



DIRECCIÓN NACIONAL DE AGUAS
ÁREA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS
DIVISIÓN SERVICIO HIDROLÓGICO

REGIONALIZACIÓN DE ESTADÍSTICAS DE CAUDALES

NOTA DE EDICIÓN:

Esta versión contiene, con relación a las distribuidas anteriormente, algunas correcciones editoriales y actualizaciones en las tablas de valores y gráficas de los parámetros estadísticos analizados. Numéricamente, las variaciones en los principales resultados son de poca entidad y no alteran las conclusiones generales.

Conceptualmente, el mayor cambio consiste en una reducción de las subregiones definidas para el cálculo de los coeficientes regionalizados. Además se ha incorporado una actualización de la codificación de cuencas que afecta casi exclusivamente a la zona de los Bañados del Este.

Se han reorganizado los capítulos 2 y 3 eliminando algunas secciones que contenían indicadores de baja representatividad para los fines del documento y se sustituyeron por otros resultados que se consideran de mayor interés.

En los Anexos se presentan los indicadores estadísticos actualizados con la información más reciente cuando corresponde.

Octubre 2025

Contenido

PRESENTACIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ESTADÍSTICAS DE CAUDALES ANUALES Y ESTACIONALES.....	3
3. CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EN CAUDALES BAJOS.....	21
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	25

ANEXO I CODIFICACIÓN DE CUENCAS

ANEXO II REGIONALIZACIÓN DE CICLOS MEDIOS ANUALES DE CAUDALES

ANEXO III REGIONALIZACIÓN DE FRECUENCIAS DE CAUDALES DIARIOS ESTACIONALES

ANEXO IV PROMEDIOS MÓVILES DE CAUDALES DIARIOS EN ESTIAJES

Índice de figuras

Figura 1 - Estaciones hidrométricas seleccionadas y sus cuencas incrementales.	5
Figura 2 - Ciclos medios anuales de caudales en cuencas aforadas (1980 - 2010)	6
Figura 3 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente del Río Uruguay (1980 - 2010)	7
Figura 4 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente Platense y Atlántica (1980 - 2010).....	8
Figura 5 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente Laguna Merín (1980 - 2010)	8
Figura 6 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) para todo el país (1980 - 2010)	9
Figura 7 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Río Uruguay (1980 - 2010)	10
Figura 8 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Platense y Atlántica (1980 - 2010)	10
Figura 9 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Laguna Merín (1980 - 2010)	11
Figura 10 - Asignación de subregiones según ciclo medio anual (izq.) y frecuencias (der.)	12
Figura 11 - Regionalización de frecuencias diarias normalizadas (años completos).....	15
Figura 12 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (ABR-JUL)	16
Figura 13 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (AGO-NOV).....	17
Figura 14 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (DIC-MAR)	18
Figura 15 - Estimación de $q3_{(80\%)}$ para regiones Noroeste y Sureste	20
Figura 16 - Correlaciones $q3_{(FF\%)}$ vs $q_{(90\%)}$	21
Figura 17 - Correlaciones $q3_{(N, T)}$ vs $q3_{(90\%)}$	23
Figura 18 - Correlaciones $q3_{(N, T)}$ vs $q3_{(80\%)}$	23
Figura 19 - Correlaciones $q3_{(N, T)}$ vs $q3_{(70\%)}$	24
Figura 20 - Caudales específicos medios cuatrimestrales ($L/s/km^2$).....	26
Figura 21 - Regionalización de caudales específicos estacionales $qj_{(90\%)}$	27
Figura 22 - Regionalización de caudales específicos estacionales $qj_{(80\%)}$	28
Figura 23 - Regionalización de caudales específicos estacionales $qj_{(70\%)}$	29

PRESENTACIÓN

La "Guía de Prácticas Hidrológicas" (OMM N° 168) define que *"la misión principal de un servicio hidrológico, o de un organismo equivalente, es suministrar información a los decisores sobre el estado y la evolución de los recursos hídricos del país."*

La División Servicio Hidrológico es la oficina técnica de la Dirección Nacional de Aguas (**DINAGUA**) encargada de la instalación, mantenimiento y operación de una red básica de estaciones hidrométricas en todo el país, del procesamiento de los datos generados y la producción de informes, estudios estadísticos y publicaciones en apoyo a los cometidos y funciones de la Unidad Ejecutora o a requerimiento de los usuarios, y de coordinar y sistematizar el intercambio de información entre las distintas instituciones generadoras de datos hidrológicos e hidrogeológicos a nivel nacional y regional.

Dependiente del Área de Evaluación de Sistemas Hídricos, el Servicio contribuye junto a la División de Sistemas de Información a mejorar el conocimiento sobre las características hidrológicas y el uso de los recursos hídricos de las cuencas y acuíferos del país.

La presente publicación continúa una serie de informes temáticos de la División orientada a presentar en forma resumida y sistematizada la información hidrométrica disponible y algunas evaluaciones cuantitativas o cualitativas de los principales fenómenos hidrológicos observados en cada período

Para la realización de estos informes ha sido fundamental la participación de todos los funcionarios del Servicio Hidrológico 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 de la DINAGUA 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.

Ing. Rodolfo Chao

Montevideo, octubre de 2025

1. INTRODUCCIÓN

Las posibilidades reales de tener registros hidrométricos en cuencas superficiales de manera continua y confiable difícilmente alcanzan a todas las secciones que serían necesarias o deseables. En particular, la medición sistemática de caudales extremos suele presentar severas dificultades prácticas y en consecuencia la determinación de indicadores estadísticos confiables para esos rangos adolece de baja precisión. Por esa razón resulta útil encontrar correlaciones con otros parámetros más robustos que permitan hacer una estimación indirecta cuando las mediciones directas son escasas o poco precisas.

En cuencas aforadas, es decir, donde existen estaciones hidrométricas con series de caudales extensas, continuas y confiables, es posible determinar los parámetros estadísticos de mayor detalle (frecuencias diarias estacionales, secuencias de eventos de caudales bajos de distintas duraciones, etc.), mientras que con otros estudios como los balances hidrológicos se pueden calcular parámetros estadísticos en escalas temporales mayores (mensual, cuatrimestral, anual) y de mayor cobertura geográfica.

En el presente documento y sus Anexos se describen los estadísticos más usuales para caracterizar los comportamientos hidrológicos de las distintas cuencas y se analizan varias correlaciones posibles entre esos parámetros, procurando deducir pautas para su regionalización con fines de extrapolación a cuencas no aforadas.

Se pretende con ello facilitar una mayor comprensión de los comportamientos de las diferentes cuencas del país, tanto en sus semejanzas y regularidades como en sus diferencias y variabilidades.

La siguiente nomenclatura se ha empleado en el documento para identificar a los diferentes parámetros estadísticos estudiados:

q	- caudal medio específico anual ($L/s/km^2$)
qi, qj	- caudal medio específico de cada mes calendario <i>i</i> o cuatrimestre <i>j</i>
qj (FF%)	- caudal específico con frecuencia diaria FF% en el cuatrimestre <i>j</i>
qj (N,T)	- mínimo caudal específico en promedio móvil de <i>N</i> días con <i>T</i> años de período de retorno en el cuatrimestre <i>j</i>
E	- escurrimiento acumulado anual (mm)
Ei, Ej	- escurrimiento acumulado de cada mes calendario <i>i</i> o cuatrimestre <i>j</i>
E (FF%)	- escurrimiento acumulado con frecuencia anual FF%
Ej (FF%)	- escurrimiento acumulado estacional en el cuatrimestre <i>j</i> con frecuencia anual FF%

2. ESTADÍSTICAS DE CAUDALES ANUALES Y ESTACIONALES

La información hidrométrica utilizada en este estudio ha sido elaborada a partir de datos en el Sistema de Información Hídrica (SIH) gestionado en DINAGUA.

Para este estudio se utilizó información de cerca de 40 estaciones hidrométricas del Servicio Hidrológico con series de datos de caudales de entre 15 y 30 años de extensión para el período de referencia propuesto (1980-2010).

Algunas de dichas estaciones, por tener menor extensión o condiciones menos propicias para generar estadísticas confiables, fueron utilizadas solamente para validar los resultados cualitativos (definición del año hidrológico, tendencias de variabilidad interanual y estacional) ya que en términos generales acompañan los comportamientos de las estaciones más completas en las cuencas cercanas.

En otros casos, cuando el período de referencia no estaba completo pero sí había datos anteriores o posteriores, se desplazaron los límites temporales para abarcar una extensión equivalente de 30 años, de modo de tener resultados estadísticamente comparables.

En la **Figura 1** se delimitan las cuencas incrementales de las estaciones hidrométricas utilizadas en el estudio identificadas por su código. Las cuencas interceptadas por las estaciones seleccionadas cubren en total unos **101.300 km²**, un área cercana al 60% del territorio nacional, aunque de ese total unos **9.400 km²** están en territorio brasileño (partes de las cuencas de los ríos Cuareim, Negro y Yaguarón). Las cuencas de aporte de dichas estaciones tienen tamaños comprendidos **entre 315 y 8.900 km²** y según se aprecia en la misma figura están distribuidas territorialmente de una manera bastante uniforme en todo el país.

Las porciones del territorio que quedan sin mediciones directas se ubican en los tramos inferiores de las principales subcuencas antes de sus respectivas desembocaduras en los tributarios mayores (ríos Uruguay y de la Plata, Océano Atlántico, Laguna Merín) y en la región central (afluentes directos a los embalses del río Negro).

Paralelamente fueron utilizados los resultados de un modelo de balance hidrológico superficial, desarrollado inicialmente en 2014 en el marco del "PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS CON ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN URUGUAY" (PLANAGUA). De dicho modelo de balance se utilizaron principalmente las series mensuales de precipitación **P**, evapotranspiración **ETR** y escurrimiento **E** para generar estadísticas hidrometeorológicas estacionales y regionales. Las series de datos mensuales derivados del balance original se han extendido hasta fechas más recientes con algunos ajustes en la implementación del modelo.¹

Existe una diferencia fundamental entre ambos conjuntos de datos que se debe tener presente al comparar los resultados obtenidos. El primero utiliza datos de mediciones directas referidos estrictamente a las cuencas seleccionadas que permiten calcular valores horarios, diarios, mensuales, estacionales y anuales. Este conjunto de datos, como se ha dicho, no incluye información directa sobre una parte importante del territorio nacional. En cambio, los resultados del segundo conjunto de datos alcanzan a todo el territorio nacional, pero refieren solamente a escalas mensuales (no son de aplicación por ejemplo en análisis de eventos extremos o fenómenos de duración menor al paso mensual). El hecho de que cualitativamente los resultados obtenidos por ambos métodos son consistentes en alto grado y que incluso numéricamente los valores son comparables da solidez a las conclusiones del estudio.

¹ Estos ajustes de implementación, que implicaron cambios en los valores medios estimados para el agua disponible en el suelo de las cuencas, explican la mayor parte de las diferencias numéricas entre los datos presentados en este documento y los de las versiones anteriores.

2.1. Ciclo medio anual (año hidrológico)

En el largo plazo, la alternancia de períodos con mayores precipitaciones que otros termina configurando en los sistemas hidrológicos una tendencia cíclica de doce meses en torno a un valor medio (año hidrológico), tanto en precipitaciones como en caudales. Al calcular los promedios de largo período de cada mes calendario por separado se forma un ciclo medio anual con secuencias de promedios mensuales sucesivos por encima del promedio anual (fase húmeda) alternadas con promedios mensuales sucesivos por debajo del promedio anual (fase seca). Los ciclos anuales de caudales generalmente se presentan desfasados con respecto a los de precipitaciones, e incluso pueden tener formas diferentes por efecto de los otros componentes del ciclo hidrológico (principalmente evaporación) y las características del medio que encuentra en su fase terrestre.

Existen sistemas donde estos ciclos anuales se presentan regularmente alternando solo una fase húmeda y una seca, pero en otros pueden presentarse otras secuencias con más de una fase húmeda o seca en cada año. Una de las principales características que deben determinarse para conocer un sistema hidrológico es particularmente este comportamiento del **año hidrológico medio**.

Con relación a los caudales, los resultados de este estudio muestran que para todas las cuencas del país el año hidrológico puede definirse comenzando en abril. Los ciclos medios de caudales se manifiestan además tendencialmente diferenciados por cuatrimestres: abril-julio, agosto-noviembre y diciembre-marzo. Estas definiciones para el ciclo medio anual y estacional (cuatrimestres) son las que el Servicio Hidrológico ha adoptado para sus reportes estadísticos desde hace ya unos años y son las que se emplean en los análisis siguientes.

2.1.1. Ciclo medio deducido de series históricas

A partir de las respectivas series de registros históricos, para cada estación hidrométrica se determinó el caudal específico medio anual **q** y los caudales específicos medios mensuales **qi** en el período estadístico de referencia 1980-2010.

La **Figura 2** resume los promedios anuales de cada estación en valores de caudales (m^3/s) y caudales específicos ($\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$) y una representación sintética de los respectivos ciclos medios. Se representa cada estación en una fila y se utiliza en las columnas un código de colores para cada mes del año según que el caudal medio mensual **qi** sea superior (tonos azules) o inferior (tonos ocres) a su respectivo promedio anual **q**, separando un período "húmedo" y otro "seco" dentro de cada ciclo anual. Los tonos más fuertes de cada gama indican además los meses en los que se registraron los promedios extremos en el período de referencia.

Al pie de la figura se muestra una tabla resumen con los valores medios cuatrimestrales y anuales (promedios ponderados por área), expresados como escurrimientos acumulados (mm y mm/mes) y caudales específicos ($\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$).

El promedio general de escurrimiento anual, calculado como promedio ponderado por áreas de todas las cuencas aforadas, es **E = 516 mm**. Suponiendo que las cuencas aforadas fueran representativas del total del territorio, el aporte anual por escurrimiento superficial estimado para todo el país sería de **91.430 hm³**.

El caudal medio del primer cuatrimestre (**ABR-JUL**) es un 35% mayor que el promedio anual; el segundo (**AGO-NOV**), por su parte, resulta con caudales medios aproximadamente iguales al promedio anual; y el caudal del tercero (**DIC-MAR**) es casi un 60% del caudal medio anual.

Resulta de estos valores que el cuatrimestre de verano aporta aproximadamente el **20% del volumen total anual**, denotando que los períodos denominados secos no son demasiado severos en promedio y ofrecen *a priori* un potencial de explotación relativamente elevado. Más adelante se discuten las características de variabilidad de estos valores y en consecuencia sus niveles de riesgo.

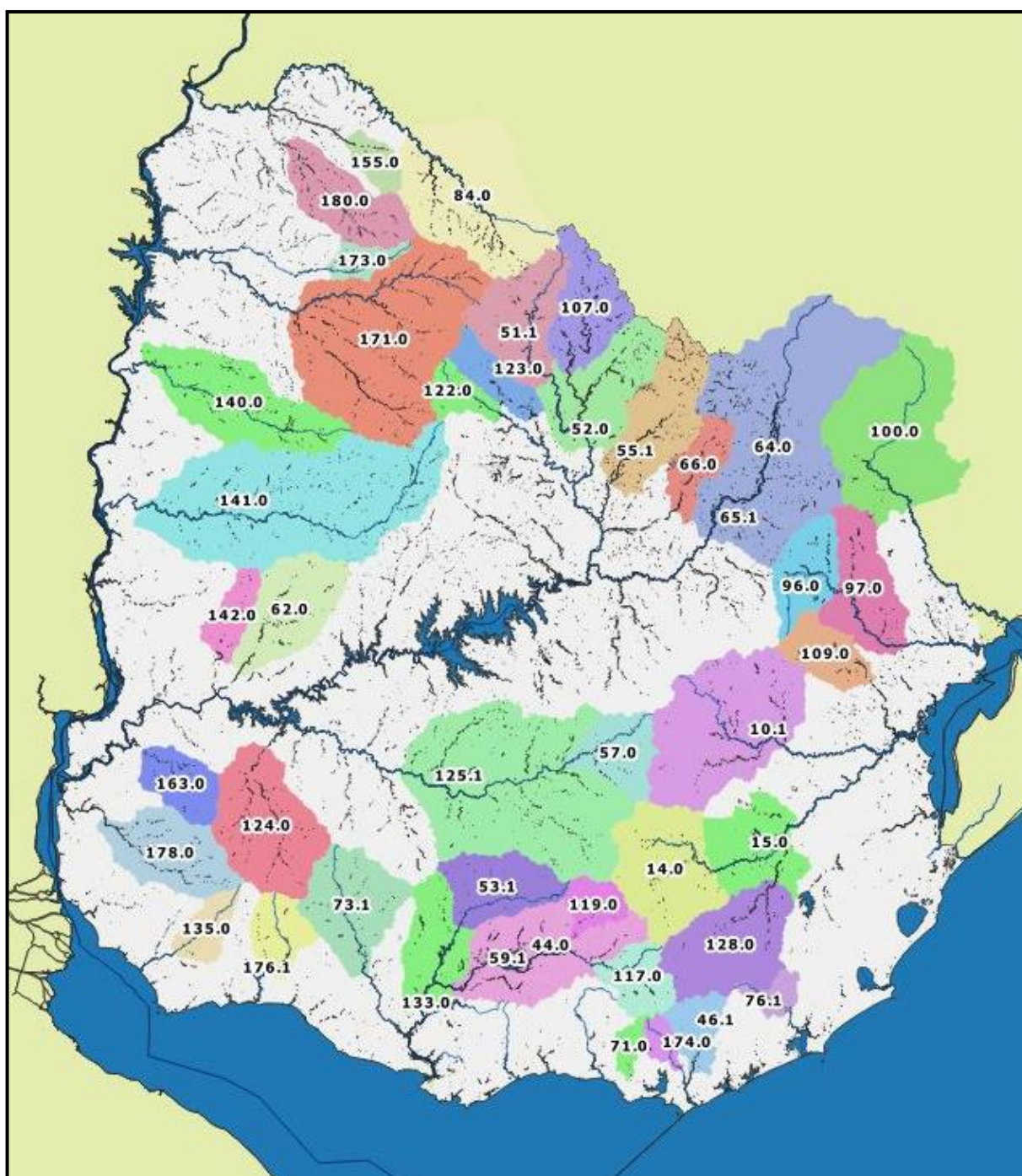


Figura 1 - Estaciones hidrométricas seleccionadas y sus cuencas incrementales.

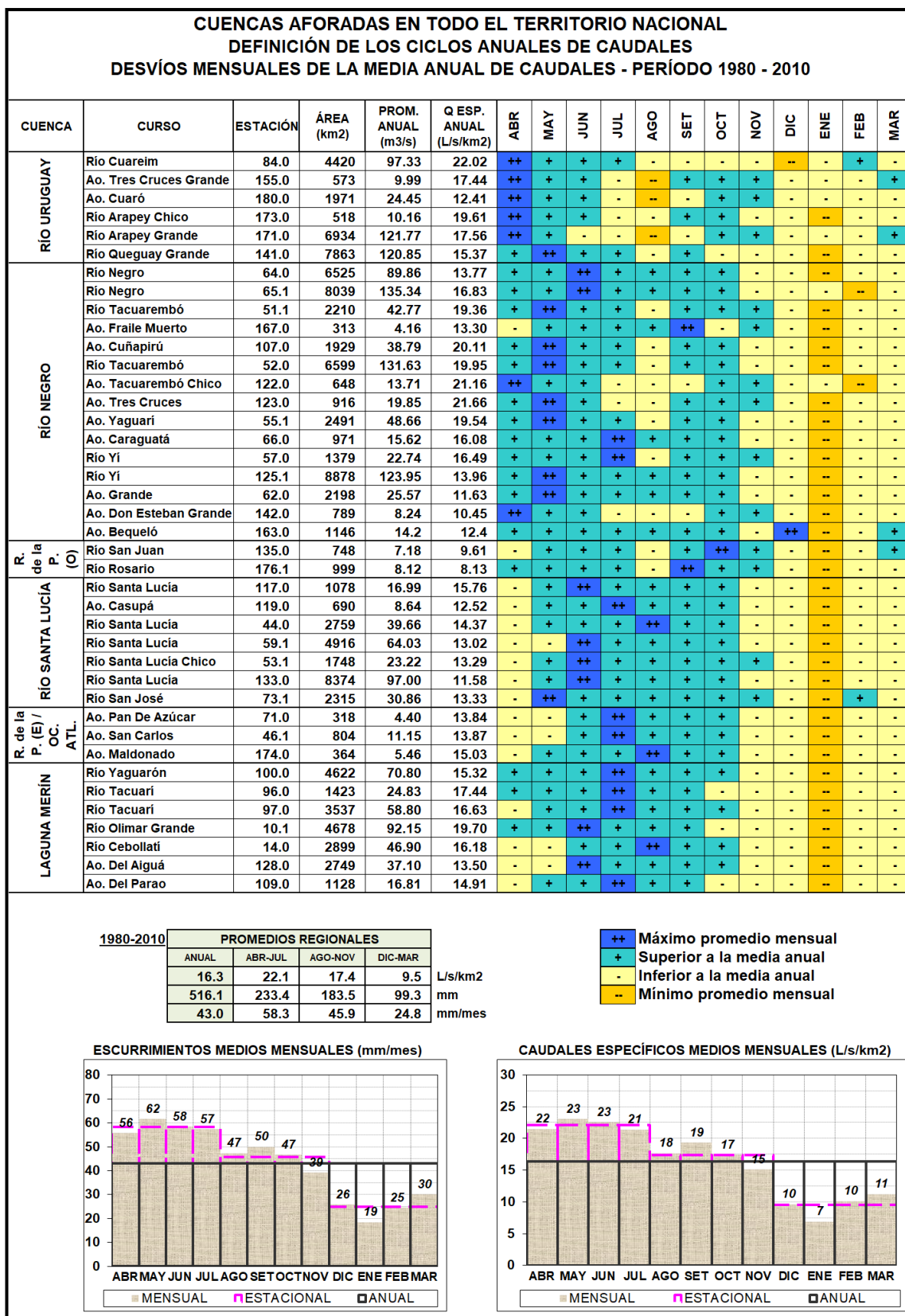
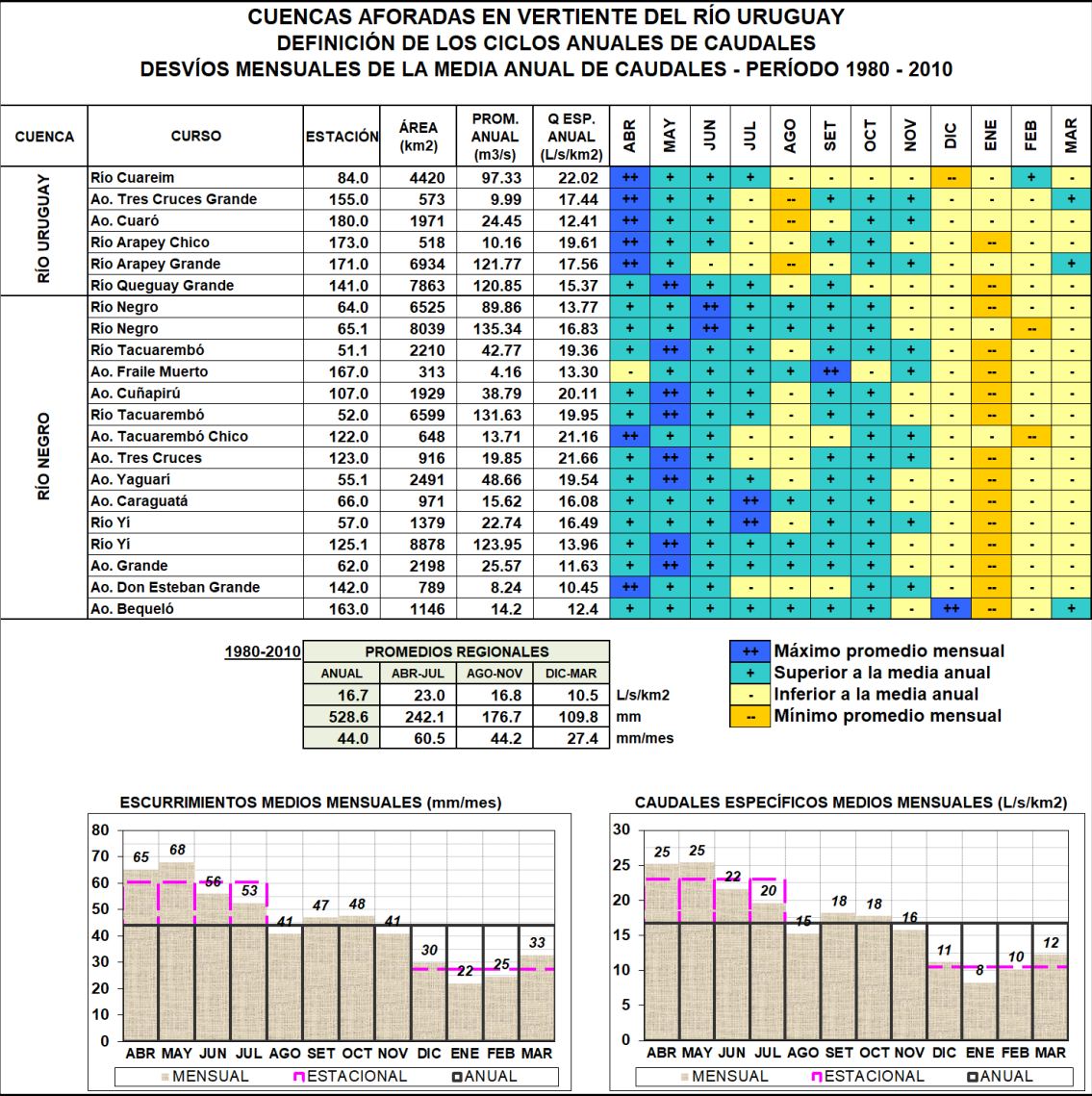


Figura 2 - Ciclos medios anuales de caudales en cuencas aforadas (1980 - 2010)

Para ilustrar las diferencias regionales, las figuras siguientes contienen el mismo tipo de resumen estadístico pero reagrupando los datos según las principales vertientes: la del Río Uruguay (incluyendo el Río Negro) en la **Figura 3**; la Platense (incluyendo el río Santa Lucía) y Atlántica en la **Figura 4**; y la de la Laguna Merín en la **Figura 5**.

Una singularidad llamativa se puede observar en las cuencas de la vertiente del río Uruguay, e incluso en el Río de la Plata (oeste), donde en agosto se presenta un mínimo relativo interrumpiendo la fase húmeda del ciclo, llegando en algunas cuencas a ser el mes con los menores caudales mensuales en todo el ciclo medio.

Figura 3 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente del Río Uruguay (1980 - 2010)



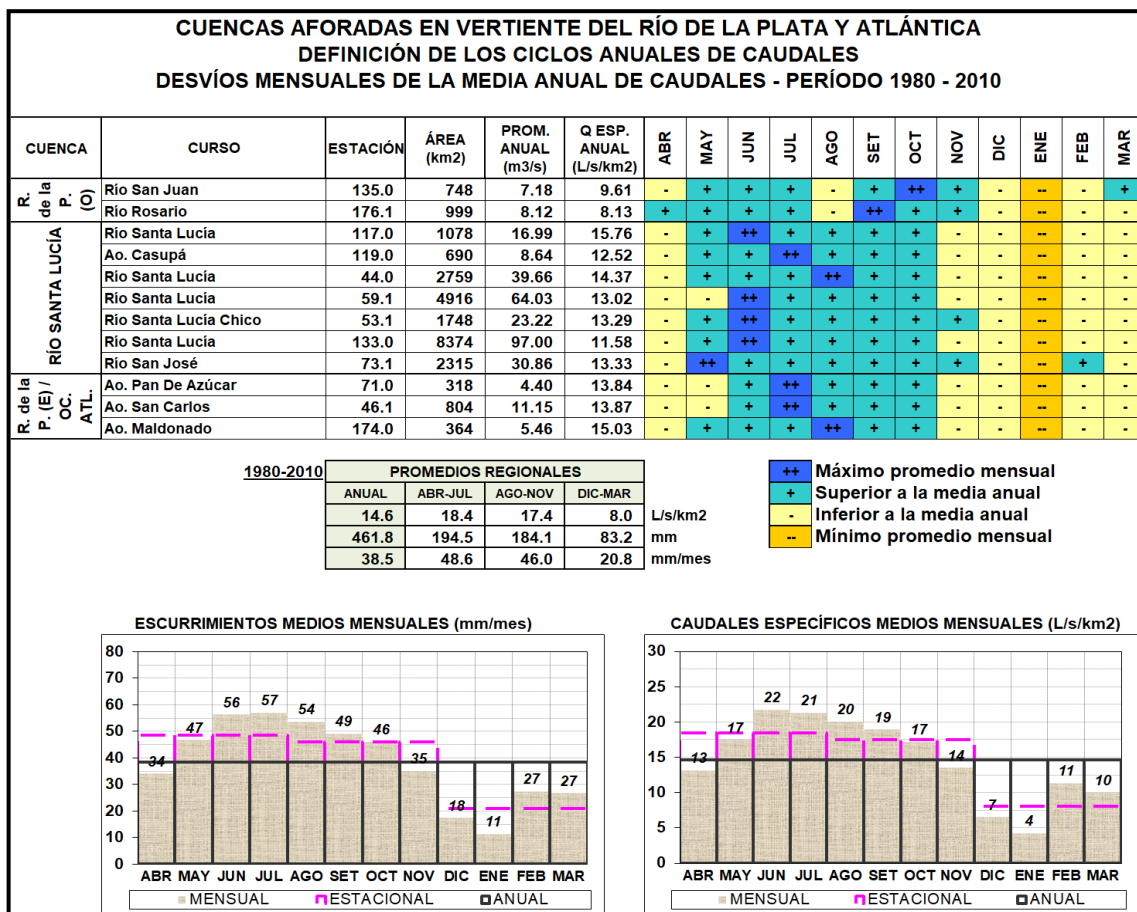


Figura 4 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente Platense y Atlántica (1980 - 2010)

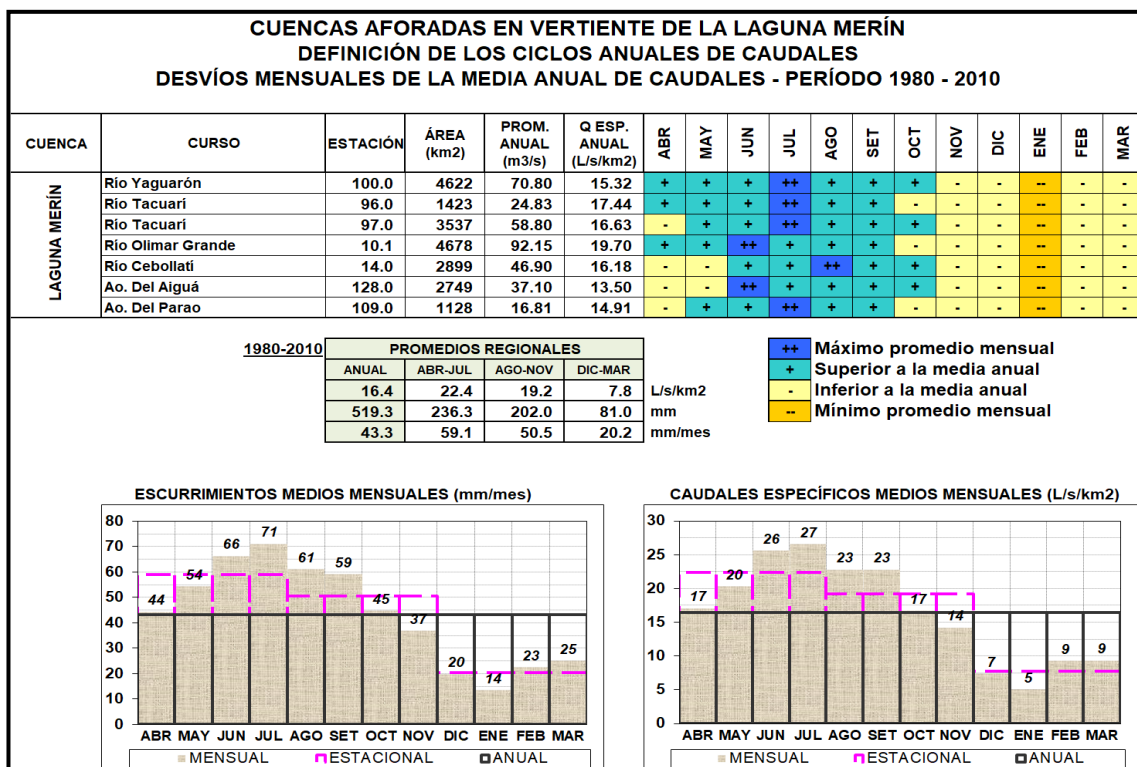


Figura 5 - Ciclos medios anuales de caudales - Vertiente Laguna Merín (1980 - 2010)

2.1.2. Ciclo medio deducido del modelo de balance hidrológico

En la **Figura 6** se muestra el ciclo medio anual para todo el país obtenido a partir del balance hidrológico (período 1980-2010). La tabla de valores y el gráfico muestran los ciclos de precipitación (**P**), evapotranspiración (**ETR**) y escorrentía (**E**), entre otros parámetros relacionados.

Los resultados generales son concordantes en lo cualitativo con los del apartado anterior: la fase húmeda del ciclo hidrológico se extiende por los dos primeros cuatrimestres y el tercer cuatrimestre se mantiene por debajo del promedio aportando cerca del 20% del total.

El escurrimiento anual promedio según este cálculo sería **E = 454 mm (80.450 hm³)**. Resulta un valor menor que el determinado en el apartado anterior, lo que podría explicarse si se supone que las porciones no aforadas (partes bajas de las cuencas y afluentes directos a embalses del río Negro) tienen menores rendimientos en aportes específicos y no están bien representadas por las estadísticas deducidas de las cuencas aforadas pero sí con los parámetros de ajuste del modelo.

Para cada una de las tres vertientes principales las **Figuras 7 a 9** detallan los respectivos ciclos medios anuales deducidos del modelo de balance hidrológico. Se repiten los patrones de comportamiento de los datos observados en las **Figuras 3 a 5**, salvo en la región de la vertiente platense y oceánica, donde el cuatrimestre de mayores caudales es el segundo (agosto a noviembre). En los tres casos el cuatrimestre de verano (**DIC-MAR**) tiene caudales del orden de entre un 50% y 65% del promedio anual y el cuatrimestre de valores intermedios tiene caudales aproximadamente iguales al promedio.

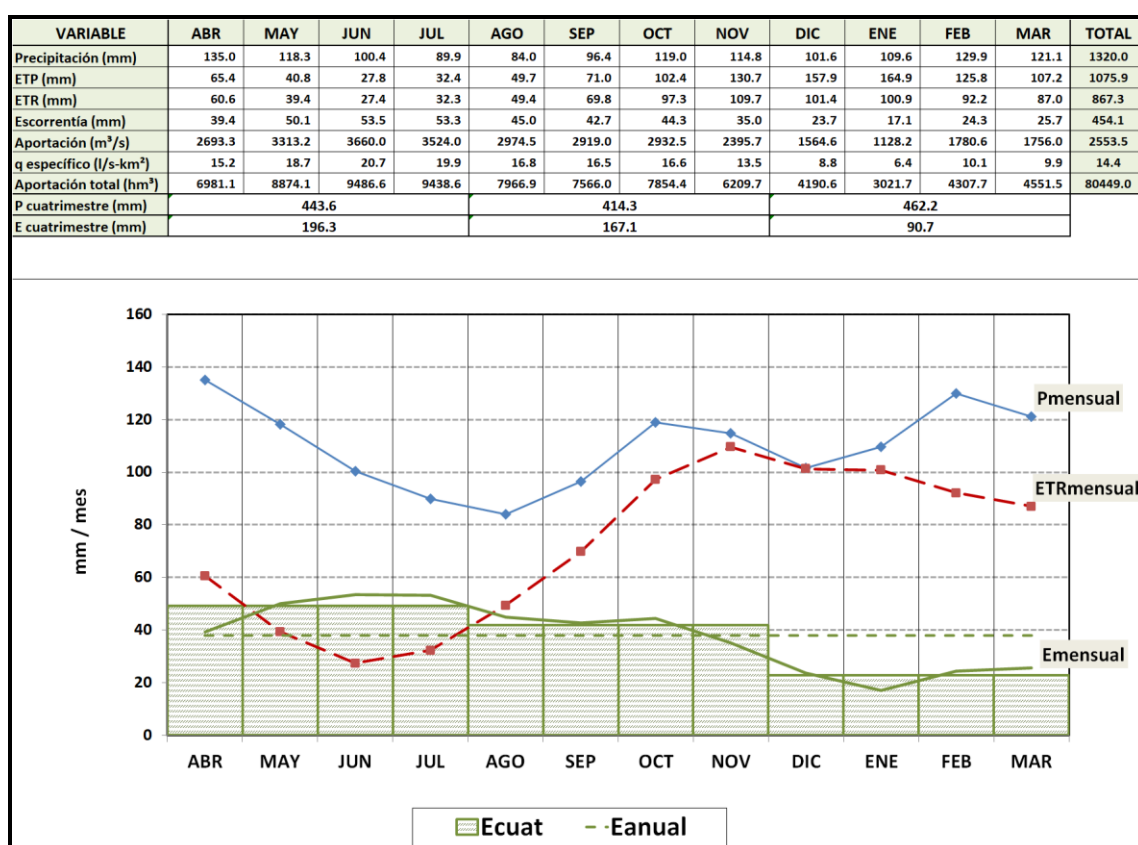


Figura 6 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) para todo el país (1980 - 2010)

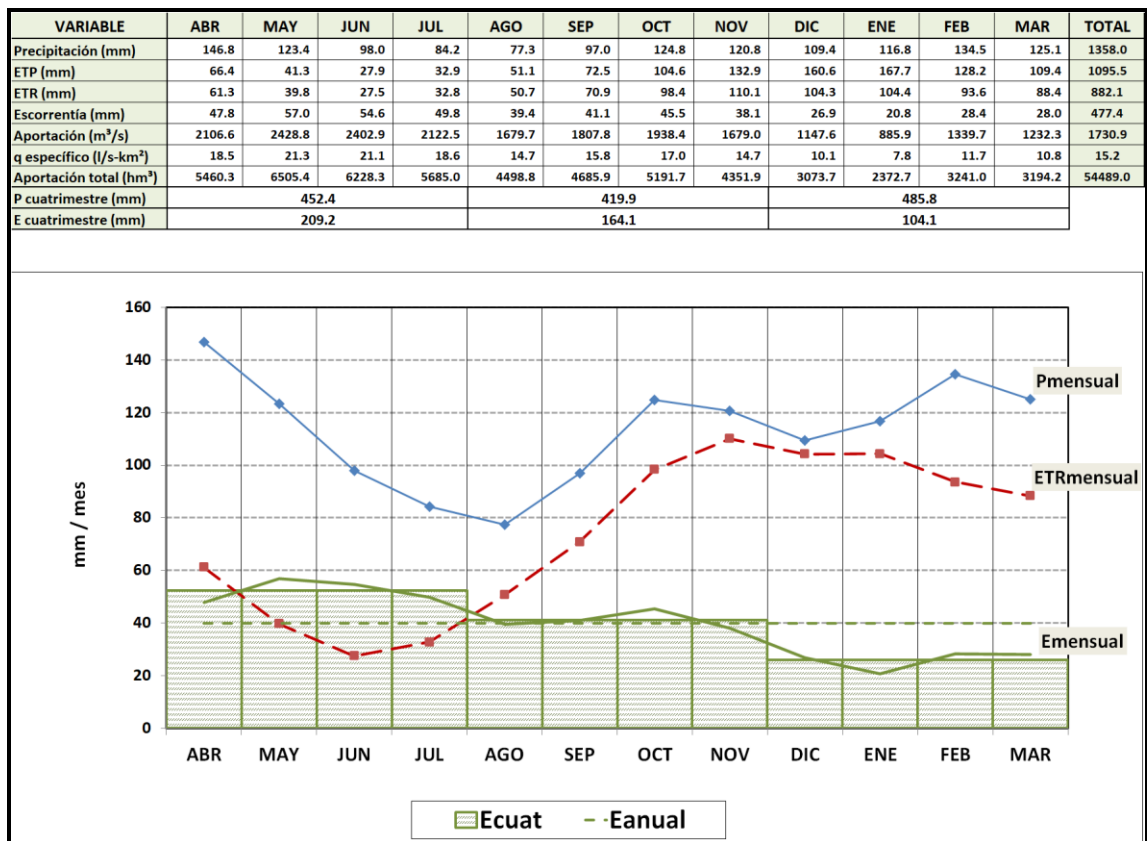


Figura 7 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Río Uruguay (1980 - 2010)

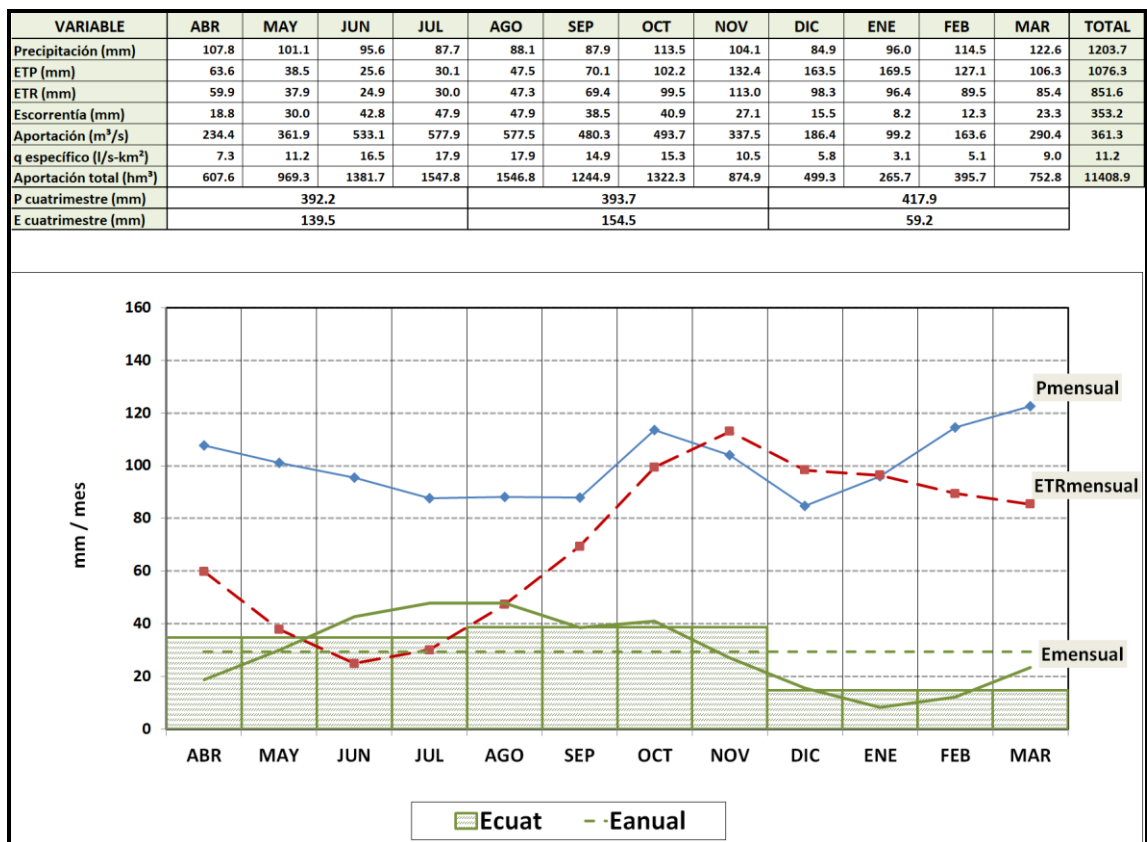


Figura 8 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Platense y Atlántica (1980 - 2010)

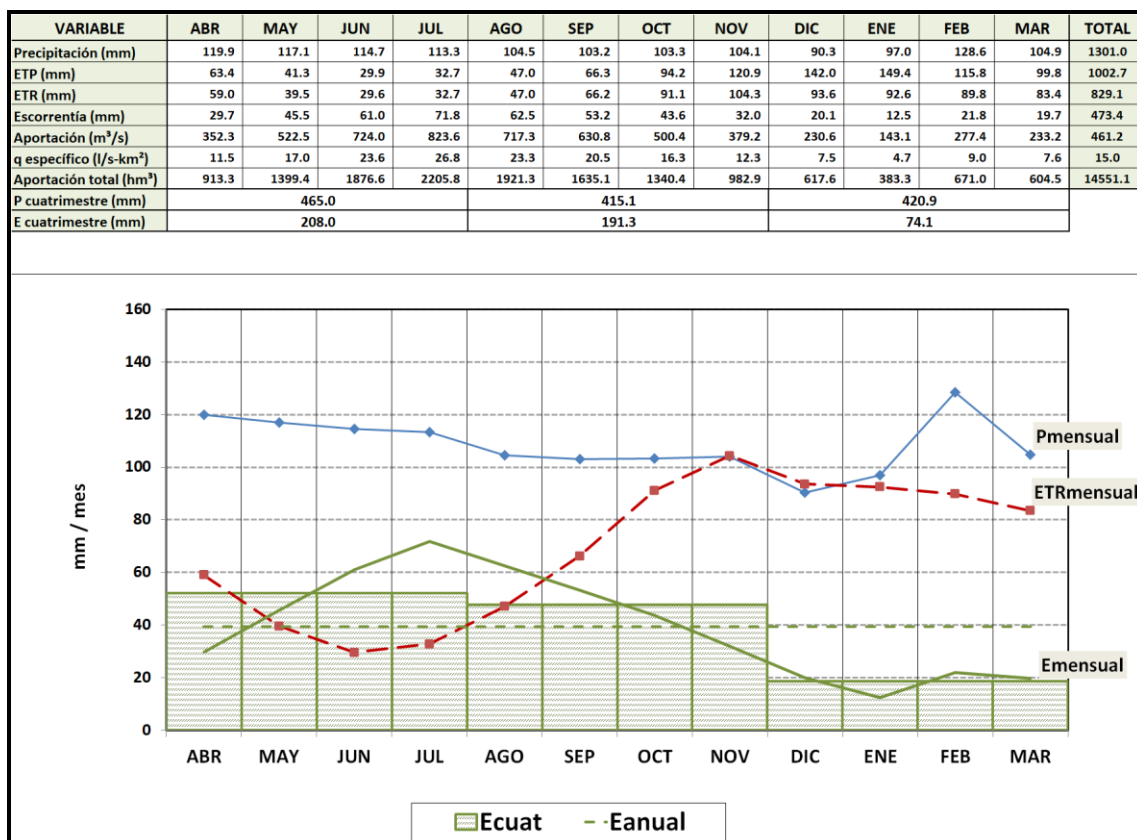


Figura 9 - Ciclo de promedios mensuales (P, ETR, E) - Vertiente Laguna Merín (1980 - 2010)

2.2.Subregiones

Con los resultados de los apartados anteriores las tres regiones hidrográficas principales quedan descritas de manera bastante completa. Sin embargo es notorio que dentro de cada región existe una amplia diversidad de características geomorfológicas, edáficas y hasta de micro regiones climáticas que hacen esperable diferentes comportamientos hidrológicos a escalas temporales del orden de días.

Para investigar la existencia de diferencias o regularidades en los comportamientos hidrológicos a escalas menores los análisis siguientes fueron realizados con valores normalizados por los respectivos promedios anuales o estacionales (qi / q o $qj_{(FF\%)} / qj$), tanto con las series diarias históricas como con las series mensuales modeladas.

Se agruparon las diferentes subcuencas en subregiones considerando además de su contigüidad geográfica la semejanza en los valores normalizados de distintos parámetros estadísticos. Debe advertirse que los límites de algunas subregiones podrían definirse ligeramente diferente según que se consideren los comportamientos medios anuales y mensuales o las frecuencias diarias estacionales.

Debido a las diferencias inherentes a la discretización geográfica de cada uno de los métodos la delimitación de las subregiones presenta ligeras variaciones según el caso, pero en su mayor parte los resultados son consistentes. (Ver **Figura 10**)

El mapa de la **Figura 10** muestra la delimitación de las subregiones propuestas según el criterio del ciclo medio anual normalizado (2.2.1) y el de frecuencias estacionales normalizadas (2.2.2).

Al interior de cada subregión y cada subcuenca, sobre todo en los límites entre regiones y en cuencas menores donde no existen series estadísticas de observación directa, los valores indicados deben utilizarse con precaución, evaluando complementariamente otros criterios hidrológicos e hidromorfológicos (tipos de suelo y coberturas, topografía, tamaño de cuencas, etc.) para asignar los coeficientes regionalizados.

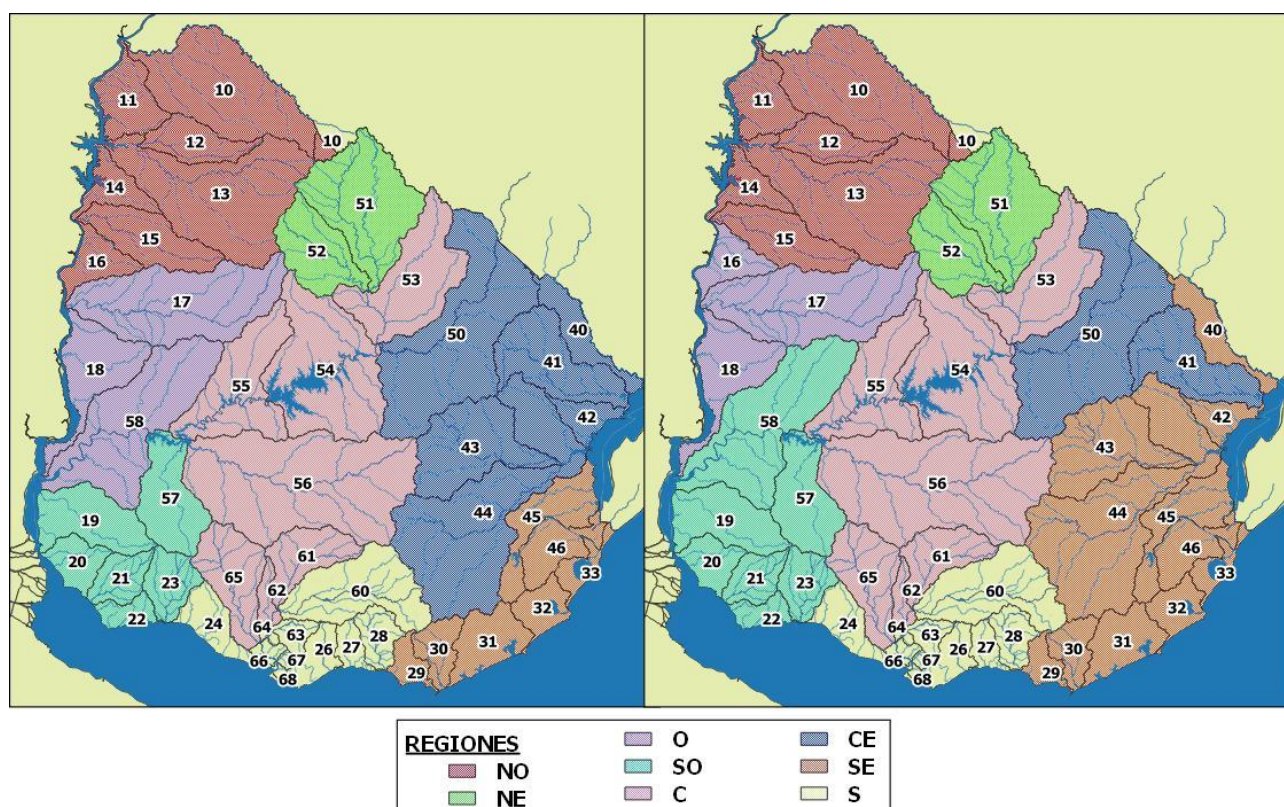


Figura 10 - Asignación de subregiones según ciclo medio anual (izq.) y frecuencias (der.)

En todos los casos, el agrupamiento resultante en regiones o subregiones debe interpretarse en términos cualitativos (forma y proporciones en la distribución del ciclo anual, **Anexo II**, o de las curvas de frecuencia, **Anexo III**) y no cuantitativos. Por ejemplo, no debe asumirse que en una misma región todas las subcuencas tendrán caudales específicos medios o estacionales con valores semejantes. Éstos deberán obtenerse o calcularse directamente en cada caso con la información disponible que sea más aplicable. (Ver por ejemplo resultados en **Tabla 1**). La similitud regional estará en las proporciones en las que aquellos valores se distribuyen temporalmente.

La **Tabla 1** resume los resultados del modelo de balance hidrológico para todo el país, presentando los ciclos anuales medios de caudales específicos por subcuencas de nivel 2. Para cada mes y cuatrimestre del año se indica el **caudal específico medio** ($L/s/km^2$) estimado por el balance **en la sección de cierre de cada subcuenca incremental**. Para los casos en que la sección de interés se ubique aguas abajo de más de una subcuenca incremental la estimación de los caudales medios acumulados deberá considerar promedios ponderados por las respectivas áreas incrementales.

2.2.1. Subregiones según ciclos medios anuales

En el **Anexo II** se presentan gráficos comparativos de los ciclos medios normalizados por los respectivos caudales medios anuales, determinados por ambos métodos (series históricas en cuencas aforadas y modelo de balance hidrológico) para las diferentes subcuencas, agrupadas por subregiones considerando comportamientos similares. De dichas comparaciones surge una primera propuesta de regionalización en hasta ocho zonas diferentes según se muestra en la **Figura 10** (izquierda).

**TABLA 1 – CAUDALES ESPECÍFICOS PROMEDIOS POR SUBCUENCA Y SUBREGIÓN
(1980-2010)**

			Caudal específico (l/s/km ²)															
SUBREGIÓN	CUENCA NIVEL 2	AREA (km ²)	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL	ABR- JUL	AGO- NOV	DIC- MAR
NO	10	8273.4	31.8	25.7	21.5	17.8	12.5	17.6	19.9	22.0	14.4	16.3	18.6	17.5	19.6	24.2	18.0	16.7
	11	2593.7	26.2	19.7	18.7	12.3	9.7	12.9	16.4	19.0	12.5	15.3	9.5	9.9	15.2	19.2	14.5	11.8
	12	2166.0	29.3	22.9	22.1	14.0	10.9	14.7	17.5	17.6	12.9	12.1	17.5	17.0	17.4	22.1	15.2	14.9
	13	9761.1	29.7	26.9	24.6	16.5	12.7	15.7	18.5	17.0	14.0	12.8	17.8	17.3	18.6	24.4	16.0	15.5
	14	1635.6	18.6	19.0	17.0	9.4	7.1	9.4	14.2	11.9	10.0	8.3	7.1	10.3	11.9	16.0	10.7	8.9
	15	3435.6	24.6	22.2	20.4	11.6	9.1	11.2	15.3	13.4	11.8	10.8	13.6	14.5	14.9	19.7	12.3	12.6
NE	51	6840.9	23.5	27.9	25.1	23.6	17.6	21.3	21.2	19.0	13.3	8.5	9.5	9.8	18.4	25.0	19.8	10.3
	52	3512.2	20.6	28.7	24.8	20.8	17.3	19.3	17.6	16.0	10.8	8.1	7.7	9.3	16.7	23.7	17.5	9.0
O / SO	16	1723.7	22.4	19.1	16.4	9.7	7.5	9.4	14.3	14.3	12.0	10.3	13.6	14.6	13.6	16.9	11.4	12.6
	17	8599.3	20.6	22.7	19.2	15.8	12.1	12.1	13.9	12.0	9.7	8.4	15.1	11.8	14.4	19.6	12.5	11.2
	18	3753.7	12.3	13.5	12.2	10.3	8.3	8.0	10.9	9.5	7.1	4.8	11.9	7.3	9.7	12.1	9.2	7.8
	19	3654.1	4.7	8.6	10.4	9.8	10.1	9.3	15.0	10.3	7.8	3.5	7.5	7.9	8.7	8.4	11.2	6.7
	20	1526.4	3.2	3.9	5.5	6.6	7.2	6.7	10.0	8.1	6.0	2.3	3.7	8.0	5.9	4.8	8.0	5.0
	21	1577.9	4.4	6.1	8.1	7.8	8.7	8.0	11.2	9.3	5.7	2.4	4.1	8.2	7.0	6.6	9.3	5.1
	22	928.7	4.5	6.3	7.8	7.2	8.5	7.7	10.8	9.5	5.1	2.0	3.5	7.1	6.7	6.5	9.1	4.4
	23	1857.8	6.9	10.9	12.4	11.7	11.5	10.5	12.9	10.4	5.9	3.1	6.1	9.6	9.3	10.5	11.3	6.2
	55	5516.7	16.1	22.5	20.5	18.9	14.4	14.6	16.1	11.6	8.3	5.8	13.2	9.5	14.3	19.5	14.2	9.2
	57	3814.6	7.7	13.7	14.3	13.7	13.2	11.7	16.6	11.9	7.8	4.1	8.7	9.3	11.1	12.3	13.3	7.5
S / SE	58	8689.2	10.9	14.1	13.6	12.4	10.5	10.0	13.2	10.1	7.9	5.2	12.3	8.4	10.7	12.8	11.0	8.4
	24	1857.7	5.8	9.9	13.1	14.1	12.9	12.1	13.3	10.4	5.5	2.8	3.8	7.6	9.3	10.7	12.2	4.9
	26	1382.6	6.1	10.4	15.5	17.2	16.5	14.8	15.1	11.2	5.5	2.9	2.3	6.6	10.3	12.3	14.4	4.3
	27	802.0	8.6	12.9	18.7	19.3	19.0	16.1	16.3	11.4	6.2	3.5	4.7	9.2	12.2	14.9	15.7	5.9
	28	1343.4	9.8	13.5	20.9	22.1	22.6	18.3	17.6	11.4	6.3	3.6	7.3	9.9	13.6	16.6	17.5	6.8
	29	910.4	9.3	13.3	21.1	23.3	23.7	18.3	17.0	9.6	5.3	3.1	6.1	9.0	13.3	16.8	17.1	5.9
	30	1499.0	10.2	14.1	21.8	24.0	24.2	18.4	16.8	9.4	5.1	3.5	6.7	10.0	13.7	17.5	17.2	6.3
	31	2554.5	8.8	13.3	21.6	24.4	24.3	17.6	17.0	9.2	4.2	2.6	3.6	9.4	13.0	17.0	17.0	5.0
	32	1484.4	6.3	11.1	19.0	23.1	23.6	17.3	16.1	9.3	4.2	2.2	2.7	7.0	11.8	14.9	16.6	4.0
	33	1032.0	4.6	9.6	16.2	21.1	21.6	16.3	12.6	9.7	4.9	2.5	4.2	5.2	10.7	12.9	15.0	4.2
	40	1977.0	15.7	21.3	26.0	30.9	25.1	24.3	19.2	16.6	8.4	4.7	11.6	7.4	17.6	23.5	21.3	8.0
	42	1225.5	10.1	16.4	24.4	27.9	25.2	21.6	16.7	11.9	7.2	3.9	9.6	5.5	15.0	19.7	18.8	6.5
	43	5329.5	15.3	22.3	28.0	28.9	23.1	21.5	16.7	13.5	9.9	6.7	11.3	8.3	17.1	23.6	18.7	9.0
	44	12181.1	10.5	15.6	22.8	25.6	23.3	19.8	16.2	11.0	7.0	4.5	8.3	7.7	14.4	18.6	17.6	6.9
	45	3115.4	6.5	11.9	19.1	23.2	22.5	17.7	13.6	10.0	5.7	3.1	5.7	5.7	12.1	15.2	16.0	5.1
	46	2209.4	6.1	11.2	18.1	22.6	22.5	16.9	13.2	9.8	5.1	2.7	5.1	6.2	11.6	14.5	15.6	4.8
	60	5194.6	8.7	12.4	19.9	21.4	22.1	18.2	18.0	11.5	6.6	3.4	6.7	9.3	13.2	15.6	17.5	6.5
	63	727.3	5.4	9.5	14.3	16.2	14.6	13.9	14.4	10.6	5.5	2.9	2.1	6.7	9.7	11.3	13.4	4.3
	64	145.5	5.2	9.1	13.3	15.2	13.4	13.2	13.8	10.4	5.4	2.9	1.9	6.7	9.2	10.7	12.7	4.2
	66	370.5	5.0	8.9	12.5	14.3	12.7	12.7	13.4	10.3	5.4	2.8	1.8	6.5	8.9	10.2	12.3	4.1
	67	165.5	5.6	9.6	14.1	16.0	14.6	13.8	14.1	10.8	5.3	2.9	2.0	6.5	9.6	11.3	13.3	4.2
	68	100.9	5.1	9.0	13.1	15.7	14.7	13.9	14.3	11.0	5.2	2.8	1.8	5.6	9.3	10.7	13.5	3.9
C / CE	41	4701.4	14.0	19.2	24.6	29.8	23.5	22.9	17.8	15.5	8.0	5.0	11.1	7.5	16.6	21.9	19.9	7.9
	50	11473.7	16.3	22.4	27.1	29.3	21.2	22.4	18.7	16.7	9.7	5.6	8.7	6.2	17.0	23.8	19.8	7.5
	53	6005.6	18.1	24.3	27.2	27.6	20.0	22.1	19.4	17.8	10.4	6.1	7.6	6.0	17.2	24.3	19.8	7.5
	54	8890.4	15.4	23.0	22.8	22.0	17.3	18.0	17.3	13.8	8.8	5.9	10.0	8.0	15.2	20.8	16.6	8.2
	56	13790.6	10.8	17.2	21.1	19.9	18.6	16.7	17.2	12.4	6.6	4.1	9.2	9.4	13.6	17.2	16.2	7.3
	61	2582.4	8.1	12.5	19.3	20.0	20.6	17.5	17.6	11.9	6.6	3.5	6.5	9.8	12.8	15.0	16.9	6.6
	62	670.5	6.3	10.9	16.4	17.4	16.4	15.4	16.1	10.9	6.6	3.4	4.1	8.4	11.0	12.7	14.7	5.6
	65	3585.1	7.8	13.1	15.6	16.3	15.1	13.5	14.7	11.0	6.3	3.7	6.2	9.9	11.1	13.2	13.6	6.5

*Datos elaborados a partir de los resultados del modelo de balance hídrico de paso mensual
(revisado y actualizado a octubre de 2025)*

Los valores de la **Tabla 1** corresponden al interior de las subcuencas incrementales. Para cálculos acumulativos corresponderá hacer una ponderación areal.

2.2.2. Subregiones según régimen estacional de caudales

Para la descripción del comportamiento hidrológico de las diferentes cuencas a escalas temporales menores a la mensual se cuenta con la información generada por la red hidrométrica. El parámetro estadístico más usual para formular esta caracterización es el análisis de frecuencias, tanto de series completas como parciales (estacionales).

En el **Anexo III** se presentan las definiciones básicas para este enfoque y el desarrollo de los análisis realizados.

Partiendo del criterio de agrupación propuesto en el apartado anterior con ocho zonas se compararon las curvas de frecuencias diarias normalizadas para las series completas y para cada cuatrimestre y se confirmaron semejanzas bastante consistentes.

En algunas de las subcuencas se encontró que mientras que el comportamiento del ciclo anual las emparenta claramente con una subregión determinada sus curvas de frecuencias normalizadas son más afines a otra subregión contigua, sugiriendo la distribución alternativa que se muestra en la **Figura 10** (derecha).

Por otro lado, algunas subregiones en principio muy diferentes en los aportes anuales y en su distribución estacional tienen sin embargo un comportamiento similar en sus curvas de frecuencias normalizadas, tanto en base anual como en cuatrimestres: tal es el caso de las subregiones Oeste y Suroeste; Sur y Sureste; Centro y Centro Este. Con esta comprobación, la agrupación en subregiones características se puede reducir a cinco zonas. (Ver primera columna en la **Tabla 1**)

Se determinaron “curvas promedio” de frecuencias acumuladas para cada subregión así reagrupada, calculadas como promedios ponderados por área. En las figuras siguientes se resumen los principales resultados que se desarrollan con mayor detalle en el **Anexo III**.

La **Figura 11** resume los resultados por subregiones de las curvas de frecuencias diarias de caudales normalizados (períodos completos), mientras que las **Figuras 12 a 14** muestran los mismos resultados pero referidos a los cuatrimestres de abril a julio, agosto a noviembre y diciembre a marzo respectivamente.

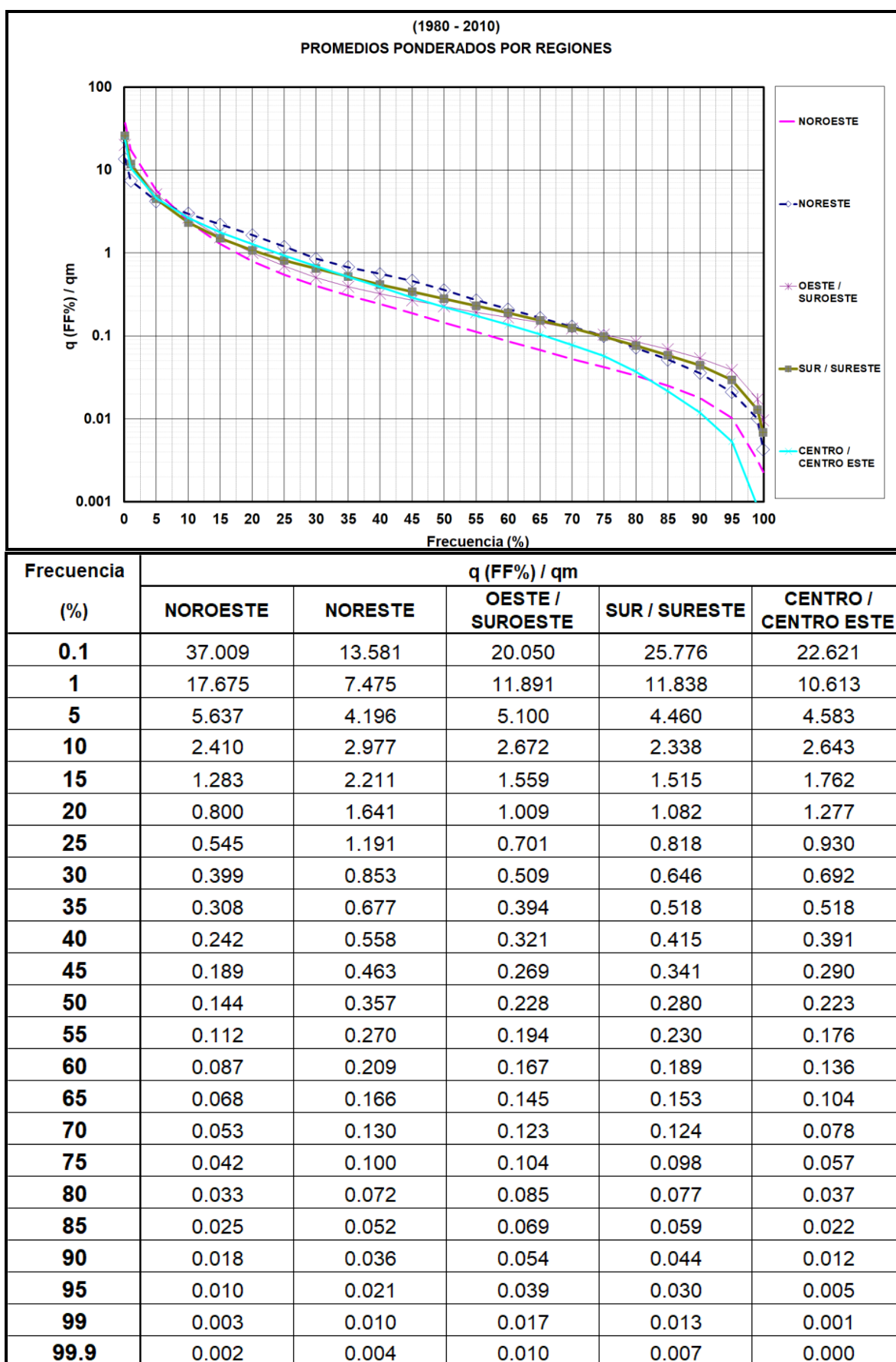


Figura 11 - Regionalización de frecuencias diarias normalizadas (años completos)

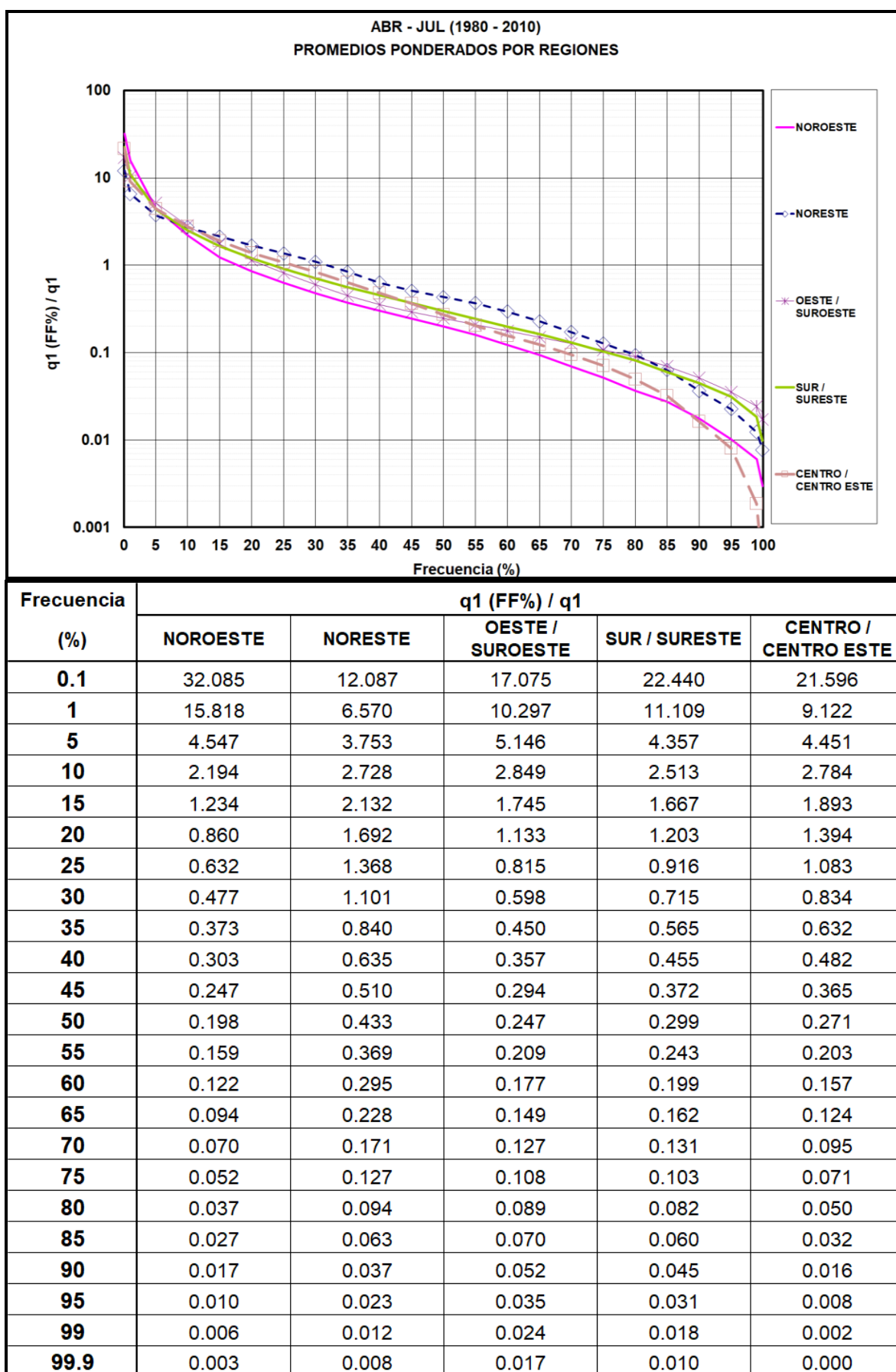


Figura 12 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (ABR-JUL)

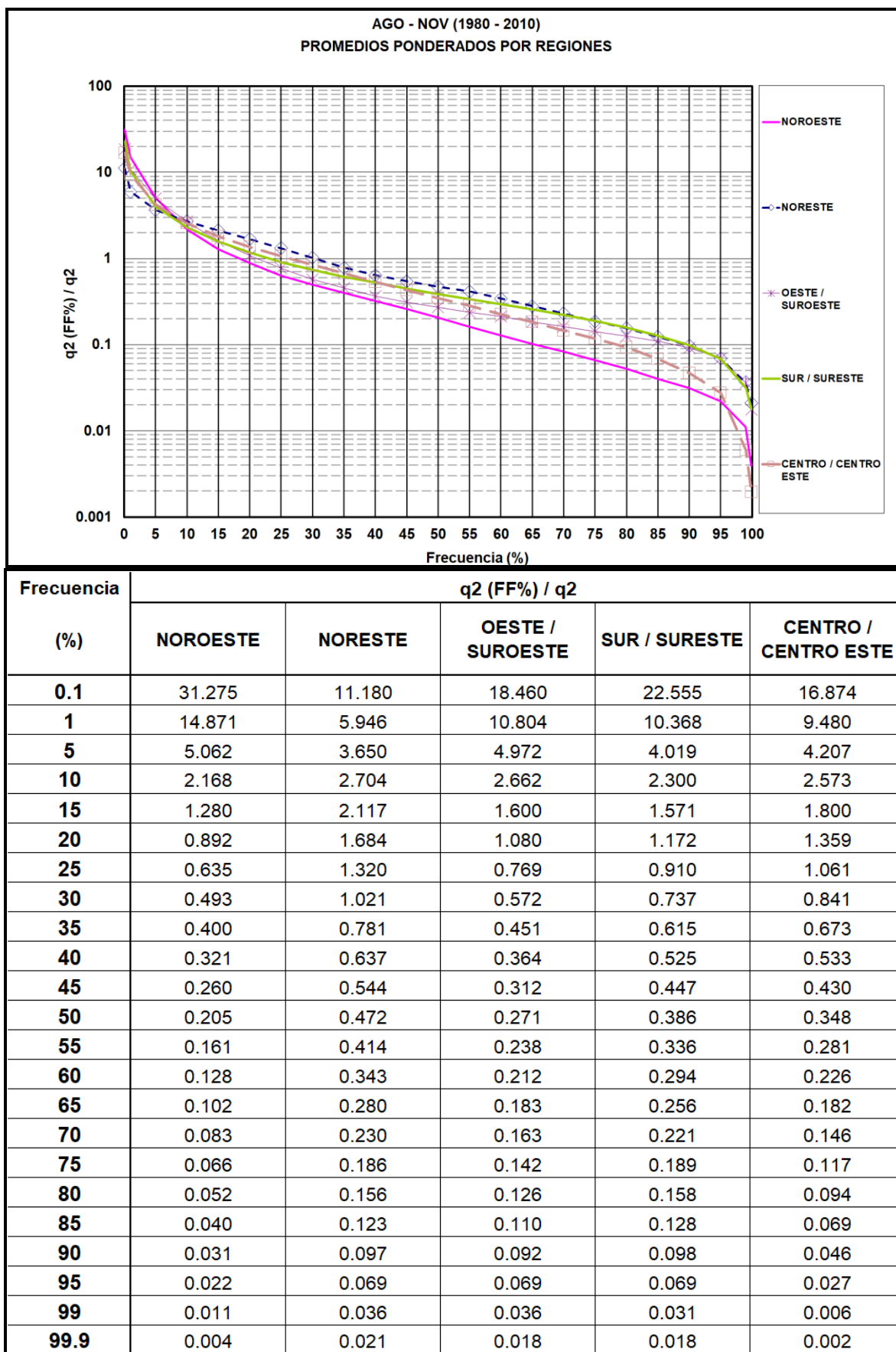


Figura 13 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (AGO-NOV)

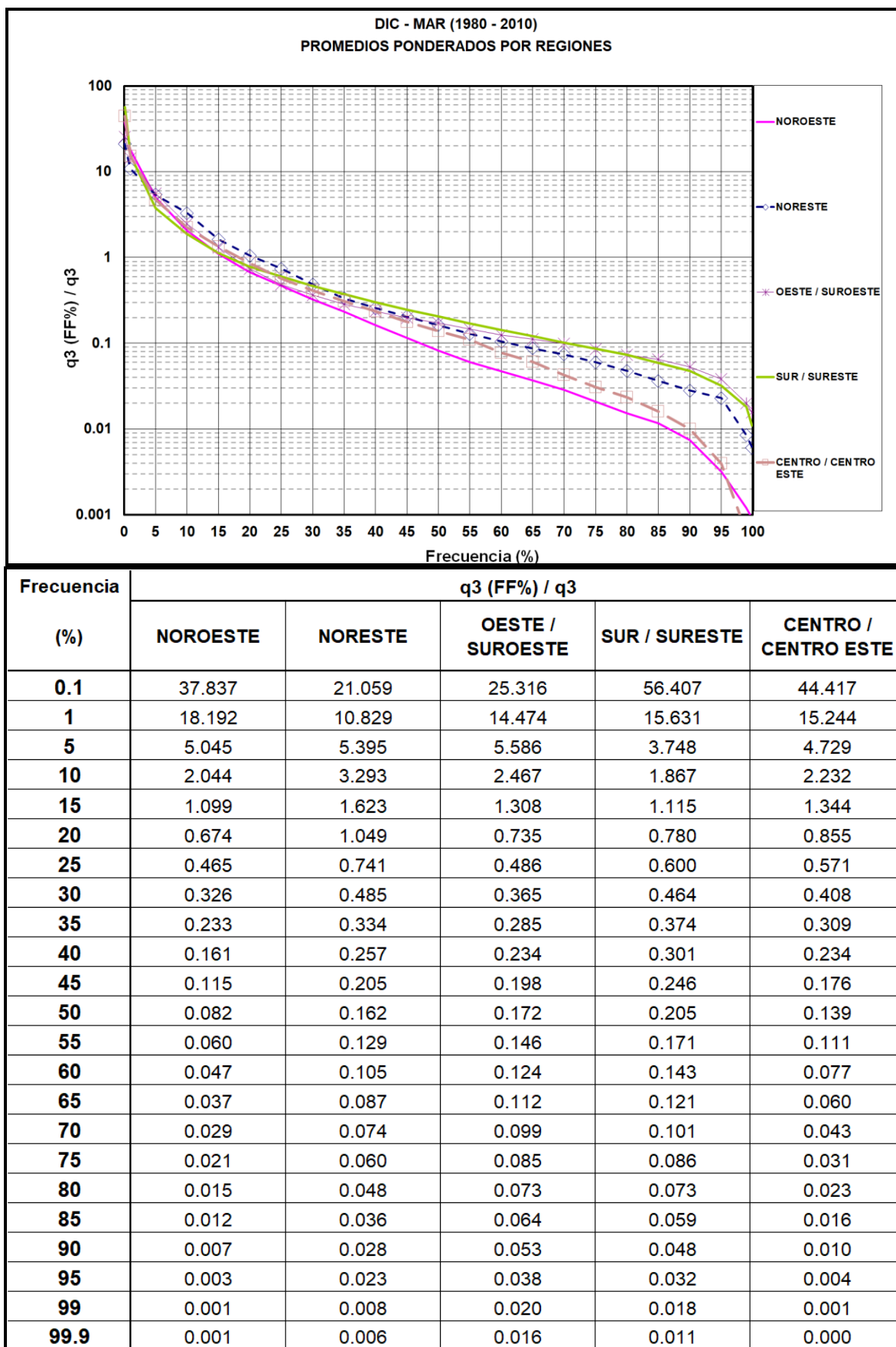


Figura 14 - Regionalización de frecuencias estacionales normalizados (DIC-MAR)

2.2.3. Ejemplos de aplicación.

Si en un cauce no aforado se requiere estimar un valor de caudal referido a un percentil determinado en la curva de frecuencias del cuatrimestre de verano, el procedimiento de aplicación de los resultados anteriores sería como sigue:

- identificar la subcuenca dentro de la que se encuentra el cauce a caracterizar (por ejemplo C2 = 14 en la subregión Noroeste o la C2 = 42 en la Sureste) y calcular el área de aporte A (km²) en la sección de interés
- determinar el promedio cuatrimestral $q3$ correspondiente a la subcuenca o región (**Anexo III, Tabla V-1 del Anexo V** o calculado por otros métodos) y el coeficiente de frecuencias normalizadas correspondiente al percentil de interés según la subregión (**Anexo III** o resúmenes en la **Figura 14**)
- multiplicar el caudal específico medio de verano ($q3$) correspondiente a la subcuenca por el coeficiente de frecuencia normalizada para hallar el $q3_{(FF\%)}$ estimado para el caso de estudio
- determinar el caudal de referencia como $Q3_{(FF\%)} = q3_{(FF\%)} \times A$

El procedimiento de cálculo se grafica en la **Figura 15**.

El factor de normalización para $q3_{(80\%)}$ en las subregiones indicadas es respectivamente 0.015 y 0.073.

Si se toman los caudales medios cuatrimestrales calculados para las subcuencas 14 y 42 de la **Tabla 1** (8.9 y 6.5 L/s/km²), la estimación de los caudales específicos correspondientes a la frecuencia 80% del cuatrimestre en la región noroeste da 0.13 L/s/km² y en la sureste 0.47 L/s/km²

Si se tomaran en cambio como caudales medios estacionales los valores medios ponderados en cada subregión (15.80 y 7.85 L/s/km²) los valores estimados para $q3_{(80\%)}$ serían 0.24 L/s/km² en la región noroeste y de 0.57 L/s/km² en el sureste.

Por supuesto que si el caso de interés está dentro de una de las cuencas aforadas se podrán utilizar directamente los datos estadísticos correspondientes, y eventualmente contrastar los resultados con una estimación regional.

Nota importante:

El procedimiento anterior es válido de forma directa cuando la cuenca propia del cauce de interés está contenida íntegramente en una misma subcuenca y subregión. Si en cambio la sección de interés está en un cauce que atraviesa diferentes subcuencas y subregiones (por ejemplo, sobre el río Tacuarembó aguas abajo del Ao. Tacuarembó Chico) corresponderá hacer una ponderación areal tanto para estimar los promedios estacionales qj acumulativos como para la aplicación de los coeficientes de frecuencias normalizadas.

La suposición de que todas las subcuencas aguas arriba de la sección de interés se encontrarán simultáneamente en la misma condición estadística y que por lo tanto es válido hacer una acumulación lineal de los respectivos valores de contribución será tanto más débil cuanto mayor sea el área de aporte. En cualquier caso, es una hipótesis que puede considerarse a priori del lado conservador.

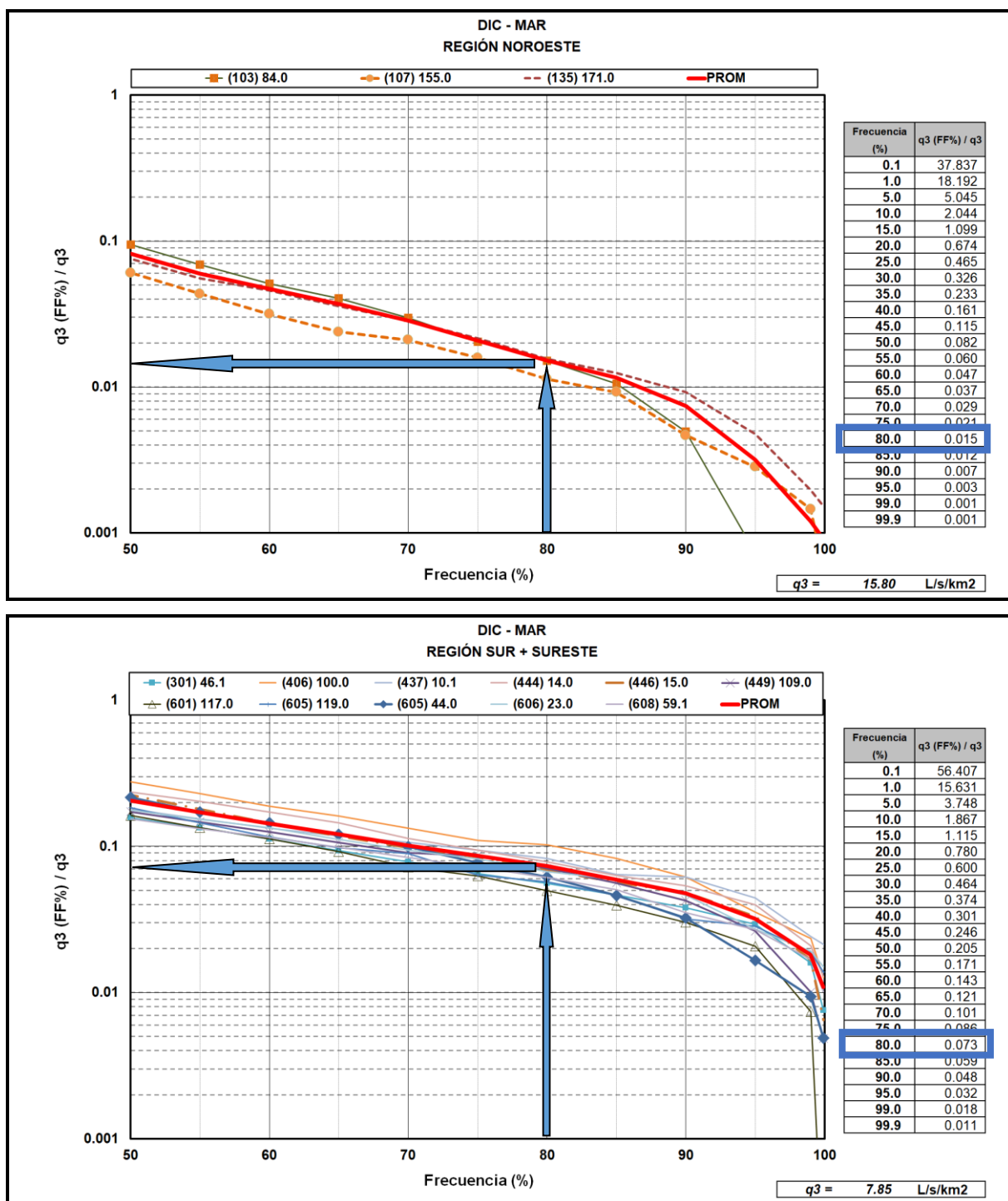


Figura 15 - Estimación de $q3_{(80\%)}$ para regiones Noroeste y Sureste

3. CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EN CAUDALES BAJOS

En los siguientes apartados se resumen diferentes relaciones numéricas entre parámetros estadísticos sobre caudales bajos de las estaciones hidrométricas seleccionadas para este estudio y que se desarrollan con mayor detalle en los Anexos.

Los gráficos muestran los ajustes de correlación por regresión lineal. En todos los casos, cada punto en los gráficos corresponde a una misma estación hidrométrica y sus coordenadas son los valores correspondientes de los parámetros estadísticos comparados tomados de a dos según se indica.

3.1. Frecuencia diaria 90% (año hidrológico) vs. Frecuencias diarias 70%, 80% y 90% (en verano)

El estadístico de caudales medios diarios con 90% de frecuencia en años hidrológicos completos ($q(90\%)$) suele aparecer en la literatura especializada como un estimador de los llamados caudales de “estiaje”, mientras que las frecuencias diarias en verano $q3(FF\%)$ se han utilizado ampliamente a nivel nacional como referencia para evaluar la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales.

La **Figura 16** muestra la correlación entre los valores de frecuencias diarias de año completo ($q(90\%)$) y los de frecuencias diarias estacionales de verano ($q3(70\%)$, $q3(80\%)$ y $q3(90\%)$) para cada estación. La correlación lineal entre los pares de datos $q(90\%)$ y $q3(FF\%)$ produce en los tres casos ajustes significativos ($R^2 > 0.94$). Numéricamente, además, los valores de $q(90\%)$ resultan bastante cercanos a los de $q3(80\%)$.

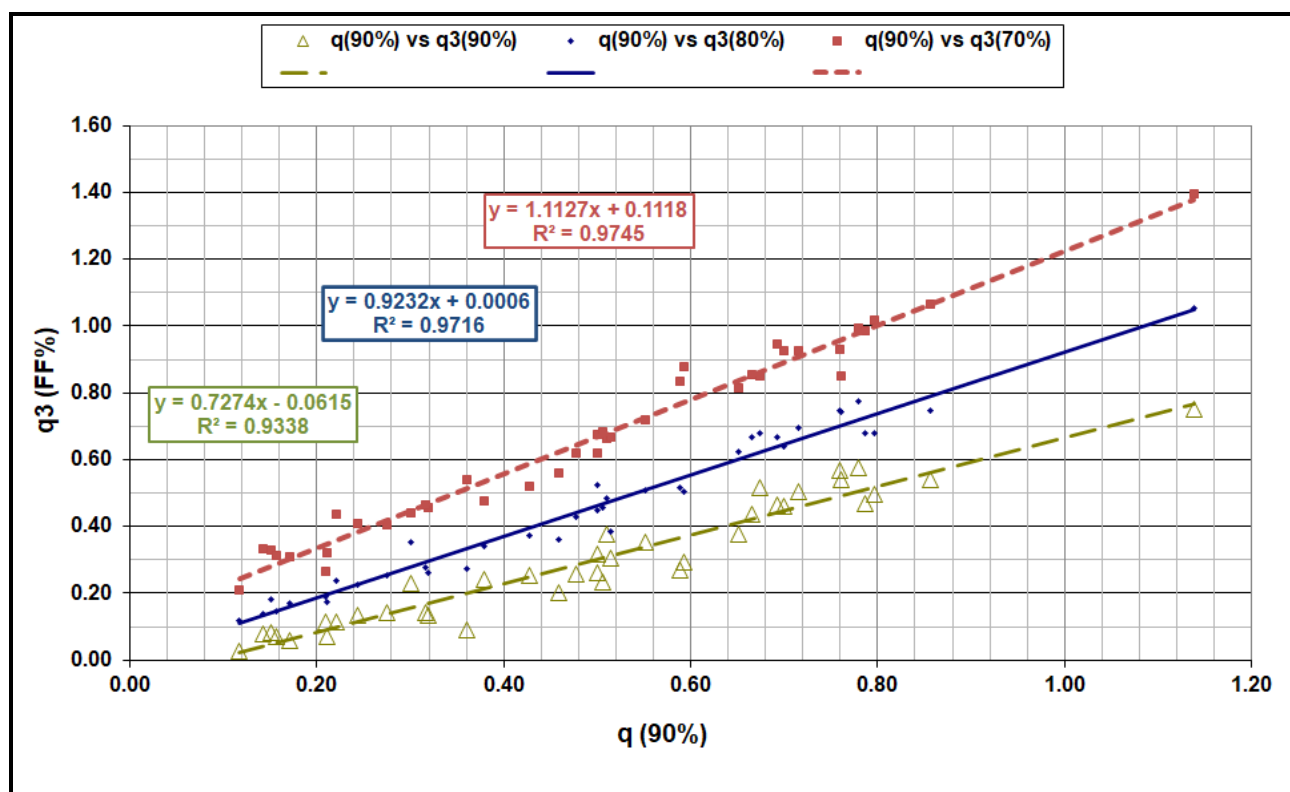


Figura 16 - Correlaciones $q3(FF\%)$ vs $q(90\%)$

3.2. Mínimos anuales de promedios móviles vs. Frecuencias diarias de 70%, 80% y 90% (en verano)

Para la caracterización de los períodos de estiaje, es decir, las épocas del año donde normalmente se producen con cierta persistencia los escurrimientos más bajos, las curvas de frecuencia no resultan suficientes por sí solas, ni siquiera las de valores estacionales. En efecto, por la forma en que son calculadas, las frecuencias acumuladas solo reportan un conteo de casos en un período de referencia de varios años, pero no consideran la secuencia ni la duración de los eventos. Hipotéticamente, un mismo valor de frecuencia se podría obtener tanto con una distribución homogénea del número de casos entre todos los años considerados como con la mayoría o la totalidad de los casos concentrados en unos pocos años.

Para incluir esta característica de la variabilidad, fundamental para evaluar la mayoría de los riesgos de origen hídrico, es más útil el análisis de promedios móviles (series correlativas o "rachas" de una extensión determinada).

En el **Anexo IV** se presentan los resultados de analizar eventos de mínimos promedios móviles de diferentes duraciones (***N*** días) para cada una de las estaciones consideradas en el informe. En principio no se espera que los resultados tengan una correlación regional determinante. Por esta razón, en este análisis no ha sido aplicada la normalización de la variable principal sino directamente se analizaron los caudales específicos diarios.

Puesto que interesa considerar las condiciones de caudales mínimos, la estadística se realizó con los datos diarios del cuatrimestre de verano (diciembre a marzo). En tanto ajustes de valores extremos, la caracterización principal refiere al período de retorno (***T***), definido como el tiempo promedio medido en años entre dos eventos de similar magnitud.

El parámetro estadístico determinado para cada estación, entoces, es:

$q3(N, T)$ – mínimo caudal específico en promedio móvil de ***N*** días con ***T*** años de período de retorno en el cuatrimestre **DIC-MAR**

Se determinaron en particular los estadísticos con 2, 5 y 10 años de período de retorno asociados a eventos con duraciones de 1, 7, 15, 30 y 60 días. El ajuste estadístico ensayado utiliza en todos los casos la función Weibull III para determinar las distintas probabilidades de los valores extremos. A diferencia de los estadísticos de los capítulos anteriores, en este enfoque se utilizó todo el período de datos disponibles y no solamente el período de referencia 1980-2010.

En relación a estos parámetros, resultan significativas las correlaciones lineales halladas entre los estadísticos correspondientes a una misma duración y diferentes períodos de retorno, así como los de igual período de retorno y diferentes duraciones. (**Anexo IV, Figuras IV-1 a IV-6**)

También se analizaron las correlaciones entre los caudales mínimos de rachas de distintas duraciones ***N*** (días) y recurrencias ***T*** (años) y los de frecuencias diarias de 70%, 80% y 90% en verano. (Ver **Anexo IV**)

De estas últimas, las comparaciones que resultaron con mejores coeficientes de correlación o con mejores coincidencias numéricas se muestran en las **Figura 17 a 19**.

A modo de ejemplo comparativo, el estadístico **$q3(90\%)$** resulta aproximadamente igual a **$q3(7,2)$** (la peor semana cada dos años); **$q3(80\%)$** es casi igual a **$q3(30,2)$** (el peor mes cada dos años) y **$q3(70\%)$** es generalmente algo mayor que **$q3(60,2)$** (peor bimestre cada dos años).

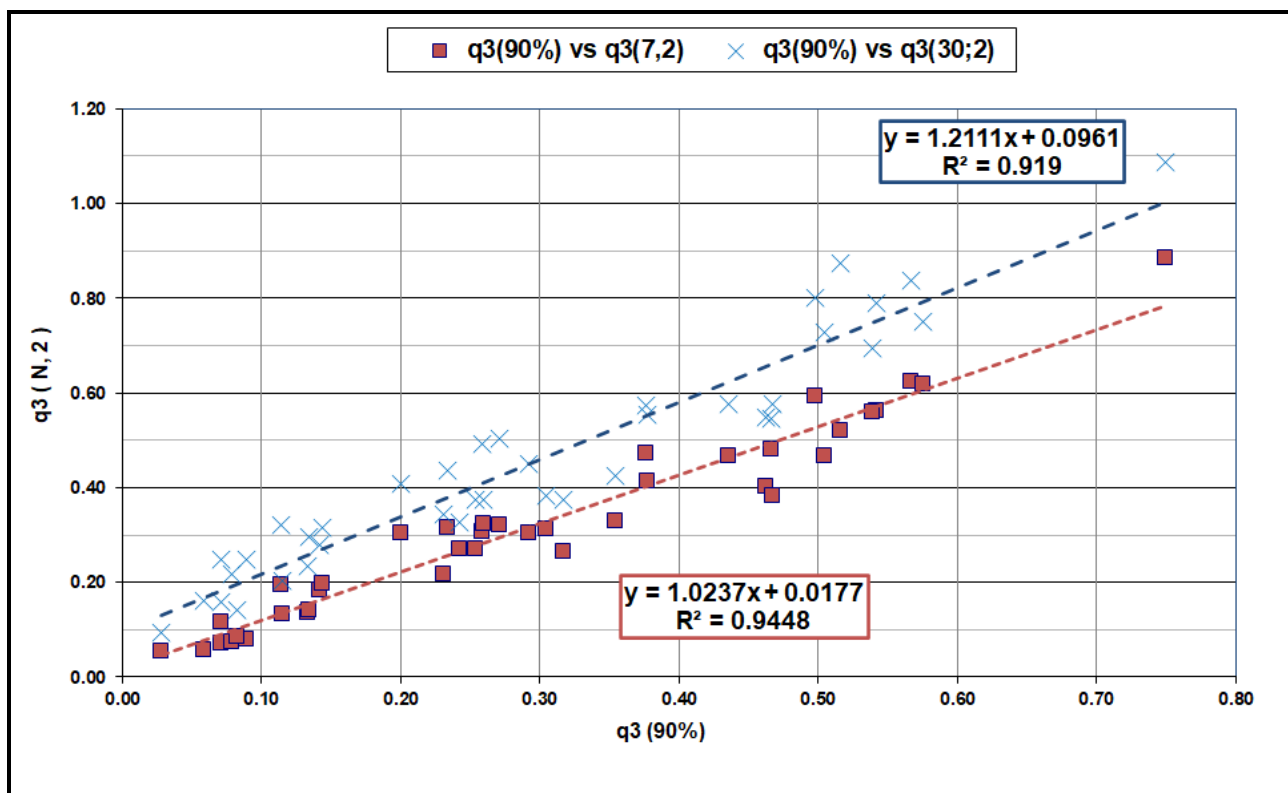


Figura 17 - Correlaciones $q3(N, \tau)$ vs $q3(90\%)$

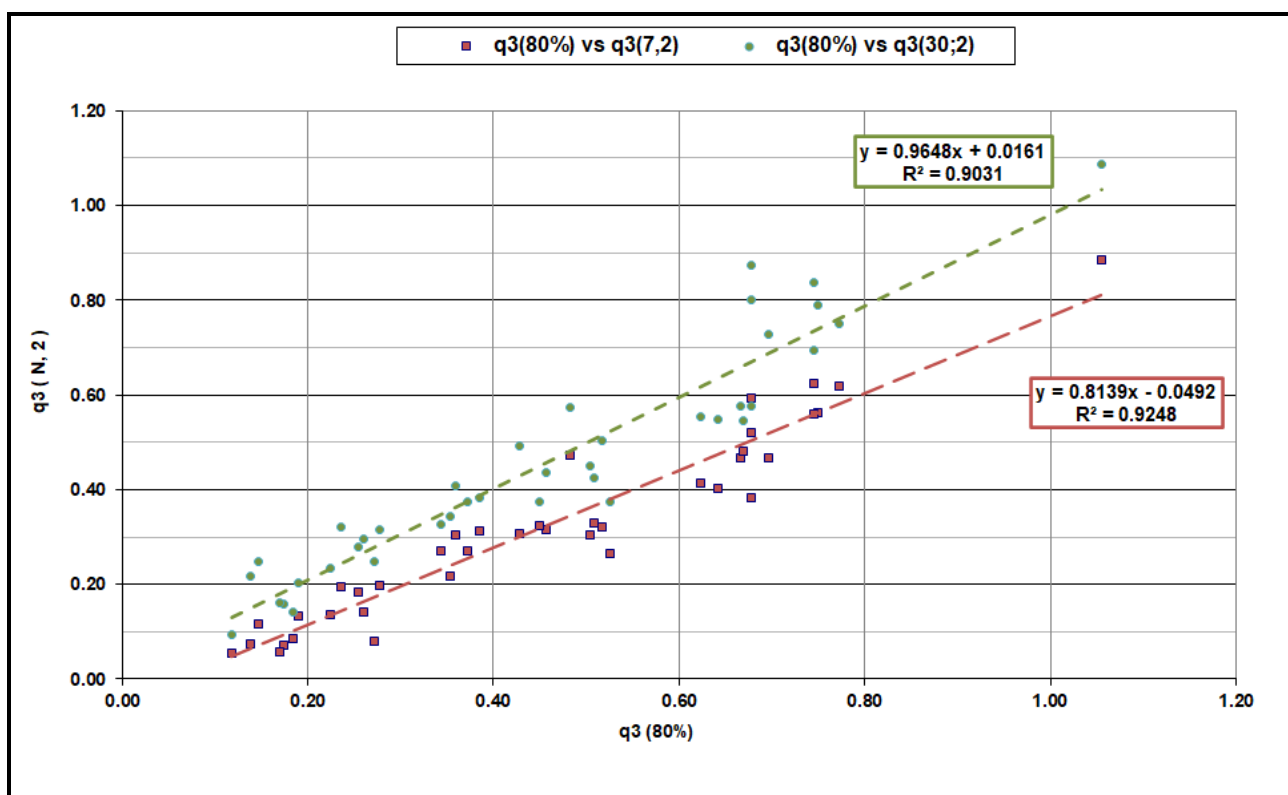


Figura 18 - Correlaciones $q3(N, \tau)$ vs $q3(80\%)$

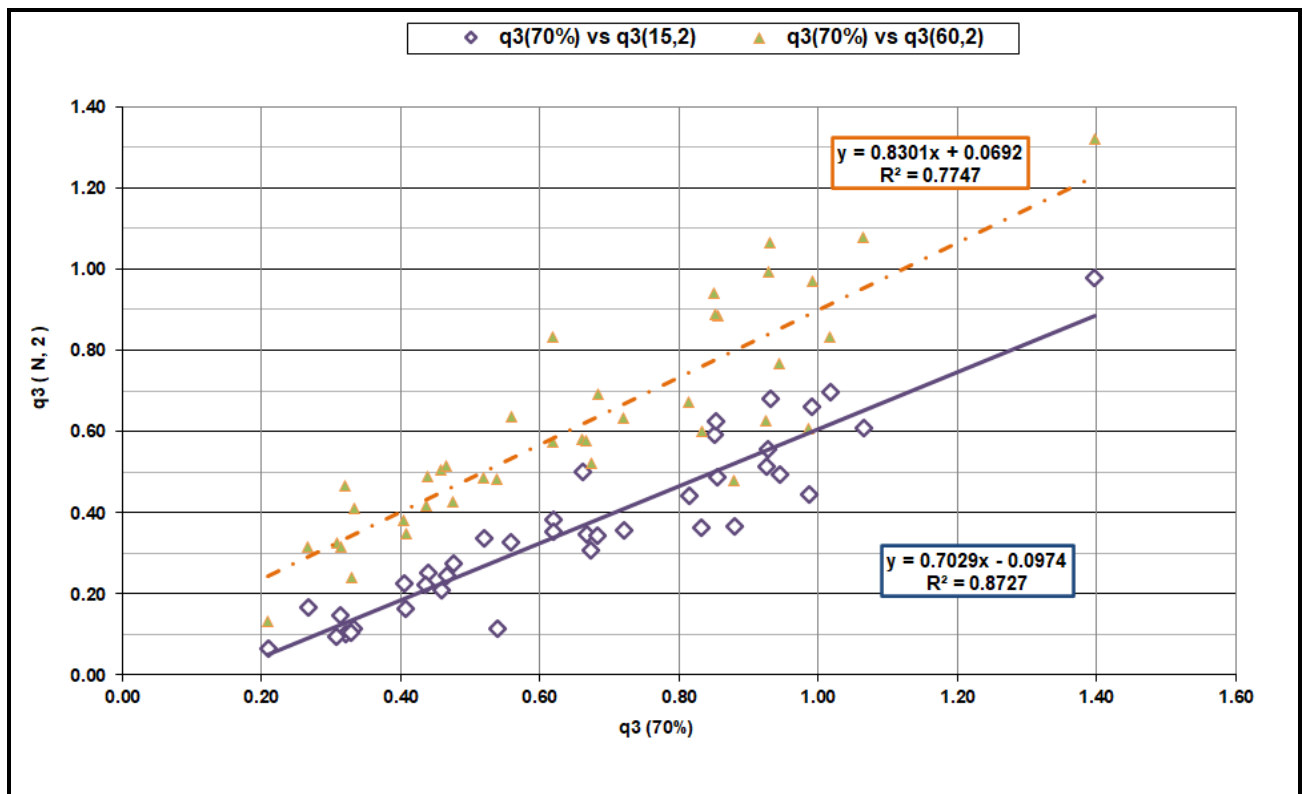


Figura 19 - Correlaciones $q3(N, T)$ vs $q3(70\%)$

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se han encontrado correlaciones numéricas bastante robustas entre diferentes parámetros estadísticos de caudales de las estaciones hidrométricas del Servicio Hidrológico considerando tanto factores estacionales como regionales, lo que a ciertas escalas de trabajo permite hacer una estimación de dichos parámetros para cuencas no aforadas. Más allá de las diferencias numéricas individuales y de algunos casos singulares que, según el tipo de estadística considerada, podrían ubicarse indistintamente en una u otra región vecina, las similitudes halladas son bastante consistentes en todas las regiones definidas y permiten asumir la existencia de patrones homogéneos de comportamiento hidrológico.

El **Capítulo 2** desarrolla argumentos para proponer una regionalización de los comportamientos de las cuencas del país en relación a sus ciclos medios y estacionales de caudales, que permite extender la atribución de algunas propiedades hidrológicas calculadas en cuencas aforadas a otras cuencas que no cuentan con mediciones sistemáticas. Dicha regionalización se ha probado adecuada a la escala de subcuencas del nivel 2 de la codificación hidrológica adoptada por DINAGUA. Bajo esta perspectiva, se pueden distinguir ocho subregiones en las que la distribución mensual normalizada de los escurrimientos anuales se manifiesta con patrones característicos.

Si se considera además la distribución de frecuencias diarias normalizadas, tanto en series anuales como estacionales, también se encuentran patrones distintivos por regiones. Con esta aproximación, incluso, la agregación por regiones se puede reducir a cinco.

En cualquier caso, al interior de cada subregión, y particularmente en sus fronteras, se recomienda incluir en el análisis otros factores que puedan ser determinantes para discernir sobre las similitudes hidrológicas entre subcuencas próximas (características de los suelos, pendientes, ramificación de la red de drenaje), antes de aplicar estrictamente los coeficientes de ajuste propuestos en las tables de resumen.

En el **Capítulo 3** se muestra que existe una correlación marcada entre los valores estadísticos de frecuencias diarias estacionales de verano q_3 (FF%) y otros estadísticos de mínimos del tipo q_3 (N,T), que en principio no aparece sesgada por la regionalización. Así, por ejemplo, para una cuenca con valor conocido o estimado para q_3 podrían utilizarse las estimaciones regionales de q_3 (80%) / q_3 de la **Figura 14** para determinar el correspondiente q_3 (80%) y luego a partir de las correlaciones de la **Figura 18** u otras análogas del **Anexo IV** deducir un valor aproximado para el estadístico q_3 (N, T).

Los resultados de la aproximación sugerida en el párrafo anterior se resumen en los mapas de las figuras siguientes. La **Figura 20** presenta la distribución geográfica de los caudales específicos medios estacionales q_j calculados por el modelo de balance hidrológico para subcuencas de nivel 2.

Los mapas de la **Figura 21** muestran la distribución geográfica de los valores estimados de q_j (90%) a partir de los estadísticos normalizados q_j (90%) / q_j hallados para cada región, aplicados a los respectivos promedios q_j de cada subcuenca de nivel 2.

Por su parte la **Figura 22** muestra los mismos resultados para la estimación de q_j (80%) a partir de los estadísticos normalizados q_j (80%) / q_j .

La **Figura 23** muestra los resultados de la estimación de q_j (70%) a partir q_j (70%) / q_j .

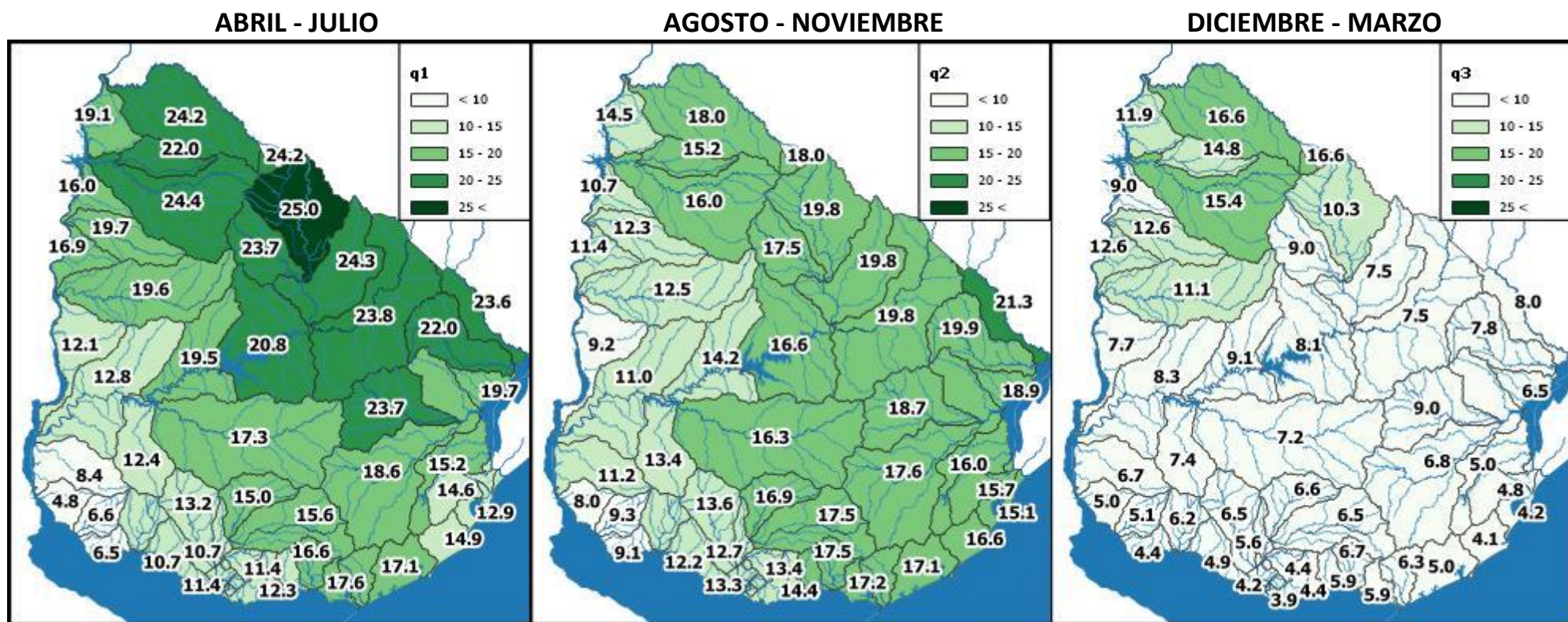


Figura 20 - Caudales específicos medios cuatrimestrales (L/s/km²)
Resultados del modelo de balance hidrológico - Nivel 2 de codificación de subcuencas

Los valores indicados en los mapas son de aplicación directa solo dentro de cada subcuenca incremental.

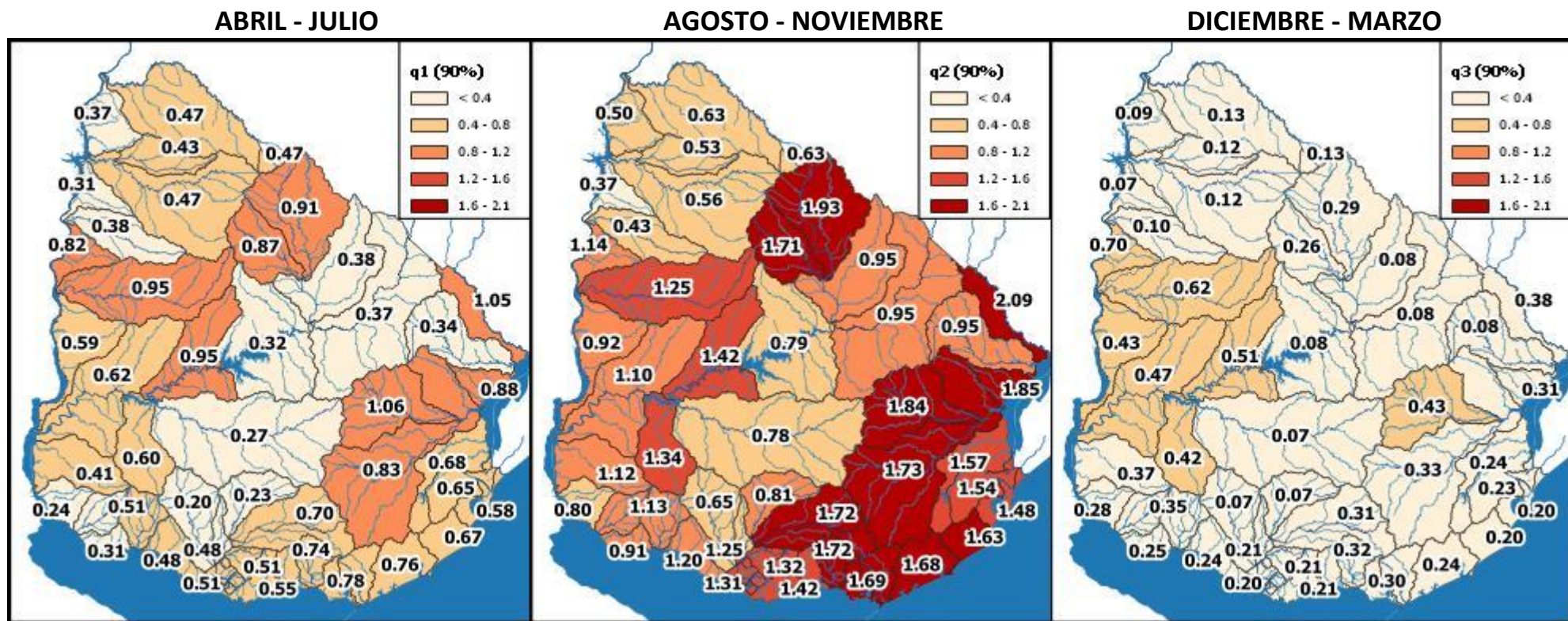


Figura 21 - Regionalización de caudales específicos estacionales q_j (90%)
Nivel 2 de codificación de subcuencas

Los valores indicados en los mapas son de aplicación directa solo dentro de cada subcuenca incremental.

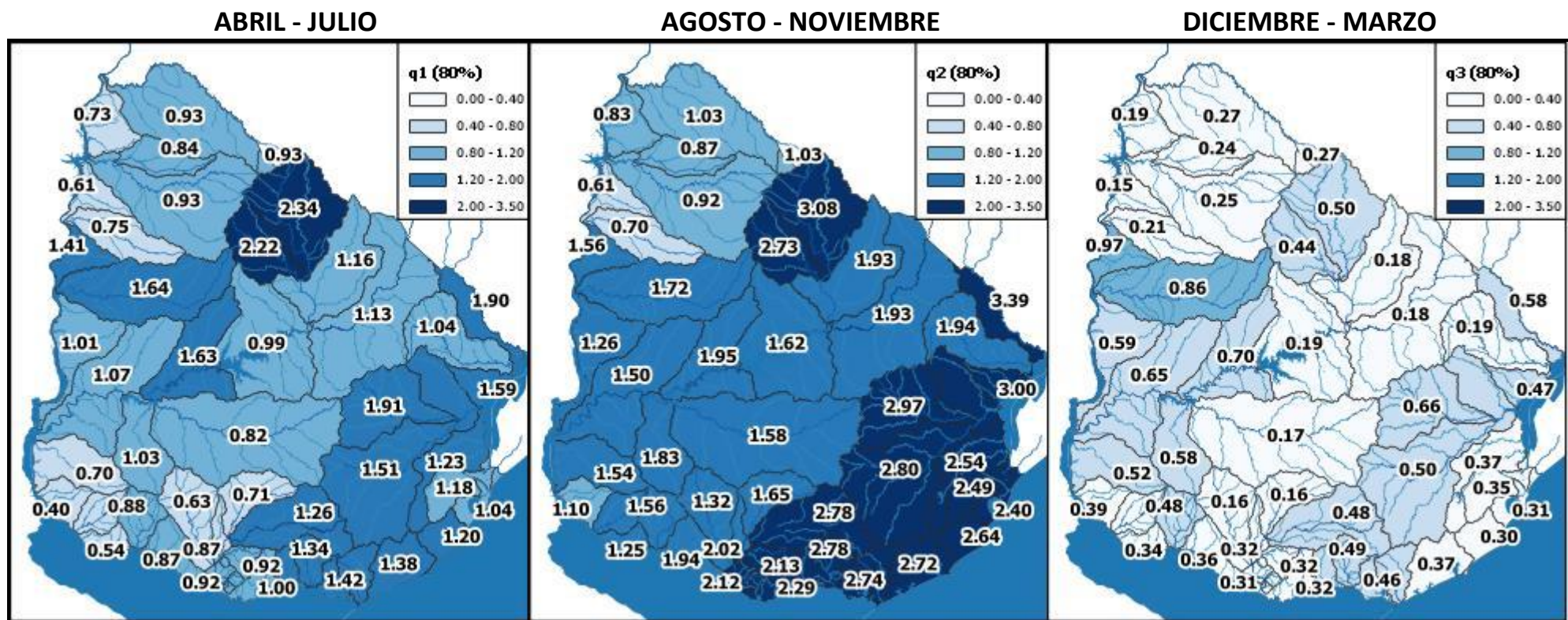


Figura 22 - Regionalización de caudales específicos estacionales q_j (80%)
Nivel 2 de codificación de subcuencas

Los valores indicados en los mapas son de aplicación directa solo dentro de cada subcuenca incremental.

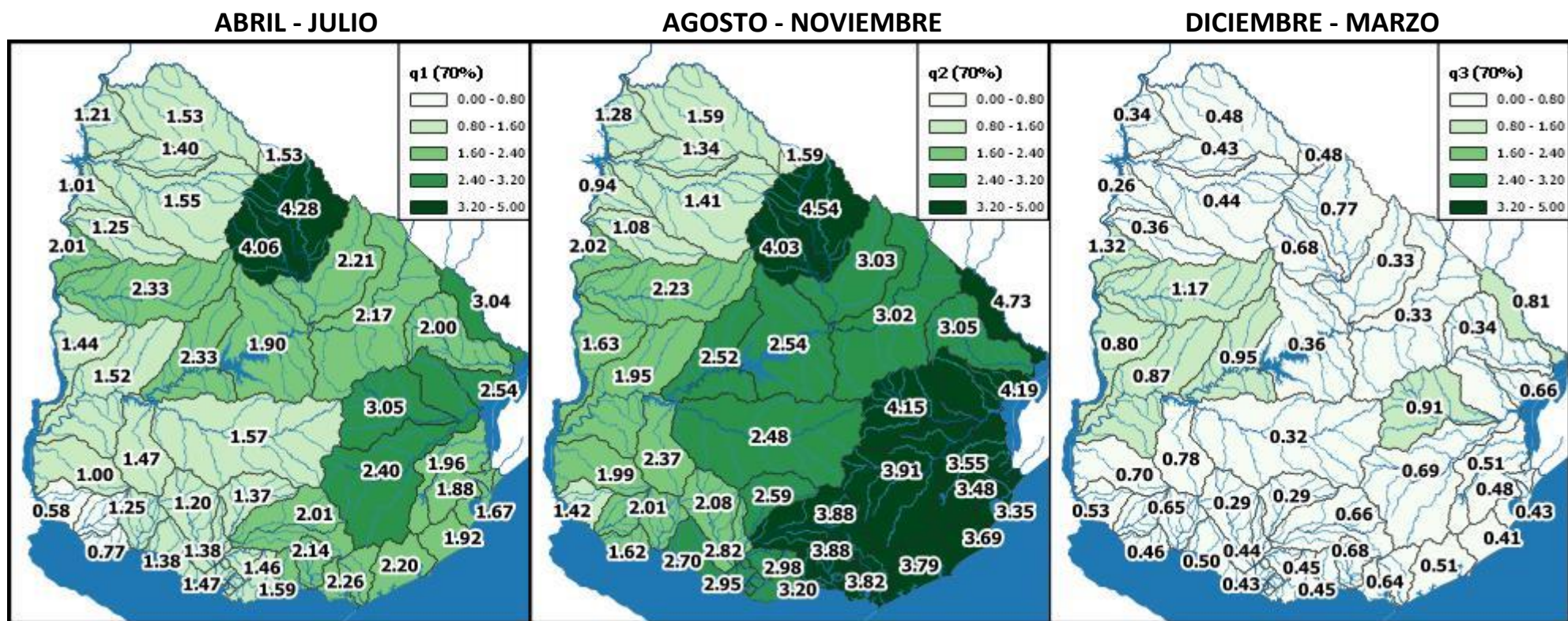


Figura 23 - Regionalización de caudales específicos estacionales q_j (70%)
Nivel 2 de codificación de subcuencas

Los valores indicados en los mapas son de aplicación directa solo dentro de cada subcuenca incremental.