | 14.6 |
| | | 18.9 | 26.2 | 27.8 | 25.0 | 22.9 | 24.4 | 23.9 | 21.7 | 11.2 | 6.0 | 15.1 | 16.8 |
| CENTRO SUR | 53.1 | 26.8 | 50.5 | 55.9 | 49.1 | 49.9 | 46.9 | 40.9 | 34.0 | 18.9 | 4.5 | 19.7 | 17.7 |
| | 59.1 | 29.1 | 37.1 | 53.7 | 50.9 | 43.5 | 42.6 | 43.6 | 32.0 | 13.9 | 9.5 | 21.1 | 23.8 |
| | 73.1 | 30.6 | 50.3 | 42.7 | 42.4 | 43.5 | 44.0 | 39.4 | 38.7 | 19.3 | 10.5 | 32.1 | 24.6 |
| | 125.1 | 33.7 | 57.6 | 59.5 | 64.1 | 46.7 | 48.7 | 35.9 | 32.1 | 16.3 | 12.0 | 15.8 | 17.5 |
| | | 31.6 | 51.8 | 55.5 | 56.8 | 46.0 | 46.7 | 38.4 | 33.3 | 16.5 | 10.5 | 19.6 | 19.8 |
| CENTRO ESTE | 55.1 | 87.1 | 83.9 | 80.2 | 68.1 | 47.2 | 63.3 | 56.9 | 41.3 | 33.1 | 27.1 | 20.8 | 33.7 |
| | 65.1 | 58.7 | 75.0 | 79.6 | 65.2 | 49.4 | 56.4 | 49.0 | 34.0 | 26.1 | 20.1 | 14.2 | 25.3 |
| | 96.0 | 58.9 | 65.3 | 80.3 | 84.1 | 57.3 | 72.6 | 47.2 | 38.5 | 22.8 | 15.9 | 21.4 | 22.6 |
| | 97.0 | 43.1 | 56.7 | 72.6 | 88.1 | 58.4 | 69.2 | 47.8 | 34.1 | 20.7 | 18.0 | 19.8 | 27.1 |
| | 100.0 | 49.2 | 47.9 | 59.2 | 67.1 | 49.7 | 45.8 | 41.6 | 30.8 | 15.7 | 12.8 | 16.9 | 18.7 |
| | | 58.4 | 66.6 | 73.8 | 70.1 | 50.8 | 57.4 | 47.9 | 34.5 | 23.5 | 18.6 | 16.9 | 24.8 |
| ESTE | 10.1 | 60.5 | 75.2 | 84.3 | 80.7 | 73.7 | 79.0 | 49.1 | 45.7 | 31.4 | 21.0 | 31.8 | 27.1 |
| | 14.0 | 41.1 | 53.0 | 80.3 | 85.5 | 68.3 | 67.3 | 51.3 | 58.6 | 27.3 | 13.4 | 22.9 | 41.4 |
| | 128.0 | 40.3 | 42.2 | 72.3 | 60.5 | 57.3 | 40.4 | 35.3 | 23.7 | 14.1 | 9.9 | 14.1 | 32.1 |
| | | 49.7 | 60.2 | 80.0 | 76.7 | 67.8 | 65.5 | 46.1 | 43.5 | 25.7 | 15.9 | 24.6 | 32.4 |
| SURESTE | 46.1 | 30.7 | 38.4 | 51.3 | 55.9 | 55.2 | 49.7 | 48.3 | 31.6 | 14.5 | 8.1 | 17.0 | 13.0 |
| | 117.0 | 33.5 | 52.8 | 75.6 | 67.9 | 64.3 | 56.4 | 48.0 | 33.6 | 25.3 | 11.3 | 22.2 | 32.3 |
| | 119.0 | 19.8 | 33.5 | 40.8 | 45.8 | 39.3 | 37.4 | 32.6 | 24.2 | 11.1 | 6.8 | 14.5 | 14.6 |
| | 174.0 | 31.7 | 43.0 | 61.1 | 58.2 | 65.5 | 52.7 | 53.4 | 37.7 | 11.6 | 17.0 | 13.0 | 23.9 |
| | | 29.3 | 43.1 | 58.9 | 58.2 | 56.1 | 49.6 | 45.2 | 31.4 | 17.3 | 10.0 | 17.8 | 21.7 |

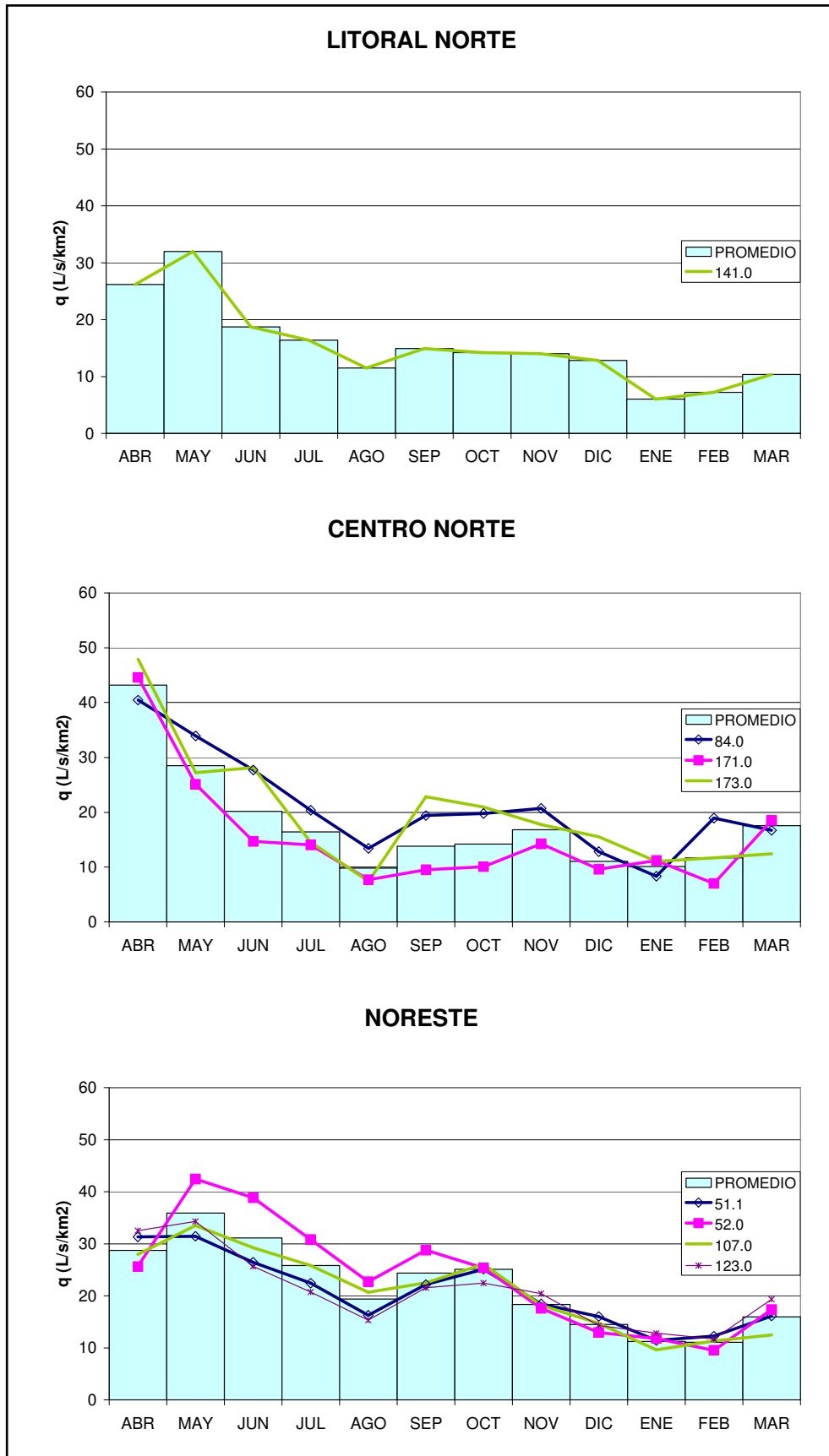
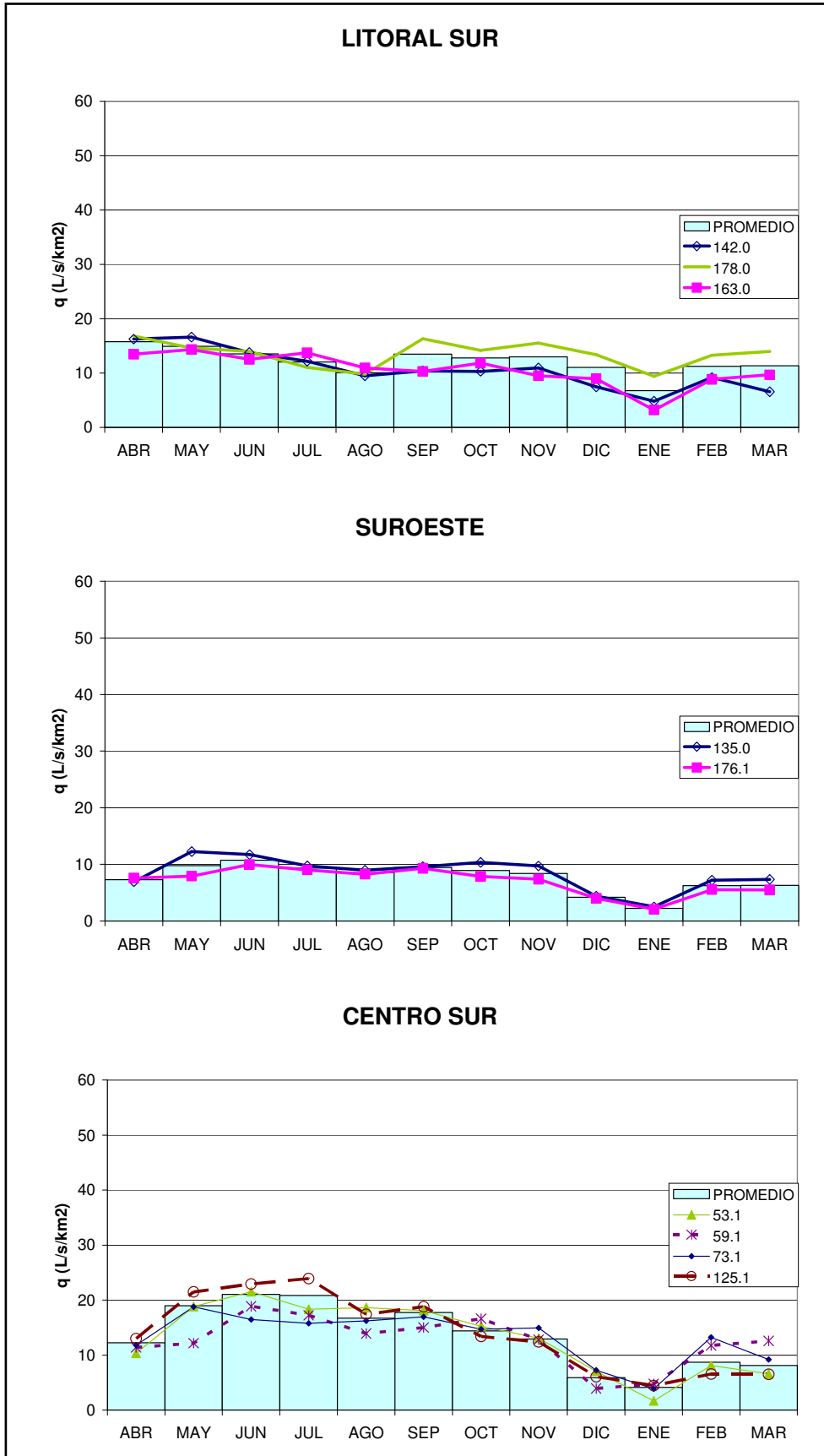


Fig. 4.8 – Ciclos anuales de caudales específicos regionalizados. Período de referencia 1980-2004



**Fig. 4.9 – Ciclos anuales de caudales específicos regionalizados (cont.).
Período de referencia 1980-2004**

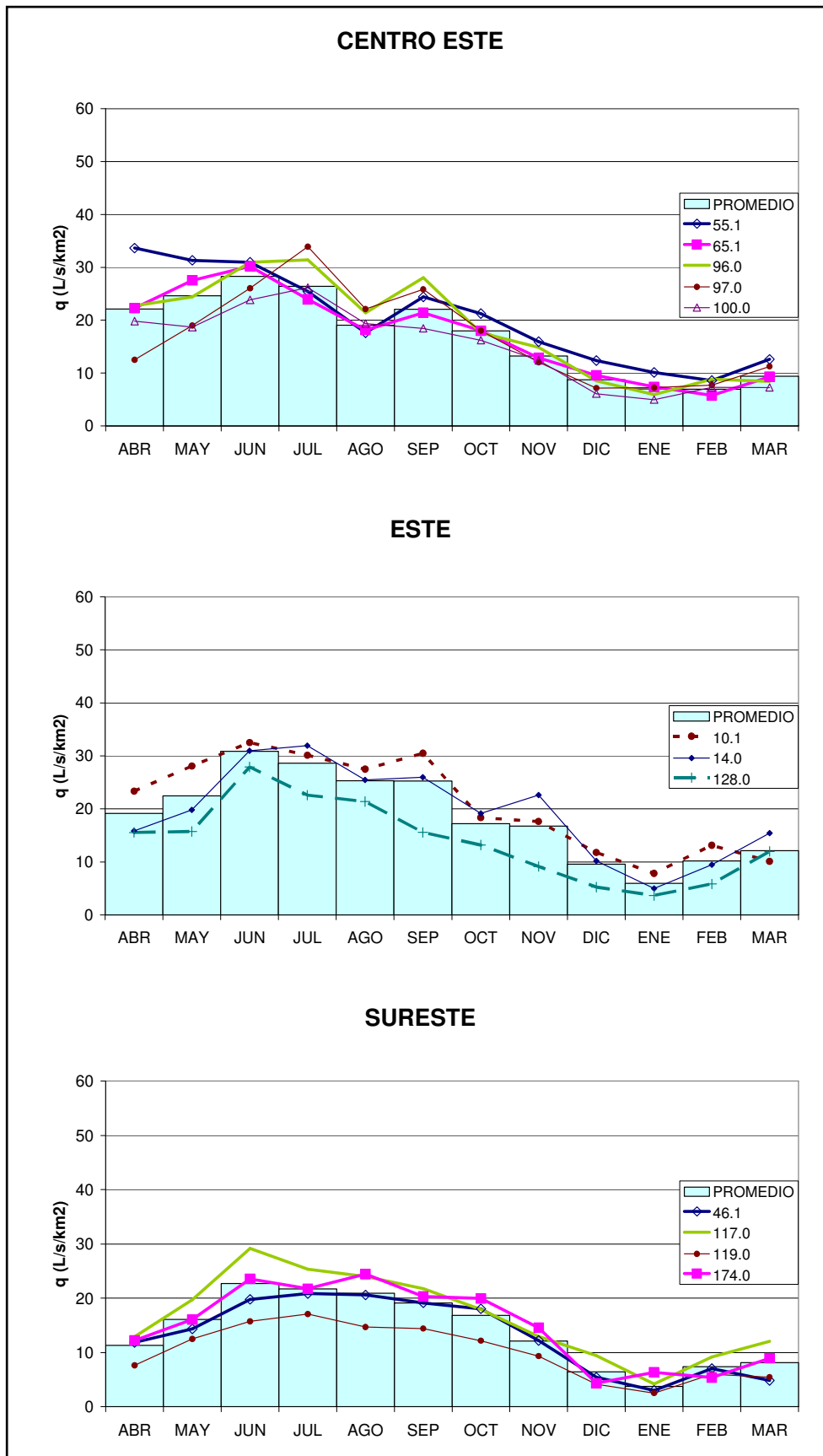


Fig. 4.10 – Ciclos anuales de caudales específicos regionalizados (cont.).

Período de referencia 1980-2004

5.- RESUMEN DE PARÁMETROS ESTACIONALES REGIONALIZADOS

A partir de las conclusiones de los capítulos anteriores sobre la validez de la propuesta de regionalización de los valores estacionalizados se ensayó establecer una relación entre los parámetros calculados (**P**, **ETP**, **E** y **C**) en cada una de las regiones.

En la Tabla 7 se resumen los valores calculados de los parámetros hidrológicos en base a los criterios de regionalización propuestos en este estudio. Se presentan los valores promedios acumulados correspondientes a los cuatrimestres de cada una de las regiones identificadas para las cuencas aforadas.

Se trata de promedios calculados solamente en cuatrimestres con al menos dos meses completos de información de caudales. Por esta razón se encontrarán discrepancias menores entre los valores de esta tabla y los que surgirían de los valores de la Tabla 6, que han sido calculados utilizando todos los datos mensuales disponibles.

Las Tablas 8, 9 y 10 presentan el mismo tipo de información que la Tabla 7 pero referida a los valores correspondientes a frecuencias observadas para cada parámetro (acumulados por cuatrimestre) de 50%, 70% y 90% respectivamente.

Para determinar los coeficientes de escurrimiento se han utilizado valores acumulados por cuatrimestres simultáneos. Esto quiere decir que los valores del parámetro **C** presentados en la tabla deben entenderse como un promedio de coeficientes y no un coeficiente de promedios. Una consideración similar se debe hacer sobre los valores calculados de **P – ETP**, que corresponden a diferencias medias de valores simultáneos y no a diferencias de promedios.

Es por todo esto que no se deberá asumir que las relaciones sean válidas para algún mes en particular sino como promedios en el cuatrimestre totalizado correspondiente.

TABLA 7 – Resumen de valores estacionales regionalizados para las cuencas aforadas. - Promedios

(Período de referencia 1980-2004)

| REGION | P (mm/mes) | | | | ETP (mm/mes) | | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 114 | 113 | 103 | 126 | 70 | 43 | 58 | 107 |
| CENTRO NORTE | 121 | 128 | 102 | 134 | 71 | 45 | 60 | 109 |
| NORESTE | 131 | 133 | 119 | 140 | 69 | 44 | 58 | 105 |
| LITORAL SUR | 103 | 87 | 94 | 127 | 67 | 41 | 55 | 105 |
| SUROESTE | 97 | 88 | 93 | 109 | 66 | 43 | 55 | 100 |
| CENTRO SUR | 106 | 108 | 104 | 107 | 65 | 42 | 53 | 99 |
| CENTRO ESTE | 121 | 131 | 116 | 117 | 67 | 44 | 56 | 102 |
| ESTE | 118 | 126 | 109 | 120 | 65 | 43 | 54 | 99 |
| SURESTE | 106 | 112 | 103 | 102 | 63 | 43 | 52 | 94 |
| PROMEDIO: | 116 | 120 | 108 | 121 | 67 | 43 | 56 | 103 |
| REGION | E (mm/mes) | | | | P-ETP (mm/mes) | | | |
| | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 40 | 61 | 36 | 24 | 44 | 70 | 45 | 19 |
| CENTRO NORTE | 46 | 73 | 35 | 30 | 50 | 83 | 42 | 24 |
| NORESTE | 56 | 76 | 56 | 35 | 61 | 88 | 61 | 35 |
| LITORAL SUR | 32 | 37 | 32 | 26 | 36 | 46 | 39 | 22 |
| SUROESTE | 20 | 24 | 23 | 13 | 31 | 45 | 39 | 9 |
| CENTRO SUR | 36 | 49 | 41 | 17 | 41 | 65 | 51 | 8 |
| CENTRO ESTE | 45 | 67 | 48 | 21 | 54 | 87 | 60 | 15 |
| ESTE | 49 | 63 | 57 | 26 | 53 | 83 | 55 | 20 |
| SURESTE | 37 | 48 | 45 | 17 | 42 | 69 | 51 | 8 |
| PROMEDIO: | 43 | 61 | 44 | 24 | 49 | 76 | 52 | 18 |
| REGION | C | | | | E - (P - ETP) (mm/mes) | | | |
| | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ANUAL | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 0.35 | 0.49 | 0.32 | 0.16 | -4 | -9 | -9 | 6 |
| CENTRO NORTE | 0.38 | 0.52 | 0.33 | 0.20 | -4 | -9 | -7 | 6 |
| NORESTE | 0.43 | 0.54 | 0.45 | 0.20 | -6 | -12 | -5 | -1 |
| LITORAL SUR | 0.31 | 0.40 | 0.33 | 0.19 | -4 | -9 | -6 | 4 |
| SUROESTE | 0.21 | 0.26 | 0.23 | 0.10 | -11 | -21 | -16 | 3 |
| CENTRO SUR | 0.34 | 0.41 | 0.37 | 0.13 | -6 | -16 | -10 | 9 |
| CENTRO ESTE | 0.37 | 0.47 | 0.40 | 0.15 | -9 | -20 | -12 | 6 |
| ESTE | 0.41 | 0.46 | 0.51 | 0.18 | -4 | -20 | 2 | 6 |
| SURESTE | 0.35 | 0.40 | 0.41 | 0.15 | -6 | -21 | -6 | 9 |
| PROMEDIO: | 0.37 | 0.46 | 0.39 | 0.16 | -6 | -15 | -8 | 6 |

TABLA 8 – Resumen de valores estacionales regionalizados para las cuencas aforadas. - Frecuencia cuatrimestral 50%

(Período de referencia 1980-2004)

| REGION | P (mm/mes) | | | ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 119 | 93 | 125 | 44 | 58 | 108 |
| CENTRO NORTE | 131 | 104 | 140 | 46 | 59 | 110 |
| NORESTE | 137 | 110 | 139 | 45 | 58 | 105 |
| LITORAL SUR | 87 | 92 | 129 | 42 | 55 | 105 |
| SUROESTE | 82 | 87 | 103 | 42 | 54 | 100 |
| CENTRO SUR | 104 | 96 | 101 | 44 | 53 | 99 |
| CENTRO ESTE | 128 | 109 | 119 | 45 | 56 | 102 |
| ESTE | 122 | 105 | 119 | 44 | 54 | 99 |
| SURESTE | 108 | 91 | 96 | 45 | 51 | 95 |
| PROMEDIO: | 119 | 102 | 120 | 44 | 56 | 103 |

| REGION | E (mm/mes) | | | P-ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 59 | 31 | 12 | 70 | 37 | 18 |
| CENTRO NORTE | 80 | 34 | 28 | 82 | 44 | 31 |
| NORESTE | 74 | 48 | 22 | 89 | 52 | 32 |
| LITORAL SUR | 38 | 25 | 22 | 42 | 34 | 20 |
| SUROESTE | 25 | 16 | 9 | 45 | 32 | 4 |
| CENTRO SUR | 48 | 36 | 7 | 60 | 41 | 1 |
| CENTRO ESTE | 62 | 41 | 12 | 84 | 55 | 17 |
| ESTE | 59 | 53 | 16 | 77 | 53 | 24 |
| SURESTE | 44 | 36 | 10 | 63 | 41 | 2 |
| PROMEDIO: | 60 | 39 | 15 | 73 | 46 | 18 |

| REGION | C | | | E - (P - ETP) (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 0.55 | 0.31 | 0.14 | -11 | -6 | -6 |
| CENTRO NORTE | 0.62 | 0.31 | 0.19 | -2 | -10 | -3 |
| NORESTE | 0.56 | 0.44 | 0.16 | -15 | -4 | -10 |
| LITORAL SUR | 0.39 | 0.30 | 0.16 | -4 | -9 | 2 |
| SUROESTE | 0.25 | 0.20 | 0.08 | -20 | -16 | 5 |
| CENTRO SUR | 0.42 | 0.38 | 0.07 | -12 | -6 | 7 |
| CENTRO ESTE | 0.49 | 0.39 | 0.11 | -23 | -14 | -5 |
| ESTE | 0.47 | 0.53 | 0.15 | -18 | 0 | -8 |
| SURESTE | 0.40 | 0.43 | 0.11 | -19 | -5 | 9 |
| PROMEDIO: | 0.49 | 0.38 | 0.13 | -14 | -8 | -2 |

TABLA 9 – Resumen de valores estacionales regionalizados para las cuencas aforadas – Frecuencia cuatrimestral 70%.

(Período de referencia 1980-2004)

| REGION | P (mm/mes) | | | ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 91 | 87 | 106 | 42 | 56 | 106 |
| CENTRO NORTE | 94 | 89 | 111 | 43 | 58 | 106 |
| NORESTE | 113 | 100 | 121 | 42 | 57 | 102 |
| LITORAL SUR | 71 | 77 | 105 | 40 | 53 | 102 |
| SUROESTE | 67 | 76 | 89 | 40 | 53 | 97 |
| CENTRO SUR | 87 | 84 | 75 | 40 | 51 | 96 |
| CENTRO ESTE | 110 | 92 | 96 | 42 | 54 | 100 |
| ESTE | 93 | 92 | 79 | 41 | 51 | 96 |
| SURESTE | 84 | 80 | 79 | 41 | 50 | 92 |
| PROMEDIO: | 96 | 89 | 95 | 41 | 54 | 100 |

| REGION | E (mm/mes) | | | P-ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 20 | 20 | 8 | 45 | 27 | -4 |
| CENTRO NORTE | 39 | 26 | 10 | 54 | 30 | 0 |
| NORESTE | 48 | 37 | 12 | 69 | 42 | 12 |
| LITORAL SUR | 17 | 18 | 11 | 30 | 23 | -1 |
| SUROESTE | 14 | 12 | 4 | 25 | 25 | -10 |
| CENTRO SUR | 25 | 23 | 3 | 45 | 31 | -23 |
| CENTRO ESTE | 40 | 29 | 5 | 67 | 39 | -6 |
| ESTE | 35 | 38 | 7 | 53 | 38 | -19 |
| SURESTE | 31 | 27 | 4 | 44 | 29 | -16 |
| PROMEDIO: | 33 | 28 | 7 | 53 | 34 | -9 |

| REGION | C | | | E - (P - ETP) (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 0.36 | 0.23 | 0.07 | -24 | -7 | 11 |
| CENTRO NORTE | 0.41 | 0.27 | 0.10 | -15 | -4 | 10 |
| NORESTE | 0.43 | 0.38 | 0.11 | -21 | -4 | 0 |
| LITORAL SUR | 0.26 | 0.22 | 0.11 | -13 | -5 | 12 |
| SUROESTE | 0.18 | 0.15 | 0.04 | -10 | -13 | 14 |
| CENTRO SUR | 0.30 | 0.28 | 0.04 | -20 | -8 | 26 |
| CENTRO ESTE | 0.36 | 0.32 | 0.05 | -26 | -10 | 12 |
| ESTE | 0.36 | 0.40 | 0.08 | -18 | 0 | 26 |
| SURESTE | 0.29 | 0.32 | 0.06 | -13 | -2 | 20 |
| PROMEDIO: | 0.35 | 0.30 | 0.07 | -20 | -6 | 15 |

TABLA 10 – Resumen de valores estacionales regionalizados para las cuencas aforadas – Frecuencia cuatrimestral 90%.

(Período de referencia 1980-2004)

| REGION | P (mm/mes) | | | ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 73 | 64 | 87 | 39 | 54 | 101 |
| CENTRO NORTE | 81 | 77 | 76 | 40 | 55 | 103 |
| NORESTE | 80 | 75 | 89 | 38 | 54 | 97 |
| LITORAL SUR | 42 | 55 | 77 | 35 | 50 | 99 |
| SUROESTE | 50 | 57 | 62 | 38 | 51 | 94 |
| CENTRO SUR | 63 | 71 | 64 | 37 | 50 | 91 |
| CENTRO ESTE | 69 | 72 | 61 | 37 | 51 | 95 |
| ESTE | 78 | 76 | 56 | 37 | 49 | 93 |
| SURESTE | 71 | 67 | 62 | 37 | 48 | 87 |
| PROMEDIO: | 71 | 71 | 69 | 37 | 52 | 96 |

| REGION | E (mm/mes) | | | P-ETP (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 16 | 14 | 3 | 29 | 12 | -27 |
| CENTRO NORTE | 15 | 16 | 3 | 31 | 18 | -32 |
| NORESTE | 26 | 26 | 4 | 40 | 17 | -15 |
| LITORAL SUR | 7 | 7 | 5 | 6 | 2 | -28 |
| SUROESTE | 5 | 8 | 1 | 6 | 2 | -41 |
| CENTRO SUR | 10 | 13 | 1 | 22 | 19 | -37 |
| CENTRO ESTE | 20 | 21 | 1 | 35 | 19 | -46 |
| ESTE | 26 | 27 | 2 | 38 | 25 | -43 |
| SURESTE | 12 | 17 | 2 | 30 | 15 | -33 |
| PROMEDIO: | 17 | 18 | 2 | 30 | 17 | -36 |

| REGION | C | | | E - (P - ETP) (mm/mes) | | |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR | ABR- JUL | AGO- NOV | DIC- MAR |
| LITORAL NORTE | 0.18 | 0.16 | 0.03 | -12 | 2 | 30 |
| CENTRO NORTE | 0.21 | 0.22 | 0.03 | -17 | -1 | 36 |
| NORESTE | 0.26 | 0.30 | 0.04 | -14 | 8 | 19 |
| LITORAL SUR | 0.16 | 0.12 | 0.06 | 1 | 6 | 33 |
| SUROESTE | 0.10 | 0.11 | 0.01 | -1 | 6 | 41 |
| CENTRO SUR | 0.17 | 0.18 | 0.01 | -12 | -6 | 38 |
| CENTRO ESTE | 0.21 | 0.21 | 0.02 | -15 | 2 | 47 |
| ESTE | 0.27 | 0.34 | 0.04 | -12 | 2 | 45 |
| SURESTE | 0.18 | 0.22 | 0.03 | -18 | 2 | 36 |
| PROMEDIO: | 0.21 | 0.22 | 0.03 | -13 | 1 | 38 |