ÍNDICE DEL DOCUMENTO

MEMORIA

ÍNDICE DEL DOCUMENTO ..... **I**

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO **1**

2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE URUGUAY **2**

3 HIDROGRAFÍA **7**

3.1 Cuencas hidrográficas de niveles 1, 2 y 3 7

3.2 Cuencas vertientes a las estaciones de aforo 9

3.3 Inspección visual de los caudales medios diarios 15

4 PRECIPITACIÓN **17**

4.1 Estaciones pluviométricas 17

4.2 Análisis y crítica de datos 19

4.3 Series mensuales de precipitación en las cuencas aforadas 21

4.4 Series mensuales de precipitación en las cuencas de Nivel 3 21

5 EVAPOTRANSPIRACIÓN **22**

5.1 Estaciones con registro de Evapotranspiración Potencial 22

5.2 Series mensuales de Evapotranspiración Potencial. Análisis de consistencia 23

5.3 Series mensuales de ETP en las cuencas aforadas 26

5.4 Series mensuales de ETP en las cuencas de Nivel 3 27

6 ESCORRENTÍA **28**

6.1 Conceptos básicos para el cálculo del Balance hídrico 28

6.2 Metodología para la estimación de la escorrentía. Modelo Témez 29

6.3 Restitución de las series de caudales medios mensuales registrados al régimen natural 32

6.3.1 Usos del agua en Uruguay *32*

6.3.2 Registro de aprovechamientos *33*

6.3.3 Tipología de los aprovechamientos. Usos y destinos del agua *34*

6.3.4 Restitución de series de caudales registrados al régimen natural *46*

6.3.5 Cuencas aforadas muy alteradas *47*

6.3.6 Cuencas poco alteradas *49*

6.4 Calibración individual del modelo hidrológico en cuencas aforadas 78

6.5 Relación de los parámetros calibrados con las características de las cuencas 83
6.6 Calibración regional del modelo hidrológico en cuencas aforadas 86
6.7 Simulación del modelo hidrológico en las cuencas Nivel 3 88

7 BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL 89

8 SÍNTESIS Y RESUMEN DEL BALANCE 100

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MAPAS

Mapa 1. Hidrografía

Mapa 2. Isolíneas de precipitación

Mapa 3. Precipitación anual por cuencas nivel 2

Mapa 4. ETP anual en cuencas de Nivel 2

Mapa 5. ETR anual en cuencas de Nivel 2

Mapa 6. Escorrentía anual en cuencas de Nivel 2

Mapa 7. Aportación específica anual en cuencas de Nivel 2

Mapa 8. Balance Hídrico superficial en cuencas de Nivel 1

Mapa 9. Balance Hídrico superficial en cuencas de Nivel 2

APÉNDICES

Apéndice 1. Gráficos de dobles masas

Apéndice 2. Gráficos de calibración del modelo hidrológico en cuencas aforadas

Apéndice 3. Balance Hídrico en cuencas de Nivel 3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuencas nivel 1 de Uruguay 7
Tabla 2. Cuencas nivel 2 de Uruguay 9
Tabla 3. Resumen estadístico de las cuencas de niveles 2 y 3 del Uruguay 9
Tabla 4. Principales características de las cuencas aforadas 15
Tabla 5. Estaciones con baja confiabilidad o representatividad inicial 16
Tabla 6. Pluviómetros seleccionados para el Balance 19
Tabla 7. Estaciones del INIA en Uruguay 22
Tabla 8. ETP medida en tanque A y calculada por el método de Penman en cada estación de INIA 26
Tabla 9. Campos de la capa "aprov2012" 34
Tabla 10. Reasignaciones de los tipos de "destino" iniciales 41
Tabla 11. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) 41
Tabla 12. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por cuencas nivel 1 43
Tabla 13. Estaciones aforadas situadas en la cuenca del río Negro aguas arriba de los grandes embalses 48
Tabla 14. Características físicas e hidrológicas medias de las cuencas aforadas 51
Tabla 15. Parámetros obtenidos en la calibración individual y valores de la función objetivo 80
Tabla 16. Comparación entre los valores de la función objetivo en la calibración, validación y serie completa 82
Tabla 17. Estaciones que se excluyen en el proceso de calibración regional del modelo hidrológico 83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Isotermas medias de temperatura y ciclo anual adimensionalizado por la temperatura media anual 3
Ilustración 2. Red hidrográfica y mapa hidrogeológico de Uruguay 4
Ilustración 3. Cuencas aforadas 13
Ilustración 4. Precipitaciones y ETP medias mensuales para las cuencas aforadas en el período 1981-2012 26
Ilustración 5. Formulación del modelo de Témez. 29
Ilustración 6. Formulación del modelo Témez 30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dobles masas de la estación Bernabé Rivera (1019) y la estación media de la zona 1 20
Gráfico 2. Valor de ETP según Penman, acumulada mensual, calculada en las 5 estaciones de INIA 24
Gráfico 3. Valor de la evaporación acumulada mensual en tanque A, medida en las 5 estaciones de INIA 25
Gráfico 4. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) 42
Gráfico 5. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) (detalle zona inferior) 42
Gráfico 6. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por usos y cuencas nivel 1 (global y detalle parte inferior) 44
Gráfico 7. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por cuencas nivel 1 y usos (global y detalle parte inferior) 45
Gráfico 8. Relación entre los parámetros calibrados y las características de las cuencas 85
Gráfico 9. Calibración de la cuenca de la estación de aforo 10.1 del río Olimar Grande en Treinta y Tres 87
Gráfico 10. Distribución mensual de la precipitación media por grandes cuencas 101
Gráfico 11. Distribución mensual de la ETR por grandes cuencas 102
Gráfico 12. Distribución mensual de la escorrentía generada por grandes cuencas 102
Gráfico 13. Componentes del Balance de la cuenca del río Uruguay 103
Gráfico 14. Componentes del Balance de la cuenca del río Uruguay 104
Gráfico 15. Componentes del Balance de la cuenca del río de la Plata y su Frente Marítimo 104
Gráfico 16. Componentes del Balance de la cuenca del Océano Atlántico 105
Gráfico 17. Componentes del Balance de la cuenca de la Laguna Merín 105
Gráfico 18. Componentes del Balance de la cuenca del río Negro 106
Gráfico 19. Componentes del Balance de la cuenca del río Santa Lucía 107

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

En el presente informe se describen las tareas desarrolladas en lo que a Hidrología y Balance Hídrico se refiere. El objetivo final que se persigue consiste en cuantificar los recursos hídricos disponibles en el territorio uruguayo.

Los datos de partida que servirán para elaborar el estudio corresponden a precipitaciones registradas en la red de estaciones, ETP disponible en la red de estaciones del INIA y caudales registrados en la red de estaciones foronómicas. Se utilizará también información procedente del inventario de usos del agua y mapa de almacenamiento de agua en suelos.

El documento se ha estructurado en una memoria con 8 apartados, un conjunto de Mapas y 3 Apéndices. La información de partida y los resultados de aportaciones que se obtienen corresponden a series mensuales de un período de 32 años, por lo que no se incluyen en papel. Toda la información está disponible en formato digital.

En el apartado 2 se hace una breve descripción del territorio de Uruguay enmarcando el ámbito geográfico y el clima. Se hace una introducción al medio hídrico, la población y principales actividades económicas del país.

El apartado 3 está dedicado a la red hidrográfica, con una descripción de la misma y la división del territorio en seis grandes cuencas, así como la jerarquización en cuencas menores de niveles 2 y 3. Se analiza la red de estaciones hidrométricas y las cuencas vertientes a las estaciones.

En el apartado 4 se describe el estudio de precipitaciones llevado a cabo, desde la selección de estaciones y análisis de registros pluviométricos, hasta la obtención de la precipitación areal sobre las cuencas aforadas y de nivel 3 en las que se realiza el Balance. El apartado 5 está dedicado a la ETP, con una estructura análoga al anterior.

El apartado 6 se dedica al cálculo de la escorrentía. Se hace una descripción del modelo Témez (1977) empleado y el proceso seguido hasta generar las series mensuales en las cuencas de nivel 3.

En los apartados 7 y 8 se resumen los resultados obtenidos.

En los Mapas se ha incluido aspectos relacionados con la hidrografía y variables hidrológicas que intervienen en el Balance. En los Apéndices se incluye información de detalle relacionada con las cuencas.

2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE URUGUAY

La República Oriental del Uruguay, está situada en América del Sur comprendida entre los paralelos 30º y 35° de latitud sur y los meridianos 53° y 58° de longitud oeste. Limita por el Norte y el Noreste con la República Federativa del Brasil, por el Oeste y Suroeste con la República Argentina y por el sur y este con el Río de la Plata y el Océano Atlántico.

La superficie terrestre de Uruguay es de 176.401 km^2, con una orografía caracterizada por tener un relieve suavemente ondulado, también denominado penillanura, sin presentar altas montañas. La altitud media del Uruguay es de 117 m y la cota máxima se encuentra en el Cerro Catedral en Sierra Carapé a 513,7 m.

Geológicamente, los basaltos cubren la cuarta parte del territorio, desde el departamento de Artigas hasta Durazno. Estas rocas dan lugar a suelos que van de profundos a muy superficiales. Durante la Era Mesozoica, tanto en el Oeste como Este del país se depositaron importantes espesores de sedimentos de origen continental en clima árido (areniscas, conglomerados y lutitas). En la era Cenozoica se formaron terrenos sedimentarios que cubren el Sur, Suroeste y el litoral atlántico-lagunar del país. Las regiones Sur y Este han sido afectadas por movimientos de ascenso en condiciones menos cálidas pero más húmedas. Los cambios en el nivel del mar hace unos 6.000 años explican la presencia de barrancas en Colonia y San José y campos dunares, bañados y lagunas costeras en Canelones, Maldonado y Rocha.

La diversidad de litologías en los materiales geológicos de Uruguay generadores de los suelos, la topografía local y la variación en el drenaje natural dan lugar a una importante heterogeneidad de suelos. El 90 % de su superficie es apta para su uso en diversas actividades. La capacidad máxima de almacenaje de agua en el suelo varía desde 50 mm en suelos superficiales sobre basamento cristalino, hasta 400 mm en suelos profundos, de textura pesada y lenta permeabilidad, lo que determina en cierta medida la intensidad con que se presentan las deficiencias de agua.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen el territorio continental del Uruguay es de clima templado, moderado y lluvioso. Los promedios de temperatura oscilan entre 16º C para el sur y 19º C para el norte del país. La temperatura media en primavera es de 17 °C, en verano 23 °C, en otoño 18 °C y en invierno 12 °C. Las temperaturas extremas alcanzan en verano los 40 °C y en invierno los -3 °C. Las temperaturas máximas medias varían entre 28 y 33 ºC y las mínimas medias entre los 6 y 9 ºC en el Sureste y Noreste,

respectivamente. Las temperaturas más altas se presentan en el mes de enero y febrero y las más bajas en junio y julio.

En la Ilustración 1 se puede observa tanto las isotermas medias como las mensuales referidas a la temperatura media (Genta, J.L et al., 2001).

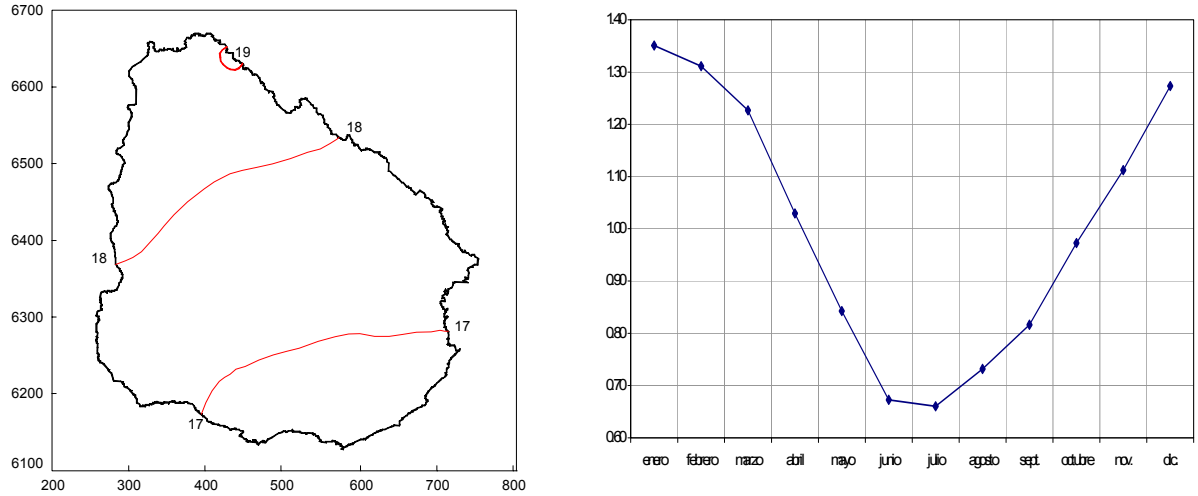


Ilustración 1. Isotermas medias de temperatura y ciclo anual adimensionalizado por la temperatura media anual

La precipitación media anual en Uruguay es del orden de 1.200-1300 mm, con una distribución variable tanto anual como interanual. Las precipitaciones se producen principalmente en forma de lluvias. El granizo suele ocurrir en zonas reducidas y ocasionalmente. La precipitación bajo forma de nieve es excepcional. Las precipitaciones medias anuales aumentan desde los 983 mm al Sur del país hasta 1.313 mm en el Norte.

La evapotranspiración anual promedio es de 1.000 mm en el Noroeste y 800 mm en el Sureste. Este parámetro presenta una marcada estacionalidad con valores máximos en verano y mínimos en invierno. Esta variación estacional de la evapotranspiración sumada al carácter aleatorio de las lluvias determina frecuentemente la ocurrencia de deficiencias de agua en el suelo desde mediados de primavera y durante el verano y de excesos de agua en invierno.

El régimen de vientos más frecuentes acusa un marcado predominio del sector NE con velocidades medias del orden de los 15 km/h y rachas máximas que alcanzan los 200 km/h.

La humedad relativa media anual oscila entre el 70 % y el 75 %, en todo el país, el mes más húmedo es julio con una media de 80 %, y el más seco es enero con una media de 65 %. Es

frecuente que todos los días la humedad relativa oscile entre 45% poco después de mediodía y valores superiores a 90% en horas de la madrugada.

La red hidrográfica de Uruguay es extensa con una división codificada en seis grandes cuencas. Cada una se divide en cuencas de niveles inferiores, existiendo 69 cuencas de nivel 2 y 300 de nivel 3. En general puede afirmarse que existe buena disponibilidad de recursos hídricos, tanto en cantidad como en calidad. Aparecen con niveles más críticos de contaminación los cursos de agua situados al Sur del país, en la zona cercana a la capital, donde habita casi la mitad de la población del país. Es creciente la preocupación por la contaminación difusa en áreas rurales provocada por derivados de la agricultura (pesticidas, abonos, fertilizantes).

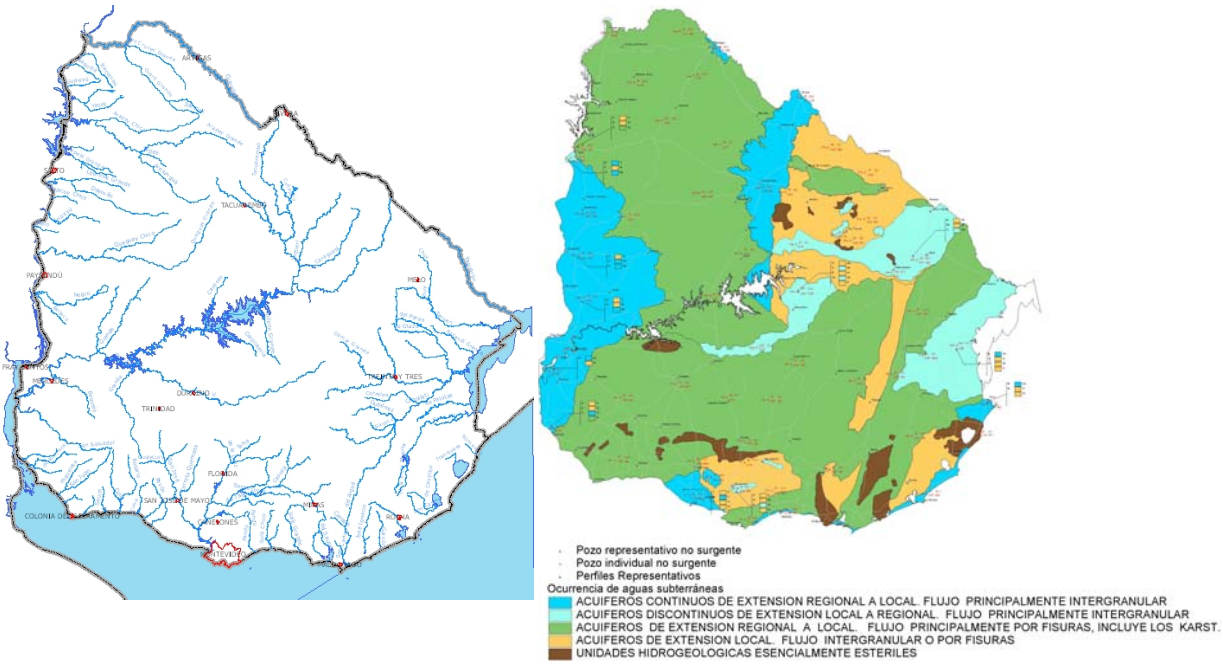


Ilustración 2. Red hidrográfica y mapa hidrogeológico de Uruguay

En Uruguay, existen varias regiones que ofrecen la posibilidad de explotar los recursos hídricos subterráneos: cuencas sedimentarias que poseen unidades en el subsuelo con buena porosidad y permeabilidad permitiendo que el recurso agua se aloje en los poros (acuíferos porosos) y áreas constituidas por rocas cristalinas, en donde el agua se almacena en diaclasas y fallas interconectadas (acuíferos fisurados).

Los acuíferos fracturados ocupan el 70 % del territorio uruguayo y son de baja a media productividad Los acuíferos porosos se restringen al litoral y a las zonas costeras del

territorio nacional y son de media y alta productividad. Respecto a los acuíferos kársticos, a pesar de la existencia de calizas en el sur del país, éstas no están karstificadas y por lo tanto son poco permeables. Entre los acuíferos de mayor importancia estratégica en el Uruguay se destacan el acuífero Raigón y el Sistema Acuífero Guaraní. El acuífero Raigón, ubicado al suroeste del país es estratégico como fuente alternativa de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Montevideo. Los caudales de las perforaciones de este acuífero son en general mayores a 20 m^3/h; las profundidades varían entre 30 y 40 m. El Sistema Acuífero Guaraní, ubicado al noroeste del país, es una de las mayores reservas de agua dulce del planeta siendo compartido con Argentina, Brasil y Paraguay. Está constituido por una sucesión de sedimentos que presentan valores de media a alta permeabilidad. En Uruguay, casi todo este conjunto sedimentario se encuentra protegido por una extensa y potente capa basáltica que abarca unos 38.000 km^2 y alcanza más de 1.200 metros de espesor. El resto del acuífero corresponde a la zona de afloramientos sedimentarios situados en la región Centro-Norte y ocupa aproximadamente 5.000 km^2.

Los principales usos de los recursos hídricos en la actualidad son:

Abastecimiento Humano. Las aguas superficiales satisfacen el 100 % del abastecimiento de agua potable a Montevideo y el 80 % del interior del país. El 20 % restante corresponde a agua subterránea.

Riego. Casi el 100 % del volumen de agua para riego proviene de aguas superficiales. El agua destinada al riego (principalmente arroz en los departamentos de Treinta y Tres, Rocha, Artigas y Cerro Largo) representa el 95 % del volumen embalsado (excluyendo embalses para generación hidroeléctrica) y 72 % del volumen anual extraído por toma directa.

Industria. Representa el 2,1 % del volumen embalsado (excluyendo embalses para generación hidroeléctrica) y el 7,7 % del volumen anual extraído por toma directa.

Hidroelectricidad. Constituye el 18 % de las fuentes utilizadas para atender el consumo energético en el país (derivados del petróleo 48 %, biomasa 19 %, leña 12 %, otros 3%). Los embalses y centrales hidroeléctricas se localizan en el Río Uruguay y Río Negro. En el Río Uruguay se ubica la presa y central hidroeléctrica de Salto Grande con un volumen embalsado de 5.000 hm^3 y es administrada por un organismo público binacional Argentino-Uruguayo denominado Comisión Técnico Mixta de Salto Grande (CTMSG). En el Río Negro existen tres presas y centrales hidroeléctricas, de aguas arriba a aguas abajo: Dr. Gabriel

Terra (también llamada Rincón del Bonete) con un volumen embalsado de 8.800 hm^3, Rincón de Baygorria con un volumen embalsado de 570 hm^3 y Constitución (también llamada Palmar) con un volumen embalsado de 2.854 hm^3. Éstas están administradas por el organismo público Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE). El volumen embalsado para uso hidroeléctrico representa el 88 % del volumen total embalsado en el país.

Otros: actividad ganadera, navegación, pesca deportiva, turismo termal, esparcimiento, vertido de efluentes.

Las principales infraestructuras hidráulicas consisten en embalses, tomas, tanques y pozos. El 88 % del volumen embalsado en el país se concentra en cuatro embalses para generación hidroeléctrica. El 12 % restante (2.303 hm^3) se distribuye en más de 1.300 embalses con un volumen promedio de 1,7 hm^3. Salvo algunos casos puntuales de obras multi-prediales con sistemas de canales para distribución de agua a diferentes productores (ejemplo: embalse de India Muerta, cooperativas de arroz, entre otras), en general, se caracterizan por ser obras cuya propiedad es de cada productor agropecuario y siendo este el principal usuario y responsable de la gestión de cada embalse.

Existen más de 2.000 pozos registrados, aunque se estima que para este tipo de obras el número real es mayor. Los tanques registrados son alrededor de 700; su función tanto en la actividad económica como en lo social es similar a la de los pozos.

Según el último censo realizado en el año 2011 por el INE, la población en el Uruguay es de 3.286.314 habitantes, con una densidad de 18,8 hab/km^2. La distribución de la población del país muestra una alta concentración en las áreas urbanas. Este hecho se viene acentuando sensiblemente en los últimos años, donde la incorporación de tecnología en las actividades agrícolas provoca una fuerte migración interna hacia los cinturones suburbanos.

Las principales actividades económicas en Uruguay están relacionadas con la ganadería (cría de ganado ovino y bovino) y la agricultura. El sector agrícola lo constituyen principalmente el arroz, la soja, el trigo, el sector frutícola y el forestal. De la actividad industrial, se destacan las curtiembres, la industria frigorífica, la alimenticia, el sector lechero y la vitivinicultura. La economía de Uruguay ha estado históricamente condicionada por la economía regional, principalmente la de Argentina y Brasil (las exportaciones a estos dos países representan el 30 % de las exportaciones totales del país).

3 HIDROGRAFÍA

3.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE NIVELES 1, 2 Y 3

Uruguay dispone de una red hidrográfica clasificada en niveles jerárquicos, dando lugar a la correspondiente codificación de las cuencas vertientes en tres niveles distintos. La codificación se remonta al año 1987 y fue desarrollada por las Divisiones de Recursos Hídricos (DRH) y de Saneamiento Ambiental (DSA), pertenecientes en aquella época a la Dirección Nacional de Hidrografía del MTOP.

Las cuencas de Nivel 1 corresponden a los ríos principales y la superficie de cada una dentro del territorio uruguayo puede verse en Tabla 1.

CÓDIGO DE CUENCA	NOMBRE DE LA CUENCA	SUPERFICIE (km^2)
1	Río Uruguay	45.392
2	Río de la Plata	12.143
3	Océano Atlántico	8.386
4	Laguna Merín	28.777
5	Río Negro	68.217
6	Río Santa Lucía	13.486
	Total URUGUAY	176.401

Tabla 1. Cuencas nivel 1 de Uruguay

Cada cuenca de nivel 1 se divide en un máximo de diez subcuencas menores. De la misma manera estas subcuencas se subdividen en otras menores. El código identificativo de las cuencas de nivel 2 está formado por 2 dígitos y las de nivel 3 por 3 dígitos, todos ellos numéricos, con el siguiente significado:

- Primer dígito: corresponde a la cuenca principal de nivel 1.
- Segundo dígito: junto al primer dígito identifica a la cuenca de nivel 2.
- Tercer dígito: identifica la cuenca de nivel 3 junto a los dos dígitos primeros.

En la Tabla 2 se ha relacionado el conjunto de las 47 subcuencas de nivel 2 que integran el territorio de Uruguay, con indicación del nombre del curso de agua principal y la superficie de cuenca vertiente al punto más bajo del cauce en la salida de la cuenca.

CÓDIGO CUENCA	NOMBRE DE LA CUENCA	SUPERFICIE (km^2)
10	Río Cuareim	8.228
11	Río Uruguay entre Río Cuareim y Río Arapey Grande	2.586
12	Río Arapey Chico	2.155
13	Río Arapey Grande (excepto Río Arapey Chico)	9.711
14	Río Uruguay entre Río Arapey Grande y Río Daymán	1.635
15	Río Daymán	3.420
16	Río Uruguay entre Río Daymán y Río Queguay Grande	1.717
17	Río Queguay Grande	8.560
18	Río Uruguay entre Río Queguay Grande y Río Negro	3.745
19	Río Uruguay entre Río Negro y Río de la Plata	3.642
20	Río de la Plata entre Río Uruguay y Río San Juan	1.522
21	Río San Juan	1.572
22	Río de la Plata entre Río San Juan y Río Rosario	926
23	Río Rosario	1.851
24	Río de la Plata entre Río Rosario y Río Santa Lucía	1.851
26	Río de la Plata entre Río Santa Lucía y Arroyo Pando	1.377
27	Río de la Plata entre Arroyo Pando y Arroyo Solís Grande	799
28	Arroyo Solís Grande	1.338
29	Río de la Plata entre Arroyo Solís Grande y Punta del Este	907
30	Océano Atlántico entre Punta del Este y Arroyo Maldonado	1.493
31	Océano Atlántico entre Arroyo Maldonado y Laguna de Rocha	2.546
32	Océano Atlántico entre Laguna de Rocha y Arroyo Valizas	1.479
33	Océano Atlántico entre Arroyo Valizas y Arroyo Chuy	2.868
40	Laguna Merín entre Río Yaguarón y Río Tacuarí	1.969
41	Río Tacuarí	4.682
42	Laguna Merín entre Río Tacuarí y Río Ceballatí	1.221
43	Río Olimar Grande	5.307
44	Río Cebollatí (excepto Río Olimar Grande)	12.111
45	Laguna Merín entre Río Cebollatí y Arroyo San Miguel	3.487
50	Río Negro entre nacientes y Río Tacuarembó	11.420
51	Río Tacuarembó entre nacientes y Arroyo Tacuarembó Chico	6.804
52	Arroyo Tacuarembó Chico	3.494
53	Río Tacuarembó entre Arroyo Tacuarembó Chico y Río Negro	5.975
54	Río Negro entre Río Tacuarembó y Rincón del Bonete	8.848
55	Río Negro entre Rincón del Bonete y Río Yí	5.491
56	Río Yí	13.730
57	Río Negro entre Río Yí y Rincón del Palmar	3.800

CÓDIGO CUENCA	NOMBRE DE LA CUENCA	SUPERFICIE (km^2)
58	Río Negro entre Rincón del Palmar y Río Uruguay	8.644
60	Río Santa Lucía entre nacientes y Río Santa Lucía Chico	5.173
61	Río Santa Lucía Chico	2.571
62	Río Santa Lucía entre Río Santa Lucía Chico y Arroyo Canelón	668
63	Arroyo Canelón Grande	724
64	Río Santa Lucía entre Arroyo Canelón Grande y Río San José	145
65	Río San José	3.571
66	Río Santa Lucía entre Río San José y Arroyo Colorado	369
67	Arroyo Colorado	165
68	Río Santa Lucía entre Arroyo Colorado y Río de la Plata	100
	Total URUGUAY	176.411

Tabla 2. Cuencas nivel 2 de Uruguay

En la Tabla 3 se ha resumido el número de subcuencas de los niveles 2 y 3 que integran cada cuenca principal de nivel 1, indicando superficies medias, máximas y mínimas.

	CUENCAS NIVEL 2				CUENCAS NIVEL 3			
CUENCAS NIVEL 1	Nº CUENCAS	SUP_{med} (km^2)	$SUP_{max.}$ (km^2)	$SUP_{mín}$ (km^2)	Nº CUENCAS	SUP_{med} (km^2)	SUP_{max} (km^2)	$SUP_{mín}$ (km^2)
Río Uruguay	10	4.540	9.711	1.635	60	757	3.690	10
Río de la Plata	9	1.349	1.851	799	64	190	1.007	7
Océano Atlántico	4	2.097	2.868	1.479	16	524	1.934	7
Laguna Merín	6	4.796	12.111	1.221	44	654	3.085	6
Río Negro	9	7.580	13.730	3.494	70	975	3.564	12
Río Santa Lucía	9	1.498	5.173	95	42	321	1.088	2
Total URUGUAY	47	3.753	13.730	18	297	568	3.690	2

Tabla 3. Resumen estadístico de las cuencas de niveles 2 y 3 del Uruguay

3.2 CUENCAS VERTIENTES A LAS ESTACIONES DE AFORO

La Base de Datos relativa a la red hidrométrica incluye 235 registros correspondiendo cada uno a una estación de aforo. Los datos que figuran en cada registro son los siguientes:

- Código de identificación.
- Nombre de la estación.
- Nombre del río o cauce en el que se localiza.
- Coordenadas y altitud.
- Superficie de cuenca vertiente a la sección de medida.
- Fechas de inicio y fin (para aquellas estaciones en las que se ha dejado de registrar) de observaciones.
- Comentarios.

Para el estudio se partió de los registros correspondientes a 63 estaciones facilitados por la DINAGUA. Un primer análisis permitió identificar 6 estaciones que correspondían a una nueva reubicación de la sección de medida de otra estación existente previamente, 3 corresponden a cuencas con el régimen natural de caudales fuertemente modificado por efecto de los embalses de regulación, 2 situadas en canales artificiales, y una más situada en la cola del embalse del Aº India Muerta influenciada por el remanso que produce el mismo, por lo que el número de estaciones con series de caudales registrados susceptibles de utilizarse para el proceso de calibración es de 51. En concreto se tiene de este primer análisis:

- Estación 2.0, río Negro en Mercedes (Puerto), está fuertemente influenciada por la laminación que ejercen los tres grandes embalses situados aguas arriba (Rincón del Bonete, Rincón de Baygorria y Palmar). Para restituir al régimen natural sus registros teniendo en cuenta la laminación realizada por éstos se necesita tener datos de caudal medio retenido por cada embalse durante el mes, con el signo correspondiente, dato que suele calcularse como diferencia entre los volúmenes disponibles en el embalse a principio y final de cada mes en m^3 dividido por el tiempo del mes en segundos (si el caudal se calcula en m^3/s). Y son estos valores de los volúmenes disponibles en el embalse los imprecisos ya que una variación de un centímetro (siempre difícil de apreciar en la escala de medida) en la lectura del nivel del embalse se traduce en un elevado volumen.
- Estación 28.0, río Uruguay en Bella Unión. El régimen de sus caudales está muy influenciado por los embalses situados aguas arriba, en Brasil (Itá y Machadinho entre otros muchos), así como por las detracciones y retornos en aquel país. Dispone de registros desde el año 1946.

- Estación 30.0, río Uruguay en Salto. Dispone de registros de niveles en el río desde el año 1921. El régimen de sus caudales está muy influenciado por los embalses de Salto Grande y otros situados aguas arriba, en Brasil (Itá y Machadinho entre otros muchos), así como por las detracciones y retornos en aquel país.
- Estación 53.0, río Santa Lucía Chico en Florida- Piedra Alta. Comenzó los registros en el año 1953 habiendo dejado de medir en 2007. Se prescinde de los registros ya que para el período elegido para el Balance se dispone de datos en la estación 53.1.
- Estación 53.1, río Santa Lucía Chico en Florida- Puente R.5. Comenzó los registros en el año 1978 y permanece activa hoy día. Está situada en la sección de cruce con la carretera R.5.
- Estación 53.2, río Santa Lucía Chico en Usina de Bombeo (OSE). Comenzó los registros en el año 1979 habiendo dejado de medir en 1998. Se prescinde de los registros ya que para el período elegido para el Balance se dispone de datos en la estación 53.1.
- Estación 59.0, río Santa Lucía en Paso Pache (R.5 Vieja). El período de registro abarca el intervalo entre 01/1954 y 01/1987. Se prescinde de los registros ya que para el período elegido para el Balance se dispone de datos en la estación 59.1 que permanece activa.
- Estación 59.1, río Santa Lucía en Paso Pache (R.5 Nueva). Comenzó los registros en el año 1983 y permanece activa hoy día. Está situada en la sección de cruce con la carretera R.5 Nueva.
- Estación 84.0, río Cuareim en Artigas- Usina de Bombeo (OSE). El período de registro abarca el intervalo entre 04/1959 y 08/2001. Tiene un período de medición común con la estación 84.1 de un año, con discrepancias en el valor del caudal medio mensual registrado en la estación 84.0 respecto a los registrados en la estación 84.1 que oscilan en el intervalo [-194 %, +67 %].
- Estación 84.1, río Cuareim en Artigas- Puente Concordia. Comenzó los registros en el año 1997 y permanece activa hoy día. Está situada bajo el puente que cruza el río, un kilómetro aguas abajo de la estación 84.0. Se opta por utilizar los datos de esta estación para calibrar ya que es la que permanece activa y no se considera adecuado unir las dos series en períodos distintos por las discrepancias que existen en el período común anteriormente citado.

- Estación 111.1, Aº. India Muerta en Aº India Muerta en Puente R.13. La precipitación anual media sobre la cuenca para el período en el que existen registros de aforos en la estación es de 1203 mm, y la escorrentía media calculada a partir de los registros es de 1533 mm, por lo que el coeficiente de escorrentía sería superior a 1. Se opta por no incluirla en el proceso de calibración.
- Estación 135.0 del río San Juan en Paso Antolín. Tiene registros desde 11/1978, permaneciendo actualmente activa. Se sitúa en el cruce del río bajo la carretera 22.
- Estación 135.1 del río San Juan en Paso Antolín (Nuevo). Tiene registros correspondientes al período 12/1988- 09/1993. Se sitúa a escasos 200 metros aguas abajo del puente citado anteriormente, no habiendo ningún otro cauce que se incorpore en el tramo intermedio. Se opta por prescindir de esta estación, ya que no ha tenido continuidad y el período que cubre también está en la estación 135.0.
- Estación 149.1, Canal Andreoni en Canal Andreoni. Se trata de un cauce artificial.
- Estación 150.1, Canal nº 2 en Las Salinas. Se trata de un cauce artificial.
- Estación 176.0, río Rosario en Picada Benítez. Dispone de registros desde el mes 12/1987 hasta 05/1992, si bien en el catálogo de estaciones no figura ninguna fecha de final de registro. Se sitúa en el cruce del río bajo una carretera secundaria que conduce desde Nueva Helvecia hacia el Noroeste de la población conectando con la carretera nº 2.
- Estación 176.1, río Rosario en Picada Benítez. Dispone de registros desde el mes 12/1987, permaneciendo activa actualmente. Se opta por prescindir de la estación 176.0 y utilizar la serie de la estación 176.1 para la calibración.

A partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) de 30 metros de resolución fueron estimadas las cuencas de aporte a cada punto de monitoreo de caudales. Para cada una de ellas se ha calculado el área, longitud del cauce principal y pendiente media de la cuenca.

Este proceso ha sido realizado utilizando la extensión *ArcHydro* en el ambiente *ArcMap10*.

En la Ilustración 3 se presentan las cuencas determinadas, y en la Tabla 4 las características antes mencionadas. Cabe aclarar que los datos que figuran en la tabla para cada cuenca corresponden a la cuenca vertiente total desde la cabecera, ya que en la figura se observa exclusivamente la cuenca incremental.

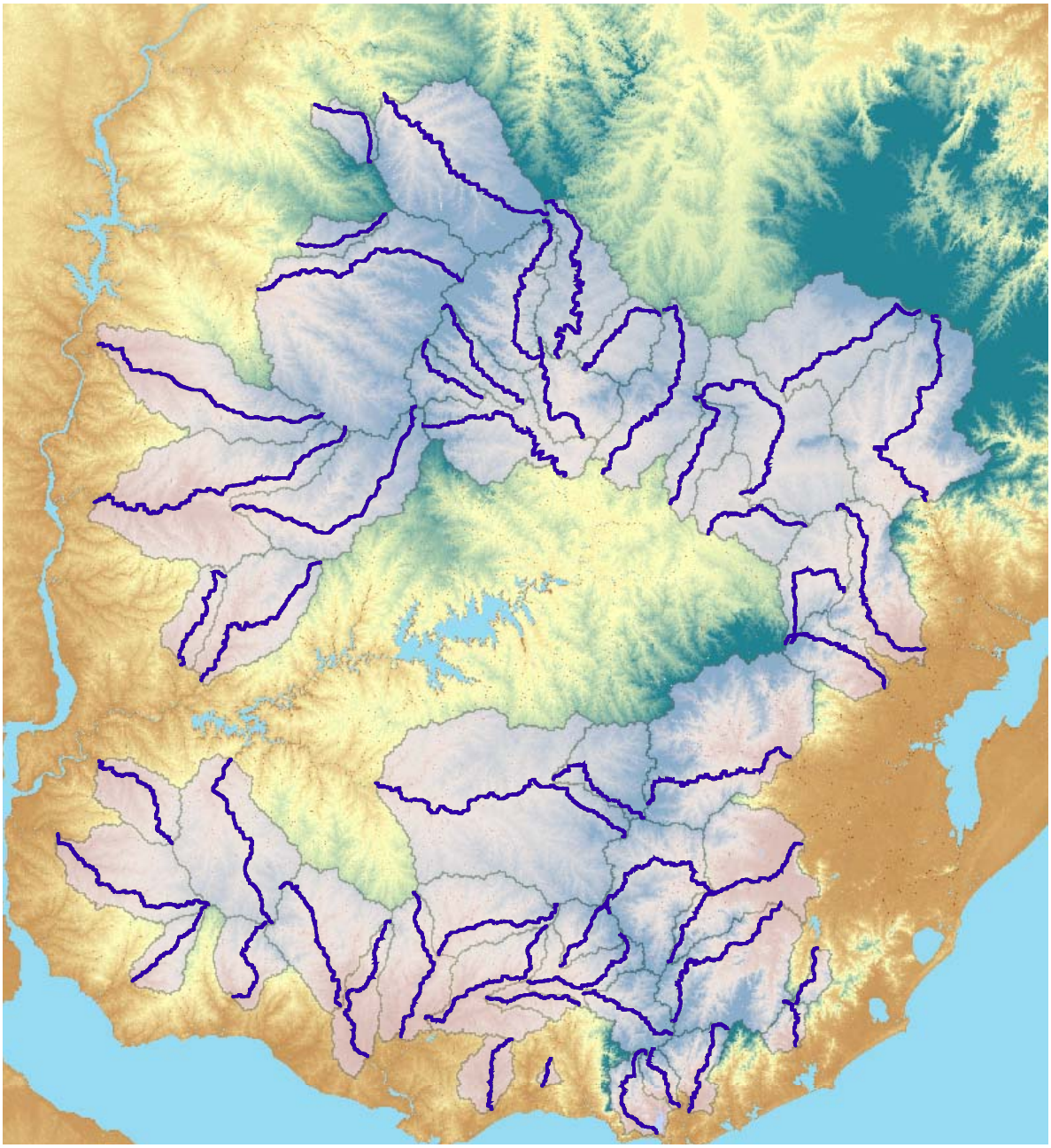


Ilustración 3. Cuencas aforadas

Código	Nombre Estación	Rio	Cuenca	Elev.	Cuenca Agregada

				Warthon	Área (km^2)	Perímetro (km)	Pendiente Cuenca (%)	Longit. Cauce (km)
10.1	Treinta y Tres (R.8)	Olimar Gde	L Merín	25,74	4676	552	29,7	126
15.0	Paso Averías	Cebollatí	L Merín	21,84	7865	821	8,7	197
22.1	Pando Presa Niveladora	Ao Pando	R de la Plata	2,86	699	211	9,2	51
23.0	San Ramón	Santa Lucía	R Sta Lucía	34,6	3154	546	14,1	149
44.0	Fray Marcos	Santa Lucía	R Sta Lucía	44,41	2759	455	14,7	116
45.0	Lag. del Sauce (vertedero)	Lag. del Sauce	R de la Plata	6,01	709	240	13,9	70
46.1	San Carlos - Puente Ruta	Ao San Carlos	Océano	2,42	823	250	14,7	68
50.0	Paso Cerro Cardozo	Tacuarembó	R Negro	88,78	10301	891	13,8	275
51.1	Paso Manuel Díaz	Tacuarembó	R Negro	115,04	2213	430	16,3	117
52.0	Paso del Borracho	Tacuarembó	R Negro	97,26	6599	730	13,8	242
53.0	Florida - Piedra Alta	Sta Lucía Chico	R Sta Lucía	44,31	1750	345	11,8	92
55.1	Picada de Coelho	Ao Yaguarí	R Negro	93,57	2489	523	11,2	150
57.0	Sarandí del Yí	Yí	R Negro	117,74	1379	335	11,8	80
59.0	Paso Pache	Santa Lucía	R Sta Lucía	13,68	4936	689	12,6	200
61.0	Po. de la Compañía	Ao Corrales	R Negro	n/d	1045	263	10,2	80
62.0	Po.de los Mellizos	Ao Gde Norte	R Negro	21,18	2198	385	9,6	125
64.0	Paso Mazangano	Negro	R Negro	103,57	6421	821	8,7	197
65.1	Paso Aguiar	Negro	R Negro	94,44	7915	941	8,6	242
66.0	Paso de las Toscas	Ao Caraguatá	R Negro	102,41	968	303	9,6	87
73.1	San José - OSE	San José	R Sta Lucía	20,36	2314	402	9,9	94
76.1	Paso de la Estiba	Ao de Rocha	Océano	3,39	435	146	14,1	33
82.0	Paso Andrés Pérez	Queguay Gde	R Uruguay	34,88	3269	527	9,2	158
84.0	Artigas - (OSE)	Cuareim	R Uruguay	88,64	4486	511	8,8	166
89.0	Paso Carpintería	Negro	R Negro	120,57	2942	513	8,4	111
96.0	Paso Borches	Tacuarí	L Merín	77,45	1425	328	9,9	90
97.0	Paso Dragón	Tacuarí	L Merín	4,76	3540	577	18,3	166
100.0	Paso Centurión	Yaguarón	L Merín	56,93	4906	595	13,2	165
107.0	Paso de las Piedras	Ao Cuñapirú	R Negro	118,95	1926	438	13,6	173
109.0	Vergara	Ao Parao	L Merín	18,68	1127	276	18,8	83

Código	Nombre Estación	Rio	Cuenca	Elev. Warthon	Área (km^2)	Perímetro (km)	Cuenca Agregada Pendiente Cuenca (%)	Cuenca Agregada Longit. Cauce (km)
116.0	Paso Valdés	San José	R Sta Lucía	-0,59	C	527	9,3	131
117.0	Paso Roldán	Santa Lucía	R Sta Lucía	74,08	1077	273	17	76
119.0	Paso de los Troncos	Ao Casupá	R Sta Lucía	68,53	690	204	13,6	54
120.0	Ao. Mosquitos	Ao Mosquitos	R de la Plata	10,6	98	74	11	18
122.0	Tacuarembó (Paso del	Ao Tacuarembó	R Negro	121,82	648	217	14,8	63
123.0	Paso Baltasar	Ao Tres Cruces	R Negro	119,55	918	278	15	88
124.0	Paso de Lugo	Ao Gde del Sur	R Negro	43,3	3105	433	10,1	132
125.1	Durazno (Pte. Cat. vieja)	Yí	R Negro	61,97	8884	812	11,1	220
128.0	Paso del Avestruz	Ao del Aiguá	L Merín	38,25	2748	444	14,4	135
133.0	Santa Lucia R-11	Santa Lucía	R Sta Lucía	2,27	8374	866	12	226
135.0	Paso Antolín	San Juan	R de la Plata	11,19	747	233	8,7	65
14.0	Picada de Corbo	Cebollatí	L Merín	48,96	2899	413	42,9	101
140.0	Dayman Pte. R-3	Daymán	R Uruguay	9,51	3200	514	8,6	162
141.0	Queguay Pte. R-3	Queguay Gde	R Uruguay	5,37	7863	807	9,2	276
142.0	Po. de las Piedras (Pte R3)	Ao Don Esteban	R Negro	28,92	783	253	9,6	78
155.0	Javier de Viana	Ao Tres Cruces	R Uruguay	86,63	573	187	11,5	64
163.0	Bequeló R-14 (Pte. viejo)	Ao Bequeló	R Negro	5,91	1145	258	8,6	95
171.0	Biasssini - Pte. R-4	Arapey Gde	R Uruguay	60,04	6932	704	11	149
173.0	Arapey Ch. Pte R-4	Arapey Chico	R Uruguay	99,57	519	216	11,2	57
174.0	Maldonado Pte. R-9	Ao Maldonado	Océano	9,29	364	148	14,2	47
176.0	Picada Benítez	Rosario	R de la Plata	12,07	1001	232	8,5	64
178.0	Paso Ramos	San Salvador	R Uruguay	2,54	2157	390	8,7	136

Tabla 4. Principales características de las cuencas aforadas

3.3 INSPECCIÓN VISUAL DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS

En una inspección inicial no se han encontrado valores anómalos. Existen, no obstante, ocho estaciones, que se listan en la Tabla 5, consideradas inicialmente como de baja confiabilidad o representatividad por presentar algunas lagunas, funcionamiento irregular o

por tener la curva de gasto incompleta. Se prefiere mantenerlas hasta realizar una primera calibración individual del modelo hidrológico, dejando hasta un análisis de los resultados de la calibración, la decisión de mantenerlas o no considerarlas en el cálculo final del Balance Hídrico.

CÓD. ESTACIÓN	NOMBRE	RÍO	SUP. CUENCA (km2)	Qmedio (m3/s)	LAGUNAS (% meses)
22.1	Pando Presa Niveladora	Ao Pando	699	4,6	63,9
57.0	Sarandí del Yí	Yí	1379	18,2	24,4
61.0	Po. de la Compañía	Ao Corrales	1045	8,4	80,8
89.0	Paso Carpintería	Negro	2942	48,1	76,4
116.0	Paso Valdés	San José	2942	33,2	39,7
120.0	Ao. Mosquitos	Ao Mosquitos	690	0,3	80,0
122.0	Tacuarembó (Paso del Bote)	Ao Tacuarembó	648	17,6	24,7
140.0	Daymán Pte. R-3	Daymán	3200	83,1	0,6

Tabla 5. Estaciones con baja confiabilidad o representatividad inicial

4 PRECIPITACIÓN

4.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Teniendo en cuenta que la escala temporal del Balance Hídrico es la mensual, y que la DINAGUA dispone de registros mensuales para los estudios que realiza, de una selección de pluviómetros distribuidos uniformemente por el territorio de Uruguay, se partió de esta red de estaciones. La misma se complementó para cubrir algunos espacios con baja densidad de estaciones. Los pluviómetros elegidos correspondieron a los siguientes grupos:

- Pluviómetros utilizados en estudios anteriores (35 estaciones).
- Pluviómetros de la DNM no incluidos en los anteriores (4 estaciones), que vienen a rellenar zonas de baja densidad de estaciones iniciales.
- Pluviómetros del INIA (5 estaciones).
- Pluviómetros de la ANA de Brasil (disponibles en su sitio de Internet) con series completas (10 estaciones), en la zona de recubrimiento de las cuencas que vierten al río Cuareim.

Una revisión posterior propició incorporar algunas estaciones en zonas que permanecían aún con baja densidad, incorporando 9 pluviómetros más pertenecientes a la red de la DNM. Al mismo tiempo se optó por descartar la estación del INIA “Treinta y Tres”, ya que se ubica muy próxima a la estación de la DNM “2179 Treinta y Tres” y las series de registros difieren sustancialmente (1210 mm/año frente a 1419 mm/año respectivamente).

El listado completo de dicha información, sus coordenadas y valor medio de precipitación mensual en el período 1981-2012 se presenta en la Tabla 6 en la que se relacionan los 62 pluviómetros que se utilizan para estimar la precipitación en las cuencas vertientes a las estaciones de aforo y a las cuencas de nivel 3.

NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS		PRECIPITACIÓN (mm)
		X	Y	MEDIA MENSUAL
Aiguá	2684	595500	6215500	95,6
Arroyo Malo	1798	658200	6398000	110,4
Artigas	1050	431500	6637500	124,8
Barriga Negra (Polanco)	2549	511500	6247500	106,8

NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS		PRECIPITACIÓN (mm) MEDIA MENSUAL
		X	Y	
Bernabé Rivera	1019	387500	6648500	126,4
Casupá	2588	513500	6227400	103,6
Cerro Chato	2073	562300	6337200	108,9
Conchillas	2611	294100	6218100	88,5
Cuchilla de Navarro	1772	400400	6399700	108,1
Cuchilla del Carmen	1880	571900	6378800	118,3
Egaña	2337	330200	6281400	109,3
El Chuy	2422	717900	6269400	96,9
Fraile Muerto	1793	620000	6403000	111,9
José Pedro Varela	2272	618000	6298000	124,2
Lago de los Patos	2774	311500	6184300	96,7
Melo	1709	651000	6418600	115,8
Mercedes	2145	292000	6319000	99,8
Molles (Carlos Reyles)	2061	436200	6343000	110,4
Moriones	1379	577200	6504700	112,5
Paysandú	1672	290500	6416000	105,1
Pintos (San Gregorio)	2486	404000	6251000	101,2
Prado	2887	463100	6143100	95,7
Puntas de Maciel	2349	447700	6280400	99,0
Quebracho	1502	302331	6466268	116,3
Queguay Chico	1553	400000	6450000	98,0
Rivera	1147	525300	6582000	130,2
Rocha	2804	636800	6182900	105,4
Salto	1283	292700	6520800	111,7
Sequeira	1159	397100	6570600	117,9
Tacuarembó	1405	483300	6493000	123,1
Tomás Gomensoro	1040	343000	6633000	123,0
Tranqueras	1220	502900	6550000	123,6
Treinta y Tres	2179	632000	6323000	117,1
Valentín (Pueblo Bazzini)	1232	366400	6539600	110,8

NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS		PRECIPITACIÓN (mm)
		X	Y	MEDIA MENSUAL
Vichadero	1454	605000	6484500	122,5
Las Brujas_INIA		451114	6164485	86,4
La Estanzuela_INIA		326672	6199986	84,1
Salto_INIA		301559	6539823	98,7
Tacuarembó_INIA		498420	6493649	115,1
Trenta y Tres_INIA		644483	6322535	100,8
Dom Pedrito	3054002	607426	6573154	115,8
Fazenda Encerra	3055003	483323	6605003	120,6
Fazenda Junco	3056004	401497	6679596	106,8
Harmonia	3056006	464328	6674468	113,4
Pedras Altas	3153007	709668	6487834	110,2
Torquato Severo	3154003	654819	6567002	133,3
Tres Vendas	3155001	572674	6540495	114,0
Arroio Grande	3253001	755517	6430863	109,2
Granja Osërio	3253003	750758	6351415	106,3
Herval	3253004	726983	6454695	121,1
Estación Meteorologica Bella Unión	1013	328374	6651218	120,3
E.Met. Young	1856	328040	6383118	107,8
E.Met. P. De Los Toros	1914	432871	6371438	109,2
E. Met. Florida	2583	459996	6231089	103,2

Tabla 6. Pluviómetros seleccionados para el Balance

4.2 ANÁLISIS Y CRÍTICA DE DATOS

En la manipulación de los datos medidos en una estación climatológica hasta su inclusión en la base de datos pueden cometerse errores de distintos tipos, algunos procedentes del propio proceso de medición, bien sea por perturbaciones que introduce el propio aparato en el campo de precipitaciones y sus proximidades, por instalación inadecuada en lugares en los que la precipitación está influenciada por edificaciones próximas, y otros errores cometidos en el procesado y gestión de los datos, como pueden ser errores de transcripción o errores en la unidad de medida.

Los métodos que se utilizan para analizar la calidad de los datos de series temporales y detectar posibles errores se basan en la comparación estadística de los registros de estaciones próximas con características climáticas similares. Uno de los métodos más conocidos e intuitivos para detectar inconsistencias en los datos de una estación es el análisis de dobles masas. En este método, los valores acumulados (por ejemplo precipitaciones anuales) de una estación se dibujan comparándolos con los correspondientes de otra estación similar climatológicamente, de la que se conoce su calidad y fiabilidad, pudiendo ser una estación ficticia o real. El gráfico representa la llamada curva de dobles masas en la que puede identificarse fácilmente cambios de pendiente o saltos en algunos de los años.

Para la aplicación de este método en las estaciones seleccionadas, se han agrupado en cuatro zonas, definidas a partir de un plano sobre el que se han situado las estaciones con la pluviometría media en cada una para el período 1981-2012.

A título de ejemplo se incluye el Gráfico 1 correspondiente a la estación “1019 Bernabé Rivera”. En el Apéndice 1 se incluyen los gráficos de todas las estaciones.

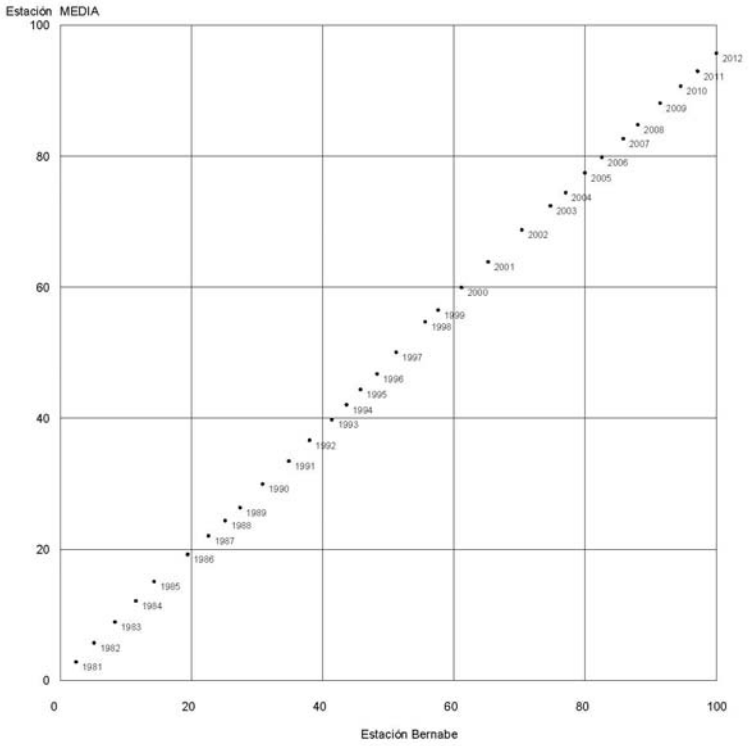


Gráfico 1. Dobles masas de la estación Bernabé Rivera (1019) y la estación media de la zona 1

Analizando los mismos no se han encontrado aspectos que indiquen la existencia de posibles errores en las series.

4.3 SERIES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS AFORADAS

La serie mensual de precipitación areal media caída sobre la cuenca que se simula es uno de los datos de entrada al modelo Témez. Los métodos disponibles para el cálculo partiendo de las precipitaciones puntuales medidas en las estaciones son múltiples: media aritmética, polígonos de Thiessen, inversa de la distancia al cuadrado, Kriging, etc.

En este estudio se ha optado por calcular en primer lugar la precipitación caída sobra cada celda de tres kilómetros de lado, en que se ha discretizado el mapa de Uruguay, mediante ponderación por inversa de la distancia al cuadrado con las precipitaciones de las tres estaciones más cercanas a cada celda, para luego integrar la precipitación de todas las celdas de la cuenca.

En la Ilustración 4 que se incluye más adelante se refleja la precipitación media mensual sobre las cuencas aforadas durante el período 1981-2012. Las series completas para cada cuenca están disponibles en formato digital.

4.4 SERIES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS DE NIVEL 3

De la misma manera se obtiene la precipitación caída sobre cada cuenca de Nivel 3 para la simulación del modelo hidrológico.

Se ha elaborado un mapa con las precipitaciones medias anuales para las cuencas de nivel 2, incluido en el apartado de Mapas. En los cuadros de Balance Hídrico que se incluyen en el Apéndice 3 se pude ver la precipitación media para cada mes del año y cada estación de nivel 3. Las series mensuales completas para el período 1981-2012 y cada cuenca están disponibles en formato digital.

5 EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es una de las variables que mayor influencia tienen en el cálculo del Balance Hídrico. Engloba el proceso de transferencia de agua a la atmósfera por acción de las plantas y por evaporación directa.

La estimación del valor de la ETP puede hacerse de manera experimental mediante distintos instrumentos de medición directa (tanques de evaporación, evaporímetros tipo Piché, lisímetros, vidrieras, etc.) o bien mediante cálculo por distintos métodos a partir de otras variables climatológicas. Entre estos últimos se encuentran los métodos de Thornthwaite, Penman, Penman-Monteith, Turc, etc.

5.1 ESTACIONES CON REGISTRO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), dispone en el territorio nacional de Uruguay de 5 estaciones experimentales equipadas con instrumentación para la medición de múltiples variables meteorológicas. En su Banco de datos incluye los valores medios diarios para la evapotranspiración potencial medida y calculada desde la década de los años 70.

En la Tabla 7 se relacionan y localizan las estaciones del INIA.

La Estanzuela (1914)
Las Brujas (1964)
Salto Grande (1947)
Tacuarembó (1972)
Treinta y Tres (1970)

Tabla 7. Estaciones del INIA en Uruguay

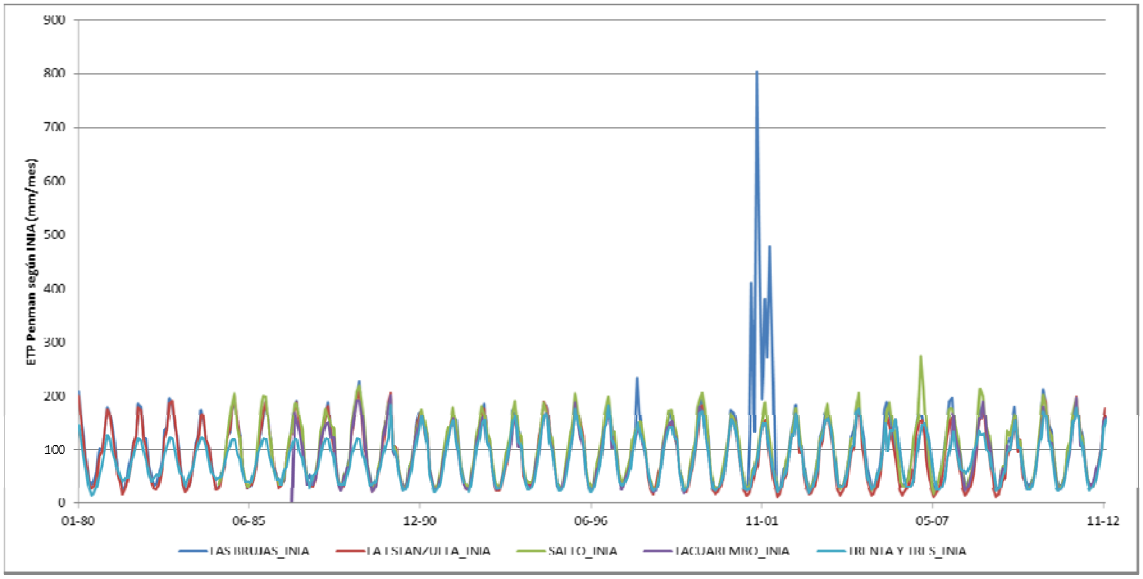
5.2 SERIES MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

Para el estudio han sido recopilados de la web del INIA los valores de ETP según Penman y evaporación en Tanque A en las 5 estaciones del INIA.

Mediante un primer análisis visual de las series calculadas por el método de Penman, han sido retirados los siguientes valores:

- Valores anómalos del año 2001 en la serie de la estación de Las Brujas.
- Valores anómalos entre los años 1980-1988 en la serie de la estación Treinta y Tres.
- Valores puntuales en 1997 en las estaciones de Las Brujas y Salto.
- Valores puntuales en 2007 en la estación de Salto.

En el Gráfico 2 se representan gráficamente las series de ETP calculadas por el método de Penman originales y las depuradas.



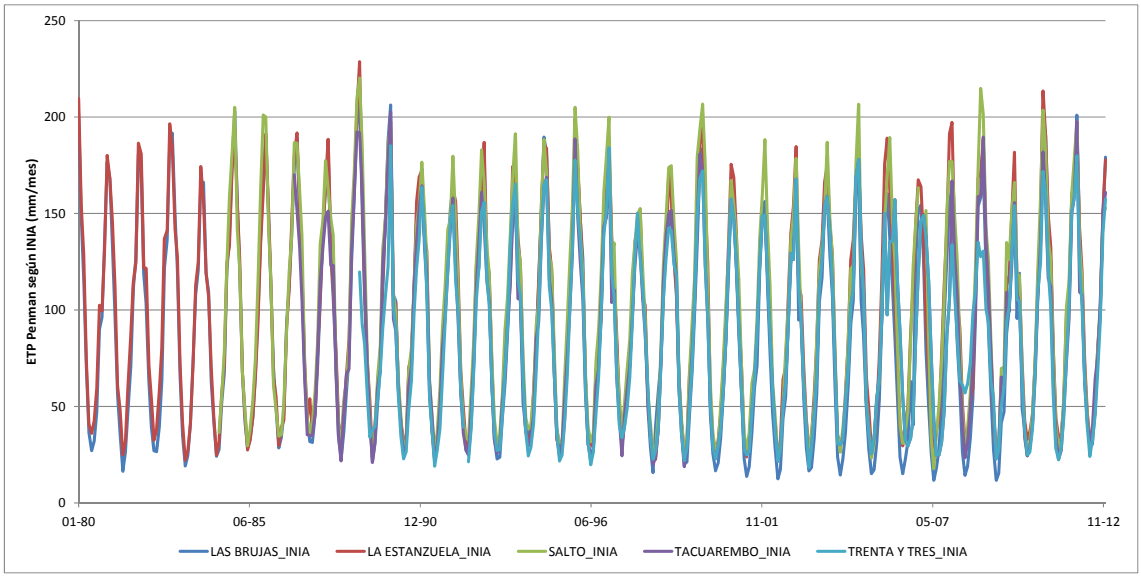
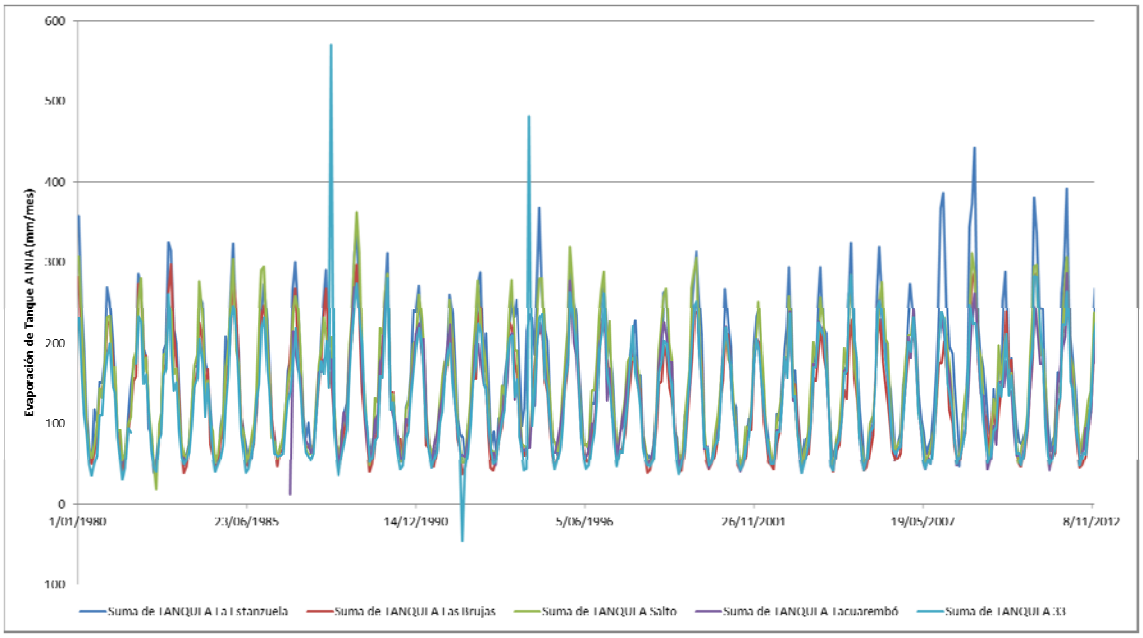


Gráfico 2. Valor de ETP según Penman, acumulada mensual, calculada en las 5 estaciones de INIA

El mismo análisis visual se ha realizado con las series de evaporación medida en tanque A, considerando anómalos los siguientes valores y, por tanto, prescindiendo de ellos:

- Valores puntuales de la serie de la estación Treinta y Tres de marzo de 1988, junio de 1992 y agosto de 1994.
- Todos los valores de La Estanzuela desde el año 2003 y el de diciembre de 1994.

En el Gráfico 3 se representan gráficamente las series originales y las depuradas.



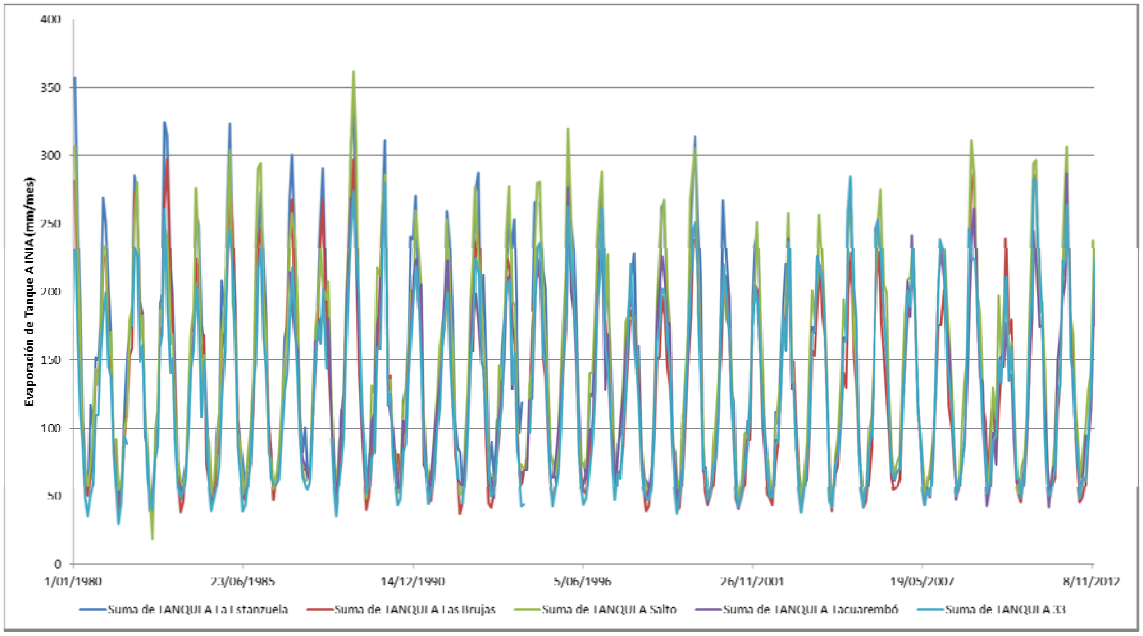


Gráfico 3. Valor de la evaporación acumulada mensual en tanque A, medida en las 5 estaciones de INIA

Con las series depuradas se han realizado comparaciones para los períodos con datos en las cinco estaciones. Los valores medios mensuales se presentan en la Tabla 8.

ESTACIÓN INIA	ETP (mm)	TANQUE (mm)	COEFICIENTE TANQUE/PENMAN
Las Brujas	89	128	0,69
La Estanzuela	97	151	0,64
Salto	100	147	0,68
Tacuarembó	88	130	0,68
Treinta y Tres	85	127	0,67

Tabla 8. ETP medida en tanque A y calculada por el método de Penman en cada estación de INIA

Las lagunas en las series mensuales de ETP de cada estación se han rellenado mediante el valor correspondiente de las series mensuales de evaporación en Tanque A, afectado por el coeficiente calculado.

5.3 SERIES MENSUALES DE ETP EN LAS CUENCAS AFORADAS

De forma análoga a lo realizado para calcular el valor medio mensual de precipitación de cada cuenca aforada a partir de los registros de las estaciones pluviométricas, se ha calculado el valor de ETP en las mismas.

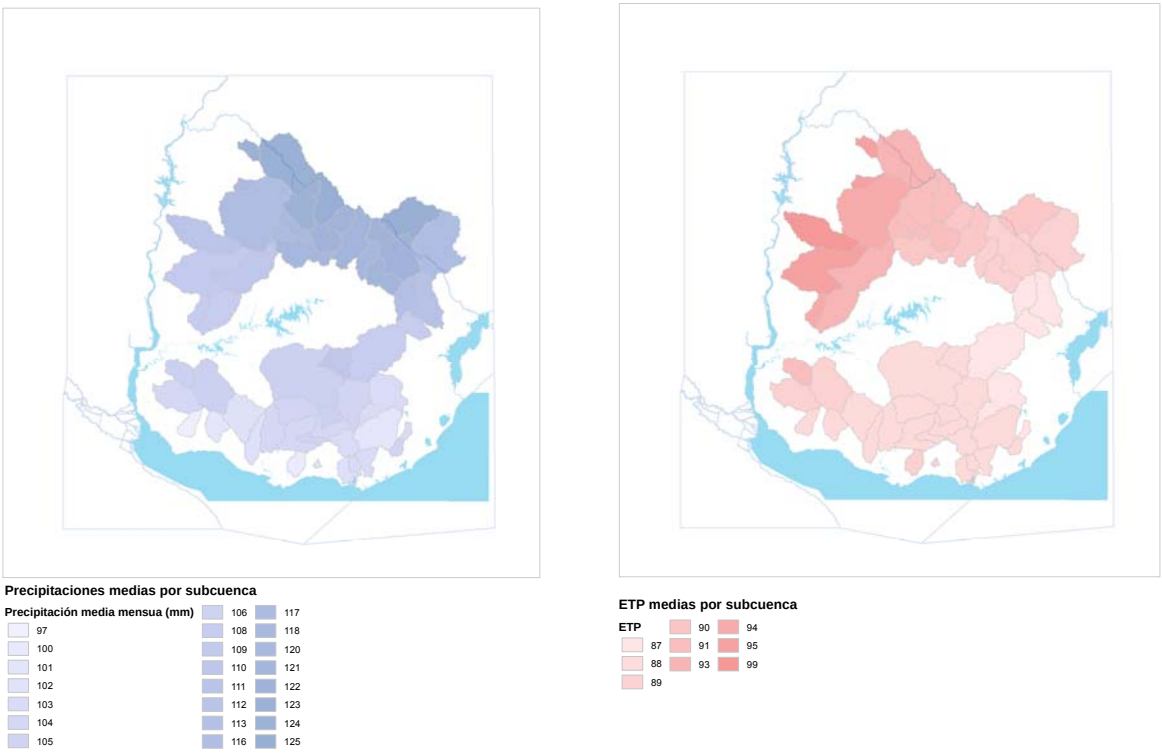


Ilustración 4. Precipitaciones y ETP medias mensuales para las cuencas aforadas en el período 1981-2012

En la Ilustración 4 se ha reflejado la precipitación y la ETP medias mensuales para cada cuenca aforada del período 1981-2012.

5.4 SERIES MENSUALES DE ETP EN LAS CUENCAS DE NIVEL 3

El cálculo de la ETP sobre cada cuenca de nivel 3 se ha realizado por el mismo método que se utilizó para el cálculo de la precipitación, es decir, se calcula en primer lugar la ETP en cada celda de tres kilómetros de lado, en que se ha discretizado el mapa de Uruguay, mediante ponderación por inversa de la distancia al cuadrado con las ETPs de las tres estaciones del INIA más cercanas a cada celda. Posteriormente se integran los valores de ETP de todas las celdas de la cuenca.

6 ESCORRENTÍA

6.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

Un sistema hídrico se caracteriza por ser una estructura territorial que determina la capacidad para contener y transportar agua mediante acuíferos y cauces. El sistema recibe unas entradas propias procedentes de las precipitaciones caídas, unas entradas de sistemas contiguos a través de los acuíferos y red fluvial y genera unas salidas del mismo en forma de caudal subterráneo a través de los acuíferos y caudal superficial a través de los cauces. El balance se completa con unas salidas a través de la evapotranspiración y una variación en el volumen almacenado en los acuíferos. La forma general del Balance Hídrico tiene la forma:

$$P + I_{MS} + I_{MA} - ET - A - F - \Delta S - \varepsilon = 0$$ [1]

siendo:

P: Precipitación total caída en la cuenca.

I_{MS}: Importación de agua superficial exterior al sistema.

I_{MA}: Importación de agua subterránea exterior al sistema.

ET: Evapotranspiración.

A: Flujo superficial.

F: Flujo subterráneo.

S: Agua almacenada en el territorio.

ε: Término de error de medida.

El flujo superficial puede ser conocido a través de las mediciones de la red hidrométrica. El problema más importante para ello es la poca densidad de estaciones de medida, la falta de continuidad en los registros y la dificultad de realizar mediciones fiables que reflejen los cambios que se producen en los cauces por la propia dinámica fluvial, fundamentalmente durante las crecidas de los ríos.

[1] Ecuación general del Balance Hídrico (Estrela, 1992)

Estas mediciones directas son necesarias para disponer de la curva de gasto de la sección de aforo en cada momento, ya que lo que realmente se mide es el nivel del río, traduciéndose a caudal mediante la curva de gasto.

Se necesita recurrir, por tanto, a modelos matemáticos que relacionen las entradas y salidas del sistema, para completar los datos de escorrentía registrados en las estaciones hidrométricas.

6.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA. MODELO TÉMEZ

El modelo Témez (Témez, 1977), es un modelo agregado de simulación continua de pocos parámetros. El intervalo temporal más empleado es el mensual, aunque como el desarrollo teórico del modelo es de índole general, en principio éste puede aplicarse a cualquier intervalo de tiempo (horario, diario, mensual, anual), debiéndose verificar que los períodos temporales empleados proporcionen una respuesta coherente con la realidad física del sistema. Opera realizando balances de humedad entre los distintos procesos de transporte de agua que tienen lugar en un sistema durante las diferentes fases del ciclo hidrológico. Todo el proceso está gobernado por el principio de continuidad y de balance de masas, y regulado por leyes específicas de reparto y transferencia entre los distintos términos del balance.

El esquema del modelo se indica en la Ilustración 5. La formulación y las variables que intervienen en el cálculo figuran en la Ilustración 6.

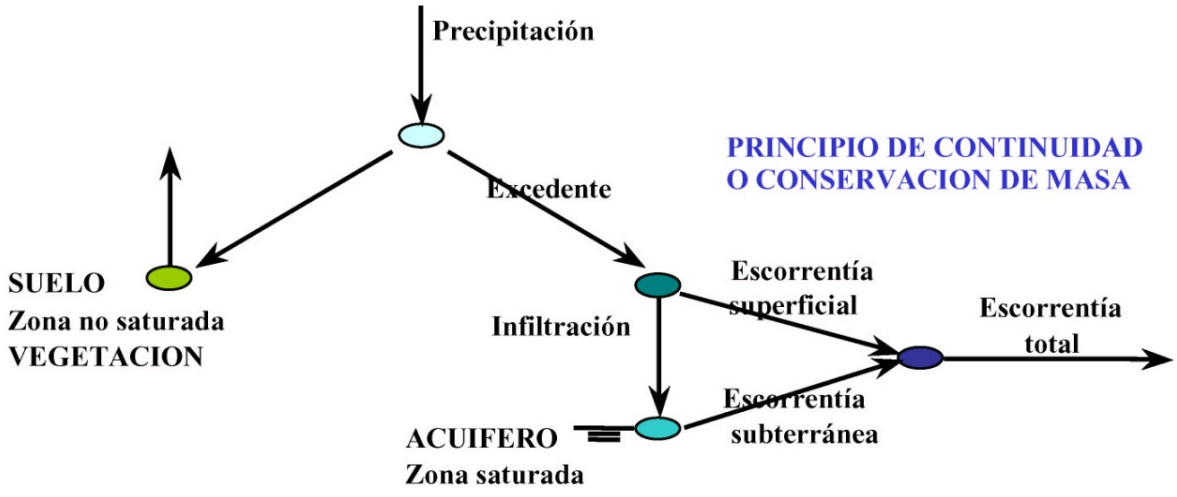


Ilustración 5. Formulación del modelo de Témez.

PROCESO DE CÁLCULO MENSUAL DEL MODELO DE TÉMEZ	
Siendo:	P_0: Umbral de escorrentía. mm $H_{máx}$: Parámetro de humedad máxima. mm/mes C: Parámetro de excedente. $I_{máx}$: Parámetro de infiltración máxima. mm/mes α: Parámetro coeficiente de descarga del acuífero. días^{-1} K: Parámetro coeficiente de uso de suelo medio sobre ETP P_i: Precipitación; mes (i). mm H_{i-1}: Humedad antecedente; mes (i-1). mm EP_i: Evapotranspiración potencial, afectada por el coeficiente de usos de suelo; mes (i). mm ER_i: Evapotranspiración real; mes (i). mm T_i: Excedente; mes (i). mm V_i: Volumen almacenado; mes (i). mm I_i: Infiltración; mes (i). mm A_{SUP_i}: Escorrentía superficial; mes (i). mm A_{SUB_i}: Escorrentía subterránea; mes (i). mm Q_i: Caudal subterráneo; mes (i). m^3/s A_{TOT_i}: Escorrentía total; mes (i). mm
Umbral de escorrentía, P_o	$P_0 = C \cdot (H_{máx} - H_{i-1})$
Excedente, T_i	$P_i \le P_o \Rightarrow T_i = 0$ $P_i > P_o \Rightarrow T_i = \dfrac{(P_i - P_o)^2}{P_i + \delta - 2P_o}$ siendo $\delta = H_{\max} - H_{i-1} + EP_i$

Balance de agua en el suelo, H_i	$H_i = Max(0, H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)$
Evapotranspiración real, ER_i	$ER_i = min(H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i)$
Infiltración, I_i	$I_i = I_{máx} \cdot \dfrac{T_i}{T_i + I_{máx}}$
Aportación superficial, A_{SUP_i}	$A_{SUP_i} = T_i - I_i$
Caudal drenado por el acuífero, Q_i	$Q_i = \alpha \cdot V_i$ $\quad Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot t} + \alpha \cdot R_i \cdot e^{-\alpha \cdot \frac{t}{2}}$
Aportación subterránea, A_{SUB_i}	$A_{SUB_i} = V_{i-1} - V_i + R_i \cdot t$
Aportación total, A_{TOT_i}	$A_{TOT_i} = A_{SUP_i} + A_{SUB_i}$

Ilustración 6. Formulación del modelo Témez

El modelo se simula mediante el programa *EvalHid*. Como entradas al modelo se requieren los siguientes datos:

- Precipitaciones mensuales areales sobre la cuenca de la serie temporal que se simula (1981-2012).
- Evapotranspiración potencial mensual de la serie temporal.
- Serie de caudales medios mensuales registrados en la salida de la cuenca que se simula (solamente para la calibración y validación del modelo).

Además se necesita facilitar al modelo los siguientes parámetros:

- Superficie de la cuenca (en km^2).
- Parámetro C de excedencia (adimensional). Representa el umbral a partir del cual la precipitación se convierte en escorrentía e infiltración. El rango posible varía desde 0 hasta 1.
- Parámetro $H_{máx}$ (mm). Capacidad máxima de almacenamiento en el suelo. El agua almacenada está disponible para la evapotranspiración. Existen valores tabulados función del uso el suelo y vegetación que proporcionan valores de referencia para este parámetro, que puede oscilar entre unos pocos milímetros para superficies pavimentadas hasta 300 mm en zonas boscosas muy húmedas. En el estudio se ha estimado como se indica más adelante.
- Parámetro $I_{máx}$ (mm). Caracteriza la infiltración máxima en el suelo. No depende exclusivamente de las propiedades del terreno, sino también de la intensidad y concentración de las precipitaciones
- Caudal subterráneo inicial (m^3/s). Es el caudal al inicio del período de simulación. La influencia de este valor se va amortiguando a medida que avanza el tiempo de simulación.
- Humedad inicial del suelo (mm). Se trata de la humedad inicial que contiene el suelo al inicio de la simulación. Su valor máximo está limitado por la capacidad máxima de almacenamiento del suelo $H_{máx}$. Al igual que el caudal inicial su influencia se amortigua a medida que avanza el tiempo de simulación.
- Rama de descarga del acuífero (1/nº de días). El modelo puede contemplar 2 ramas de descarga distintas de un mismo acuífero, con descarga lineal.

6.3 RESTITUCIÓN DE LAS SERIES DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES REGISTRADOS AL RÉGIMEN NATURAL

El Balance Hídrico tiene como finalidad el conocimiento de la cantidad de agua disponible en los ríos susceptible de utilización, independientemente de la regulación que exista. Mediante un estudio posterior de balance entre aportaciones y demandas en un horizonte predefinido, y en el que se dispone de una serie de infraestructuras para aprovechamiento como embalses, canales, etc., se podrá saber la cantidad de agua que puede aprovecharse con las reglas de uso que se establezcan.

Los caudales que fluyen por una estación de aforo están afectados por las detracciones y vertidos que se producen aguas arriba de la sección de medida. El objetivo que se persigue con la restitución al régimen natural es realizar una estimación de los caudales que circularían por los cauces si estas detracciones y vertidos no se produjeran, es decir, si el flujo de los ríos discurriera sin alteración antrópica. Esto nos permitirá realizar una comparación entre los caudales medidos en una estación de aforo y los que se obtienen mediante simulación del modelo hidrológico elaborado.

Los datos que se requieren para la restitución son los registros de las estaciones de aforo, los caudales que se detraen en cada momento de los cauces, los retornos que se producen después del uso y los caudales que se retienen y vierten por los embalses. Cuanta mayor precisión exista en los datos de partida, mejores serán los resultados que se obtienen, ya que el cálculo que se realiza es un simple balance de masas de agua, en el que únicamente se introducen pequeñas incertidumbres asociadas a los tiempos que tarda el agua en llegar de una sección a otra. Para tramos cortos de río esta incertidumbre es muy pequeña, máxime cuando el paso temporal de las series es mensual.

6.3.1 USOS DEL AGUA EN URUGUAY

Los usos que se hace del agua en Uruguay se pueden clasificar en los siguientes grandes grupos:

- Abastecimiento a población. Se utiliza para ello tanto agua superficial como subterránea. Evidentemente los grandes centros de consumo se localizan en los grandes núcleos de población, destacando sobre todos la capital, Montevideo, y la zona litoral de Canelones.
- Generación de energía eléctrica. Aunque el uso puede considerarse como no consuntivo, ya que retorna al río con las mismas características físicas y bioquímicas

que antes de su uso, hay que considerarlo como tal, ya que introduce fuertes restricciones en la disponibilidad del recurso para otros posibles destinos.

- Industrial. Las principales industrias consumidoras pertenecen al sector agropecuario y químico.
- Agrícola-ganadero. Es el uso de mayor consumo, después de la generación de energía eléctrica. Y dentro del sector, el cultivo del arroz predomina sobre el resto de cultivos como el maíz, caña de azúcar y pastos.
- Recreativo. Si bien el sector es importante dentro de la economía uruguaya, el volumen de agua demandado no es muy relevante.

En el apartado que sigue se cuantifica la demanda para cada uso en el momento actual.

6.3.2 REGISTRO DE APROVECHAMIENTOS

En el Decreto-Ley nº 14859 del Código de Aguas de 15 de diciembre de 1978 se establece la obligatoriedad de tramitar una solicitud ante la administración para uso de aguas superficiales y subterráneas en todo el país. En el artículo 8 de esta Ley se prescribe:

> *"Los titulares de derechos al aprovechamiento de aguas y álveos del dominio público o fiscal, constituidos antes de la fecha en que entrare en vigencia este Código deberán inscribirlos en un registro público que llevará el Ministerio competente, dentro de un plazo de cinco años a partir de la fecha mencionada.*
>
> *La inscripción indicará el título que ampara el aprovechamiento, la extensión, condiciones y duración de esos derechos, la fuente de aprovechamiento, el inmueble y establecimiento beneficiados, el nombre y datos personales de su propietario, la ubicación, planos y proyectos de presas, tomas, compuertas, canales y otras obras relativas al aprovechamiento y demás especificaciones que se estimaren pertinentes."*

En virtud de los artículos 2 y 251 de la Ley 18172 de 31 de agosto de 2007 el registro creado está a cargo de la DINAGUA.

La alteración en el régimen hidrológico natural de los ríos, que suponen los distintos usos del agua, se analiza a partir del inventario de aprovechamientos del año 2012, disponible como capa de GIS, denominada "aprov2012". Esta base se describe en el siguiente apartado.

6.3.3 TIPOLOGÍA DE LOS APROVECHAMIENTOS. USOS Y DESTINOS DEL AGUA

La Base de datos recibida (aprov2012) contiene 19 campos para cada uno de los 4.954 registros, correspondientes a otras tantas concesiones. En la Tabla 9 figura el nombre de cada campo, el contenido y las unidades en las que se expresa.

CAMPO	CONTENIDO	UNIDADES
FID	Código identificativo del registro	
Shape	Tipo de cobertura: punto	
tipo_obra	Pozo, represa, reservorio, tajamar, tanque o toma	
uso	Consumo Humano, Generación Hidroeléctrica, Industrial, Otros Usos, Riego	
cursoutili	Nombre del cauce del que se toma	
destino	Detalle del uso del agua por tipo de industria, cultivo regado, etc.	
volusosol	Volumen de agua anual solicitado	Miles de m^3
qusosol	Caudal de agua continuo solicitado	l/s (superf.) ó m^3/h (sub.)
volusoaut	Volumen de agua anual autorizado	Miles de m^3
qusoaut	Caudal de agua continuo autorizado	l/s (superf.) ó m^3/h (sub.)
areacuenca	Superficie cuenca de aporte	ha
espejo	Superficie dell espejo de agua (embalses)	ha
H_{max}	Altura máxima del dique (embalses)	m
prof	Profundidad (pozos)	m
NE	Nivel estático (pozos)	m
ND	Nivel dinámico (pozos)	m
fechacierr	Fecha de cierre para estadísticas	

Tabla 9. Campos de la capa "aprov2012"

Los valores que figuran en la base de datos para “Volusoaut” y “Volusosol” se refieren a que los primeros cuentan con una resolución administrativa mientras que los segundos incluyen además a los que se encuentran en trámite. Para generación hidroeléctrica no existe una “solicitud formal” ni “autorización”; debe entenderse como “Volusosol” el volumen de agua embalsado.

Los valores del campo “destino” están tipificados en 60 grupos distintos. Para el objeto del estudio que se aborda, interesa conocer el destino según un número menor de tipos, ya que

algunos actuales tienen un consumo de agua no significativo en relación con el global de los usos para todo el país.

Se abordó, pues, un reagrupamiento de los tipos incluidos en la Base de datos siguiendo criterios de homogeneidad de dotaciones y tipología de los cultivos para los destinos del agua de riego. Cuando el volumen de agua utilizada es muy baja con respecto al resto de los destinos, se ha intentado reasignarla al grupo más semejante, bien sea por similitud de patrón temporal de consumo o por la similitud del tipo de cultivo.

En concreto las reasignaciones han sido las siguientes:

- Abast. a poblaciones. Aparecen 147 registros, con volumen total de 435.528 Dm^3. Todos los registros para "uso" de Abastecimiento Humano excepto uno de volumen 22.500 Dm^3 para "Otros Usos". Se asignan todos al grupo 1 "Abastecimiento".
- Abrevadero. Aparecen 294 registros, con volumen total de 18.590 Dm^3. La mayor parte de los registros para Otros Usos. Se asignan todos al grupo 10 "Ganadero".
- Algodón. Aparecen 2 registros para "uso" de Riego, volumen de 14 Dm^3. Se asignan al grupo 4 "Maíz", por su escasa relevancia.
- Arándanos. Aparecen 49 registros para "uso" de Riego, volumen de 2.548 Dm^3, excepto 4 para Otros Usos de escaso volumen (40 Dm^3). Se asignan al grupo 6 "Frutales".
- Arroz. Aparecen 874 registros con volumen de 2.984.398 Dm^3, todos para "uso" de Riego excepto un registro de Industrial sin volumen de relevancia. Se asignan al grupo 3 "Arroz".
- Arroz/Forrajes. Aparecen 26 registros para "uso" de Riego, volumen de 69.225 Dm^3. Se asignan al grupo 3 "Arroz".
- Avícola. Aparecen 8 registros para "uso" Industrial, volumen de 137 Dm^3, dos de los cuales tienen Otros Usos con escaso volumen (14 Dm^3). Se asignan al grupo 11 "Industrial".
- Caña de azúcar. Aparecen 60 registros con volumen de 58.832 Dm^3, todos para "uso" de Riego. Se asignan al grupo 5 "Caña de azúcar".
- Caña de azúcar/Hortalizas. Aparece un solo registro con volumen de 25.200 Dm^3, para "uso" de Riego. Se asignan al grupo 5 "Caña de azúcar".

- Cítricos. Aparece para "uso" de riego (17.782 Dm^3). Se asigna al grupo 6 "Frutales".
- Cítricos/Forrajes. Aparece para "uso" Industrial (263 Dm^3) y de riego (34.102 Dm^3). Se asigna al grupo 6 "Frutales".
- Club Deportivo. Aparece un solo registro para Otros Usos y por su escaso volumen, de 16 Dm^3, se incluye en el grupo 1 de "Abastecimiento".
- Completar embalse. Aparece para "uso" de Riego (5.110 Dm^3) y Otros Usos (12.804 Dm^3). Se asigna al grupo 1.
- Control heladas. Aparecen dos registros para Otros Usos y por su escaso volumen de 414 Dm^3 se incluye en el grupo 6 de "Frutales".
- Control incendios. Aparecen 5 registros para Otros Usos y por su escaso volumen (414 Dm^3) se incluye en el grupo 1 de "Frutales".
- Envasado. Aparecen 14 registros para "uso" Industrial, volumen de 3.435 Dm^3. Se asigna al grupo 11 "Industrial".
- Estación servicio. Aparecen 5 registros para Otros Usos, volumen de 38 Dm^3. Se asigna al grupo 11 "Industrial".
- Experimentales. Aparece 1 solo registro para "uso" de Riego, sin volumen. Se asigna al grupo 3 "Arroz", para simplificar el número de grupos.
- Feetlot. Aparecen 10 registros para Otros Usos, volumen de 489 Dm^3. Se asigna al grupo 10 "Ganadero".
- Flores. Aparecen 7 registros para "uso" de Riego, volumen de 45 Dm^3. Se asigna al grupo 6 "Frutales".
- Forestal. Aparecen 21 registros para "uso" de Riego, volumen de 284 Dm^3, 19 registros para Otros Usos (6.854 Dm^3) y 6 registros (104 Dm^3) para "uso" Industrial. Se asignan todos al grupo 7 "Forestal".
- Forrajes. Aparecen 124 registros para "uso" de Riego, volumen de 34.352 Dm^3, se asignan al grupo 8 "Pasturas".
- Frutales. Aparecen 552 registros para "uso" de Riego, volumen de 18.346 Dm^3, se asignan al grupo 6 "Frutales".
- Frutales/Hortalizas. Aparecen 247 registros para "uso" de Riego, volumen de 3.131 Dm^3, se asignan al grupo 6 "Frutales".

- Generar E.eléctrica. Aparecen 15 registros para “uso” Industrial, volumen de 5.465 Dm^3, se asignan al grupo 11 “Industrial”, con objeto de diferenciarlo del “uso” para Generación Hidroeléctrica.
- Hortalizas. Aparecen 1.0869 registros para “uso” de Riego, volumen de 14.176 Dm^3, se asignan al grupo 9 “Hortalizas”.
- Hortalizas/Algodón. Aparecen 2 registros para “uso” de Riego, volumen de 36 Dm^3, se asignan al grupo 9 “Hortalizas”.
- Hortalizas/Forraje. Aparecen 31 registros para “uso” de Riego, volumen de 1.729 Dm^3, se asignan al grupo 9 “Hortalizas”.
- Hortalizas/Maíz. Aparecen 38 registros para “uso” de Riego, volumen de 1.890 Dm^3, se asignan al grupo 9 “Hortalizas”.
- Industria alimenticia. Aparecen 13 registros para “uso” Industrial (salvo 1 registro que corresponde a Riego de escaso volumen (69 Dm^3), volumen de 891 Dm^3. Se asigna al grupo 11 “Industrial”.
- Indu. Química. Aparecen 13 registros para “uso” Industrial, volumen de 317 Dm^3. Se asignan al grupo 11 “Industrial”.
- Industrial. Aparecen 212 registros para “uso” Industrial (salvo un registro que corresponde a Riego y otro a Otros Usos de escaso volumen), volumen total de 434.289 Dm^3. Se asigna al grupo 11 “Industrial”.
- Invernáculo. Aparecen 8 registros para “uso” de Riego, volumen de 49 Dm^3. Se asigna al grupo 6 “Frutales”, por su escaso volumen.
- Laboratorio. Aparece un solo registro para “uso” Industrial de escaso volumen (22 Dm^3). Se asigna al grupo 11 “Industrial”.
- Lácteos. Aparecen 46 registros para “uso” Industrial, volumen de 3.269 Dm^3. Se asigna al grupo 11 “Industrial”.
- Maíz. Aparecen 99 registros para “uso” de Riego (salvo un registro que corresponde a Otros Usos de escaso volumen relativo (1.519 Dm^3), volumen total de 19.273 Dm^3. Se asignan al grupo 4 “Maíz”.
- Maíz/Cereales. Aparecen 124 registros para “uso” de Riego, volumen total de 90.139 Dm^3. Se asigna al grupo 4 “Maíz”.

- Maíz/Forrajes. Aparecen 116 registros para “uso” de Riego, volumen total de 51.496 Dm^3. Se asigna al grupo 4 “Maíz”.
- Maíz/Semilla. Aparecen 3 registros para “uso” de Riego, volumen total de 566 Dm^3. Se asigna al grupo 4 “Maíz”.
- Maíz/Semilla/Forrajes. Aparecen 11 registros para “uso” de Riego, volumen total de 6.102 Dm^3. Se asigna al grupo 4 “Maíz”.
- Minera. Aparece un solo registro para “uso” Industrial de escaso volumen (73 Dm^3). Se asigna al grupo 11 “Industrial”.
- Monitoreo. Aparecen 3 registros para Otros Usos, volumen total de 24 Dm^3. Por el escaso volumen se asigna al grupo 12 “Recreativo”.
- Olivos. Aparecen 6 registros para “uso” de Riego, (salvo un registro que corresponde a Industrial (103 Dm^3), volumen total de 1.275 Dm^3, se asignan al grupo 6 “Frutales”.
- Otros. Aparecen 24 registros para “uso” de Riego. Hay 2 con un volumen de 1.008 Dm^3. Para uso Industrial hay 22 registros con un volumen de 578 Dm^3, inferior al de riegos, por lo que se agrupan todos en el grupo 6 “Frutales”. Volumen total de 1.586 Dm^3.
- Otros cultivos. Aparecen 10 registros, para “uso” de Riego, volumen de 7.492 Dm^3. Se agrupan en el grupo 6 “Frutales”.
- Otros usos. Aparecen 42 registros, para Otros Usos, volumen de 63.566 Dm^3. De todos estos registros existe uno con la mayor parte del volumen, de 60.549 Dm^3. A falta de datos más concretos se asignan al grupo de mayor consumo, 3 “Arroz”.
- Piscicultura. Aparecen 9 registros, con volumen total de 9.265 Dm^3. Todos los registros para Otros Usos, excepto 2 para “uso” Industrial con volumen de 4501 Dm^3. Se asignan al grupo 11 “Industrial”.
- Pradera. Aparecen 25 registros para “uso” de Riego, volumen total de 29.497 Dm^3. Se asigna al grupo 8 “Pasturas”.
- Recreativo. Aparecen 15 registros, con volumen total de 5.792 Dm^3. Todos los registros para Otros Usos. Se asignan al grupo 12 “Recreativo”.

- Riego Jardines. Aparecen 20 registros con volumen total de 542 Dm^3. La mitad de los registros aparecen para "uso" de Riego y la otra mitad para Otros Usos, con volúmenes de 374 Dm^3 y 167 Dm^3 respectivamente. Se asignan al grupo 12 "Recreativo".
- Semilla. Aparecen 3 registros para "uso" de Riego, volumen total de 880 Dm^3. Se asigna al grupo 8 "Pasturas".
- Sistema. Aparecen 21 registros para "uso" de Riego, volumen de 358.363 Dm^3. Corresponden a emprendimientos colectivos registrados como un único usuario con destino en la práctica totalidad al riego de arroz. Se asigna al grupo 3 "Arroz".
- Sorgo y pradera. Aparecen 14 registros para "uso" de Riego, volumen total de 1.905 Dm^3. Se asigna al grupo 8 "Pasturas".
- Tambo. Aparecen 5 registros para Otros Usos, volumen de 194 Dm^3. Se asigna al grupo 10 "Ganadero".
- Turismo Termal. Aparecen 12 registros, con volumen total de 9.712 Dm^3. Todos los registros para Otros Usos. Se asigna al grupo 12 "Recreativo".
- Turismo/Recreación. Aparece un solo registro con escasísimo volumen (0,36 Dm^3). Se asigna al grupo 12 "Recreativo".
- Uso Doméstico. Aparecen 48 registros, con volumen total de 1.216 Dm^3. Todos los registros para "uso" de Abastecimiento Humano excepto uno para Otros Usos. Se asigna al grupo 1 "Abastecimiento".
- Olivos. Aparecen 99 registros para "uso" de Riego, volumen total de 1.474 Dm^3, se asignan al grupo 6 "Frutales".
- Vivero. Aparecen 23 registros para "uso" de Riego, volumen total de 1.509 Dm^3, se asignan al grupo 6 "Frutales".

En síntesis se obtienen 12 grupos como se refleja en la Tabla 10.

El volumen solicitado para generación Hidroeléctrica (que como se dijo anteriormente debe entenderse como volumen embalsado, ya que no hay una solicitud formal ni, por tanto, una autorización) es muy elevado respecto a los demás destinos. En concreto se tiene 17.724 hm^3 (78,5 %) para el primero y 4.860 hm^3 (21,5 %) para el resto. El volumen solicitado total es de 22.584 hm^3.

Prescindiendo de la Generación Hidroeléctrica, y de los que figuran en el tipo de toma como "pozo", los volúmenes que se consideran para la restitución a régimen natural de las series medidas, denominados en adelante como volúmenes demandados, son los que figuran en el campo "volusoaut"; en el caso de que el campo no figure ningún dato se toma el correspondiente al que figura en el campo "volusosol"; si, además, este campo es nulo se toma el equivalente al que figura en "qusosol" o "qusoaut" correlativamente. Los datos resultantes figuran en la Tabla 11.

El volumen demandado es mayoritariamente para el cultivo del arroz (74,05 %), seguido por el abastecimiento (9,14 %) y el industrial (8,07 %).

Nuevo grupo	Grupo inicial	Nuevo grupo	Grupo inicial
Abastecimiento población	Abast. a poblaciones	Hortalizas	Hortalizas
	Club Deportivo		Hortalizas/Algodón
	Control incendios		Hortalizas/Forrajes
	Uso Doméstico		Hortalizas/Maíz
Arroz	Arroz	Industrial	Avícola
	Arroz/Forrajes		Envasado
	Completar embalse		Estación Servicio
	Experimentales		Generar E.eléctrica
	Otros usos		Indu. Alimenticia
	Sistema		Indu. Química
Caña de azúcar	Caña de azúcar		Industrial
	Caña de azúcar/Hortalizas		Laboratorio
Forestal	Forestal		Lácteos
Frutales	Arándanos		Minera
	Cítricos		Piscicultura
	Cítricos/Forrajes	Maiz	Algodón
	Control heladas		Maíz
	Flores		Maíz/Cereales
	Frutales		Maíz/Forrajes
	Frutales/Hortalizas		Maíz/Semilla
	Invernáculo		Maíz/Semilla/Forrajes

	Olivos	Pasturas	Forrajes
	Otros		Pradera
	Otros cultivos		Semilla
	Vid		Sorgo y pradera
	Vivero	Recreativo	Monitoreo
Ganadero	Abrevadero		Recreativo
	Feedlot		Riego Jardines
	Tambo		Turismo Termal
Hidroeléctrica	Hidroeléctrica		Turismo/Recreación

Tabla 10. Reasignaciones de los tipos de "destino" iniciales

GRUPO	VOL. DEMANDADO (miles de m^3)	VOL. DEMANDADO (%)
Abastecimiento población	427.031	9,14
Arroz	3.459.941	74,05
Caña de azúcar	83.780	1,79
Forestal	4.574	0,10
Frutales	69.817	1,49
Ganadero	9.624	0,21
Hortalizas	11.287	0,24
Industrial	376.991	8,07
Maíz	158.229	3,39
Pasturas	65.752	1,41
Recreativo	5.205	0,11
Total general	4.672.232	100,00

Tabla 11. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica)
FUENTE: DINAGUA (aprov2012) y elaboración propia

En los gráficos que siguen pueden observarse estos resultados.

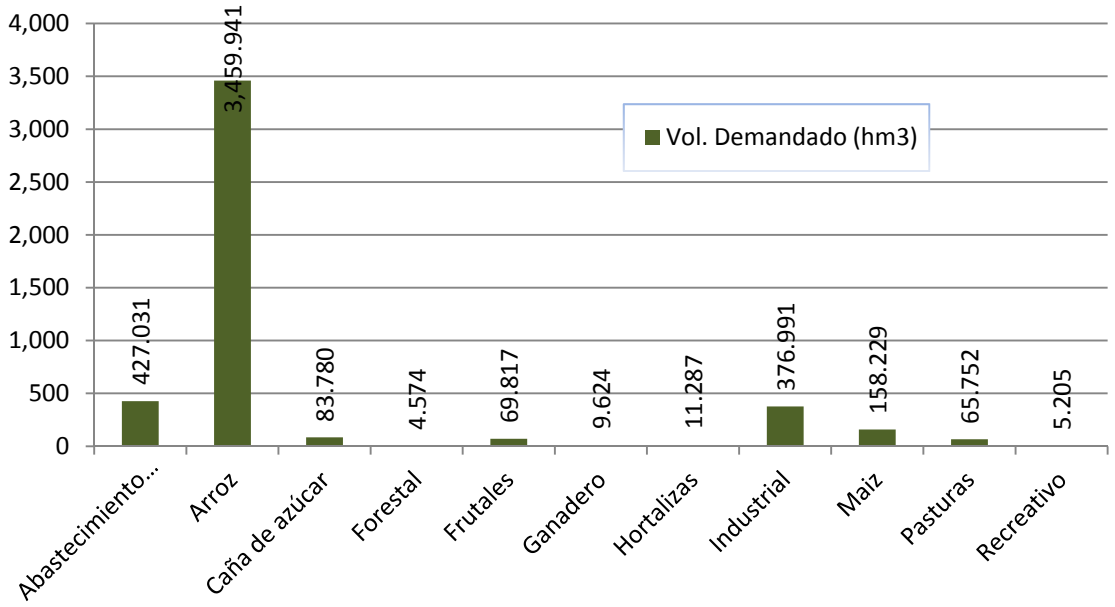


Gráfico 4. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica)
FUENTE: Elaboración propia

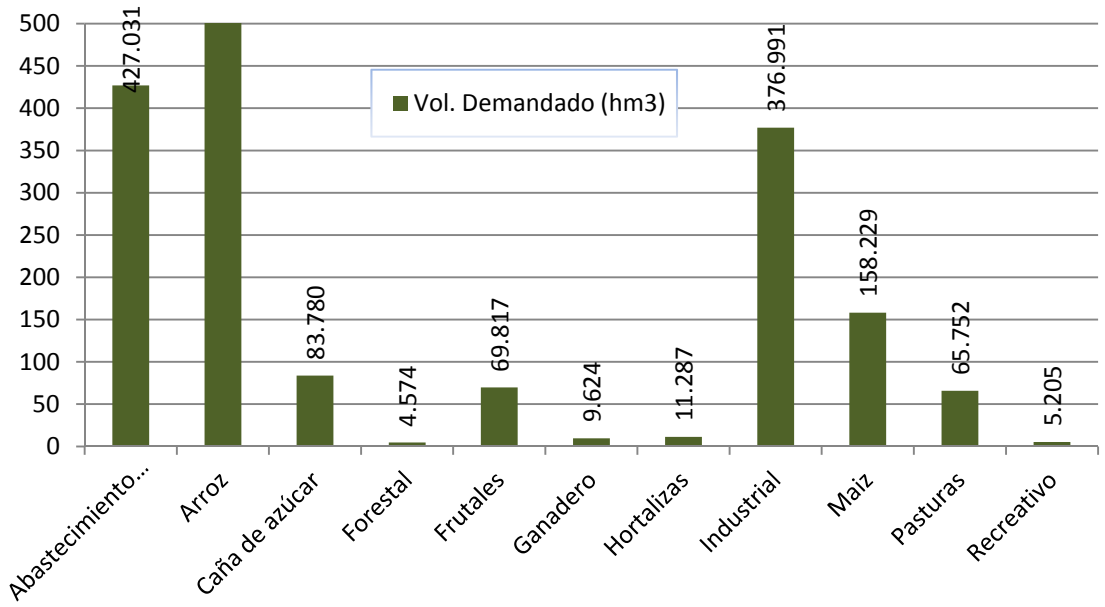


Gráfico 5. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) (detalle zona inferior)
FUENTE: Elaboración propia

Por grandes cuencas los volúmenes demandados pueden verse en la Tabla 12 y en el Gráfico 6.

DESTINO DEL AGUA	RÍO URUGUAY	RÍO DE LA PLATA	OCÉANO ATLÁNTICO	LAGUNA MERÍN	RÍO NEGRO	RÍO SANTA LUCÍA	TOTAL GENERAL
Abast. pobla.	26,561	33,252	9,323	8,179	21,360	328,356	427,031
Arroz	802,749	0,195	52,269	1.717,787	886,895	0,046	3.459,941
Caña de	83,780	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	83,780
Forestal	0,102	0,031	0,426	0,000	4,015	0,000	4,574
Frutales	47,112	7,896	0,076	0,381	4,098	10,254	69,817
Ganadero	0,886	0,942	0,035	0,250	7,494	0,018	9,624
Hortalizas	1,205	3,224	0,270	1,068	0,338	5,184	11,287
Industrial	73,000	273,140	0,099	2,371	23,674	4,707	376,991
Maíz	49,772	8,367	0,441	5,382	78,205	16,063	158,229
Pasturas	7,342	1,446	2,152	23,542	20,153	11,118	65,752
Recreativo	1,415	0,401	0,143	0,385	2,741	0,120	5,205
Total general	1.093,923	328,895	65,233	1.759,344	1.048,971	375,865	4.672,232

Tabla 12. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por cuencas nivel 1

FUENTE: DINAGUA (aprov2012) y elaboración propia

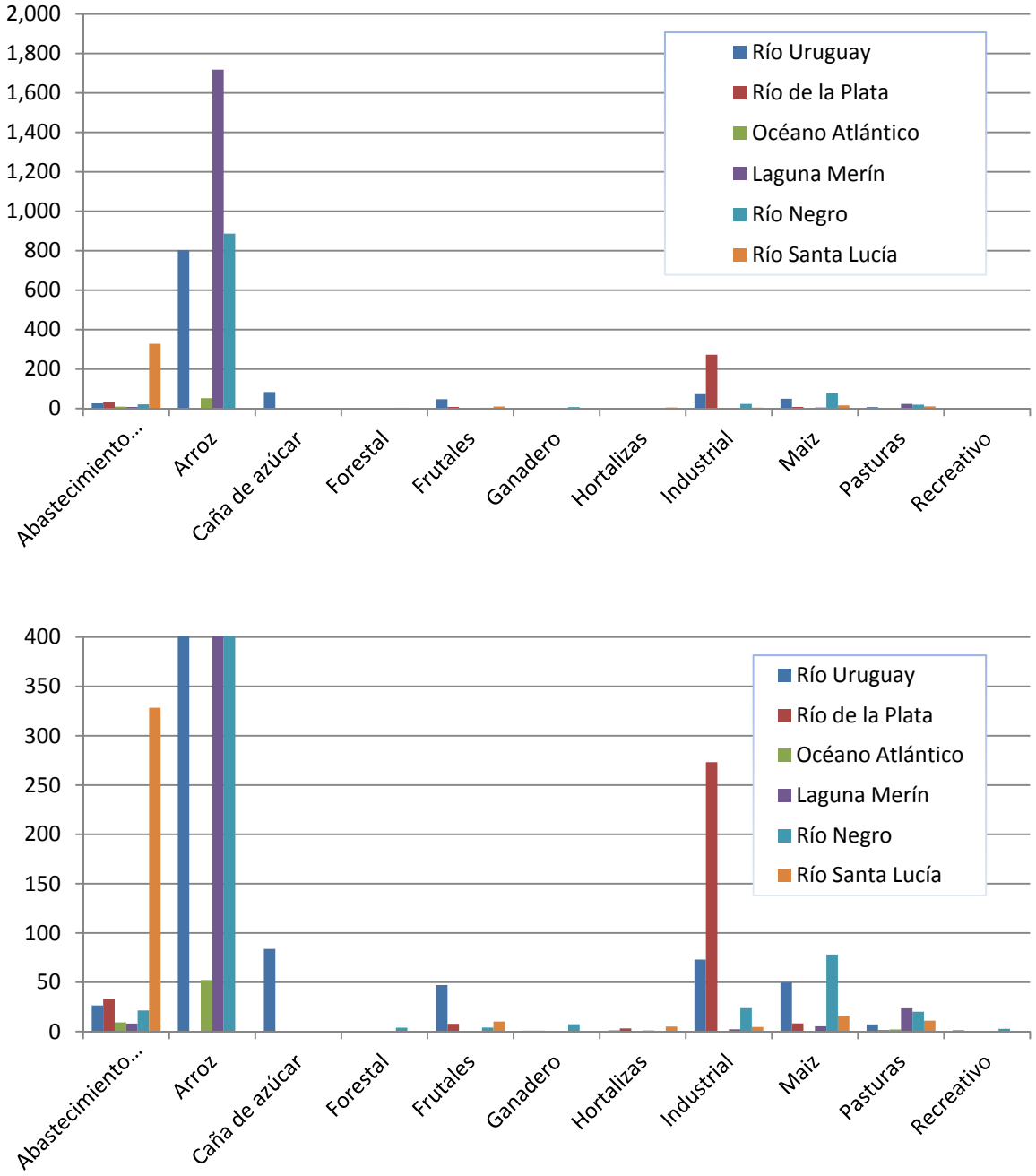


Gráfico 6. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por usos y cuencas nivel 1 (global y detalle parte inferior)

FUENTE: Elaboración propia

La mayor demanda de agua se produce para el cultivo del arroz en la cuenca de la Laguna Merín, seguida de la que se produce para el mismo cultivo en las cuencas de los ríos Negro

y Uruguay. Las siguientes mayores demandas se producen para abastecimiento en la cuenca del Río Santa Lucía e industrial en la cuenca del Plata.

Por cuencas y usos la demanda de agua pueden verse en el Gráfico 7.

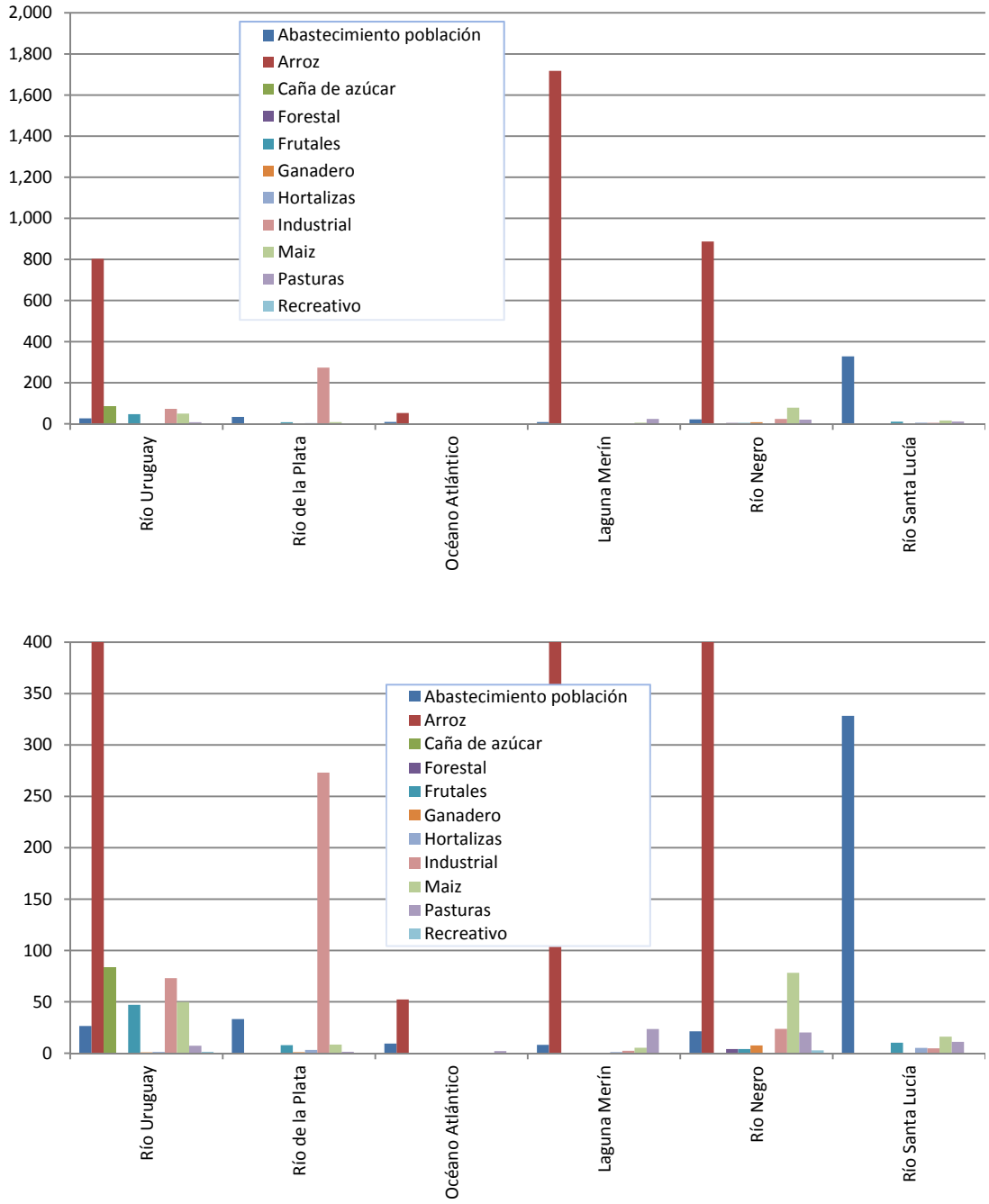


Gráfico 7. Volúmenes de agua demandados (excepto aguas subterráneas y generación hidroeléctrica) por cuencas nivel 1 y usos (global y detalle parte inferior)

FUENTE: Elaboración propia

6.3.4 RESTITUCIÓN DE SERIES DE CAUDALES REGISTRADOS AL RÉGIMEN NATURAL

Basándonos en los datos anteriores, los volúmenes que se han considerado para la restitución a régimen natural han sido los demandados para el cultivo del arroz, para el abastecimiento a poblaciones y el industrial, ya que el resto apenas tendrá repercusión por el volumen del recurso utilizado.

Cultivo del arroz. Detracciones y retornos

Para obtener el volumen de agua detraída cada año de la serie para la que se tienen registros de caudales, se partió de las superficies de cultivo entre 1981 y 2012 por departamentos (obtenidas de la web de la Asociación de Cultivadores de Arroz, ACA), y de los volúmenes de agua demandados en el año 2012.

Se realizó la hipótesis de que este último ha ido evolucionando proporcionalmente a la superficie de cultivo, obteniéndose el volumen de agua detraída cada año en cada punto identificado en la base de datos disponible para 2012.

Se ha estimado una distribución mensual de las detracciones y retornos como sigue:

- Mes de noviembre: 60 % del valor anual, ya que es el período en el que se inundan las parcelas sembradas. La inundación se produce al mes de la germinación.
- Mes de diciembre y enero: 15 % del valor anual. Durante estos meses se procede a aportar a cada parcela un volumen igual al evapotranspirado.
- Mes de febrero: 10 %. El volumen que se aporta es igualmente para compensar la evapotranspiración, siendo menor que las de los meses anteriores.
- Mes de marzo: Se produce un retorno del 25 %, correspondiente al vaciado de agua de las parcelas, previamente a la recolección.

Abastecimiento. Detracciones y retornos

En primer lugar se ha identificado la población abastecida con cada registro de la base de datos. Por otra parte se dispone de los censos de estas poblaciones correspondientes a los años 1963, 1975, 1985, 1996, 2004 y 2011, habiéndose ajustado una curva a estos valores, y mediante ella se obtiene la población de cada año de la serie 1981-2012. A partir de estos datos se calcula el volumen de agua demandado cada año y punto de registro.

El volumen de agua detraída se reparte por igual para cada mes del año. Se considera un retorno del 65 % del volumen detraído.

Cabe decir en este apartado que la toma de OSE situada en Aguas Corrientes para abastecimiento del área metropolitana de Montevideo, con un volumen de 215 hm^3, no se tiene en cuenta para restituir ninguna serie, ya que se encuentra situada aguas abajo de la estación de aforo "133.0 río Santa Lucía en el cruce con R-11".

Uso industrial. Detracciones y retornos

Al no disponer de datos que permitan ver la evolución en el consumo de las industrias, se ha realizado la hipótesis de considerar constante el volumen usado durante todos los años de la serie, e igual al valor demandado en el año 2012. El error que pueda cometerse no será muy elevado, ya que los 5 mayores registros (de 60, 40, 8, 7 y 5 hm^3) están fuera de las cuencas aforadas y los restantes son inferiores a 3 hm^3/año.

Haciendo la hipótesis de una producción industrial uniforme a lo largo del año, y considerando un retorno del 70 % de la detracción, la restitución se obtiene añadiendo un 30 % de los volúmenes detraídos cada año, distribuido de manera uniforme durante los 12 meses del año.

6.3.5 CUENCAS AFORADAS MUY ALTERADAS

Existen tres estaciones de aforo con los registros muy alterados con respecto al régimen natural de la corriente debido a la laminación ejercida por grandes embalses.

En concreto en la cuenca del río Negro existe una estación de aforos aguas abajo del embalse del Palmar con datos registrados, la estación "2.0, Río Negro en Mercedes (Puerto)". Para restituir al régimen natural sus registros teniendo en cuenta la laminación realizada por los grandes embalses (Rincón del Bonete, Rincón de Baygorria y Palmar) se necesita tener datos de caudal medio retenido por cada embalse durante el mes, con el signo correspondiente, dato que suele calcularse como diferencia entre los volúmenes disponibles en el embalse a principio y final de cada mes en m^3 dividido por el tiempo del mes en segundos (si el caudal se calcula en m^3/s). Los volúmenes disponibles en el embalse suelen tener una cierta imprecisión ya que una variación de un centímetro (siempre difícil de apreciar en la escala de medida) en la lectura del nivel del embalse se traduce en un elevado volumen.

Este es el motivo por el que se ha optado por excluir de la restitución al régimen natural las series registradas en la estación 2.0, ya que por lo demás se dispone de los datos de volúmenes embalsados en cada uno de los tres embalses para el período 1990-2012. Ello conlleva a excluir del proceso de calibración el modelo hidrológico de la cuenca

correspondiente a la estación del río Negro en Mercedes, como se dijo en apartados anteriores. Sí que se calibra inicialmente el modelo de varias subcuencas situadas en las cabeceras del propio río Negro y en las de tributarios del mismo. En concreto en las 18 subcuencas de la Tabla 13.

COD IGO ESTACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	CURSO OBSERVACIÓN	SUPERFICIE (km^2)
50.0	Paso Cerro Cardozo	Río Tacuarembó	10.301
51.1	Paso Manuel Díaz	Río Tacuarembó	2.213
52.0	Paso del Borracho	Río Tacuarembó	6.599
55.1	Picada de Coelho	Ao. Yaguarí	2.489
57.0	Sarandí del Yí	Río Yí	1.379
61.0	Po. de la Compañía	Ao. Corrales	1.045
62.0	Po.de los Mellizos (Puente R3)	Ao. Grande del Norte	2.198
64.0	Paso Mazangano	Río Negro	6.421
65.1	Paso Aguiar	Río Negro	7.915
66.0	Paso de las Toscas	Ao. Caraguatá	968
89.0	Paso Carpintería	Río Negro	2.942
107.0	Paso de las Piedras	Ao. Cuñapirú	1.926
122.0	Tacuarembó(Paso del Bote)	Ao. Tacuarembó Chico	648
123.0	Paso Baltasar	Ao. Tres Cruces	918
124.0	Paso de Lugo	Ao. Grande del Sur	3.105
125.1	Durazno (Pte. Carretero viejo)	Río Yí	8.884
142.0	Po. de las Piedras (Puente R3)	Ao. Don Esteban	783
163.0	Bequeló R-14 (Pte. viejo)	Ao. Bequeló	1.145

Tabla 13. Estaciones aforadas situadas en la cuenca del río Negro aguas arriba de los grandes embalses

Lo mismo ocurre en las estación “28.0, río Uruguay en Bella Unión”. El régimen de sus caudales está muy influenciado por los embalses situados aguas arriba, en Brasil (Itá y Machadinho entre otros muchos), así como por las detracciones y retornos en aquel país. Dispone de registros desde el año 1946.

Por último la Estación “30.0, río Uruguay en Salto”, dispone de registros de niveles en el río desde el año 1921, estando sus caudales muy alterados por los mismos embalses que para la estación de Bella Unión más por el embalse de Salto Grande.

6.3.6 CUENCAS POCO ALTERADAS

En este apartado se hace una descripción de las cuencas aforadas indicando los principales usos del agua. Los usos están referidos a los usos reasignados, según se reflejó en Tabla 10, por lo que pueden discrepar ligeramente con los usos contenidos en el registro original.

La superficie de cada cuenca, precipitaciones medias y caudales medios se indican en la Tabla 14. En la misma tabla se indica el volumen de agua demandado, y el valor medio que representa sobre el volumen aforado.

CÓD. ESTAC.	NOMBRE	SUPERFICIE CUENCA (km^2)	CAUDAL REG. (m^3/s)	VOL. APORT. (hm^3/año)	PREC. MEDIA (mm/ mes)	VOL. PREC. ANUAL (hm^3)	COEF. ESCOR. MEDIO	VOL. AGUA DEMAND. (hm^3/año)	V_{DEM}/V_{APORT} (%)
10.1	Treinta y Tres (R.8)	4.676	91,5	2.884	116	6.489	0,44	2,400	0,1
14.0	Picada de Corbo	2.899	57,4	1.809	107	3.730	0,48	0,400	0,0
15.0	Paso Averías	7.865	116,2	3.663	108	10.159	0,36	12,000	0,3
22.1	Pando Presa Nivelado	699	4,6	146	97	815	0,18	7,700	5,3
23.0	San Ramón	3.154	51,8	1.634	103	3.890	0,42	6,500	0,4
44.0	Fray Marcos	2.759	47,7	1.505	103	3.399	0,44	5,100	0,3
45.0	Lag. del Sauce (vert	709	12,0	378	97	826	0,46	23,100	6,1
46.1	San Carlos - Puente	823	10,7	339	98	970	0,35	0,100	0,0
50.0	Paso Cerro Cardozo	10.301	144,0	4.542	121	15.019	0,30	81,400	1,8
51.1	Paso Manuel Díaz	2.213	42,6	1.345	123	3.277	0,41	1,200	0,1
52.0	Paso del Borracho	6.599	130,9	4.129	122	9.626	0,43	40,900	1,0
53.1	Florida - Puente R.5	1.750	22,6	714	104	2.178	0,33	11,200	1,6
55.1	Picada de Coelho	2.489	49,9	1.573	115	3.449	0,46	42,900	2,7
57.0	Sarandí del Yí	1.379	18,2	573	110	1.824	0,31	1,800	0,3
59.0	Paso Pache (R.5 Viej	4.936	83,7	2.641	103	6.084	0,43	14,800	0,6
61.0	Po. de la Compañía	1.045	8,4	263	116	1.451	0,18	7,400	2,8
62.0	Po.de los Mellizos (	2.198	46,1	1.455	107	2.824	0,52	1,200	0,1
64.0	Paso Mazangano	6.421	87,1	2.747	120	9.263	0,30	83,900	3,1

CÓD. ESTAC.	NOMBRE	SUPERFICIE CUENCA (km^2)	CAUDAL REG. (m^3/s)	VOL. APORT. (hm^3/año)	PREC. MEDIA (mm/ mes)	VOL. PREC. ANUAL (hm^3)	COEF. ESCOR. MEDIO	VOL. AGUA DEMAND. (hm^3/año)	V_{DEM}/V_{APORT} (%)
65.1	Paso Aguiar	7.915	134,8	4.251	119	11.336	0,38	131,600	3,1
66.0	Paso de las Toscas	968	15,3	482	119	1.382	0,35	7,900	1,6
73.1	San José - Presa Usi	2.314	31,3	986	101	2.807	0,35	10,600	1,1
76.1	Paso de la Estiba	435	7,2	228	104	544	0,42	1,700	0,7
82.0	Paso Andrés Pérez	3.269	60,4	1.906	103	4.044	0,47	11,700	0,6
84.0	Artigas - Usina de B	4.486	97,9	3.088	122	6.578	0,47	9,000	0,3
89.0	Paso Carpintería	2.942	48,1	1.516	122	4.311	0,35	3,600	0,2
96.0	Paso Borches	1.425	24,8	783	113	1.937	0,40	17,500	2,2
97.0	Paso Dragón	3.540	62,8	1.981	112	4.777	0,41	42,100	2,1
100.0	Paso Centurión	4.906	69,9	2.203	113	6.675	0,33	21,700	1,0
107.0	Paso de las Piedras	1.926	39,4	1.241	123	2.848	0,44	2,600	0,2
109.0	Vergara	1.127	30,4	958	112	1.518	0,63	13,900	1,5
116.0	Paso Valdés	3.430	33,2	1.046	101	4.152	0,25	13,700	1,3
117.0	Paso Roldán	1.077	18,5	583	100	1.298	0,45	2,000	0,3
119.0	Paso de los Troncos	690	6,8	214	105	868	0,25	0,100	0,0
120.0	Ao. Mosquitos	98	0,3	11	99	116	0,09	0,010	0,1
122.0	Tacuarembó(Paso del	648	17,6	555	122	946	0,59	3,600	0,6
123.0	Paso Baltasar	918	18,1	570	122	1.343	0,42	6,900	1,2
124.0	Paso de Lugo	3.105	20,6	651	105	3.908	0,17	6,200	1,0
125.1	Durazno (Pte. Carret	8.884	123,6	3.896	106	11.261	0,35	10,800	0,3
128.0	Paso del Avestruz	2.748	38,5	1.213	101	3.336	0,36	3,100	0,3
133.0	Santa Lucia R-11	8.374	105,6	3.329	103	10.319	0,32	34,000	1,0
135.0	Paso Antolín	747	6,6	207	96	864	0,24	0,100	0,0
140.0	Dayman Pte. R-3	3.200	83,2	2.625	109	4.183	0,63	21,700	0,8
141.0	Queguay Pte. R-3	7.863	113,1	3.566	104	9.856	0,36	20,100	0,6
142.0	Po. de las Piedras (	783	8,4	266	108	1.010	0,26	1,700	0,6
155.0	Javier de Viana	573	7,4	233	124	851	0,27	2,300	1,0
163.0	Bequeló R-14 (Pte. v	1.145	12,9	406	105	1.444	0,28	2,100	0,5
171.0	Biasssini - Pte. R-4	6.932	99,8	3.147	115	9.568	0,33	25,600	0,8

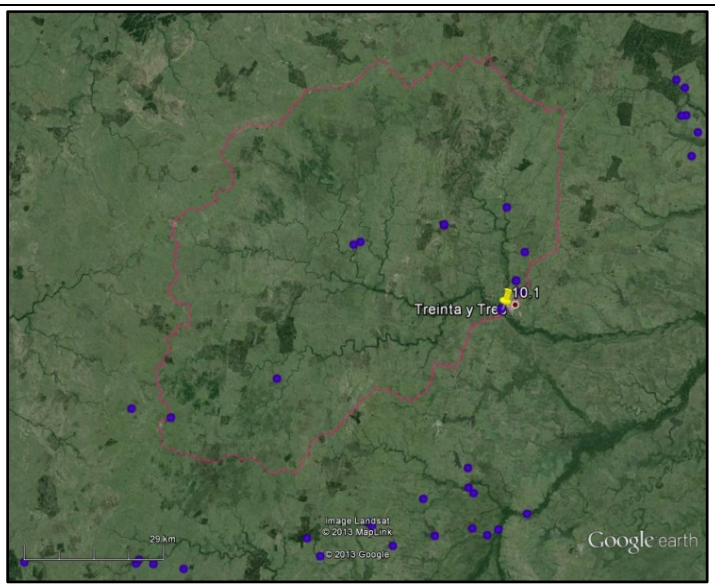
CÓD. ESTAC.	NOMBRE	SUPERFICIE CUENCA (km^2)	CAUDAL REG. (m^3/s)	VOL. APORT. (hm^3/año)	PREC. MEDIA (mm/ mes)	VOL. PREC. ANUAL (hm^3)	COEF. ESCOR. MEDIO	VOL. AGUA DEMAND. (hm^3/año)	V_{DEM}/V_{APORT} (%)
173.0	Arapey Ch. Pte R-4	519	9,7	306	118	733	0,42	9,500	3,1
174.0	Maldonado Pte. R-9	364	5,5	172	98	427	0,40	0,200	0,1
176.0	Picada Benítez	1.001	4,8	152	100	1.201	0,13	2,500	1,6
178.0	Paso Ramos	2.157	30,8	970	103	2.663	0,36	7,300	0,8

Tabla 14. Características físicas e hidrológicas medias de las cuencas aforadas

Río Olimar Grande en la E. A. Treinta y Tres (R. 8) (10.1)

Este río es un afluente del río Cebollatí por su margen izquierda, que a su vez vierte las aguas a la Laguna Merín. Toda la cuenca de 4.676 km^2, está en Uruguay.

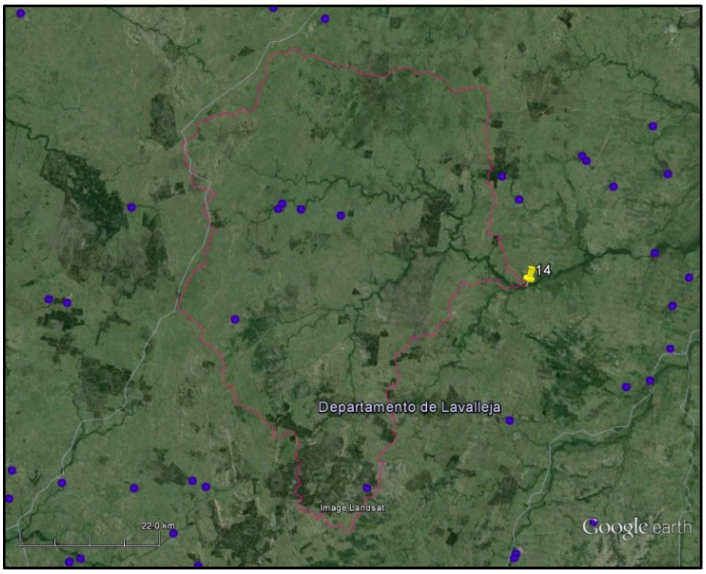
El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 14, de los que 10 corresponden a aguas superficiales (para abastecimiento y cultivo de hortalizas, frutales y pastos) y 4 de pozos. El volumen demandado es de 2,4 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,1 % de la aportación media anual.



Río Cebollatí en la E. A. Picada de Corbo (14)

El Cebollatí tiene una longitud de 235 km. Nace en la Cuchilla Grande (departamento de Lavalleja) y desemboca en la Laguna Merín. Toda la cuenca de 2.899 km2, está en Uruguay.

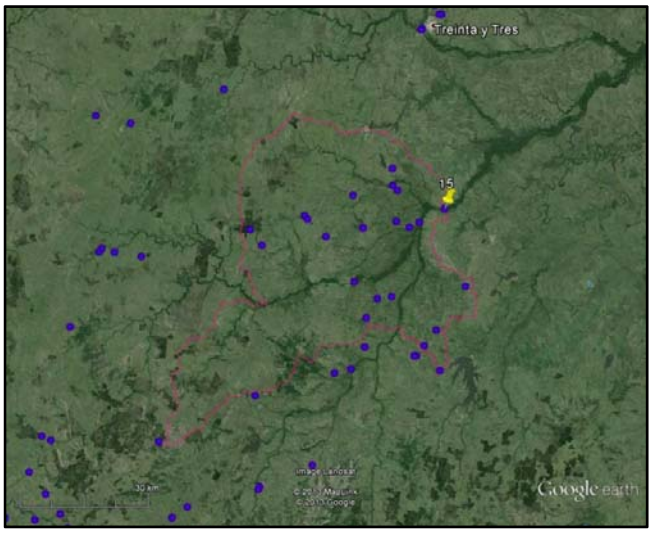
El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 6, todos ellos corresponden a aguas superficiales, siendo su uso principal para riego. El volumen demandado es de 0,4 hm3/año, lo que supone apenas el 0,022 % de la aportación media anual.



Río Cebollatí en la E. A. Paso Averías (15)

Como ya hemos comentado en la estación anterior, el Cebollatí es uno de los ríos principales de Uruguay. A la estación Paso Averías le corresponde una superficie de cuenca de 7.865 km^2.

El número de aprovechamientos registrados en el río es de 22, de las cuales 21 son de aguas superficiales (abastecimiento, arroz, maíz y pasturas) y, el aprovechamiento restante es un pozo para pasturas. El volumen demandado es de 12 hm^3/año, lo que supone el 0,33 % de la aportación media anual. Por lo tanto, consideramos que el río se encuentra muy poco alterado.

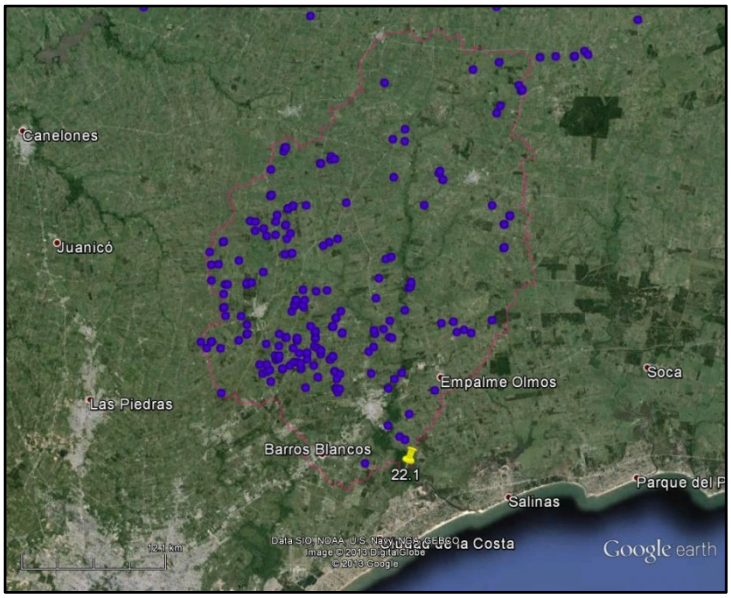


Arroyo Pando en la E. A. Pando Presa Niveladora (22.1)

El arroyo Pando nace en Cuchilla Grande, atravesando el departamento de Canelones, para verter sus aguas finalmente en el río de la Plata. Toda la cuenca de 699 km^2, está en Uruguay.

Cabe destacar el alto número de aprovechamientos registrados en este río, con un total de 206. Sólo el 7% de estos aprovechamientos es para aguas subterráneas (pozos para distintos usos) y, el resto son aprovechamientos superficiales dirigidos principalmente para riego de frutales y hortalizas.

El volumen demandado es de 7,7 hm^3/año, lo que supone el 5,28 % de la aportación media anual.

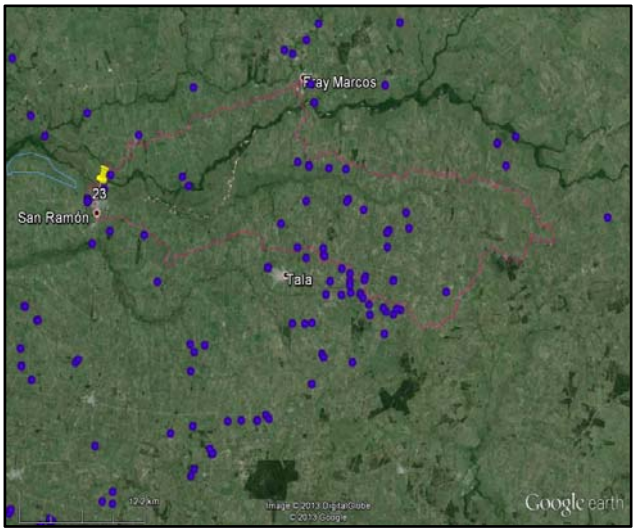


Río Santa Lucía en la E. A. San Ramón (23)

El Santa Lucía es uno de los principales ríos situados al Sur de Uruguay. Nace en el departamento de Lavalleja y desemboca en el río de la Plata, formando un delta. A la largo de su recorrido, su curso discurre por los departamentos de Florida, Canelones, San José y, por último, Montevideo.

El río se encuentra poco alterado, contando con 30 aprovechamientos registrados en la cuenca, 28 corresponden a aguas superficiales (abastecimiento, hortalizas, pasturas, maíz y frutales) y 2 para aguas subterráneas (pozo para uso ganadero).

El volumen demandado es de 6,5 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,4 % de la aportación media anual.

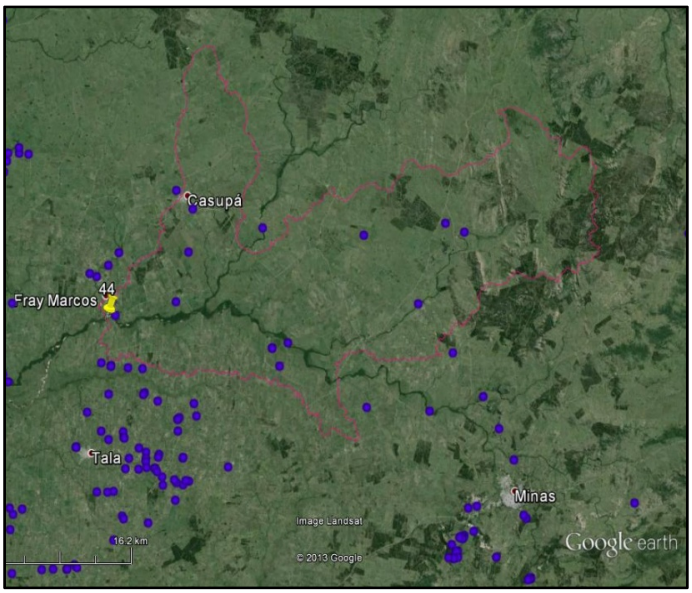


Río Santa Lucía en la E. A. Fray Marcos (44)

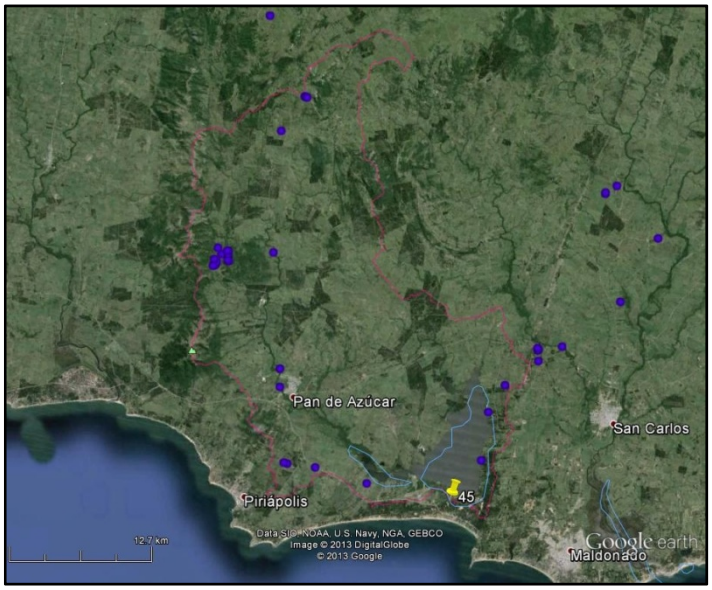
La superficie de la cuenca correspondiente a esta estación es de 2.759 km^2.

El río se encuentra poco alterado, tiendo registrados 13 aprovechamientos en la cuenca, 1 de ellos para aprovechamiento subterráneo (pozo para abastecimiento) y el resto como aprovechamientos superficiales (principalmente mediante represas y tomas para riego de maíz).

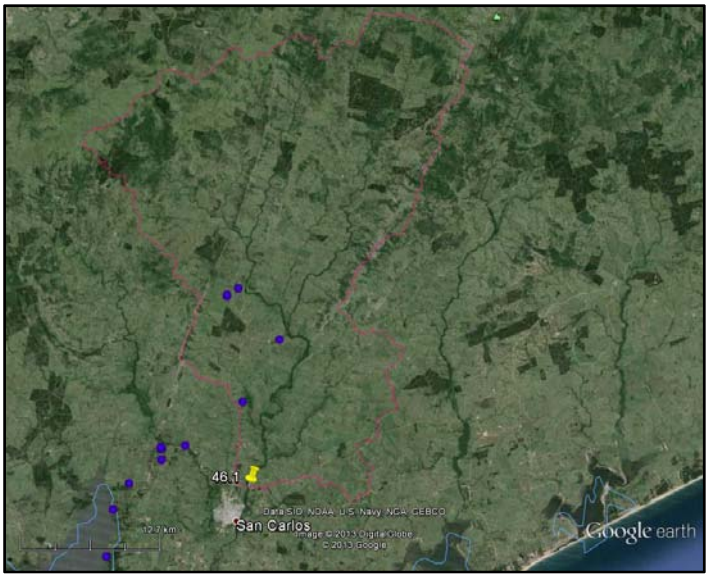
El volumen demandado es de 5,1 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,34 % de la aportación media anual



Laguna del Sauce en la E. A. Laguna del Sauce (vertedero) (45)

Situada en el departamento de Maldonado, la Laguna está próxima a Punta del Este. Tiene una superficie de cuenca vertiente a la estación denominada con su mismo nombre de 709 km^2. El número de aprovechamientos registrados en la cuenca es de 28, distribuyéndose en 17 para aguas subterráneas (pozos para uso industrial) y 11 para aguas superficiales (abastecimiento, ganadero, industrial, frutales, hortalizas y maíz). El volumen demandado es de 23,1 hm^3/año, lo que supone el 6,12 % de la aportación media anual.	

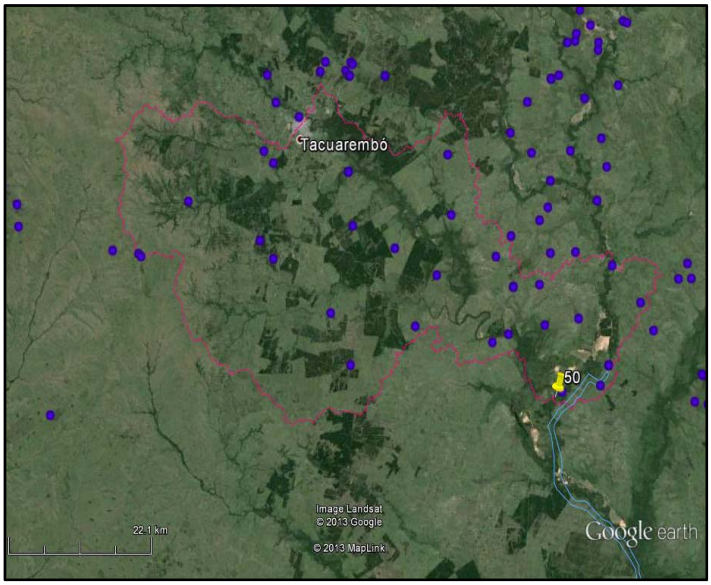
Arroyo San Carlos en la E. A. San Carlos – Puente Ruta 9 (46.1)

El arroyo San Carlos nace en la Sierra de Carapé, con una longitud de 21 km hasta desembocar en el arroyo Mataojo. Tiene una superficie de cuenca vertiente de 823 km^2, está en Uruguay. El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 5, todos ellos corresponden a aguas subterráneas (pozos para uso industrial y riego de hortalizas). El volumen demandado es de 0,1 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,03 % de la aportación media anual.	

Río Tacuarembó en la E. A. Paso Cerro Cardozo (50.1)

El río Tacuarembó es uno de los principales afluentes del río Negro, discurriendo su curso, de norte a sur, por el departamento de Tacuarembó. Toda la cuenca de 10.301 km^2, está en Uruguay.

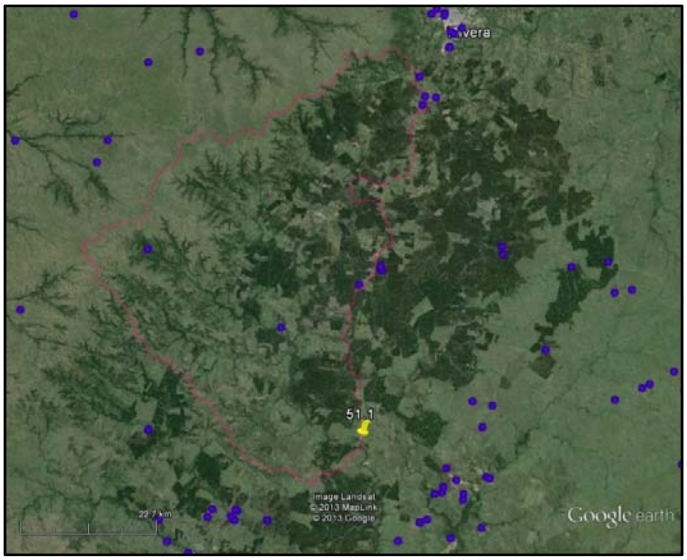
El río se encuentra poco alterado, teniendo 30 aprovechamientos registrados en la cuenca. De los cuales, 27 son aprovechamientos de aguas superficiales (siendo su uso principal el riego de arroz). Los 3 restantes son pozos para consumo humano e industrial. El volumen demandado es de 81,4 hm^3/año, lo que supone apenas el 1,8 % de la aportación media anual.



Río Tacuarembó en la E. A. Paso Manuel Díaz (51)

La superficie de la cuenca correspondiente a esta estación es de 2.213 km^2, está en Uruguay.

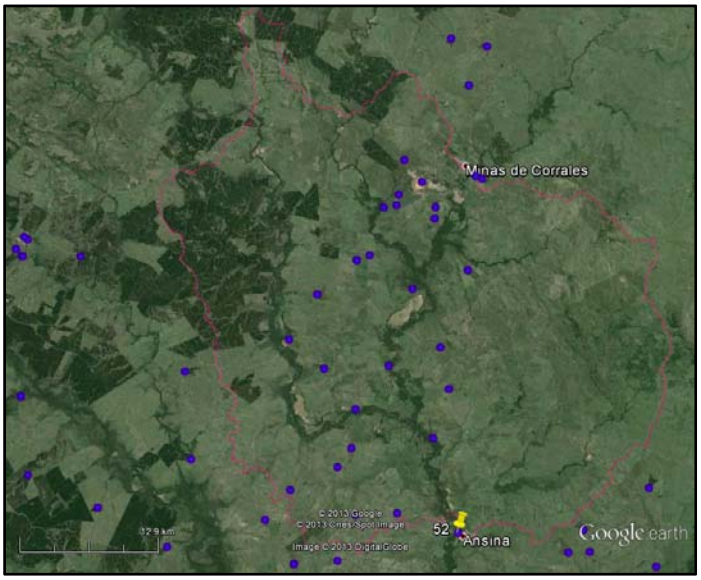
El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 5, de ellos 3 corresponden a aguas subterráneas (pozos) y los otros 2 son aprovechamientos superficiales (arroz y forestal). El volumen demandado es de 1,2 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,09 % de la aportación media anual.



Río Tacuarembó en la E. A. Paso del Borracho (52)

La superficie de la cuenca correspondiente a esta estación es de 6.599 km^2, está en Uruguay.

El río tiene registrados 27 aprovechamientos registrados en la cuenca, todos ellos de aguas superficiales (abastecimiento, ganadero, industrial y arroz) El volumen demandado es de 40,9 hm^3/año, lo que supone apenas el 1,0 % de la aportación media anual.

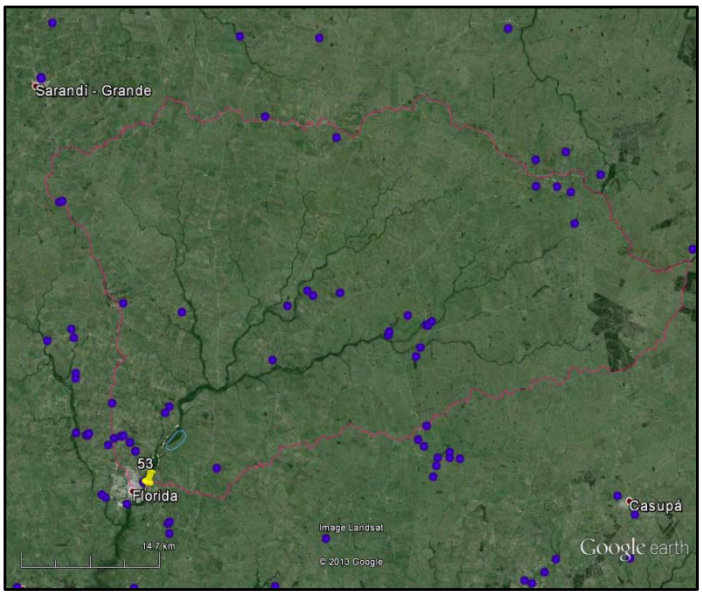


Río Santa Lucía Chico en la E. A. Florida – Piedra Alta (53)

Este río es un afluente del río Santa Lucía. Nace en Cuchilla Santa Lucía y atraviesa el departamento de Florida, pasando por su capital. Toda la cuenca de 1.750 km^2, está en Uruguay

El río tiene registrados 36 aprovechamientos registrados en la cuenca, siendo el 70 % de ellos para aguas subterráneas (pozos) y el resto para superficiales (abastecimiento, maíz y pasturas)

El volumen demandado es de 11,2 hm^3/año, lo que supone el 1,57 % de la aportación media anual.

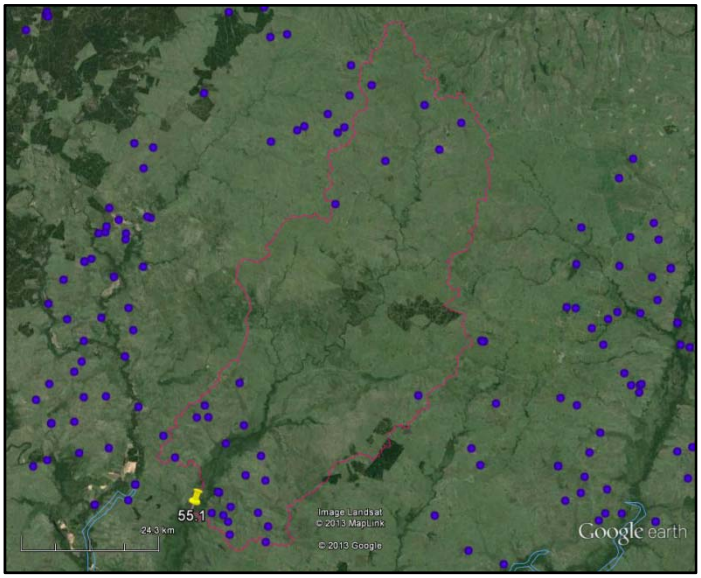


Arroyo Yaguarí en la E. A. Picada de Coelho (55.1)

Este arroyo nace en la Cuchilla de Santa Ana, atravesando los departamentos de Rivera y Tacuarembó, y desemboca en el río Tacuarembó. Toda la cuenca de 2.489 km^2, está en Uruguay

El río tiene registrados 27 aprovechamientos en la cuenca, todos ellos para aguas superficiales para riego (arroz y maíz)

El volumen demandado es de 42,9 hm^3/año, lo que supone el 2,73 % de la aportación media anual.

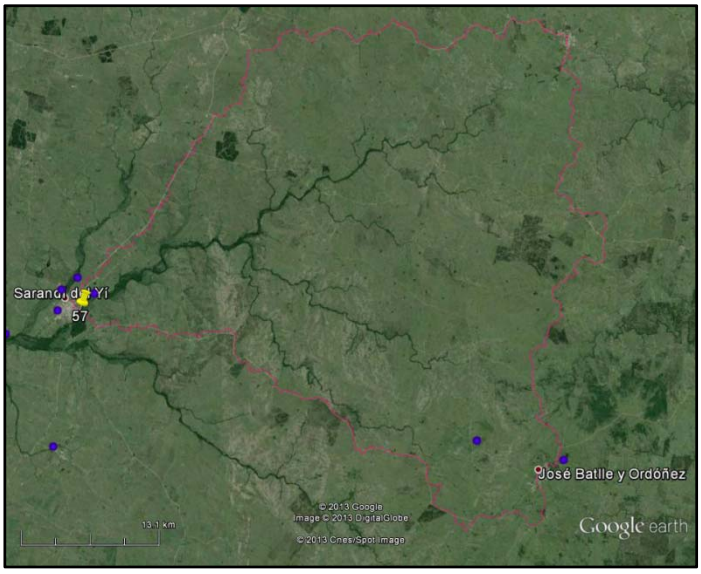


Río Yí en la E. A. Sarandí del Yí (57)

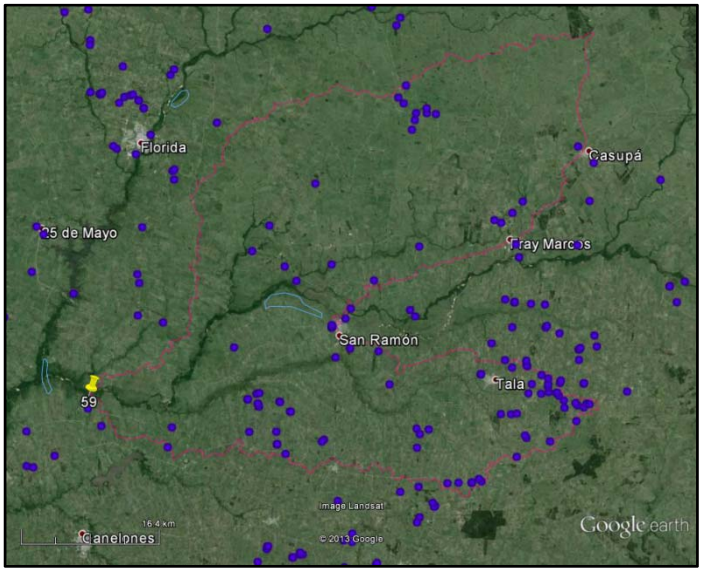
El río Yí nace en Cuchilla Grande, cerca de Cerro Chato. Es el principal afluente de la margen izquierda del río Negro. Toda la cuenca, de 1.379 km^2, está en Uruguay.

El río tiene registrados únicamente 2 aprovechamientos en la cuenca, ambos para aguas superficiales (abastecimiento y maíz).

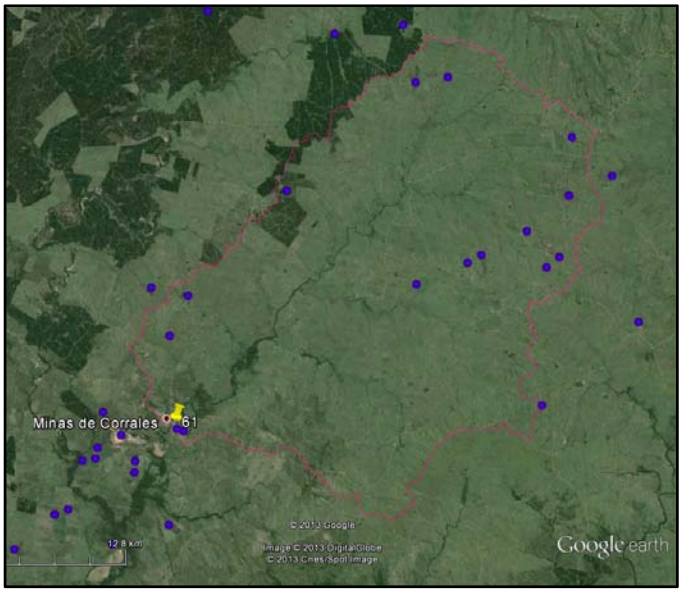
El volumen demandado es de 1,8 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,31 % de la aportación media anual.



Río Santa Lucía en la E. A. Paso Paché – R.5 Vieja (59)

Toda la cuenca, de 4.936 km^2, está en Uruguay. El río tiene registrados 94 aprovechamientos, de los que 74 son de aguas superficiales (ganadero, frutales, hortalizas, maíz y pasturas) y el resto, para aguas subterráneas (pozos). El volumen demandado es de 14,8 hm^3/año, lo que supone apenas el 0,56 % de la aportación media anual.	

Arroyo Corrales en la E. A. Paso de la Compañía (61)

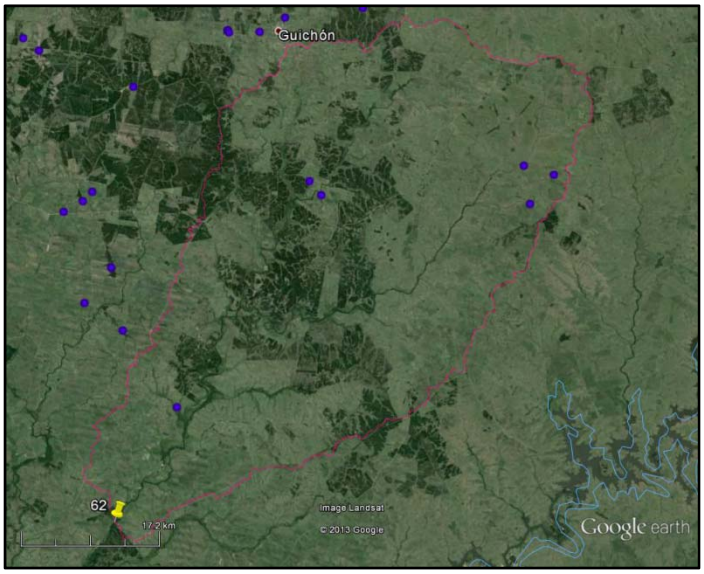
El arroyo Corrales nace en Cuchilla de Santa Ana y desemboca en el arroyo Cuñapirú, atravesando el departamento de Rivera. La superficie de la cuenca vertiente es de 1.045 km^2. El río cuenta con 14 aprovechamientos registrados en la cuenca, todos correspondientes a aprovechamientos superficiales (abastecimiento, ganadero, maíz y arroz). El volumen demandado es de 7,4 hm3/año, lo que supone el 2,81 % de la aportación media anual.	

Arroyo Grande del Norte en la E. A. Paso de los Mellizos – Puente R3 (62)

Con una longitud de 135 km, el Arroyo Grande nace en Cuchilla Grande Inferior, y desemboca en el Lago Paso del Palmar. Su curso discurre entre los departamentos de Soriano y Flores. La superficie de la cuenca vertiente es de 2.198 km^2

El río se encuentra poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 6, distribuidos en 2 pozos para abastecimiento a la población y 4 aprovechamientos superficiales para riegos.

El volumen demandado es de 1,2 hm^3/año, lo que supone el 0,08 % de la aportación media anual.

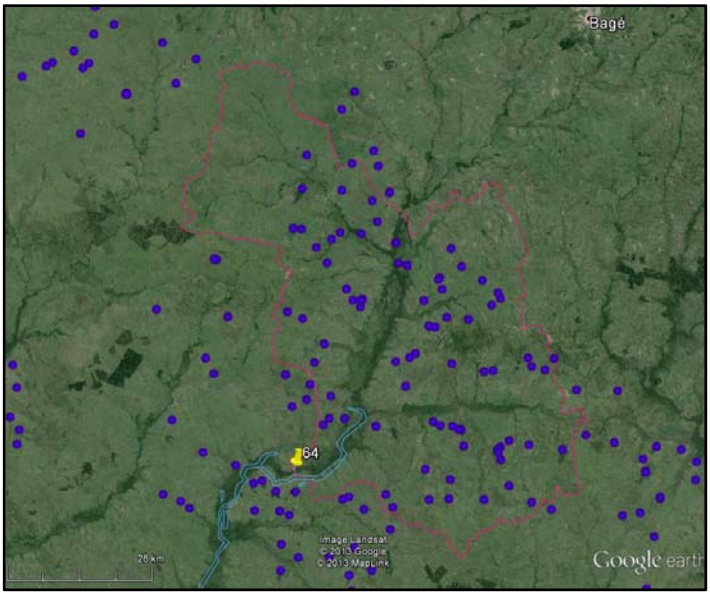


Río Negro en la E. A. Paso Mazangano (64)

El río Negro es el río interior más importante de Uruguay. Nace en territorio brasileño y su curso cruza de Este a Oeste todo el territorio uruguayo, desembocando en el río Uruguay. La superficie vertiente de la cuenca para esta estación de aforos es de 6.421 km^2.

El río tiene registrados 81 aprovechamientos en la cuenca, todos destinados para aprovechamientos superficiales (el 90 % para riego de arroz).

El volumen demandado es de 83,9 hm^3/año, lo que supone el 3,05 % de la aportación media anual.

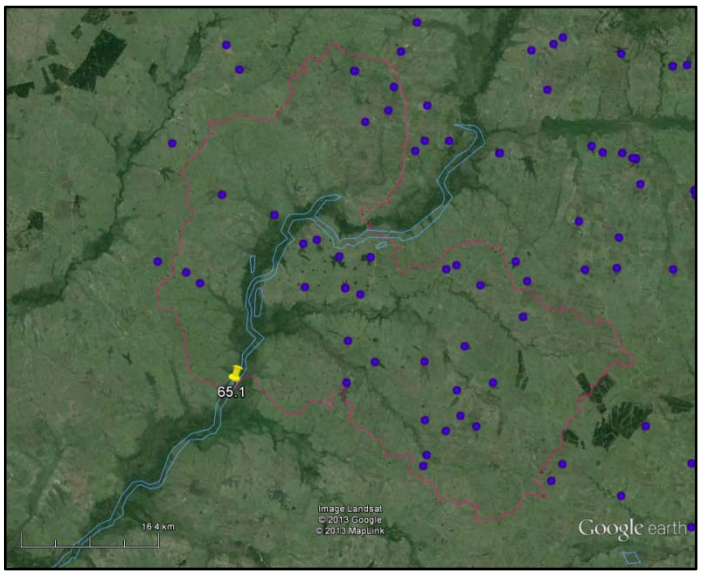


Río Negro en la E. A. Paso Aguiar (65.1)

En el caso de la estación de Paso Aguiar, la superficie de cuenca vertiente es de 7.915 km^2, perteneciente en su totalidad a Uruguay.

El río tiene registrados 34 aprovechamientos en esta cuenca, todos destinados para aprovechamientos superficiales (el 97 % para riego de arroz y el 3% para riego de maíz).

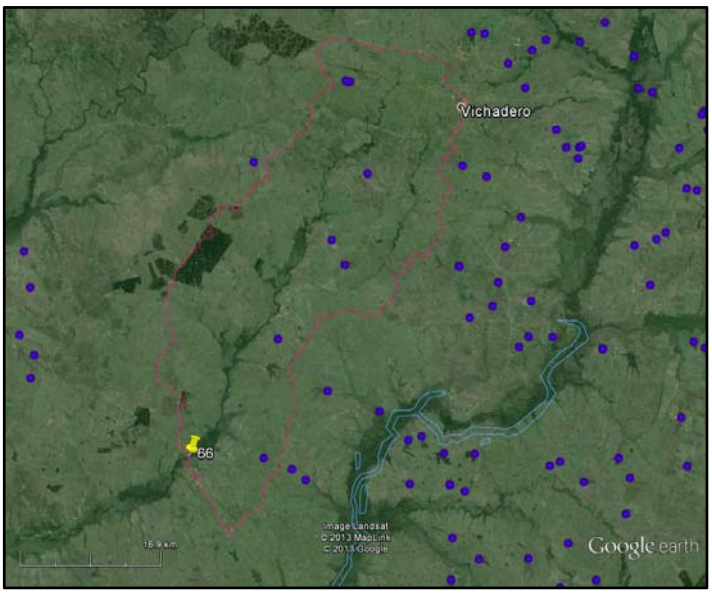
El volumen demandado es de 131,6 hm^3/año, lo que supone el 3,10 % de la aportación media anual.



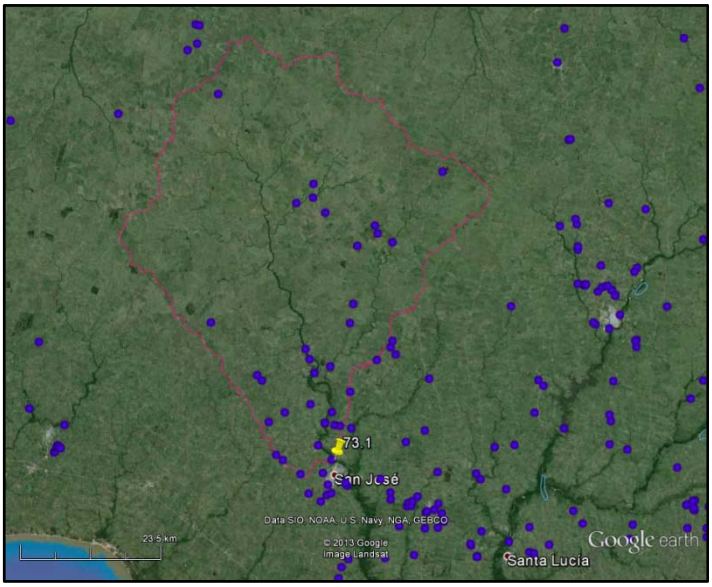
Arroyo Caraguatá en la E. A. Paso de las Toscas (66)

El arroyo Caraguatá tiene una longitud de 120 km. Nace en Cuchilla de los Cerros Blancos, atraviesa los departamentos de Rivera y Tacuarembó, para desembocar en el río Tacuarembó. La superficie de la cuenca vertiente a la estación de Paso de las Toscas es de 968 km^2 y está en Uruguay.

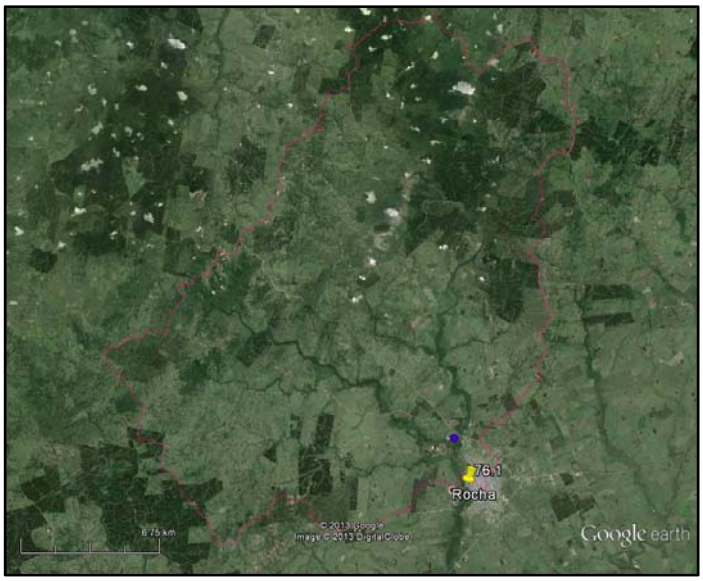
El número de aprovechamientos registrados en el río es de 8, de las cuales 5 son de aguas superficiales (arroz y ganadero) y los 3 restantes son de aguas subterráneas (pozos). El volumen demandado es de 7,9 hm^3/año, lo que supone el 1,64% de la aportación media anual.



Río San José en la E. A. San José – Presa Usina OSE (73.1)

Afluente del río Santa Lucía, este río nace en Cuchilla Grande Inferior y atraviesa los departamentos de Flores y San José. Toda la cuenca de 2.314km^2, está en Uruguay El río se encuentra poco alterado, contando con 32 aprovechamientos registrados en la cuenca, 23 corresponden a aguas superficiales (abastecimiento, ganadero, hortalizas, pasturas, maíz y frutales) y 9 para aguas subterráneas (pozos). El volumen demandado es de 10,6 hm^3/año, lo que supone el 1,08 % de la aportación media anual.	

Arroyo de Rocha en la E. A.Paso de la Estiba (76.1)

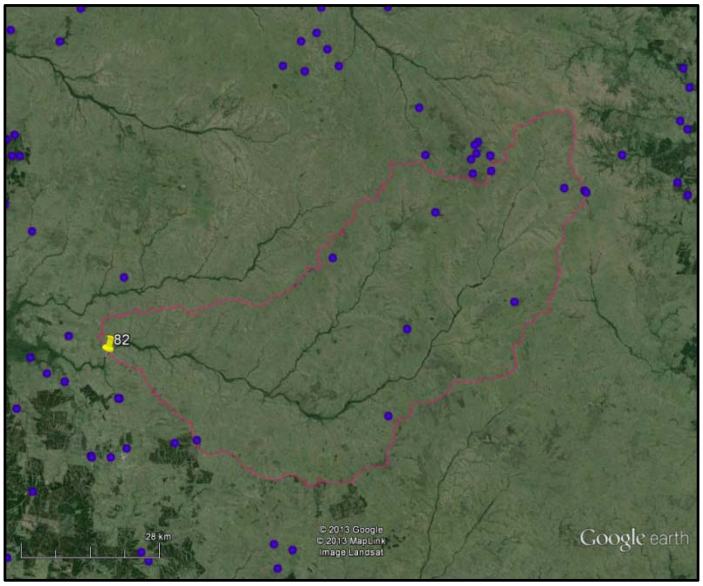
La superficie de la cuenca vertiente para la estación de Paso de la Estiba es de 435 km^2, y está íntegramente en territorio de Uruguay. El río se encuentra muy poco alterado, contando únicamente con 1 aprovechamiento registrado en la cuenca, para aguas superficiales (abastecimiento a población). El volumen demandado es de 1,7 hm^3/año, lo que supone el 0,75 % de la aportación media anual.	

Río Queguay Grande en la E. A.Paso Andrés Pérez (82)

Es un afluente del río Uruguay, situado en el departamento de Paysandú. A su vez, sus principales afluentes son el río Queguay Chico, el arroyo de Soto y el arroyo Quebracho Grande. Toda la cuenca de 3.269 km^2 está en Uruguay.

El río se encuentra poco alterado, contando con 8 aprovechamientos registrados en la cuenca, siendo 6 de ellos para aguas superficiales (arroz, pasturas y ganadero) y los 2 restantes para aguas subterráneas (pozos).

El volumen demandado es de 11,7 hm^3/año, lo que supone el 0,61 % de la aportación media anual.

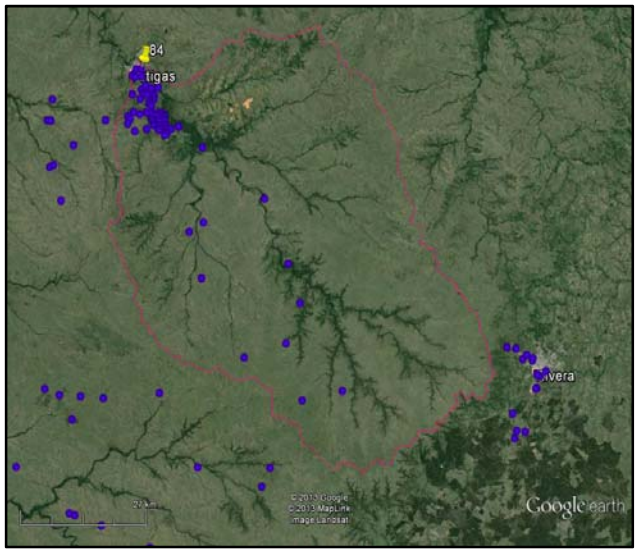


Río Cuareim en la E. A.Artigas – Usina de Bombeo OSE (84)

Es el tercer afluente en extensión del río Uruguay. Nace en Brasil y discurre por el departamento de Artigas al penetrar en Uruguay. El curso del río es de Este a Oeste hasta desembocar en el río Uruguay, en la zona denominada “tripe frontera” (Brasil, Uruguay y Brasil). Toda la cuenca de 4.486 km^2 está en Uruguay.

El río tiene registrados 95 aprovechamientos en la cuenca, siendo en su mayoría, el 87%, aprovechamientos de aguas subterráneas (pozos para consumo humano, ganadero y riego). El resto son aprovechamientos de aguas superficiales (abastecimiento, ganadero y arroz).

El volumen demandado es de 9,0 hm^3/año, lo que supone el 0,3 % de la aportación media anual.

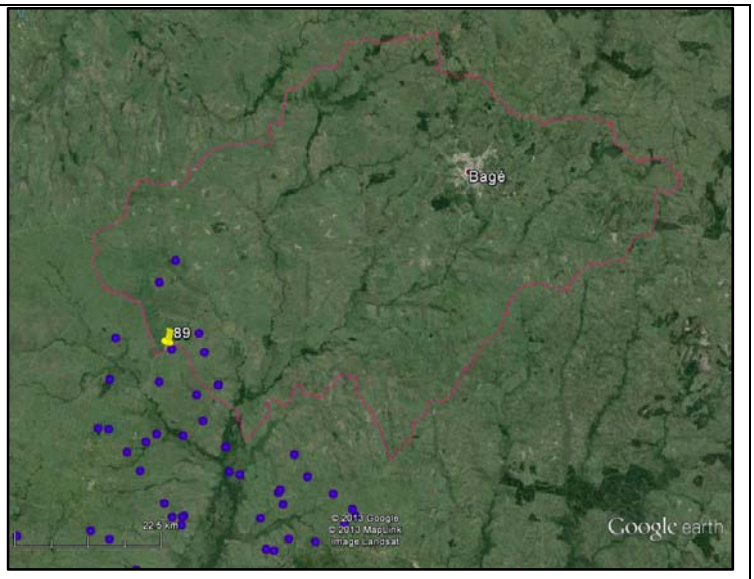


Río Negro en la E. A.Paso Carpintería (89)

Para la estación de Paso Carpintería la superficie de cuenca vertiente corresponde a 2.942 km^2, situada en Uruguay.

El río se encuentra muy poco alterado, contando con 6 aprovechamientos registrados en la cuenca, todos para aguas superficiales y riego de arroz.

El volumen demandado es de 3,6 hm^3/año, lo que supone el 0,24 % de la aportación media anual.

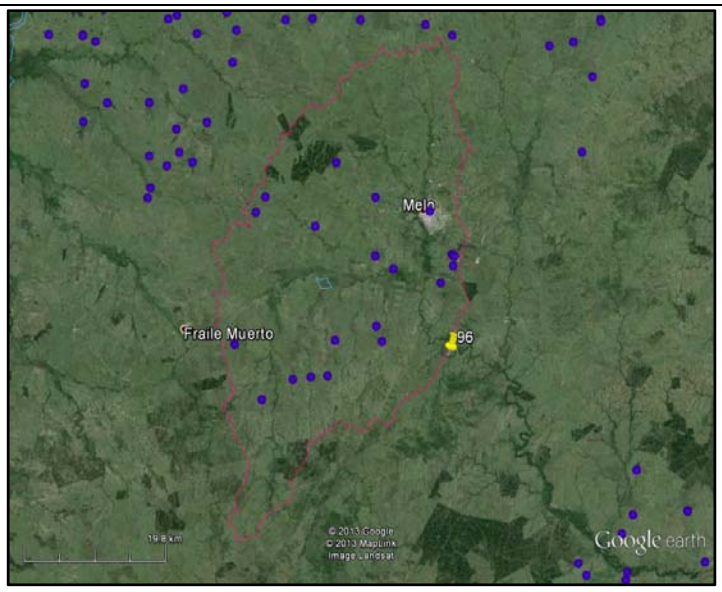


Río Tacuarí en la E. A.Paso Borches (96)

El río Tacuarí nace en Cuchilla Grande y desemboca en la Laguna Merín, atravesando los departamentos de Cerro Largo y Treinta y Tres. Toda la cuenca de 1.425 km^2, está en Uruguay.

El río tiene registrados 20 aprovechamientos en la cuenca, siendo en su mayoría, el 95%, aprovechamientos de aguas superficiales (abastecimiento, ganadero y arroz).

El volumen demandado es de 17,5 hm^3/año, lo que supone el 2,23 % de la aportación media anual.

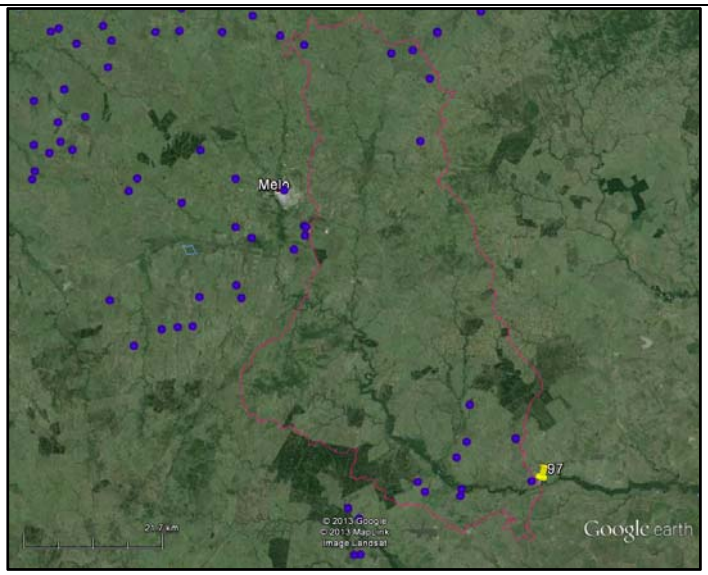


Río Tacuarí en la E. A.Paso Dragón (97)

Para esta estación de aforos, la superficie vertiente de la cuenca es de 3.540 km^2, sita en Uruguay.

El río se encuentra poco alterado, contando con 15 aprovechamientos registrados en la cuenca, de los cuales sólo 1 es para aguas subterráneas (pozo) y el resto son aprovechamientos de aguas superficiales (todos para riego de arroz).

El volumen demandado es de 42,1 hm^3/año, lo que supone el 2,12 % de la aportación media anual.

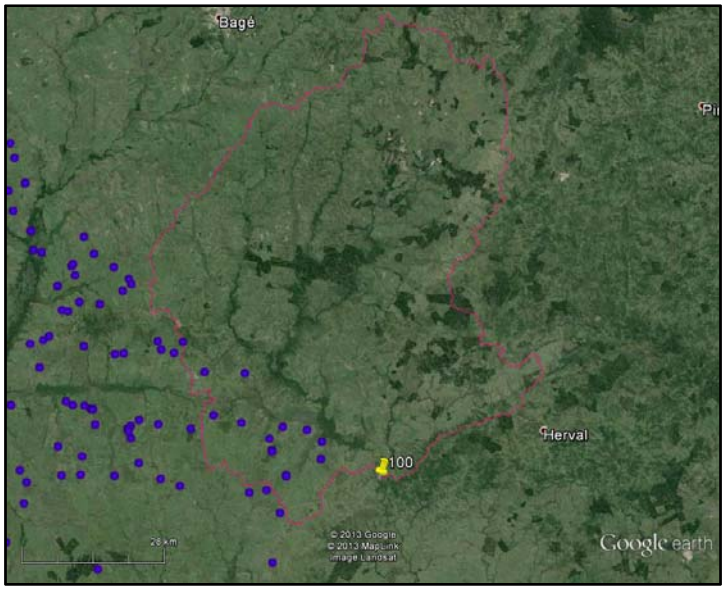


Río Yaguarón en la E. A. Paso Centurión (100)

Este río nace en Brasil, en la Cuchilla de Las Flores (Bagé), y desemboca en la Laguna Merín. Toda la cuenca de 4.906 km^2, está en Uruguay.

El río se encuentra poco alterado, contando con 14 aprovechamientos registrados en la cuenca, de los cuales sólo 1 es para aguas subterráneas (pozo) y el resto son aprovechamientos de aguas superficiales (todos para riego de arroz).

El volumen demandado es de 21,7 hm^3/año, lo que supone el 0,99 % de la aportación media anual.

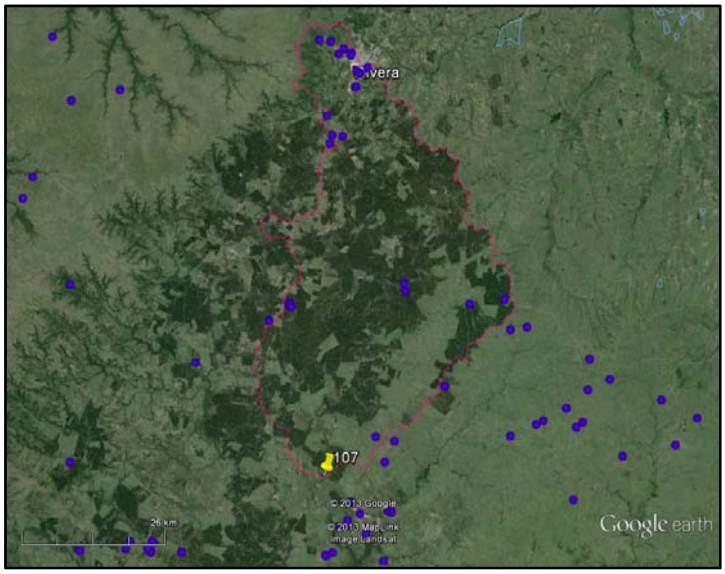


Arroyo Cuñapirú en la E. A. Paso de las Piedras (107)

El arroyo Cañupirú nace en Cuchilla Negra (departamento de Rivera) y, tras recorrer 59 km, desemboca en el río Tacuarembó. Toda su cuenca de 1.926 km^2, está en Uruguay.

El arroyo tiene registrados 24 aprovechamientos, siendo 16 de ellos para aguas subterráneas (pozos) y el resto son tomas superficiales (abastecimiento, ganadero, recreativo, forestal y pasturas).

El volumen demandado es de 2,6 hm^3/año, lo que supone el 0,21 % de la aportación media anual.

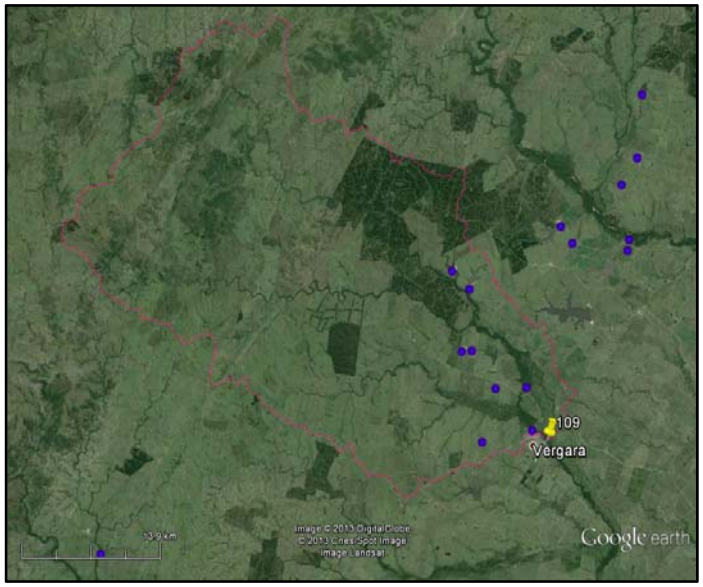


Arroyo Parao en la E. A. Vergara (109)

Afluente del río Cebollatí, por su margen izquierda, el arroyo Parao nace en la Cuchilla Arbolito, en Cerro Largo, y continúa por el Departamento de Treinta y Tres. Toda la cuenca de 1.127 km^2, es de Uruguay.

El río tiene registrados 8 aprovechamientos en la cuenca, siendo en su mayoría, el 75%, aprovechamientos de aguas superficiales para riego de arroz. El resto son aprovechamientos de aguas subterráneas para abastecimiento y riego de arroz.

El volumen demandado es de 13,9 hm^3/año, lo que supone el 1,45 % de la aportación media anual.

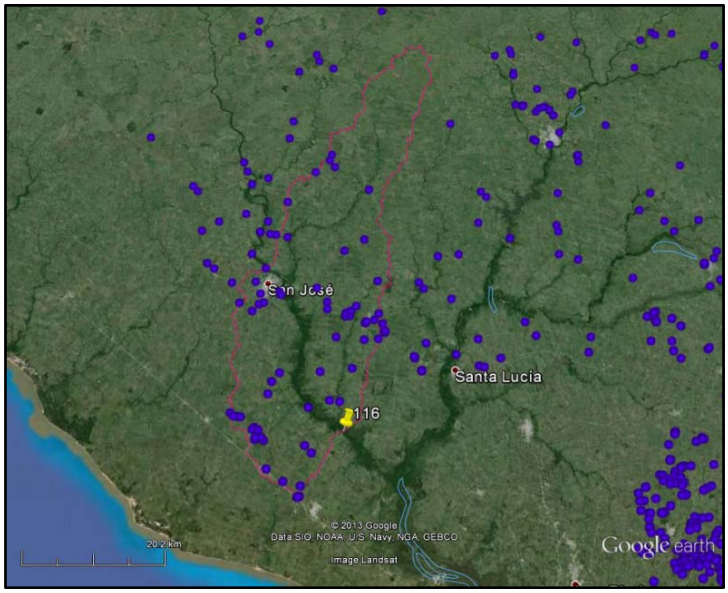


Río San José en la E. A. Paso Valdés (116)

Como ya se ha comentado en la E.A 73.1, el San José es un afluente del río Santa Lucía. En este caso, la superficie de la cuenca vertiente para la estación de aforos es de 3.430 km^2.

El río cuenta con 62 aprovechamientos registrados en la cuenca, de ellos 53 corresponden a pozos para distintos usos (abastecimiento, ganadero, industrial, pasturas, maíz, frutales y hortalizas) y, los 9 restantes son aprovechamientos superficiales (industrial, maíz, hortalizas y frutales).

El volumen demandado es de 13,7 hm^3/año, lo que supone el 1,31 % de la aportación media anual.

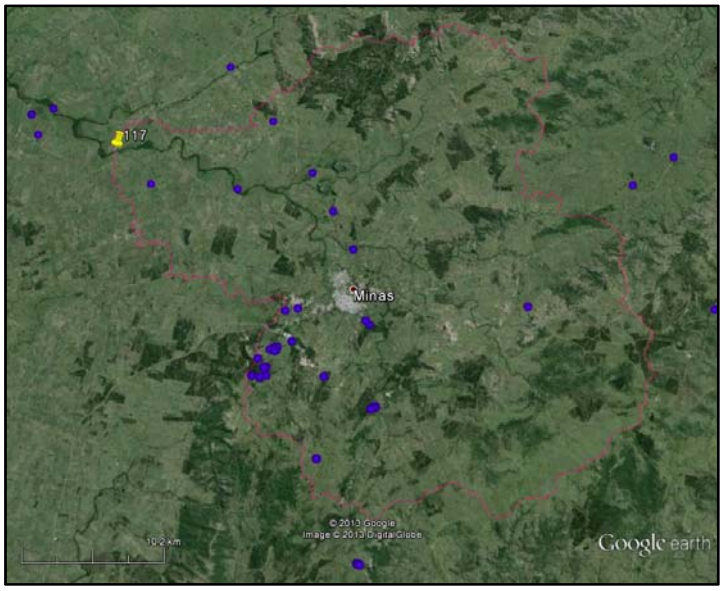


Río Santa Lucía en la E. A. Paso Roldán (117)

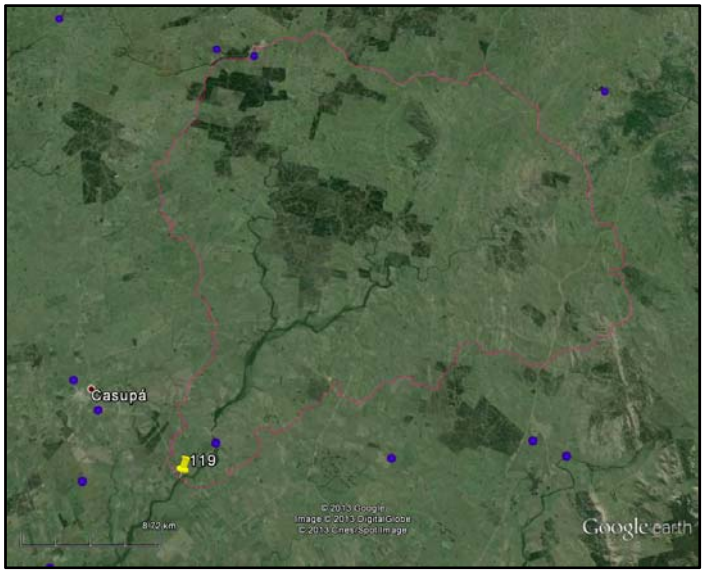
Para la estación de Paso Roldán, la superficie de la cuenca vertiente es de 1.077 km^2, está en Uruguay.

El río cuenta con 36 aprovechamientos registrados en la cuenca, de ellos 27 corresponden a pozos para uso ganadero, industrial y frutales. Los 9 restantes son aprovechamientos superficiales (abastecimiento, industrial, maíz y frutales).

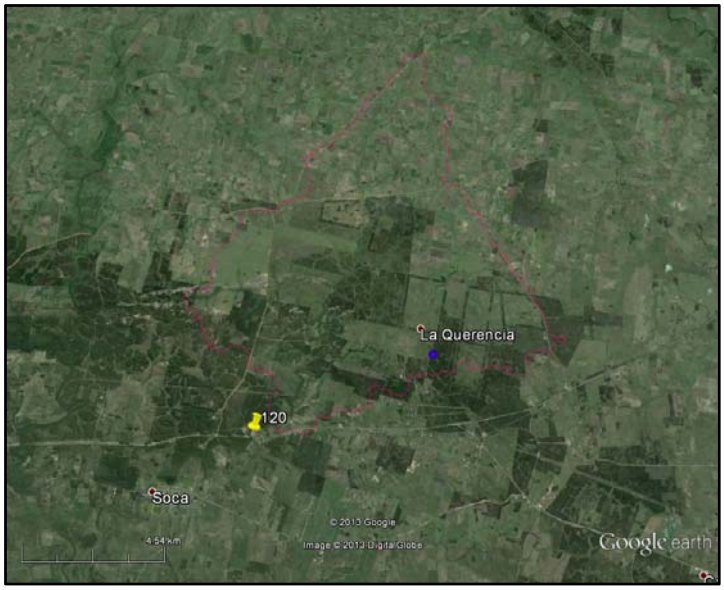
El volumen demandado es de 2,0 hm^3/año, lo que supone el 0,34 % de la aportación media anual.



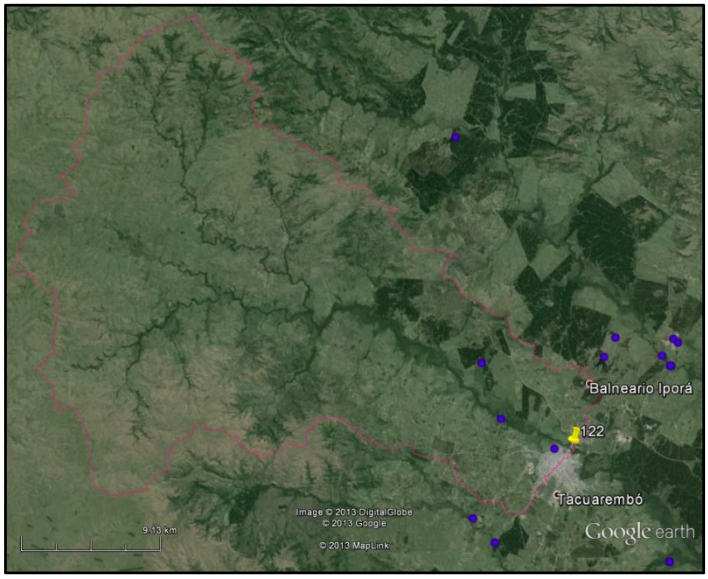
Arroyo Casupá en la E. A. Paso de los Troncos (119)

Afluente del río Santa Lucía, este arroyo nace en Cuchilla Grande y su cauce atraviesa los departamentos de Florida y Lavalleja. Toda la cuenca de 690 km^2, está en Uruguay, El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 2, uno para aguas subterráneas (pozo para abastecimiento) y el otro es un aprovechamiento de aguas superficiales (toma para pasturas). El volumen demandado es de 0,1 hm^3/año, lo que supone el 0,05 % de la aportación media anual.	

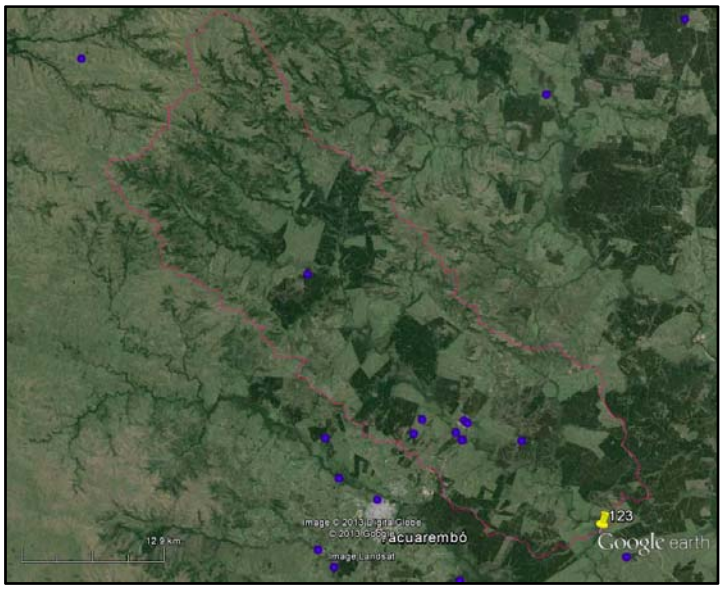
Arroyo Mosquitos en la E. A. Arroyo Mosquitos (120)

La superficie de la cuenca vertiente es de 98 km^2, situada en Uruguay. El río se encuentra muy poco alterado ya que únicamente tiene 1 aprovechamiento registrado en la cuenca, para aguas superficiales para uso forestal. El volumen demandado es de 0,01 hm^3/año, lo que supone el 0,09 % de la aportación media anual.	

Arroyo Tacuarembó Chico en la E. A. Tacuarembó (Paso del Bote) (122)

Afluente del río Tacuarembó, discurre por el departamento que lleva el mismo nombre. Toda la cuenca de 648 km^2, está en Uruguay. El río se encuentra muy poco alterado ya que tiene sólo 3 aprovechamiento registrado en la cuenca, 1 aprovechamiento subterráneo (pozo para industria) y 2 aprovechamientos para aguas superficiales (abastecimiento y arroz). El volumen demandado es de 3,6 hm^3/año, lo que supone el 0,65 % de la aportación media anual.	

Arroyo Tres Cruces en la E. A. Paso Baltasar (123)

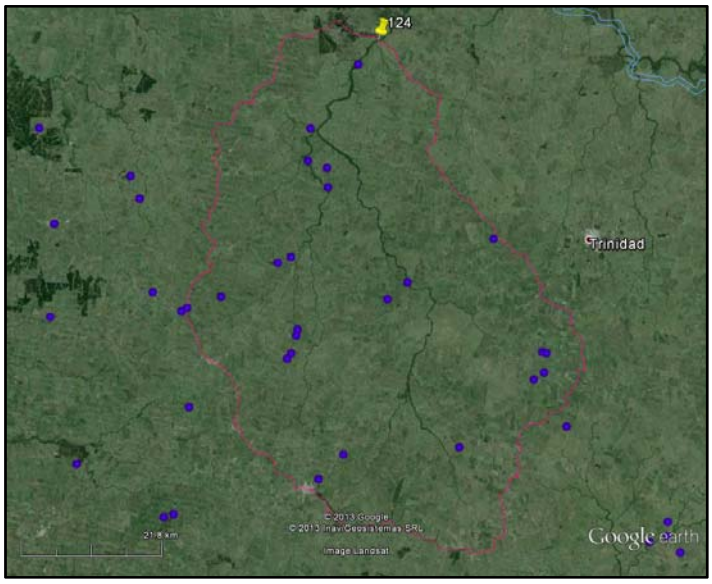
Este arroyo nace en la Cuchilla de Tres Cruces, y tras recorrer 101 km por el departamento de Tacuarembó, desemboca en el río Tacuarembó. Toda la cuenca de 918 km^2, está en Uruguay. El arroyo Tres Cruces tiene registrados 9 aprovechamientos en la cuenca, 2 de ellos son pozos para uso forestal y, el resto, son aprovechamientos de aguas superficiales (industrial, recreativo, forestal y arroz). El volumen demandado es de 6,9 hm^3/año, lo que supone el 1,21 % de la aportación media anual.	

Arroyo Grande del Sur en la E. A. Paso de Lugo (124)

La superficie de la cuenca vertiente es de 3.105 km^2, perteneciente a Uruguay.

El arroyo Grande tiene registrados 23 aprovechamientos en la cuenca. El 70% de éstos, son de aguas superficiales (maíz y pasturas), el resto son aprovechamientos de aguas subterráneas para abastecimiento y uso ganadero.

El volumen demandado es de 6,2 hm^3/año, lo que supone el 0,95 % de la aportación media anual.

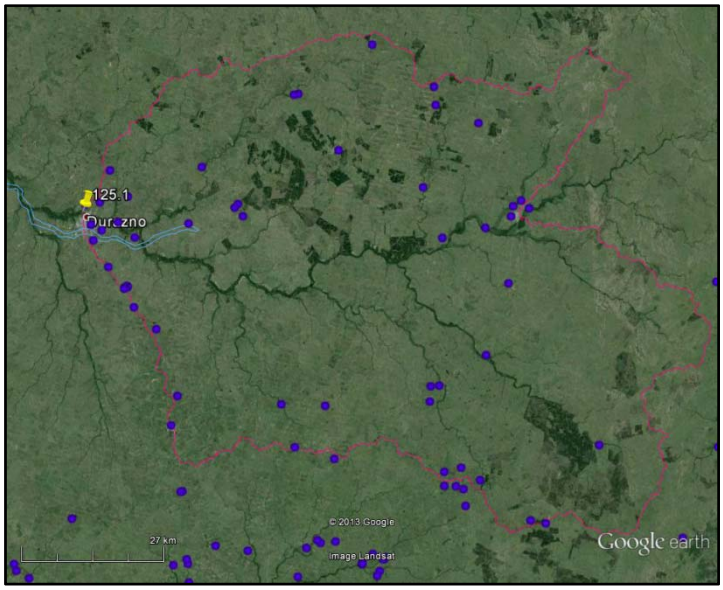


Río Yí en la E. A. Durazno (Pte. Carretero vieja) (125)

Como ya hemos comentado en la E.A 57, el río Yí es el principal afluente del río Negro. Para la estación de Durazno, la superficie de la cuenca vertiente es de 8.884 km^2, en territorio uruguayo.

Este río tiene asociados 52 aprovechamientos en la cuenca, distribuidos en 25 aprovechamientos subterráneos (pozos) y 27 para aguas superficiales (abastecimiento, pasturas, maíz y frutales).

El volumen demandado es de 10,8 hm^3/año, lo que supone el 0,28 % de la aportación media anual.

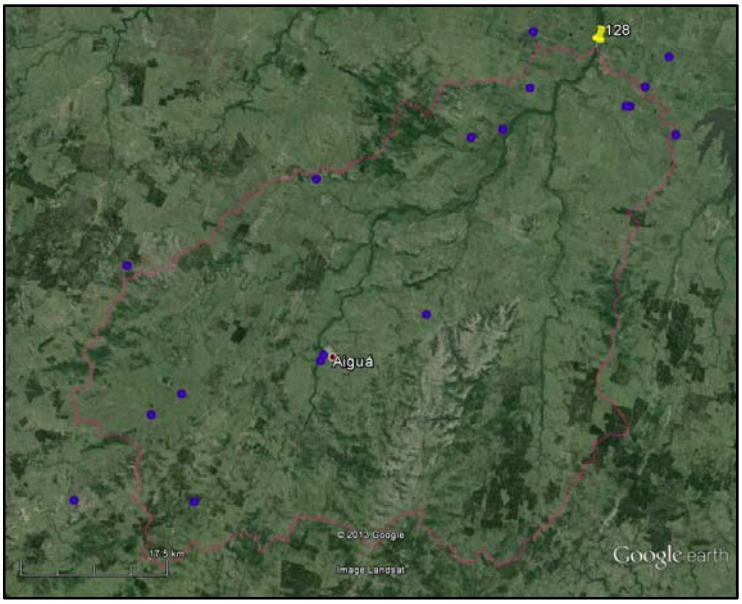


Arroyo del Aiguá en la E. A. Paso del Avestruz (128)

Afluente del río Cebollatí, el arroyo del Aiguá nace en la Sierra del Carapé y discurre por los departamentos de Maldonado, Lavalleja y Rocha. La superficie de la cuenca vertiente es de 2.748 km^2, en territorio uruguayo.

Este arroyo tiene registrados 12 aprovechamientos en su cuenca, de los cuales 10 son aprovechamientos de aguas superficiales (abastecimientos, arroz, hortalizas, pasturas, maíz y frutales) y los otros 2 son de aguas subterráneas (pozos).

El volumen demandado es de 3,1 hm^3/año, lo que supone el 0,26 % de la aportación media anual.

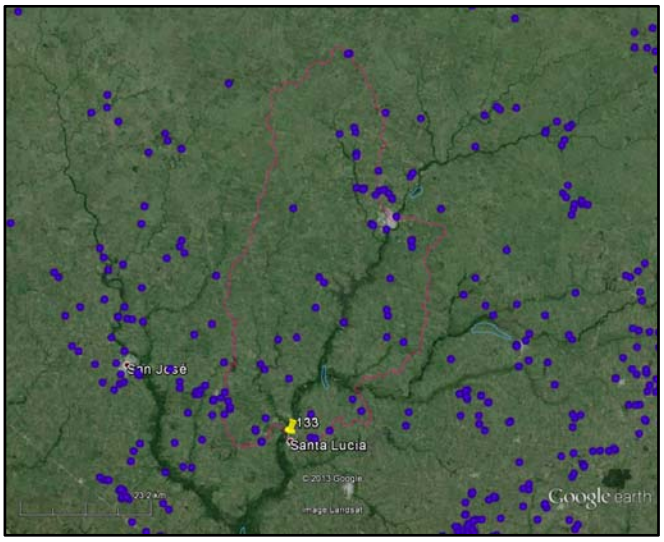


Río Santa Lucía en la E. A. Santa Lucía R-11 (133)

En estaciones de aforos anteriores (23, 44, 59 y 117) se ha comentado las principales características del río Santa Lucía. En el caso de la estación de aforos que lleva su nombre, la superficie de la cuenca vertiente es de 8.374 km^2, perteneciente a Uruguay.

En este caso, en el río hay registrados 49 aprovechamientos: 30 de aguas subterráneas (pozos) y 19 de superficiales (abastecimiento, industrial, recreativo, pasturas, hortalizas, maíz y frutales).

El volumen demandado es de 34,0 hm^3/año, lo que supone el 1,02 % de la aportación media anual.

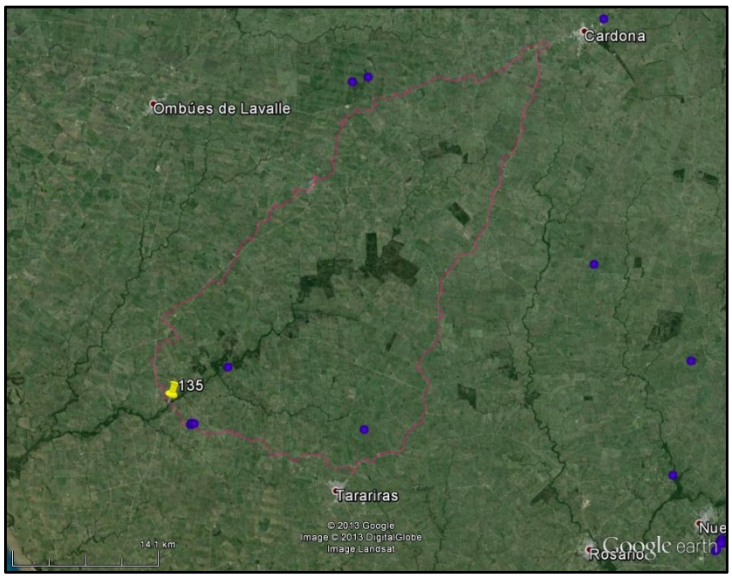


Río San Juan en la E. A. Paso Antolín (135)

El río San Juan se encuentra en el departamento de Colonia. Nace en la Cuchilla de San Salvador y desemboca en el río de la Plata. Toda la superficie de 747 km^2, está en Uruguay.

El río se encuentra muy poco alterado, contando con 6 aprovechamientos registrados en la cuenca, 4 de aguas subterráneas y 2 de aguas superficiales (maíz y hortalizas)

El volumen demandado es de 0,1 hm^3/año, lo que supone el 0,05 % de la aportación media anual.

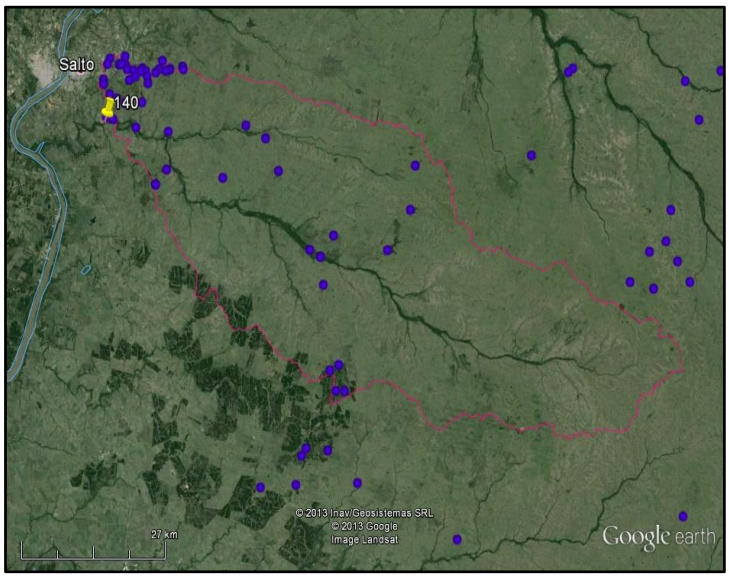


Río Daymán en la E. A. Dayman Pte. R-3 (140)

Afluente del río Uruguay, cuyo curso ejerce de frontera entre los departamentos de Salto y Paysandú. Toda la superficie de la cuenca vertiente de 3.200 km^2, está en Uruguay.

El río Daymán tiene registrados 52 aprovechamientos en la cuenca, el 55% es para aguas subterráneas (pozos) y el 45% para aprovechamiento de aguas superficiales para riego (maíz, arroz, frutales y pasturas).

El volumen demandado es de 21,7 hm^3/año, lo que supone el 0,83 % de la aportación media anual.

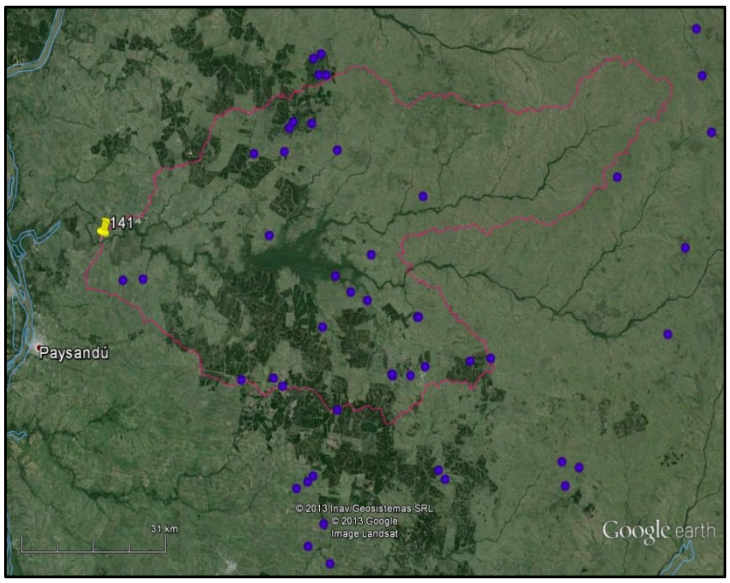


Río Queguay Grande en la E. A. Queguay Pte. R-3 (141)

Toda la superficie de la cuenca vertiente de 3.200 km^2, está en Uruguay.

El río tiene registrados 26 aprovechamientos en la cuenca, 11 son para aguas subterráneas (pozos) y los 15 restantes son para aprovechamiento de aguas superficiales para riego (abastecimiento, industrial, maíz, arroz, frutales y pasturas).

El volumen demandado es de 20,1 hm^3/año, lo que supone el 0,56 % de la aportación media anual.

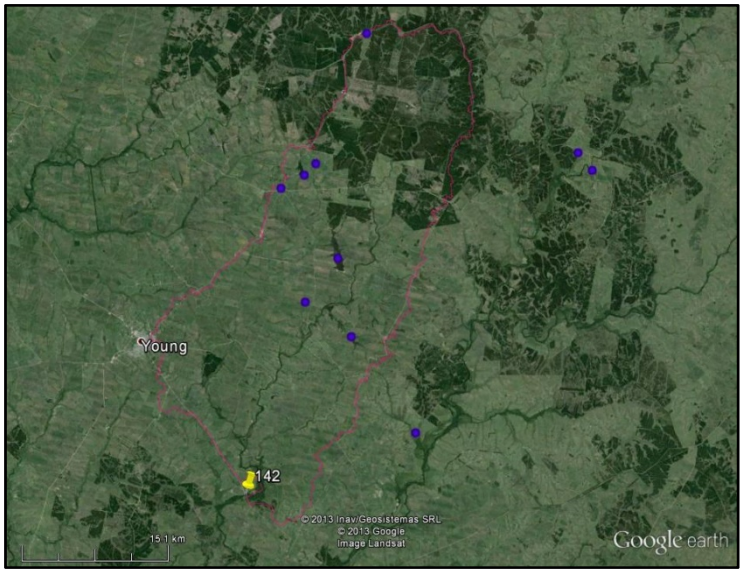


Arroyo Don Esteban en la E. A. Paso de las Piedras - Puente R-3 (142)

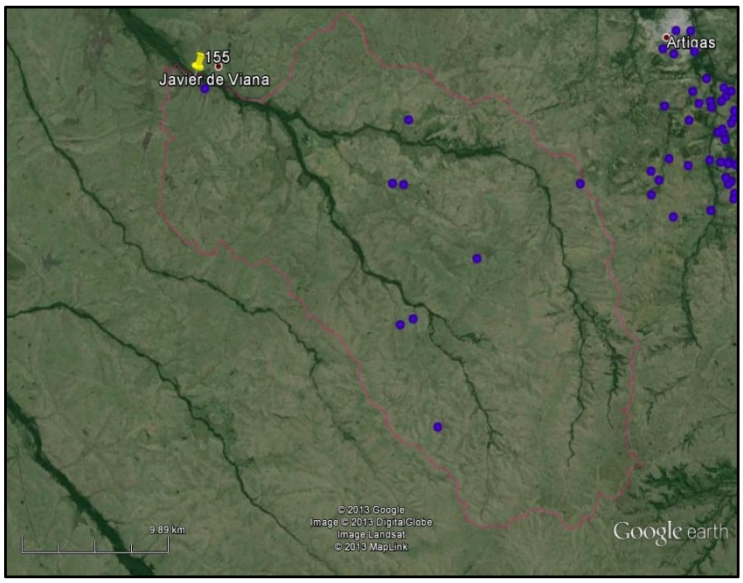
Afluente del río Negro, el arroyo San Esteban nace en Cuchilla Haedo, tiene una longitud de 71 km y la superficie vertiente para esta estación de aforos es de 783 km^2.

El río se encuentra poco alterado, contando con 7 aprovechamientos registrados en la cuenca, 3 pozos para abastecimiento y 4 represas para riego de maíz y pasturas.

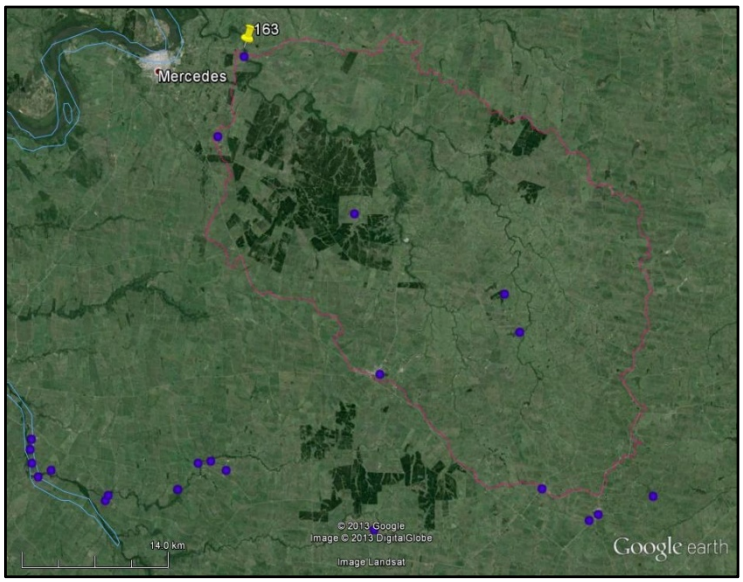
El volumen demandado es de 1,7 hm^3/año, lo que supone el 0,64 % de la aportación media anual.



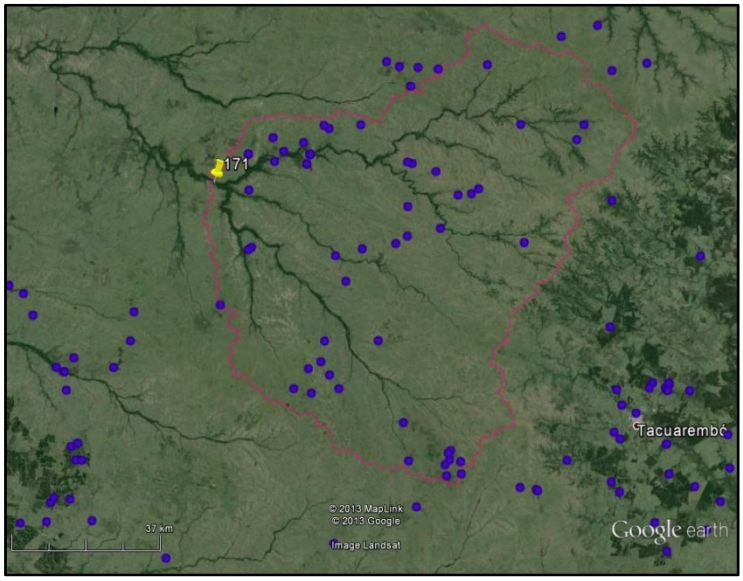
Arroyo Tres Cruces en la E. A. Javier de Viana (155)

Este arroyo es un afluente del arroyo Tres Cruces Grande que vierte sus aguas al río Cuareim. Toda la cuenca de 573 km^2, está en Uruguay. El río se encuentra muy poco alterado ya que los aprovechamientos registrados en la cuenca son 9, de los que 3 son de aguas superficiales (los 3 para cultivo de arroz, uno con represa de 7,5 m de altura y los otros 2 como tomas directas del río) y el resto de pozos. El volumen demandado es de 2,3 hm^3/año, lo que supone aproximadamente el 1,0 % de la aportación media anual.	

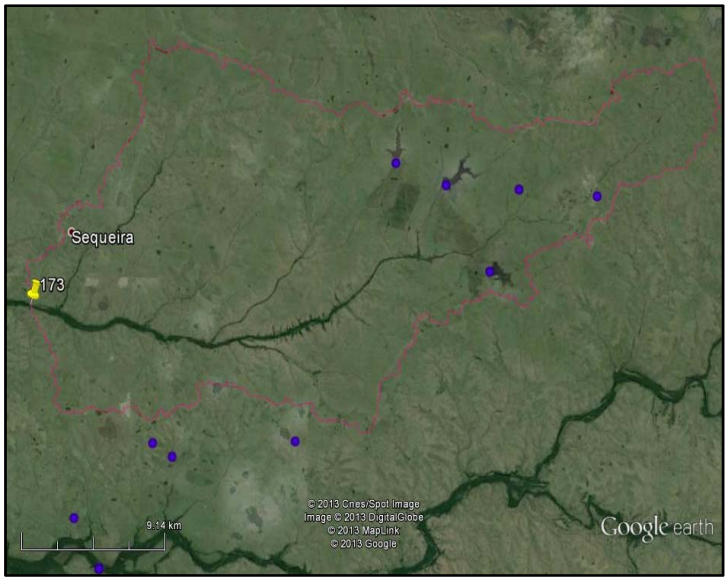
Arroyo Bequeló en la E. A. Bequeló R-14 (Pte. Viejo) (163)

Nace en la Cuchilla del Bizcocho y desemboca en el río Negro tras recorrer aproximadamente 39 km. Toda la cuenca de 1.145 km^2 está en Uruguay. El arroyo se encuentra poco alterado, contando con 6 aprovechamientos registrados en la cuenca, 2 pozos y 4 aprovechamientos de aguas superficiales para riego de maíz. El volumen demandado es de 2,1 hm^3/año, lo que supone el 0,52 % de la aportación media anual.	

Río Arapey Grande en la E. A. Biasssini – Pte R-4 (171)

También denominado río Arapey, es un afluente del río Uruguay. Nace en Cuchilla de Haedo y su curso fluvial se extiendo por los departamentos de Salto y Tacuarembó, hasta desembocar en el embalse de Salto Grande. Toda su cuenca vertiente de 6.932 km^2 está en Uruguay. El río tiene registrados 54 aprovechamientos, siendo 28 de ellos para aguas subterráneas (pozos) y los 27 restantes son para aguas superficiales, destinados a riego de arroz. El volumen demandado es de 25,6 hm^3/año, lo que supone el 0,81 % de la aportación media anual.	

Río Arapey Chico en la E. A. Arapey Ch. Pte R-4 (173)

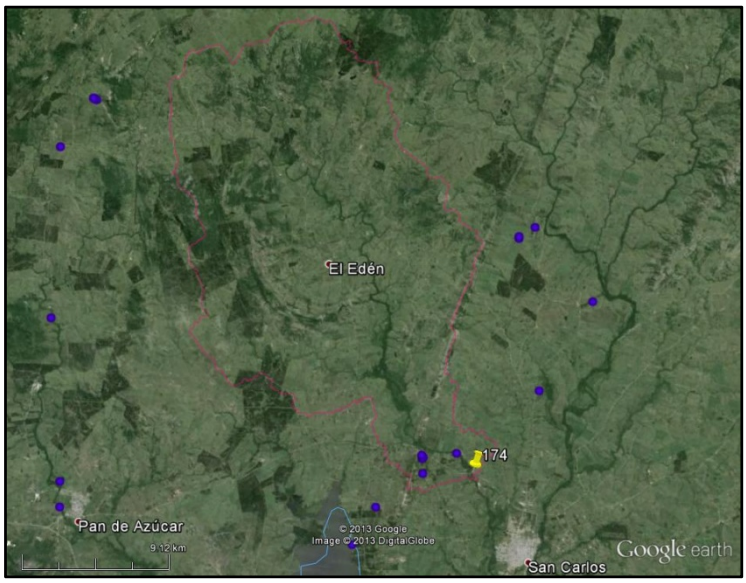
Principal afluente del río Arapey, nace en Cuchilla de Belén y avanza hacia el Oeste hasta desembocar por la margen derecha del río Arapey. Toda la cuenca de 519 km^2 está en Uruguay. El río se encuentra poco alterado, contando con 5 aprovechamientos registrados en la cuenca, 2 pozos y 3 aprovechamientos de aguas superficiales para riego de arroz. El volumen demandado es de 9,5 hm^3/año, lo que supone el 3,1 % de la aportación media anual.	

Arroyo Maldonado en la E. A. Maldonado Pte. R-9 (174)

Situado en la región sudeste de Uruguay, nace en el departamento de Maldonado, y desemboca en el océano Atlántico, al este de Punta del Este. Toda la cuenca de 364 km^2 está en Uruguay.

El río se encuentra poco alterado, contando con 5 aprovechamientos registrados en la cuenca, 4 pozos y 1 aprovechamiento de aguas superficiales para uso industrial.

El volumen demandado es de 0,2 hm^3/año, lo que supone el 0,12 % de la aportación media anual.

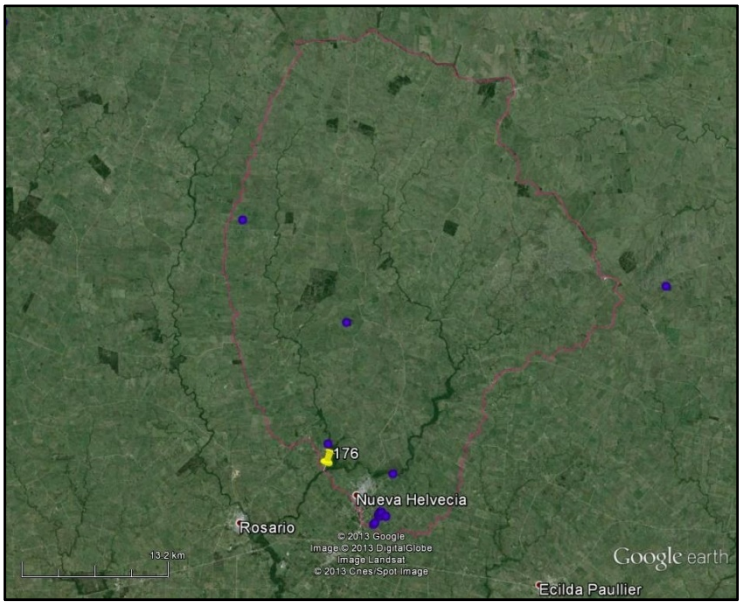


Río Rosario en la E. A. Picada Benítez (176)

Situ Afluente del río de la Planta, el río Rosario nace en Cuchilla Grande Inferior y recorre el departamento de Colonia. Toda su cuenca vertiente de 1.001 km^2 está en Uruguay.

El río tiene registrados 17 aprovechamientos en la cuenca, de los cuales 13 son pozos de uso industrial y los 4 restantes son aprovechamientos de aguas superficiales para riego y abastecimiento a población.

El volumen demandado es de 2,5 hm^3/año, lo que supone el 1,65 % de la aportación media anual.

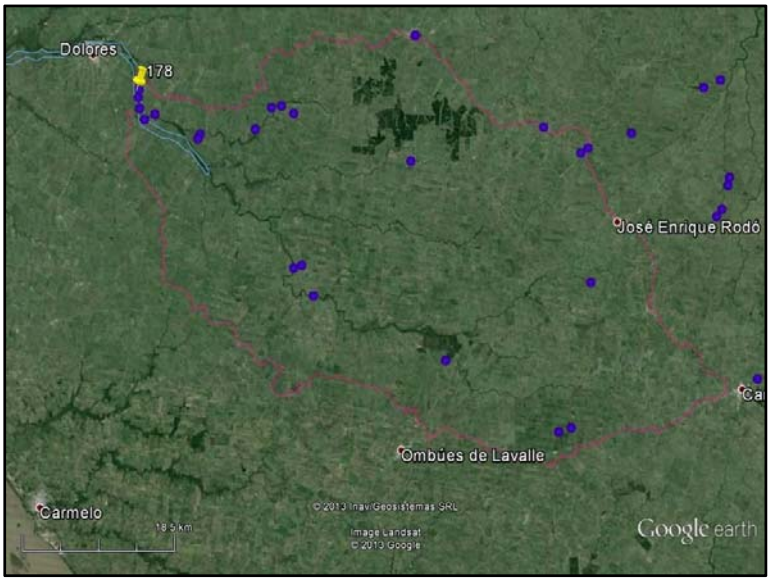


Río San Salvador en la E. A. Paso Ramos (178)

El río San Salvador es un afluente del río Uruguay, que nace en Cuchilla de San Salvador. La superficie de la cuenca vertiente es de 2.157 km^2, situada en Uruguay.

Cuenta con 21 aprovechamientos en la cuenca, distribuidos en 3 pozos y 18 aprovechamientos de aguas superficiales (riego de maíz y pasturas).

El volumen demandado es de 7,3 hm^3/año, lo que supone el 0,75 % de la aportación media anual.



6.4 CALIBRACIÓN INDIVIDUAL DEL MODELO HIDROLÓGICO EN CUENCAS AFORADAS

A partir de las series mensuales de precipitación y evapotranspiración areal en cada cuenca aforada, y utilizando las series de caudales registrados y restituidos a régimen natural, se procedió a calibrar el modelo Témez en cada una de las 51 estaciones previamente seleccionadas (ver Tabla 14). La técnica de calibración utilizada se ha basado en algoritmos genéticos[2] implementados en ambiente Matlab. Dichos algoritmos son usados en la calibración de modelos hidrológicos debido a su capacidad de encontrar el mínimo global dentro de la región de variación posible de los parámetros. La función objetivo utilizada ha sido la minimización de:

$$FO = \frac{\sum |QC(i) - QM(i)|}{\sum QM\,(i)}$$

donde:

QC(i) es el escurrimiento generado por el modelo para el mes *i*.

QM(i) es el escurrimiento medido en el mes *i*.

La calibración se ha realizado en cada cuenca con los 2/3 de los datos de caudales existentes y se verificó con el tercio restante. Los resultados de la calibración y verificación se presentan en la Tabla 15.

CUENCA	CÓDIGO	PARÁMETROS CALIBRADOS				FUNCIÓN OBJETIVO	
		H_{max}	C	I_{max}	ALFA	CALIBRACIÓN	VERIFICACIÓN
Treinta y Tres (R.8)	10.1	110	0,70	43	0,96	0,33	0,33
Picada de Corbo	14.0	80	0,82	73	0,96	0,39	0,38
Paso Averías	15.0	142	0,58	83	0,98	0,41	0,44
Pando Presa Nivelado	22.1	205	0,61	56	0,16	0,44	0,41
San Ramón	23.0	93	0,50	158	0,92	0,40	0,35
Fray Marcos	44.0	80	0,70	41	0,88	0,45	0,42

[2] "A Shuffled Complex Evolution Metropolis algorithm for optimization and uncertainty assessment of hydrologic model parameters". Jasper A. Vrugt, Hoshin V. Gupta, Willem Bouten, and Soroosh Sorooshian. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 39, NO. 8, 1201, doi:10.1029/2002WR001642, 2003

CUENCA	CÓDIGO	PARÁMETROS CALIBRADOS				FUNCIÓN OBJETIVO	
		H_{max}	C	I_{max}	ALFA	CALIBRACIÓN	VERIFICACIÓN
Lag. del Sauce (vert	45.0	87	0,91	162	0,98	0,51	0,48
San Carlos - Puente	46.1	92	0,77	38	0,94	0,40	0,41
Paso Cerro Cardozo	50.0	225	0,46	174	0,98	0,44	0,52
Paso Manuel Díaz	51.1	155	0,58	82	0,98	0,32	0,36
Paso del Borracho	52.0	129	0,88	96	0,97	0,37	0,37
Florida - Puente R.5	53.1	124	0,68	26	0,96	0,50	0,50
Picada de Coelho	55.1	108	0,85	36	0,93	0,41	0,43
Sarandí del Yí	57.0	219	0,42	73	0,94	0,42	0,55
Paso Pache (R.5 Viej	59.0	121	0,52	81	0,97	0,41	0,39
Po. de la Compañía	61.0	233	0,39	47	0,89	0,50	0,24
Po.de los Mellizos (	62.0	55	0,21	156	0,31	0,36	0,31
Paso Mazangano	64.0	222	0,53	154	0,99	0,48	0,58
Paso Aguiar	65.1	169	0,77	172	0,98	0,40	0,38
Paso de las Toscas	66.0	207	0,88	28	0,79	0,44	0,42
San José - Presa Usi	73.1	120	0,70	35	0,98	0,46	0,37
Paso de la Estiba	76.1	164	0,27	123	0,79	0,32	0,49
Paso Andrés Pérez	82.0	98	0,69	29	0,92	0,47	0,61
Artigas - Usina de B	84.0	87	0,90	24	0,98	0,31	0,31
Paso Carpintería	89.0	240	0,70	164	0,02	0,44	0,59
Paso Borches	96.0	149	0,83	24	0,96	0,39	0,34
Paso Dragón	97.0	140	0,88	53	0,96	0,41	0,34
Paso Centurión	100.0	141	0,54	66	0,95	0,39	0,90
Paso de las Piedras	107.0	142	0,86	109	0,97	0,32	0,37
Vergara	109.0	119	0,91	32	0,96	0,35	0,31
Paso Valdés	116.0	172	0,50	46	0,65	0,55	0,63
Paso Roldán	117.0	83	0,71	39	0,97	0,35	0,43
Paso de los Troncos	119.0	198	0,33	107	0,97	0,51	0,75
Ao. Mosquitos	120.0	243	0,89	169	0,02	0,61	0,54
Tacuarembó(Paso del	122.0	83	0,67	44	0,86	0,35	0,37
Paso Baltasar	123.0	141	0,62	40	0,97	0,37	0,49

CUENCA	CÓDIGO	PARÁMETROS CALIBRADOS				FUNCIÓN OBJETIVO	
		H_{max}	C	I_{max}	ALFA	CALIBRACIÓN	VERIFICACIÓN
Paso de Lugo	124.0	235	0,96	163	0,03	0,60	0,53
Durazno (Pte. Carret	125.1	122	0,68	57	0,98	0,44	0,50
Paso del Avestruz	128.0	123	0,78	40	0,88	0,36	0,50
Santa Lucia R-11	133.0	122	0,62	62	0,98	0,37	0,40
Paso Antolín	135.0	193	0,44	33	0,35	0,54	0,48
Dayman Pte. R-3	140.0	64	0,94	12	0,98	0,39	0,38
Queguay Pte. R-3	141.0	116	0,89	44	0,87	0,39	0,48
Po. de las Piedras (	142.0	204	0,54	53	0,33	0,45	0,40
Javier de Viana	155.0	238	0,42	71	0,19	0,53	0,68
Bequeló R-14 (Pte. v	163.0	132	0,94	34	0,10	0,51	0,39
Biasssini - Pte. R-4	171.0	118	0,64	16	0,92	0,46	0,39
Arapey Ch. Pte R-4	173.0	108	0,72	18	0,39	0,43	0,29
Maldonado Pte. R-9	174.0	79	0,65	121	0,98	0,38	0,45
Picada Benítez	176.0	222	0,43	154	0,24	0,53	0,55
Paso Ramos	178.0	94	0,71	38	0,81	0,56	0,49

Tabla 15. Parámetros obtenidos en la calibración individual y valores de la función objetivo

El comportamiento de la calibración individual en cada una de las 51 cuencas comparando los coeficientes de escorrentía medios (calculados como cocientes entre volúmenes de hidrogramas calculados o volúmenes de hidrogramas medidos y volúmenes de precipitación caída en la cuenca) para la calibración, verificación y simulación de la serie completa, figura en la Tabla 16.

CÓDIGO	NOMBRE	CALIBRACIÓN		VERIFICACIÓN		SERIE COMPLETA	
		CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO
10.1	Treinta y Tres (R.8)	0,44	0,38	0,44	0,44	0,44	0,40
14.0	Picada de Corbo	0,49	0,41	0,45	0,45	0,47	0,42
15.0	Paso Averías	0,33	0,32	0,41	0,40	0,36	0,35
22.1	Pando Presa Nivelado	0,21	0,23	0,12	0,19	0,18	0,22
23.0	San Ramón	0,38	0,34	0,51	0,47	0,42	0,39

CÓDIGO	NOMBRE	CALIBRACIÓN		VERIFICACIÓN		SERIE COMPLETA	
		CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO
44.0	Fray Marcos	0,48	0,38	0,34	0,43	0,43	0,40
45.0	Lag. del Sauce (vert	0,47	0,31	0,44	0,39	0,46	0,34
46.1	San Carlos - Puente	0,35	0,32	0,37	0,36	0,35	0,33
50.0	Paso Cerro Cardozo	0,30	0,33	0,29	0,39	0,30	0,35
51.1	Paso Manuel Díaz	0,41	0,37	0,40	0,42	0,41	0,39
52.0	Paso del Borracho	0,44	0,37	0,40	0,41	0,43	0,38
53.1	Florida - Puente R.5	0,34	0,29	0,31	0,40	0,33	0,33
55.1	Picada de Coelho	0,43	0,37	0,49	0,45	0,45	0,40
57.0	Sarandí del Yí	0,31	0,33	0,30	0,34	0,31	0,33
59.0	Paso Pache (R.5 Viej	0,31	0,32	0,36	0,42	0,32	0,35
61.0	Po. de la Compañía	0,23	0,26	0,26	0,24	0,24	0,25
62.0	Po.de los Mellizos (	0,54	0,44	0,51	0,53	0,53	0,47
64.0	Paso Mazangano	0,30	0,34	0,27	0,38	0,29	0,35
65.1	Paso Aguiar	0,36	0,37	0,39	0,39	0,37	0,38
66.0	Paso de las Toscas	0,32	0,34	0,40	0,37	0,34	0,35
73.1	San José - Presa Usi	0,33	0,27	0,39	0,35	0,35	0,30
76.1	Paso de la Estiba	0,40	0,40	0,34	0,34	0,38	0,38
82.0	Paso Andrés Pérez	0,48	0,35	0,47	0,22	0,48	0,31
84.0	Artigas - Usina de B	0,47	0,40	0,46	0,42	0,47	0,41
89.0	Paso Carpintería	0,32	0,41	0,31	0,44	0,32	0,41
96.0	Paso Borches	0,41	0,36	0,38	0,40	0,40	0,37
97.0	Paso Dragón	0,42	0,38	0,39	0,38	0,41	0,38
100.0	Paso Centurión	0,34	0,36	0,27	0,46	0,32	0,40
107.0	Paso de las Piedras	0,43	0,37	0,43	0,42	0,43	0,38
109.0	Vergara	0,55	0,38	0,77	0,39	0,62	0,39
116.0	Paso Valdés	0,25	0,21	0,26	0,34	0,26	0,26
117.0	Paso Roldán	0,39	0,35	0,56	0,43	0,45	0,38
119.0	Paso de los Troncos	0,25	0,27	0,24	0,39	0,25	0,32
120.0	Ao. Mosquitos	0,09	0,18	0,08	0,26	0,09	0,21
122.0	Tacuarembó(Paso del	0,50	0,41	0,70	0,50	0,57	0,44

CÓDIGO	NOMBRE	CALIBRACIÓN		VERIFICACIÓN		SERIE COMPLETA	
		CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO
123.0	Paso Baltasar	0,41	0,36	0,44	0,45	0,42	0,39
124.0	Paso de Lugo	0,17	0,18	0,18	0,27	0,17	0,21
125.1	Durazno (Pte. Carret	0,33	0,29	0,37	0,43	0,34	0,34
128.0	Paso del Avestruz	0,36	0,33	0,36	0,35	0,36	0,34
133.0	Santa Lucia R-11	0,30	0,29	0,36	0,42	0,32	0,34
135.0	Paso Antolín	0,20	0,20	0,31	0,24	0,24	0,21
140.0	Dayman Pte. R-3	0,67	0,36	0,52	0,37	0,62	0,36
141.0	Queguay Pte. R-3	0,34	0,28	0,41	0,27	0,36	0,28
142.0	Po. de las Piedras (	0,25	0,23	0,28	0,30	0,26	0,25
155.0	Javier de Viana	0,28	0,32	0,25	0,36	0,27	0,34
163.0	Bequeló R-14 (Pte. v	0,27	0,23	0,32	0,31	0,29	0,26
171.0	Biasssini - Pte. R-4	0,36	0,38	0,26	0,30	0,33	0,35
173.0	Arapey Ch. Pte R-4	0,43	0,40	0,36	0,33	0,41	0,38
174.0	Maldonado Pte. R-9	0,39	0,38	0,45	0,40	0,41	0,38
176.0	Picada Benítez	0,13	0,09	0,17	0,19	0,14	0,13
178.0	Paso Ramos	0,37	0,27	0,36	0,36	0,37	0,30

Tabla 16. Comparación entre los valores de la función objetivo en la calibración, validación y serie completa

Las diferencias no son muy elevadas, lo que es indicativo de una buena representatividad de los períodos de calibración y validación. En 20 cuencas el coeficiente de escorrentía obtenido mediante simulación es igual o superior al obtenido por aforo en estación, siendo inferior en las 31 cuencas aforadas restantes.

Un análisis de los resultados de esta tabla indica que el coeficiente de escorrentía obtenido por simulación de la serie completa de años de cada estación varía entre 0,09 para la estación 120.0 (Ao. Mosquito) y 0,62 para la estación 140.0 (Dayman Pte. R-3). Se ha considerado adecuado emplear un criterio objetivo de eliminar aquellas estaciones con valores extremos altos y bajos de este parámetros del proceso de calibración, adoptando como tales aquellos que se encuentran fuera del intervalo [0,25-0,55]. A continuación se revisaron una a una las estaciones que se consideran de baja confiabilidad relacionadas en la Tabla 5. De las 8 estaciones relacionadas 5 presentan valores de escorrentía fuera del intervalo adoptado como válido. Tras un análisis de las 3 restantes con técnicos del servicio

hidrológico se opta por prescindir de las tres. Las estaciones que se eliminan son las 12 incluidas en la Tabla 17, quedando 39 estaciones válidas para la calibración regional.

CÓD.	NOMBRE	CALIBRACIÓN		VERIFICACIÓN		SERIE COMPLETA	
		CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO	CALCULADO	MEDIDO
22.1	Pando Presa Nivelado	0,21	0,23	0,12	0,19	0,18	0,22
57.0	Sarandí del Yí	0,31	0,33	0,30	0,34	0,31	0,33
61.0	Po. de la Compañía	0,23	0,26	0,26	0,24	0,24	0,25
89.0	Paso Carpintería	0,32	0,41	0,31	0,44	0,32	0,41
109.0	Vergara	0,55	0,38	0,77	0,39	0,62	0,39
116.0	Paso Valdés	0,25	0,21	0,26	0,34	0,26	0,26
120.0	Ao. Mosquitos	0,09	0,18	0,08	0,26	0,09	0,21
122.0	Tacuarembó(Paso del	0,50	0,41	0,70	0,50	0,57	0,44
124.0	Paso de Lugo	0,17	0,18	0,18	0,27	0,17	0,21
135.0	Paso Antolín	0,20	0,20	0,31	0,24	0,24	0,21
140.0	Dayman Pte. R-3	0,67	0,36	0,52	0,37	0,62	0,36
176.0	Picada Benítez	0,13	0,09	0,17	0,19	0,14	0,13

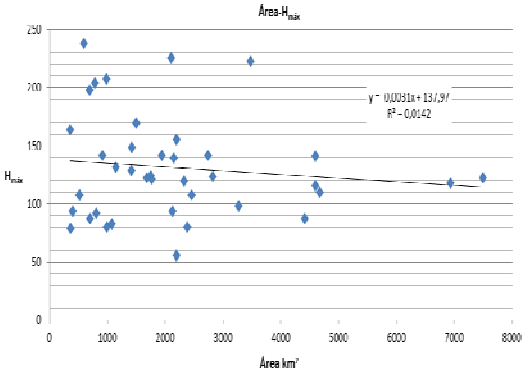
Tabla 17. Estaciones que se excluyen en el proceso de calibración regional del modelo hidrológico

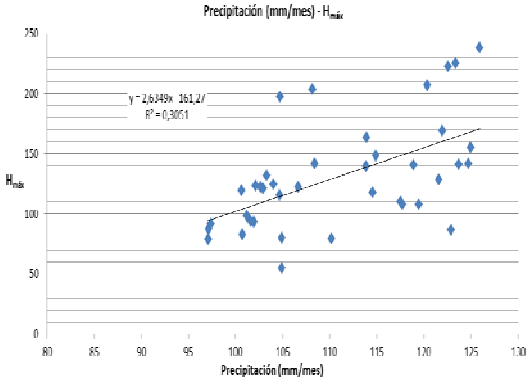
6.5 RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS CALIBRADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS

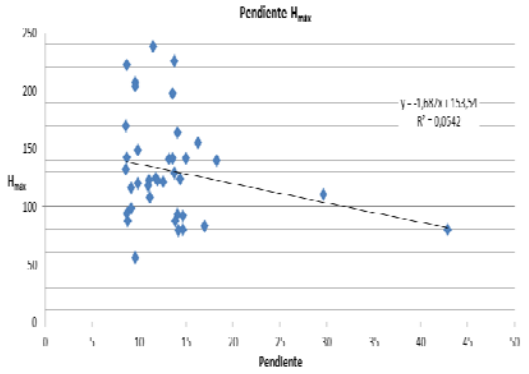
En el Gráfico 8 se presentan, para las 39 cuencas validadas, las relaciones entre los parámetros calibrados y las características de las cuencas aforadas.

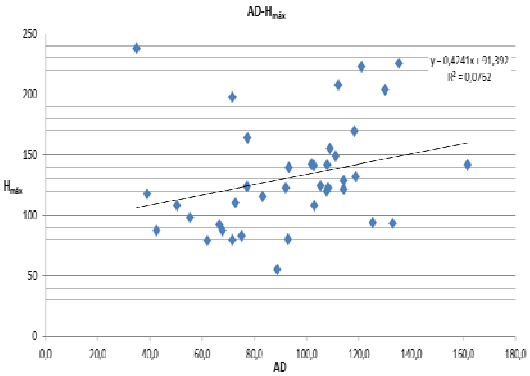
En el análisis de los distintos gráficos no se observa buena correlación entre los parámetros calibrados y las características físicas de las cuencas. H_{max} es el parámetro con mayor significado físico del modelo ya que en él influye la textura, pendiente del terreno y espesor de la capa en la que tiene lugar la evapotranspiración, por lo que se relacionará con el valor del Agua Disponible de las Tierras del Uruguay (AD).

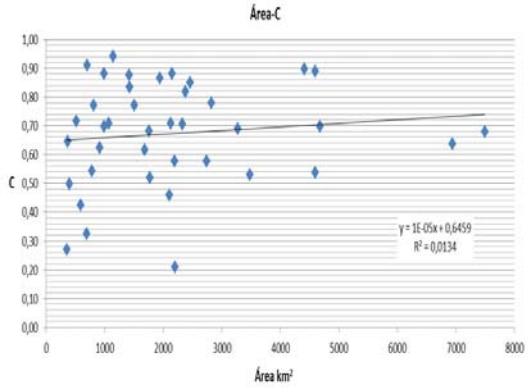
Se opta por realizar una calibración regional que permita simular el modelo hidrológico en las cuencas sin aforar utilizando los valores de los parámetros calculados mediante este procedimiento.

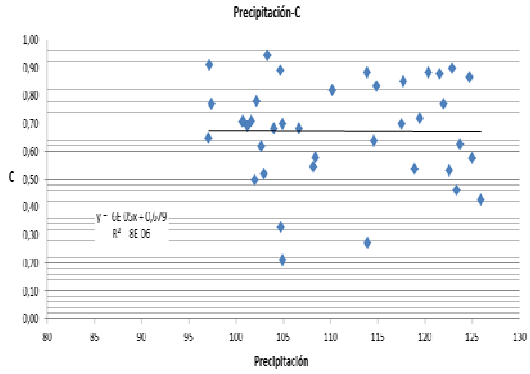

Área-Hmáx
y = 0,0051x + 137,97
R² = 0,0142
Hmáx
Área km²

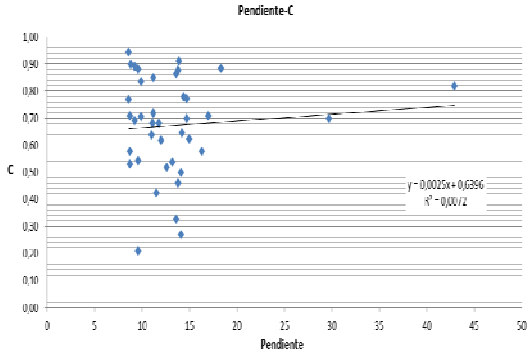

Precipitación (mm/mes) - Hmáx
y = 2,6349x - 161,27
R² = 0,3051
Hmáx
Precipitación (mm/mes)

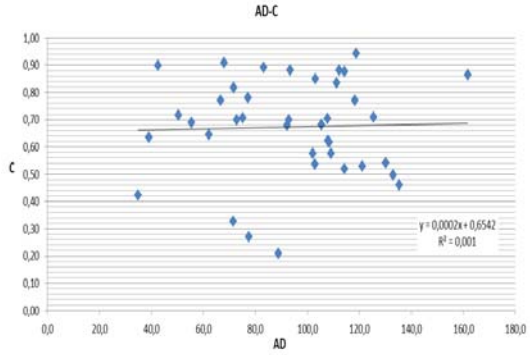

Pendiente-Hmáx
y = -1,867x + 154,51
R² = 0,0542
Hmáx
Pendiente


AD-Hmáx
y = 0,4741x + 91,393
R² = 0,0752
Hmáx
AD


Área-C
y = 1E-05x + 0,6459
R² = 0,0134
C
Área km²


Precipitación-C
y = -4E-05x + 0,6479
R² = 8E-06
C
Precipitación


Pendiente-C
y = 0,0025x + 0,6396
R² = 0,0072
C
Pendiente


AD-C
y = 0,0002x + 0,6542
R² = 0,001
C
AD

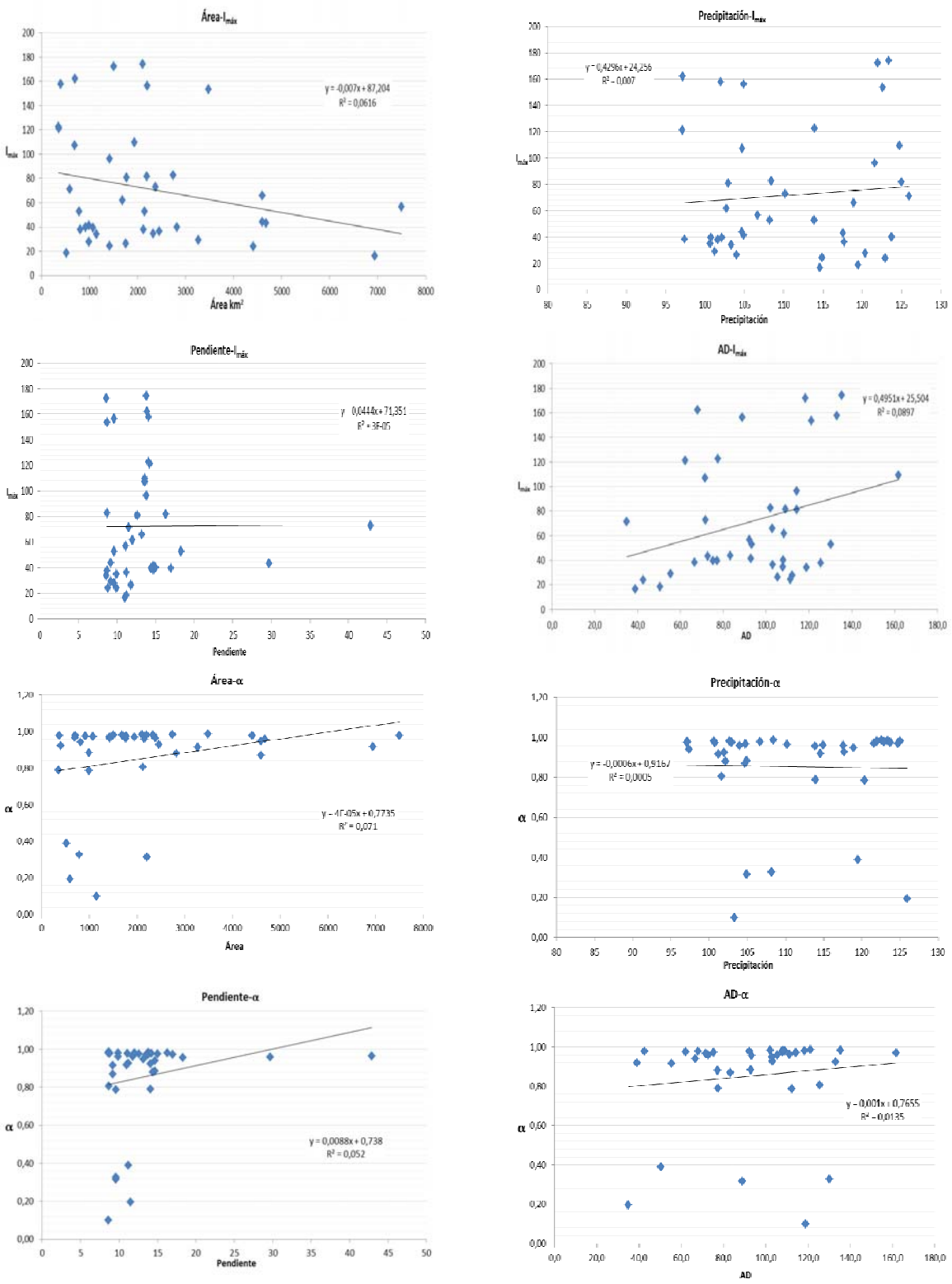


Gráfico 8. Relación entre los parámetros calibrados y las características de las cuencas

6.6 CALIBRACIÓN REGIONAL DEL MODELO HIDROLÓGICO EN CUENCAS AFORADAS

En función de las relaciones analizadas en el apartado anterior y representadas en el Gráfico 8 y de las sensibilidades del modelo a la variación de los parámetros y el clima de Uruguay, se opta por realizar una calibración regional de la siguiente forma:

- Para todas las cuencas se utiliza el mismo valor de los parámetros *C*, I_{max} y *alfa*.
- Para cada cuenca se simula el modelo con un valor de agua disponible calculado como:

$$Hmax = A \cdot AD$$

  donde A es un parámetro, que sirve para relacionar la H_{max} con el Agua Disponible[3] de cada cuenca.

De esta forma la calibración consiste en determinar los valores de *A, C,* I_{max} y *alfa* tales que hacen mínima la función objetivo (sumatoria de la función objetivo de cada cuenca):

$$FOregional = \sum FO(i)$$

donde *FO(i)* es la misma función objetivo utilizada en la calibración individual de la cuenca *i*.

El valor de AD se calcula a partir del Mapa de Agua Disponible en las tierras de Uruguay a escala 1:1.000.000 del MGAP.

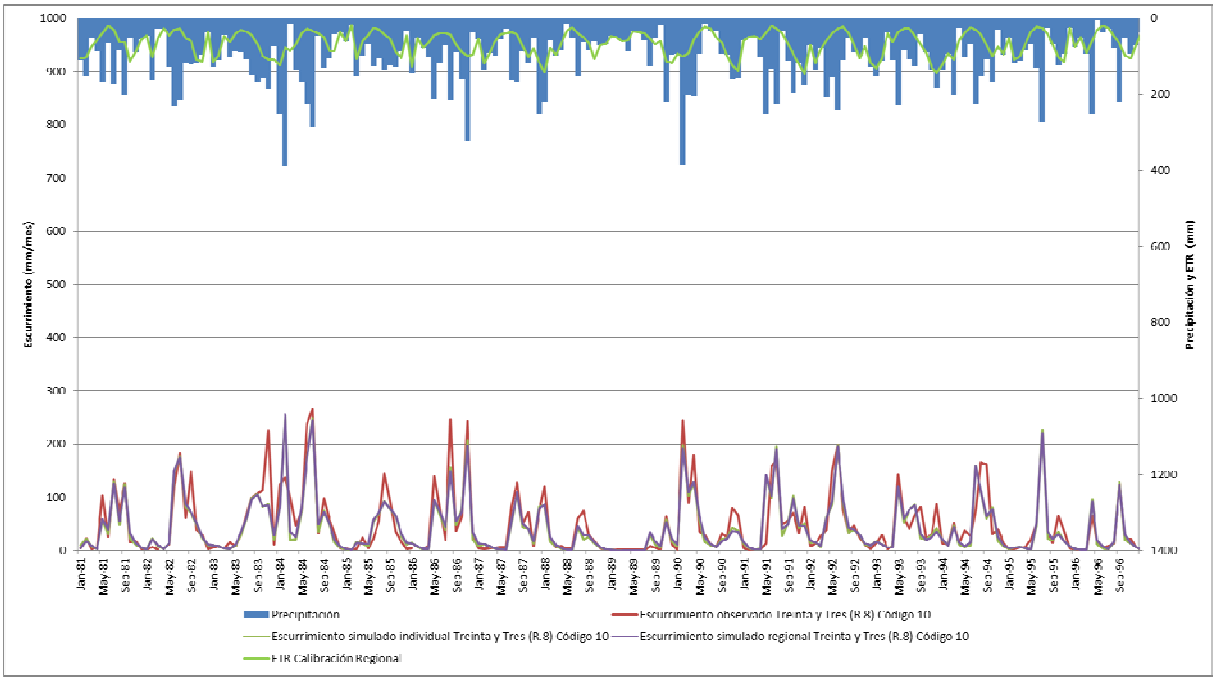
En el Apéndice 2 se han incluido los gráficos obtenidos mediante simulación regional en cada cuenca aforada. En el gráfico se han incluido los valores de la precipitación areal sobre la cuenca, la ETR, la escorrentía equivalente al caudal aforado restituido a régimen natural y las escorrentías obtenidas en los procesos de calibración, tanto de manera individual como regional.

---

[3] MGAP, Dirección de Suelos y Aguas (1976); "Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000".

Agua Disponible de las Tierras del Uruguay, Segunda Aproximación. División Suelos y Aguas, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. J.H. Molfino; A. Califra. Mayo, 2001.

A modo de ejemplo se incluye el Gráfico 9 correspondiente a la cuenca de la Estación de Aforo “10.1 del río Olimar Grande en Treinta y Tres (R-8)”.



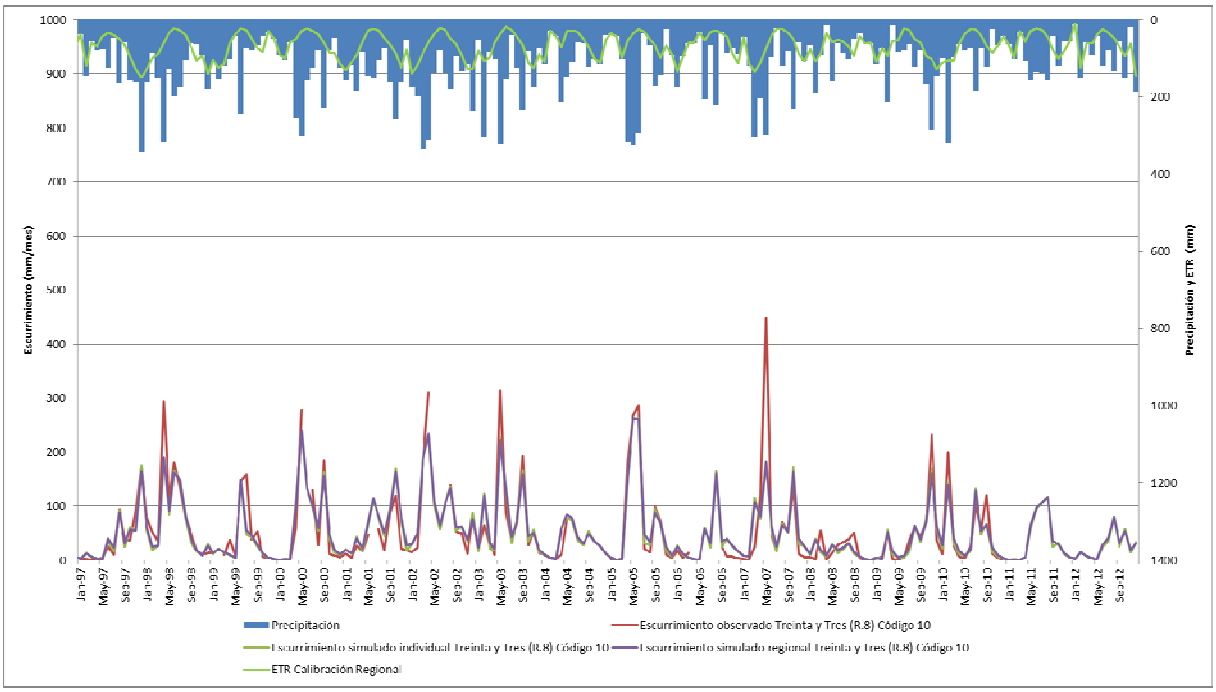


Gráfico 9. Calibración de la cuenca de la estación de aforo 10.1 del río Olimar Grande en Treinta y Tres

6.7 SIMULACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO EN LAS CUENCAS NIVEL 3

Una vez calibrado y validado el modelo hidrológico en las cuencas aforadas de manera regional se ha procedido a simular el modelo hidrológico de cada cuenca de nivel 3 partiendo de los datos calculados en etapas anteriores. Estos datos han sido:

- Series mensuales de precipitación y ETP areales para el período 1981- 2012.
- Superficie de cada cuenca.
- Valores obtenidos en el proceso de calibración regional para los parámetros siguientes:
  - C= 0,94
  - I_{max}= 91
  - Alfa= 0,99.
- Valores calculados de H_{max} para cada cuenca a partir del coeficiente A obtenido en el proceso de calibración regional y el Mapa de AD de Uruguay.

Los resultados que se obtienen corresponden a la series mensuales de caudales de escorrentía que se producen en la salida de cada cuenca y las de ETR.

7 BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL

La información con las series mensuales de aportaciones para todo el período 1981-2012 en cada cuenca de nivel 3 se entrega en formato digital. Un resumen de los valores medios mensuales para cada cuenca figura en los cuadros del Balance incluidos en el Apéndice 3.

Estos valores medios de las cuencas de nivel 3 se han agregado a cuencas de nivel 2, nivel 1 y país, ponderando por áreas cada cuenca integrante.

A continuación se resumen los resultados medios obtenidos en las cuencas de nivel 2, en las de nivel 1 y en todo el país.

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
10	8.228	Precipitación (mm)	142,5	148,0	137,7	172,5	122,5	90,7	73,1	66,1	109,6	142,1	139,7	125,0	1.469,5
		ETP (mm)	173,2	128,9	114,8	68,5	43,5	28,6	33,4	54,3	75,8	110,1	138,7	166,2	1.136,0
		ETR (mm)	111,3	99,2	95,7	64,3	42,6	28,6	33,4	54,1	75,0	109,0	115,9	107,8	937,0
		Escorrentía (mm)	34,5	32,5	35,6	69,3	58,4	47,7	42,5	30,7	42,1	50,4	51,8	34,7	530,3
		Aportación (m³/s)	105,9	110,6	109,2	220,1	179,4	151,3	130,7	94,4	133,8	154,8	164,6	106,6	138,4
		Q específico (l/s-km²)	12,9	13,4	13,3	26,8	21,8	18,4	15,9	11,5	16,3	18,8	20,0	13,0	16,8
		Aportación total (hm³)	283,6	267,4	292,6	570,6	480,6	392,2	349,9	252,7	346,8	414,6	426,6	285,4	4.363,2
11	2.586	Precipitación (mm)	146,9	142,1	136,9	174,8	111,8	88,5	59,8	62,2	98,6	145,7	143,9	132,6	1.443,7
		ETP (mm)	179,9	133,9	118,8	70,0	44,2	29,1	34,7	57,0	80,4	115,7	144,5	173,5	1.181,7
		ETR (mm)	116,1	102,4	101,0	66,1	43,2	29,1	34,7	56,3	78,7	114,2	123,9	115,2	980,8
		Escorrentía (mm)	37,3	23,4	28,4	64,0	48,8	45,5	31,1	23,7	31,0	46,5	46,5	34,0	460,2
		Aportación (m³/s)	36,0	25,1	27,4	63,8	47,1	45,4	30,0	22,9	30,9	44,9	46,4	32,8	37,7
		Q específico (l/s-km²)	13,9	9,7	10,6	24,7	18,2	17,6	11,6	8,9	12,0	17,3	17,9	12,7	14,6
		Aportación total (hm³)	96,5	60,6	73,4	165,5	126,1	117,8	80,4	61,4	80,2	120,1	120,3	87,8	1.190,0
12	2.155	Precipitación (mm)	130,0	143,3	136,2	166,1	115,2	94,0	63,0	67,6	96,0	141,0	130,3	116,7	1.399,4
		ETP (mm)	176,3	131,2	116,7	69,2	43,8	28,8	34,0	55,5	77,9	112,8	141,5	169,5	1.157,3
		ETR (mm)	104,9	91,3	92,9	64,7	42,8	28,8	33,7	54,7	75,7	106,7	110,8	98,1	905,0
		Escorrentía (mm)	27,2	35,9	39,4	67,4	55,4	52,6	34,5	27,6	35,7	46,1	40,8	31,0	493,6
		Aportación (m³/s)	21,9	32,0	31,7	56,1	44,6	43,7	27,8	22,2	29,7	37,1	33,9	24,9	33,7
		Q específico (l/s-km²)	10,1	14,8	14,7	26,0	20,7	20,3	12,9	10,3	13,8	17,2	15,7	11,6	15,7
		Aportación total (hm³)	58,5	77,3	84,8	145,3	119,3	113,4	74,4	59,5	77,0	99,3	88,0	66,8	1.063,7
13	9.711	Precipitación (mm)	121,4	142,0	130,9	156,7	119,4	95,7	68,0	69,2	96,2	132,0	121,9	114,5	1.368,0
		ETP (mm)	172,8	128,6	114,5	68,5	43,4	28,5	33,3	54,1	75,4	109,7	138,4	165,8	1.133,1
		ETR (mm)	105,2	93,0	94,8	63,3	42,2	28,4	33,1	53,8	74,6	106,4	113,4	100,4	908,7
		Escorrentía (mm)	21,7	29,8	30,6	55,6	56,6	51,8	37,7	29,2	35,6	44,7	36,2	28,8	458,2
		Aportación (m³/s)	78,6	119,6	110,8	208,3	205,4	194,1	136,6	105,8	133,4	162,0	135,5	104,4	141,1
		Q específico (l/s-km²)	8,1	12,3	11,4	21,5	21,1	20,0	14,1	10,9	13,7	16,7	14,0	10,8	14,5
		Aportación total (hm³)	210,6	289,4	296,8	540,0	550,0	503,1	365,9	283,4	345,8	433,9	351,3	279,7	4.449,8
14	1.633	Precipitación (mm)	123,7	142,4	147,3	155,9	104,6	81,6	48,8	60,1	87,8	145,5	127,4	118,8	1.343,9
		ETP (mm)	181,8	135,3	120,1	70,4	44,4	29,2	35,1	57,8	81,8	117,4	146,1	175,4	1.194,7
		ETR (mm)	108,1	98,4	101,2	66,2	43,5	29,0	33,7	56,6	78,3	112,9	122,6	105,6	956,2
		Escorrentía (mm)	22,6	25,4	33,2	48,3	47,3	39,0	21,4	17,9	23,6	46,3	31,8	28,3	385,1
		Aportación (m³/s)	13,8	17,1	20,2	30,4	28,8	24,6	13,0	10,9	14,9	28,3	20,0	17,3	19,9
		Q específico (l/s-km²)	8,4	10,5	12,4	18,6	17,7	15,0	8,0	6,7	9,1	17,3	12,3	10,6	12,2
		Aportación total (hm³)	36,9	41,5	54,2	78,8	77,3	63,7	34,9	29,3	38,6	75,7	51,9	46,3	628,9
15	3.420	Precipitación (mm)	117,8	138,8	133,0	152,0	107,0	82,5	60,3	63,7	85,3	127,8	122,9	117,8	1.308,8
		ETP (mm)	179,0	133,2	118,2	69,8	44,0	29,0	34,5	56,5	79,6	114,8	143,6	172,4	1.174,5
		ETR (mm)	101,0	94,4	97,9	64,3	42,9	28,9	34,0	55,7	76,8	105,0	109,9	96,2	907,0
		Escorrentía (mm)	21,2	31,0	29,2	49,5	50,1	42,2	29,9	23,6	27,0	38,0	31,4	27,1	400,3
		Aportación (m³/s)	27,1	43,8	37,3	65,4	64,0	55,6	38,2	30,2	35,7	48,5	41,4	34,7	43,4
		Q específico (l/s-km²)	7,9	12,8	10,9	19,1	18,7	16,3	11,2	8,8	10,4	14,2	12,1	10,1	12,7
		Aportación total (hm³)	72,6	105,9	100,0	169,4	171,5	144,2	102,3	80,8	92,5	129,9	107,4	92,8	1.369,1

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
16	1.717	Precipitación (mm)	124,4	145,0	141,7	157,6	107,3	73,2	64,8	73,3	83,2	134,7	133,5	128,5	1.367,2
		ETP (mm)	180,6	134,5	119,1	70,1	44,1	29,1	34,7	57,1	80,7	116,0	144,9	174,0	1.184,9
		ETR (mm)	110,6	95,0	102,1	65,8	43,7	29,0	34,6	56,3	78,8	112,4	121,2	110,0	959,6
		Escorrentía (mm)	20,5	35,3	28,8	46,2	48,4	34,7	30,8	27,2	28,0	38,8	37,8	28,5	404,9
		Aportación (m³/s)	13,1	25,0	18,5	30,6	31,0	23,0	19,7	17,4	18,5	24,9	25,1	18,3	22,0
		Q específico (l/s-km²)	7,7	14,6	10,8	17,8	18,1	13,4	11,5	10,1	10,8	14,5	14,6	10,6	12,8
		Aportación total (hm³)	35,2	60,6	49,5	79,3	83,1	59,6	52,9	46,7	48,0	66,6	65,0	48,9	695,2
17	8.560	Precipitación (mm)	109,6	138,1	119,0	140,8	109,9	79,9	72,7	66,7	81,9	112,0	117,5	113,3	1.261,5
		ETP (mm)	174,3	130,0	114,9	68,7	43,3	28,4	33,4	54,3	76,0	110,2	139,2	167,2	1.140,0
		ETR (mm)	98,0	90,6	91,2	62,1	42,0	27,9	33,2	53,8	73,5	97,7	105,9	96,2	872,1
		Escorrentía (mm)	17,2	34,8	24,0	42,4	48,3	41,0	37,7	27,5	28,0	31,7	30,4	24,9	387,9
		Aportación (m³/s)	55,0	123,0	76,6	139,9	154,3	135,5	120,5	88,0	92,4	101,3	100,4	79,6	105,3
		Q específico (l/s-km²)	6,4	14,4	8,9	16,3	18,0	15,8	14,1	10,3	10,8	11,8	11,7	9,3	12,3
		Aportación total (hm³)	147,2	297,6	205,1	362,7	413,4	351,3	322,7	235,8	239,5	271,3	260,2	213,3	3.320,1
18	3.740	Precipitación (mm)	118,9	148,1	130,9	136,8	100,1	71,8	64,0	67,1	74,7	126,9	115,7	117,5	1.272,6
		ETP (mm)	178,2	133,5	116,1	69,3	43,2	28,5	33,8	54,8	77,8	112,1	141,9	171,3	1.160,6
		ETR (mm)	116,0	97,1	98,4	65,9	40,9	27,0	33,5	54,8	77,4	107,7	125,0	118,0	961,7
		Escorrentía (mm)	12,9	30,7	20,8	28,7	33,0	29,1	26,3	26,0	21,4	33,7	24,8	20,3	307,9
		Aportación (m³/s)	18,1	47,5	29,0	41,4	46,1	42,1	36,7	36,3	30,9	47,1	35,8	28,3	36,5
		Q específico (l/s-km²)	4,8	12,7	7,7	11,1	12,3	11,2	9,8	9,7	8,3	12,6	9,6	7,6	9,8
		Aportación total (hm³)	48,4	114,9	77,6	107,4	123,6	109,0	98,4	97,2	80,1	126,2	92,9	75,9	1.151,4
19	3.642	Precipitación (mm)	112,7	132,5	135,8	107,0	93,4	69,7	67,8	75,7	79,4	136,7	104,8	103,9	1.219,4
		ETP (mm)	179,3	134,9	113,4	68,7	41,9	28,0	33,1	52,6	76,2	109,1	141,1	172,7	1.151,2
		ETR (mm)	111,2	100,8	92,0	65,2	40,1	27,3	33,1	52,5	74,5	104,1	116,9	109,9	927,6
		Escorrentía (mm)	9,2	18,6	24,7	14,0	26,3	24,7	24,9	29,6	26,5	45,0	27,4	18,3	289,2
		Aportación (m³/s)	12,4	28,0	33,6	19,7	35,8	34,7	33,8	40,2	37,3	61,2	38,5	24,9	33,4
		Q específico (l/s-km²)	3,4	7,7	9,2	5,4	9,8	9,5	9,3	11,0	10,2	16,8	10,6	6,8	9,2
		Aportación total (hm³)	33,3	67,8	90,0	51,0	95,9	89,9	90,5	107,7	96,6	164,0	99,8	66,6	1.053,2
20	1.522	Precipitación (mm)	101,0	120,4	129,3	97,1	80,8	63,8	63,4	70,8	74,3	122,5	103,1	97,2	1.123,6
		ETP (mm)	179,6	135,4	113,7	69,2	42,2	28,4	33,4	52,9	76,5	109,3	141,3	173,0	1.155,2
		ETR (mm)	109,8	93,5	87,2	65,1	40,9	28,3	32,6	52,7	74,1	106,5	123,1	112,6	926,2
		Escorrentía (mm)	5,5	9,6	22,1	8,0	12,5	13,4	16,4	20,5	19,1	30,5	22,2	14,7	194,4
		Aportación (m³/s)	3,1	6,1	12,6	4,7	7,1	7,8	9,3	11,6	11,2	17,3	13,0	8,3	9,4
		Q específico (l/s-km²)	2,0	4,0	8,3	3,1	4,7	5,2	6,1	7,6	7,4	11,4	8,6	5,5	6,2
		Aportación total (hm³)	8,3	14,7	33,7	12,2	19,0	20,3	25,0	31,1	29,1	46,5	33,8	22,3	295,9
21	1.572	Precipitación (mm)	99,4	122,2	130,2	96,5	84,2	68,7	63,3	72,2	77,4	122,4	105,7	98,6	1.140,8
		ETP (mm)	179,9	135,9	114,0	69,6	42,6	28,7	33,7	53,2	76,9	109,5	141,6	173,4	1.159,0
		ETR (mm)	105,5	93,7	89,4	64,7	41,5	28,0	32,9	52,6	74,1	106,1	119,6	109,8	918,0
		Escorrentía (mm)	5,9	10,4	22,4	10,6	16,4	18,1	19,1	22,8	22,0	33,6	24,3	14,6	220,2
		Aportación (m³/s)	3,5	6,8	13,1	6,5	9,6	11,0	11,2	13,4	13,3	19,7	14,7	8,6	11,0
		Q específico (l/s-km²)	2,2	4,3	8,4	4,1	6,1	7,0	7,1	8,5	8,5	12,5	9,4	5,5	7,0
		Aportación total (hm³)	9,3	16,4	35,2	16,7	25,7	28,5	30,0	35,9	34,5	52,8	38,2	23,0	346,2

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
22	926	Precipitación (mm)	96,1	121,8	129,1	96,6	85,6	71,9	63,2	73,1	77,2	117,0	109,6	104,6	1.145,7
		ETP (mm)	179,9	136,0	114,2	69,8	42,7	28,9	33,9	53,4	77,0	109,6	141,7	173,5	1.160,5
		ETR (mm)	107,4	91,5	90,3	64,2	42,6	27,7	33,4	52,1	74,1	106,8	123,0	118,3	931,6
		Escorrentía (mm)	5,5	8,8	18,6	11,7	16,9	18,0	17,8	21,8	20,7	31,9	24,2	15,8	211,6
		Aportación (m³/s)	1,9	3,4	6,4	4,2	5,8	6,4	6,2	7,5	7,4	11,0	8,6	5,5	6,2
		Q específico (l/s-km²)	2,1	3,6	7,0	4,5	6,3	6,9	6,6	8,1	8,0	11,9	9,3	5,9	6,7
		Aportación total (hm³)	5,1	8,1	17,3	10,9	15,6	16,7	16,5	20,1	19,1	29,5	22,4	14,6	196,0
23	1.851	Precipitación (mm)	103,0	115,4	128,3	101,1	94,7	79,4	72,9	83,6	83,4	126,3	104,4	100,1	1.192,7
		ETP (mm)	178,7	134,6	112,8	68,5	41,7	28,0	32,9	52,1	75,6	108,3	140,4	172,1	1.145,7
		ETR (mm)	102,6	92,4	89,1	62,7	40,8	26,7	32,9	52,0	74,2	103,8	114,6	101,6	893,5
		Escorrentía (mm)	8,1	10,3	21,6	14,2	24,4	24,9	30,4	33,8	30,2	41,4	24,6	16,3	280,2
		Aportación (m³/s)	5,6	7,9	14,9	10,1	16,8	17,8	21,0	23,4	21,6	28,6	17,5	11,3	16,4
		Q específico (l/s-km²)	3,0	4,3	8,1	5,5	9,1	9,6	11,3	12,6	11,7	15,5	9,5	6,1	8,9
		Aportación total (hm³)	15,0	19,1	40,0	26,2	45,1	46,2	56,2	62,6	55,9	76,6	45,5	30,2	518,6
24	1.851	Precipitación (mm)	101,3	110,0	129,5	105,1	94,0	86,7	76,2	85,4	83,9	126,2	104,8	95,4	1.198,3
		ETP (mm)	175,8	130,9	108,8	64,6	38,5	25,1	30,0	48,3	71,7	104,6	137,0	168,4	1.103,7
		ETR (mm)	106,1	92,1	87,8	60,1	38,0	24,2	30,0	48,3	71,2	103,5	122,3	110,7	894,1
		Escorrentía (mm)	8,3	7,6	18,1	14,4	26,1	29,2	35,0	38,2	35,0	45,3	27,4	17,1	301,7
		Aportación (m³/s)	5,7	5,8	12,5	10,3	18,1	20,8	24,2	26,4	25,0	31,3	19,5	11,8	17,7
		Q específico (l/s-km²)	3,1	3,2	6,8	5,6	9,8	11,3	13,0	14,3	13,5	16,9	10,6	6,4	9,6
		Aportación total (hm³)	15,4	14,1	33,6	26,6	48,4	54,0	64,7	70,8	64,7	83,8	50,6	31,6	558,4
26	1.377	Precipitación (mm)	92,3	101,4	114,9	107,9	90,6	95,6	81,9	87,1	85,6	114,8	103,0	84,0	1.159,0
		ETP (mm)	173,5	127,6	105,2	61,1	35,6	22,4	27,3	44,8	68,2	101,3	134,2	165,4	1.066,6
		ETR (mm)	92,0	90,4	83,2	56,5	35,3	21,4	27,3	44,8	68,2	101,3	117,5	102,0	840,0
		Escorrentía (mm)	7,5	5,7	16,8	14,8	25,0	36,9	43,9	45,6	38,6	42,1	27,2	14,1	318,3
		Aportación (m³/s)	3,8	3,2	8,6	7,9	12,9	19,6	22,6	23,4	20,5	21,7	14,5	7,3	13,9
		Q específico (l/s-km²)	2,8	2,3	6,3	5,7	9,3	14,2	16,4	17,0	14,9	15,7	10,5	5,3	10,1
		Aportación total (hm³)	10,3	7,8	23,2	20,4	34,5	50,8	60,5	62,8	53,1	58,0	37,5	19,4	438,3
27	799	Precipitación (mm)	90,8	104,8	115,5	102,8	94,0	99,3	87,5	92,2	88,2	117,4	101,6	85,8	1.179,8
		ETP (mm)	172,7	127,4	105,5	61,7	36,2	23,0	27,8	45,2	68,4	101,4	133,9	164,8	1.068,0
		ETR (mm)	87,7	87,6	86,2	57,5	35,8	22,2	27,8	45,2	68,4	98,8	107,9	89,2	814,4
		Escorrentía (mm)	8,3	9,3	20,5	17,1	29,5	44,6	50,9	53,9	41,6	45,8	27,2	15,9	364,6
		Aportación (m³/s)	2,5	3,1	6,1	5,3	8,8	13,7	15,2	16,1	12,8	13,7	8,4	4,8	9,2
		Q específico (l/s-km²)	3,1	3,8	7,7	6,6	11,0	17,2	19,0	20,1	16,0	17,1	10,5	6,0	11,6
		Aportación total (hm³)	6,6	7,4	16,4	13,7	23,6	35,6	40,7	43,1	33,2	36,6	21,7	12,7	291,3
28	1.338	Precipitación (mm)	86,1	105,5	114,5	96,9	97,8	105,7	96,9	101,0	91,3	118,2	99,4	88,1	1.201,5
		ETP (mm)	171,3	126,8	105,7	62,3	36,9	23,7	28,3	45,6	68,4	101,2	133,3	163,6	1.067,3
		ETR (mm)	85,2	83,4	86,0	59,9	36,2	23,2	28,3	45,6	68,4	97,5	104,3	87,0	805,1
		Escorrentía (mm)	7,5	12,0	20,7	15,4	30,0	49,3	59,1	62,8	44,5	48,5	27,9	17,6	395,3
		Aportación (m³/s)	3,7	6,6	10,3	8,0	15,0	25,4	29,5	31,4	23,0	24,2	14,4	8,8	16,8
		Q específico (l/s-km²)	2,8	5,0	7,7	6,0	11,2	19,0	22,1	23,4	17,2	18,1	10,8	6,6	12,5
		Aportación total (hm³)	10,0	16,1	27,7	20,7	40,1	65,9	79,1	84,0	59,6	64,8	37,4	23,6	529,0

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
29	907	Precipitación (mm)	80,7	98,1	108,1	96,1	94,8	104,8	99,9	96,5	87,9	110,6	98,7	85,1	1.161,4
		ETP (mm)	170,2	126,3	105,8	62,6	37,4	24,3	28,7	45,8	68,4	101,0	132,7	162,6	1.065,9
		ETR (mm)	79,0	80,1	81,9	59,6	36,1	23,8	28,7	45,8	68,4	93,4	99,7	83,0	779,6
		Escorrentía (mm)	7,1	11,1	19,2	14,8	29,1	49,8	61,6	60,4	41,7	43,6	26,2	16,3	380,8
		Aportación (m³/s)	2,4	4,2	6,5	5,2	9,8	17,4	20,9	20,5	14,6	14,8	9,2	5,5	11,0
		Q específico (l/s-km²)	2,6	4,6	7,2	5,7	10,9	19,2	23,0	22,6	16,1	16,3	10,1	6,1	12,1
		Aportación total (hm³)	6,4	10,1	17,4	13,4	26,4	45,2	55,9	54,8	37,8	39,5	23,8	14,7	345,4
30	1.493	Precipitación (mm)	83,6	99,6	110,1	96,1	94,7	105,7	100,6	98,4	88,3	109,3	98,8	84,4	1.169,6
		ETP (mm)	167,8	125,0	105,7	63,1	38,1	25,1	29,3	46,0	68,0	100,4	131,4	160,4	1.060,4
		ETR (mm)	80,9	80,7	82,8	60,3	36,6	24,5	29,3	46,0	68,0	92,5	98,4	80,5	780,6
		Escorrentía (mm)	7,3	12,1	20,0	16,0	29,4	50,8	62,0	61,7	42,7	43,5	26,0	16,5	388,0
		Aportación (m³/s)	4,1	7,5	11,1	9,2	16,4	29,3	34,6	34,4	24,6	24,3	15,0	9,2	18,4
		Q específico (l/s-km²)	2,7	5,0	7,5	6,2	11,0	19,6	23,2	23,0	16,5	16,2	10,0	6,1	12,3
		Aportación total (hm³)	10,9	18,0	29,8	23,9	43,9	75,9	92,6	92,2	63,7	65,0	38,9	24,6	579,3
31	2.546	Precipitación (mm)	92,4	108,2	124,3	105,1	104,7	107,6	103,5	101,4	89,7	110,8	95,7	80,5	1.223,9
		ETP (mm)	164,2	123,1	105,3	63,6	39,0	26,0	29,9	46,1	67,3	99,4	129,4	157,1	1.050,5
		ETR (mm)	88,2	89,3	86,6	61,0	38,3	26,0	29,9	46,1	67,3	95,2	103,8	82,0	813,6
		Escorrentía (mm)	7,3	9,9	25,7	21,9	33,6	53,5	64,4	64,2	44,5	45,4	24,5	13,9	408,9
		Aportación (m³/s)	7,0	10,4	24,4	21,5	31,9	52,6	61,2	61,0	43,8	43,1	24,1	13,2	33,0
		Q específico (l/s-km²)	2,7	4,1	9,6	8,5	12,5	20,6	24,0	24,0	17,2	16,9	9,4	5,2	13,0
		Aportación total (hm³)	18,6	25,2	65,4	55,8	85,6	136,3	164,0	163,4	113,4	115,5	62,4	35,4	1.041,0
32	1.479	Precipitación (mm)	94,4	114,9	126,3	106,9	108,3	108,3	105,6	104,5	90,8	109,3	94,6	77,9	1.241,6
		ETP (mm)	159,2	120,1	104,6	63,9	39,9	27,0	30,4	45,9	66,0	97,6	126,4	152,3	1.033,2
		ETR (mm)	93,4	93,6	89,1	61,8	39,1	27,0	30,4	45,9	66,0	96,7	112,7	92,7	848,3
		Escorrentía (mm)	6,2	7,5	22,1	19,0	30,7	49,3	63,2	65,2	45,8	45,6	24,3	12,5	391,3
		Aportación (m³/s)	3,4	4,6	12,2	10,9	16,9	28,1	34,9	36,0	26,1	25,2	13,9	6,9	18,4
		Q específico (l/s-km²)	2,3	3,1	8,2	7,3	11,4	19,0	23,6	24,3	17,7	17,0	9,4	4,7	12,4
		Aportación total (hm³)	9,1	11,2	32,6	28,1	45,3	72,9	93,5	96,4	67,7	67,4	36,0	18,5	578,8
33	2.868	Precipitación (mm)	86,6	126,7	109,8	106,8	108,9	110,4	111,5	108,2	94,0	100,8	97,8	77,5	1.239,1
		ETP (mm)	155,6	117,9	104,0	64,0	40,5	27,7	30,8	45,7	65,0	96,4	124,2	148,9	1.020,6
		ETR (mm)	90,2	91,6	87,3	61,1	38,8	27,6	30,8	45,7	65,0	94,5	112,8	93,2	838,3
		Escorrentía (mm)	7,1	14,7	18,2	18,1	34,0	48,9	64,5	64,8	48,1	40,7	26,4	14,3	399,7
		Aportación (m³/s)	7,6	17,4	19,4	20,0	36,4	54,1	69,1	69,4	53,2	43,6	29,2	15,3	36,4
		Q específico (l/s-km²)	2,7	6,1	6,8	7,0	12,7	18,9	24,1	24,2	18,6	15,2	10,2	5,3	12,7
		Aportación total (hm³)	20,4	42,2	52,1	51,9	97,5	140,3	185,0	185,9	138,0	116,8	75,6	41,0	1.146,5
40	1.969	Precipitación (mm)	97,5	135,7	106,3	131,0	123,8	112,5	119,4	104,3	117,6	113,2	113,9	89,6	1.364,9
		ETP (mm)	156,0	117,9	104,8	64,5	40,8	27,8	31,0	46,5	65,2	96,8	124,5	149,3	1.025,1
		ETR (mm)	91,1	90,8	82,0	57,9	39,7	27,2	31,0	46,5	65,2	94,2	99,4	88,0	812,9
		Escorrentía (mm)	12,8	27,1	25,3	39,0	56,6	64,7	82,5	65,4	63,0	51,2	42,6	21,8	552,0
		Aportación (m³/s)	9,4	22,1	18,6	29,7	41,6	49,2	60,7	48,1	47,8	37,6	32,4	16,0	34,5
		Q específico (l/s-km²)	4,8	11,2	9,5	15,1	21,1	25,0	30,8	24,4	24,3	19,1	16,4	8,1	17,5
		Aportación total (hm³)	25,1	53,4	49,9	76,9	111,4	127,4	162,4	128,8	124,0	100,8	83,9	42,9	1.086,8

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
41	4.682	Precipitación (mm)	92,7	141,1	101,5	129,6	119,8	113,2	119,7	101,8	113,3	106,8	108,2	88,3	1.336,1
		ETP (mm)	154,9	117,3	104,4	64,4	40,8	28,0	31,1	46,1	64,9	96,3	123,9	148,3	1.020,4
		ETR (mm)	88,2	91,2	82,1	57,6	39,5	27,8	31,1	46,1	64,9	93,9	100,6	91,1	814,1
		Escorrentía (mm)	13,2	28,7	22,1	35,1	51,0	61,7	81,0	62,2	59,6	46,9	39,7	20,8	522,0
		Aportación (m³/s)	23,1	55,6	38,6	63,5	89,2	111,4	141,7	108,8	107,6	82,0	71,7	36,3	77,5
		Q específico (l/s-km²)	4,9	11,9	8,2	13,6	19,1	23,8	30,3	23,2	23,0	17,5	15,3	7,7	16,6
		Aportación total (hm³)	61,9	134,5	103,3	164,5	239,0	288,7	379,5	291,4	278,8	219,6	185,8	97,2	2.444,2
42	1.221	Precipitación (mm)	98,1	136,4	96,5	120,7	113,5	115,8	116,7	109,1	105,8	103,4	100,9	86,7	1.303,5
		ETP (mm)	153,7	116,7	103,9	64,3	40,9	28,2	31,2	45,7	64,6	95,8	123,1	147,2	1.015,2
		ETR (mm)	95,8	90,9	85,2	58,1	38,5	27,5	31,2	45,7	64,6	94,5	105,0	91,7	828,8
		Escorrentía (mm)	12,6	25,6	16,5	25,2	42,5	58,3	75,2	65,6	55,3	44,5	34,6	18,9	474,8
		Aportación (m³/s)	5,7	12,9	7,5	11,9	19,4	27,5	34,3	29,9	26,0	20,3	16,3	8,6	18,4
		Q específico (l/s-km²)	4,7	10,6	6,2	9,7	15,9	22,5	28,1	24,5	21,3	16,6	13,3	7,1	15,1
		Aportación total (hm³)	15,4	31,3	20,2	30,7	51,9	71,2	91,9	80,1	67,5	54,3	42,2	23,1	579,8
43	5.307	Precipitación (mm)	101,0	135,7	105,4	129,0	134,5	124,4	118,4	109,1	107,8	112,5	106,6	106,4	1.390,9
		ETP (mm)	154,0	116,9	103,8	64,2	40,8	28,1	31,1	45,7	64,6	95,9	123,3	147,4	1.015,9
		ETR (mm)	86,7	88,1	78,9	59,2	38,8	28,1	31,1	45,7	64,5	89,0	92,2	88,9	791,2
		Escorrentía (mm)	18,9	36,4	27,7	42,8	67,6	77,1	82,6	69,5	59,9	50,7	38,1	27,9	599,0
		Aportación (m³/s)	37,4	79,8	54,8	87,7	133,9	157,8	163,6	137,7	122,6	100,4	78,0	55,3	100,8
		Q específico (l/s-km²)	7,1	15,0	10,3	16,5	25,2	29,7	30,8	25,9	23,1	18,9	14,7	10,4	19,0
		Aportación total (hm³)	100,3	193,0	146,7	227,2	358,8	409,0	438,2	368,8	317,8	268,9	202,2	148,1	3.179,0
44	12.111	Precipitación (mm)	97,5	130,8	112,1	118,0	115,7	118,8	113,0	108,4	104,2	111,1	102,1	94,0	1.325,7
		ETP (mm)	157,0	118,7	104,2	64,0	40,2	27,5	30,7	45,7	65,4	96,9	125,1	150,3	1.025,7
		ETR (mm)	91,0	87,9	85,2	59,7	38,3	27,3	30,7	45,7	65,3	91,9	101,7	89,3	814,2
		Escorrentía (mm)	12,5	27,9	24,9	31,3	48,0	65,2	74,1	68,2	56,4	49,5	31,9	20,6	510,6
		Aportación (m³/s)	56,4	139,9	112,7	146,2	217,1	304,6	335,1	308,6	263,4	223,8	149,1	93,2	196,1
		Q específico (l/s-km²)	4,7	11,5	9,3	12,1	17,9	25,2	27,7	25,5	21,7	18,5	12,3	7,7	16,2
		Aportación total (hm³)	151,0	338,3	301,9	379,0	581,6	789,5	897,5	826,5	682,8	599,4	386,5	249,6	6.183,5
45	3.487	Precipitación (mm)	90,5	132,9	106,7	112,1	114,4	116,0	115,1	110,7	98,8	102,8	101,0	85,3	1.286,1
		ETP (mm)	154,5	117,2	103,8	64,1	40,7	28,0	31,0	45,6	64,8	96,0	123,6	147,9	1.017,3
		ETR (mm)	97,0	91,2	85,5	61,0	38,8	27,7	30,9	45,6	64,7	94,0	113,8	101,2	851,5
		Escorrentía (mm)	9,4	19,7	18,2	20,7	38,6	54,1	67,1	65,2	51,4	42,8	28,8	17,5	433,4
		Aportación (m³/s)	12,2	28,3	23,8	27,8	50,3	72,8	87,3	84,9	69,1	55,7	38,7	22,8	47,9
		Q específico (l/s-km²)	3,5	8,1	6,8	8,0	14,4	20,9	25,0	24,4	19,8	16,0	11,1	6,5	13,7
		Aportación total (hm³)	32,6	68,6	63,6	72,1	134,7	188,6	234,0	227,5	179,1	149,2	100,4	61,0	1.511,4

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
50	11.420	Precipitación (mm)	96,7	128,9	107,3	142,4	133,7	119,8	114,8	97,8	113,5	114,9	115,2	102,7	1.387,6
		ETP (mm)	158,1	119,3	105,9	65,0	40,8	27,6	31,1	47,5	66,2	98,2	126,0	151,4	1.037,0
		ETR (mm)	98,0	90,1	86,5	58,9	39,3	27,6	31,1	47,5	66,2	97,4	111,2	106,7	860,6
		Escorrentía (mm)	13,8	19,5	17,2	39,4	57,7	67,0	78,2	57,9	59,1	49,7	42,3	24,9	526,9
		Aportación (m³/s)	58,9	92,3	73,5	173,5	246,1	295,1	333,5	246,9	260,5	212,1	186,5	106,0	190,8
		Q específico (l/s-km²)	5,2	8,1	6,4	15,2	21,6	25,8	29,2	21,6	22,8	18,6	16,3	9,3	16,7
		Aportación total (hm³)	157,8	223,2	196,9	449,7	659,2	764,9	893,1	661,2	675,3	568,1	483,4	283,8	6.016,8
51	6.804	Precipitación (mm)	108,6	134,5	118,0	145,2	127,0	99,1	87,6	78,7	109,5	122,3	118,3	110,8	1.359,5
		ETP (mm)	152,5	113,8	101,5	61,9	39,0	25,6	29,4	47,0	64,2	95,0	121,4	145,7	996,8
		ETR (mm)	104,0	87,8	88,5	57,9	38,0	25,6	29,4	47,0	64,2	94,9	115,5	111,1	863,9
		Escorrentía (mm)	20,1	23,5	23,6	50,5	62,4	57,0	58,9	44,7	53,4	54,1	49,0	33,2	530,2
		Aportación (m³/s)	51,0	66,1	59,8	132,5	158,6	149,5	149,5	113,6	140,1	137,4	128,5	84,3	114,4
		Q específico (l/s-km²)	7,5	9,7	8,8	19,5	23,3	22,0	22,0	16,7	20,6	20,2	18,9	12,4	16,8
		Aportación total (hm³)	136,5	159,9	160,3	343,4	424,7	387,5	400,5	304,3	363,2	368,0	333,1	225,8	3.607,2
52	3.494	Precipitación (mm)	118,7	150,7	129,0	149,2	140,2	107,7	88,9	85,9	110,7	127,2	125,9	123,8	1.458,1
		ETP (mm)	163,9	122,2	109,1	66,5	42,0	27,5	31,5	50,6	69,0	102,0	130,4	156,4	1.071,1
		ETR (mm)	116,8	94,6	95,2	61,1	40,8	27,5	31,5	50,6	69,0	102,0	125,6	124,9	939,6
		Escorrentía (mm)	22,1	28,1	25,1	44,2	64,9	56,1	53,2	43,2	48,9	52,2	45,3	32,6	516,0
		Aportación (m³/s)	28,8	40,6	32,7	59,6	84,7	75,7	69,4	56,4	65,9	68,1	61,1	42,5	57,2
		Q específico (l/s-km²)	8,2	11,6	9,4	17,1	24,2	21,7	19,8	16,1	18,9	19,5	17,5	12,2	16,4
		Aportación total (hm³)	77,2	98,3	87,6	154,6	226,7	196,1	185,8	151,1	170,9	182,3	158,4	113,9	1.802,8
53	5.975	Precipitación (mm)	108,0	136,6	111,0	148,5	133,7	115,2	101,9	88,8	116,0	121,1	122,2	108,0	1.411,1
		ETP (mm)	161,7	121,4	108,0	66,1	41,3	27,4	31,5	49,6	67,9	100,6	128,6	154,8	1.058,9
		ETR (mm)	109,2	90,5	89,7	60,1	40,1	27,4	31,5	49,6	67,9	100,5	119,6	112,4	898,5
		Escorrentía (mm)	15,7	20,6	18,0	42,3	58,2	61,8	66,9	48,6	55,4	50,1	47,2	26,7	511,4
		Aportación (m³/s)	35,0	50,9	40,1	97,6	129,8	142,4	149,3	108,5	127,7	111,8	108,7	59,5	96,9
		Q específico (l/s-km²)	5,9	8,5	6,7	16,3	21,7	23,8	25,0	18,2	21,4	18,7	18,2	10,0	16,2
		Aportación total (hm³)	93,7	123,1	107,4	252,9	347,6	369,1	399,8	290,6	330,9	299,4	281,8	159,3	3.055,6
54	8.848	Precipitación (mm)	107,5	137,9	111,8	136,3	130,2	103,5	94,8	88,2	98,5	120,1	109,7	110,7	1.349,3
		ETP (mm)	162,7	122,2	107,6	65,4	40,8	26,9	31,0	48,7	67,9	100,5	129,0	155,3	1.058,1
		ETR (mm)	100,2	93,6	85,7	59,2	38,6	26,5	31,0	48,6	67,7	96,9	108,3	104,8	861,2
		Escorrentía (mm)	16,7	29,3	23,7	39,2	58,6	57,7	58,5	47,4	46,0	48,9	35,7	25,3	487,0
		Aportación (m³/s)	55,3	107,0	78,2	133,8	193,7	196,9	193,4	156,6	157,0	161,6	121,7	83,4	136,6
		Q específico (l/s-km²)	6,3	12,1	8,8	15,1	21,9	22,3	21,9	17,7	17,7	18,3	13,8	9,4	15,4
		Aportación total (hm³)	148,1	258,9	209,6	346,9	518,9	510,3	518,0	419,4	406,9	432,9	315,5	223,4	4.308,8
55	5.491	Precipitación (mm)	109,8	138,0	112,4	132,9	123,2	92,2	85,8	80,5	87,6	121,3	106,3	109,7	1.299,6
		ETP (mm)	171,1	128,1	111,2	67,1	41,6	27,3	31,9	51,2	72,3	105,5	135,4	163,6	1.106,3
		ETR (mm)	103,4	94,2	85,2	61,1	39,5	26,1	31,9	51,2	72,1	101,7	112,5	102,1	880,9
		Escorrentía (mm)	13,3	29,7	22,2	34,4	52,5	48,1	48,4	39,2	35,9	43,9	27,9	21,7	417,2
		Aportación (m³/s)	27,3	67,5	45,5	72,9	107,6	101,9	99,3	80,3	75,9	90,0	59,0	44,4	72,6
		Q específico (l/s-km²)	5,0	12,3	8,3	13,3	19,6	18,6	18,1	14,6	13,8	16,4	10,8	8,1	13,2
		Aportación total (hm³)	73,0	163,3	121,9	189,0	288,3	264,1	266,0	215,2	196,9	240,9	153,0	119,0	2.290,6

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
56	13.730	Precipitación (mm)	96,6	129,6	114,6	113,7	116,1	102,1	88,7	91,1	90,8	121,2	102,2	95,2	1.262,1
		ETP (mm)	168,3	126,0	107,3	64,5	39,3	25,9	30,3	47,6	69,2	101,6	132,3	161,1	1.073,4
		ETR (mm)	90,9	94,2	83,9	60,0	38,0	25,4	30,3	47,6	69,1	96,3	106,7	96,6	838,9
		Escorrentía (mm)	10,6	22,3	24,8	26,0	43,4	52,4	52,4	50,8	42,5	48,4	30,4	18,0	422,0
		Aportación (m³/s)	54,1	126,6	127,2	137,6	222,5	277,5	268,7	260,5	225,4	248,0	161,3	92,1	183,7
		Q específico (l/s-km²)	3,9	9,2	9,3	10,0	16,2	20,2	19,6	19,0	16,4	18,1	11,7	6,7	13,4
		Aportación total (hm³)	144,9	306,3	340,7	356,7	596,0	719,3	719,8	697,6	584,2	664,2	418,0	246,7	5.794,5
57	3.800	Precipitación (mm)	115,4	129,6	133,2	113,0	104,2	78,4	74,5	80,3	81,6	137,2	108,7	108,0	1.264,1
		ETP (mm)	177,3	132,9	111,7	67,4	40,9	27,2	32,1	51,2	74,4	107,3	139,2	170,4	1.131,8
		ETR (mm)	108,9	98,3	90,2	63,2	39,3	25,7	32,0	51,0	72,6	99,2	114,5	107,0	901,8
		Escorrentía (mm)	12,6	22,3	27,1	20,3	34,9	33,1	34,6	37,6	31,2	50,8	30,7	24,2	359,4
		Aportación (m³/s)	17,9	35,0	38,5	29,8	49,6	48,5	49,1	53,3	45,8	72,1	45,1	34,3	43,3
		Q específico (l/s-km²)	4,7	9,2	10,1	7,8	13,0	12,8	12,9	14,0	12,0	19,0	11,9	9,0	11,4
		Aportación total (hm³)	48,0	84,6	103,2	77,3	132,8	125,7	131,4	142,7	118,6	193,0	116,8	91,8	1.365,9
58	8.655	Precipitación (mm)	119,4	141,9	128,6	123,8	102,5	74,9	70,9	72,7	78,1	127,2	108,7	115,1	1.263,7
		ETP (mm)	177,7	133,3	114,2	68,6	42,2	28,0	33,1	53,2	76,3	109,9	140,6	170,6	1.147,7
		ETR (mm)	109,5	94,7	93,6	63,6	39,7	26,5	32,9	52,9	74,8	102,0	112,0	104,0	906,2
		Escorrentía (mm)	15,9	33,1	26,3	28,7	37,3	34,2	32,9	32,0	26,6	39,4	26,2	23,1	355,6
		Aportación (m³/s)	51,2	118,5	85,0	95,7	120,7	114,2	106,4	103,4	88,7	127,4	87,4	74,5	97,6
		Q específico (l/s-km²)	5,9	13,7	9,8	11,1	13,9	13,2	12,3	11,9	10,2	14,7	10,1	8,6	11,3
		Aportación total (hm³)	137,3	286,6	227,6	248,0	323,2	295,9	285,1	277,0	229,9	341,1	226,5	199,6	3.077,8
60	5.173	Precipitación (mm)	91,2	114,6	119,1	101,9	99,4	106,7	94,1	98,7	93,6	121,2	101,2	89,9	1.231,8
		ETP (mm)	170,3	126,3	105,7	62,5	37,3	24,1	28,6	45,7	68,3	101,0	132,8	162,7	1.065,5
		ETR (mm)	89,9	86,9	86,1	58,6	36,4	23,4	28,6	45,7	68,3	98,0	108,2	92,7	822,9
		Escorrentía (mm)	8,7	15,1	23,6	19,9	30,8	50,0	55,9	58,9	45,8	50,6	29,5	18,6	407,3
		Aportación (m³/s)	16,8	32,4	45,6	39,7	59,4	99,7	108,0	113,7	91,4	97,7	58,9	35,9	66,8
		Q específico (l/s-km²)	3,2	6,3	8,8	7,7	11,5	19,3	20,9	22,0	17,7	18,9	11,4	6,9	12,9
		Aportación total (hm³)	45,0	78,3	122,0	103,0	159,2	258,5	289,4	304,6	236,8	261,6	152,8	96,1	2.107,1
61	2.571	Precipitación (mm)	95,0	119,5	119,6	105,4	103,2	103,9	90,4	93,5	92,1	120,3	103,9	91,7	1.238,4
		ETP (mm)	172,0	127,6	106,5	62,9	37,4	24,2	28,9	46,3	69,2	102,0	134,0	164,4	1.075,5
		ETR (mm)	92,9	91,4	85,5	59,0	37,2	23,6	28,9	46,3	69,1	100,0	112,1	97,0	843,0
		Escorrentía (mm)	9,1	14,6	24,2	19,2	32,2	48,4	52,2	53,9	44,0	48,4	29,6	18,1	394,0
		Aportación (m³/s)	8,8	15,5	23,2	19,1	30,9	48,0	50,2	51,7	43,6	46,5	29,4	17,4	32,1
		Q específico (l/s-km²)	3,4	6,0	9,0	7,4	12,0	18,7	19,5	20,1	17,0	18,1	11,4	6,8	12,5
		Aportación total (hm³)	23,5	37,4	62,2	49,4	82,7	124,5	134,3	138,5	113,1	124,6	76,2	46,6	1.013,0
62	668	Precipitación (mm)	96,3	113,3	120,9	104,7	97,6	98,2	84,8	87,8	89,5	120,9	105,8	90,0	1.209,9
		ETP (mm)	173,8	128,2	106,0	62,0	36,3	23,1	28,0	45,6	69,0	102,0	134,7	165,8	1.074,4
		ETR (mm)	96,1	92,1	83,0	57,0	36,3	22,3	28,0	45,6	69,0	101,4	120,8	103,2	854,6
		Escorrentía (mm)	8,4	10,0	21,3	17,3	28,7	42,6	45,5	46,0	40,6	46,9	28,3	17,5	353,0
		Aportación (m³/s)	2,1	2,8	5,3	4,5	7,2	11,0	11,4	11,5	10,5	11,7	7,3	4,4	7,5
		Q específico (l/s-km²)	3,1	4,1	7,9	6,7	10,7	16,4	17,0	17,2	15,6	17,5	10,9	6,5	11,2
		Aportación total (hm³)	5,6	6,7	14,2	11,6	19,2	28,4	30,4	30,7	27,1	31,3	18,9	11,7	235,8

CUENCA NIVEL 2	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
63	724	Precipitación (mm)	94,3	107,1	118,4	106,0	92,3	95,6	81,3	85,5	84,0	115,0	103,5	84,4	1.167,5
		ETP (mm)	173,7	127,7	105,1	60,9	35,4	22,2	27,1	44,6	68,1	101,3	134,2	165,5	1.065,9
		ETR (mm)	96,8	93,8	84,3	56,2	35,2	21,3	27,1	44,6	68,1	101,3	123,2	107,5	859,3
		Escorrentía (mm)	7,1	5,8	17,6	14,4	23,9	35,4	41,4	41,7	36,7	41,6	26,1	14,6	306,1
		Aportación (m³/s)	1,9	1,7	4,7	4,0	6,5	9,9	11,2	11,3	10,3	11,2	7,3	3,9	7,0
		Q específico (l/s-km²)	2,6	2,4	6,6	5,5	8,9	13,6	15,5	15,6	14,2	15,5	10,1	5,4	9,7
		Aportación total (hm³)	5,1	4,2	12,7	10,4	17,3	25,6	30,0	30,2	26,6	30,1	18,9	10,6	221,6
64	145	Precipitación (mm)	93,7	106,6	118,9	105,9	91,7	93,7	79,5	84,3	81,9	113,2	102,9	84,0	1.156,3
		ETP (mm)	173,6	127,6	105,0	60,9	35,3	22,2	27,1	44,6	68,1	101,2	134,1	165,5	1.065,1
		ETR (mm)	98,1	94,5	85,2	55,9	35,1	21,2	27,1	44,6	68,1	101,2	124,2	110,5	865,6
		Escorrentía (mm)	6,8	4,9	17,1	13,0	22,3	32,0	38,7	39,1	34,8	39,7	25,3	14,5	288,1
		Aportación (m³/s)	0,4	0,3	0,9	0,7	1,2	1,8	2,1	2,1	1,9	2,2	1,4	0,8	1,3
		Q específico (l/s-km²)	2,5	2,0	6,4	5,0	8,3	12,3	14,5	14,6	13,4	14,8	9,7	5,4	9,1
		Aportación total (hm³)	1,0	0,7	2,5	1,9	3,2	4,6	5,6	5,7	5,0	5,8	3,7	2,1	41,8
65	3.571	Precipitación (mm)	100,7	111,8	128,4	105,8	101,9	89,2	78,3	84,6	83,2	122,3	106,7	95,7	1.208,6
		ETP (mm)	174,9	130,1	108,2	64,2	38,2	24,8	29,6	47,7	71,0	103,9	136,3	167,5	1.096,4
		ETR (mm)	98,5	89,3	85,7	59,4	37,6	23,8	29,6	47,7	70,0	100,7	118,2	102,2	862,9
		Escorrentía (mm)	9,4	13,1	24,2	18,4	32,0	36,2	40,4	42,2	35,4	45,0	27,9	18,8	343,0
		Aportación (m³/s)	12,5	19,3	32,2	25,4	42,6	49,9	53,8	56,3	48,8	59,9	38,5	25,1	38,8
		Q específico (l/s-km²)	3,5	5,4	9,0	7,1	11,9	14,0	15,1	15,8	13,7	16,8	10,8	7,0	10,9
		Aportación total (hm³)	33,5	46,8	86,3	65,8	114,2	129,4	144,2	150,7	126,5	160,5	99,7	67,2	1.224,8
66	369	Precipitación (mm)	93,1	105,6	119,1	106,1	91,3	92,5	78,3	83,4	80,6	112,0	102,4	83,7	1.148,1
		ETP (mm)	173,7	127,6	105,0	60,8	35,3	22,1	27,0	44,5	68,0	101,2	134,1	165,5	1.064,8
		ETR (mm)	100,2	94,4	85,0	55,8	35,0	21,1	27,0	44,5	68,0	101,2	124,5	114,5	871,4
		Escorrentía (mm)	6,9	4,2	16,4	11,8	20,9	28,9	36,4	37,0	33,5	38,4	24,9	14,5	273,8
		Aportación (m³/s)	1,0	0,6	2,3	1,7	2,9	4,1	5,0	5,1	4,8	5,3	3,5	2,0	3,2
		Q específico (l/s-km²)	2,6	1,7	6,1	4,6	7,8	11,2	13,6	13,8	12,9	14,4	9,6	5,4	8,7
		Aportación total (hm³)	2,6	1,6	6,0	4,4	7,7	10,7	13,4	13,6	12,4	14,2	9,2	5,3	101,0
67	165	Precipitación (mm)	92,2	103,0	117,3	107,0	90,6	92,9	79,0	84,4	81,8	112,1	102,2	83,4	1.145,9
		ETP (mm)	173,5	127,5	104,8	60,7	35,2	22,0	26,9	44,4	67,9	101,0	134,0	165,3	1.063,4
		ETR (mm)	94,4	92,9	84,3	56,1	34,9	21,1	26,9	44,4	67,9	101,0	120,4	104,9	849,3
		Escorrentía (mm)	7,3	4,7	17,4	13,3	23,1	33,0	40,5	40,9	35,5	39,3	25,6	14,2	295,0
		Aportación (m³/s)	0,5	0,3	1,1	0,8	1,4	2,1	2,5	2,5	2,3	2,4	1,6	0,9	1,5
		Q específico (l/s-km²)	2,7	2,0	6,5	5,1	8,6	12,7	15,1	15,3	13,7	14,7	9,9	5,3	9,4
		Aportación total (hm³)	1,2	0,8	2,9	2,2	3,8	5,5	6,7	6,8	5,9	6,5	4,2	2,3	48,7
68	100	Precipitación (mm)	92,2	101,7	116,4	108,2	90,7	94,0	80,2	85,9	83,6	113,3	102,8	83,8	1.152,9
		ETP (mm)	174,4	128,1	105,4	61,1	35,4	22,2	27,1	44,7	68,3	101,6	134,7	166,2	1.069,3
		ETR (mm)	97,3	92,7	84,2	56,7	35,1	21,2	27,1	44,7	68,3	101,6	123,4	111,6	863,9
		Escorrentía (mm)	7,0	4,3	15,2	12,0	21,5	30,7	39,8	40,7	36,1	39,9	26,2	13,8	287,4
		Aportación (m³/s)	0,3	0,2	0,6	0,5	0,8	1,2	1,5	1,5	1,4	1,5	1,0	0,5	0,9
		Q específico (l/s-km²)	2,6	1,8	5,7	4,6	8,0	11,9	14,9	15,2	13,9	14,9	10,1	5,1	9,1
		Aportación total (hm³)	0,7	0,4	1,5	1,2	2,2	3,1	4,0	4,1	3,6	4,0	2,6	1,4	28,7

CUENCA NIVEL 1	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Río Uruguay	45.392	Precipitación (mm)	123,9	142,0	132,0	152,1	111,9	84,9	67,4	67,4	91,3	131,5	124,8	117,6	1.347,0
		ETP (mm)	175,8	131,1	115,7	69,0	43,4	28,6	33,7	54,8	77,0	111,4	140,5	168,9	1.149,8
		ETR (mm)	106,9	95,5	95,4	64,1	42,2	28,3	33,5	54,4	75,4	106,0	114,5	104,1	920,2
		Escorrentía (mm)	22,5	30,5	29,2	50,0	49,4	42,8	34,6	27,6	31,8	41,9	36,6	27,8	424,8
		Aportación (m³/s)	381,9	571,7	494,3	875,7	836,6	750,0	587,0	468,4	557,5	710,0	641,7	471,7	611,5
		Q específico (l/s-km²)	8,4	12,6	10,9	19,3	18,4	16,5	12,9	10,3	12,3	15,6	14,1	10,4	13,5
		Aportación total (hm³)	1022,8	1383,0	1324,0	2269,9	2240,7	1944,1	1572,3	1254,5	1445,0	1901,7	1663,3	1263,5	19.284,7
Río de la Plata y su Frente Marítimo	12.143	Precipitación (mm)	96,0	111,9	123,5	100,3	90,6	84,5	76,9	83,9	82,9	120,6	103,5	93,9	1.168,6
		ETP (mm)	176,2	131,7	109,9	65,8	39,6	26,1	30,9	49,4	72,8	105,6	137,8	169,0	1.114,7
		ETR (mm)	98,9	90,2	87,1	61,4	38,8	25,3	30,7	49,2	71,6	102,5	115,7	102,9	874,3
		Escorrentía (mm)	7,2	9,5	20,3	13,4	23,2	30,1	35,6	38,6	32,1	40,5	25,8	16,0	292,3
		Aportación (m³/s)	32,7	47,5	92,1	62,7	105,0	141,2	161,3	175,1	150,6	183,8	120,8	72,4	112,6
		Q específico (l/s-km²)	2,7	3,9	7,6	5,2	8,6	11,6	13,3	14,4	12,4	15,1	10,0	6,0	9,3
		Aportación total (hm³)	87,5	115,0	246,7	162,5	281,1	366,0	431,9	469,1	390,3	492,3	313,2	194,0	3.549,7
Océano Atlántico	8.386	Precipitación (mm)	89,2	114,2	117,2	104,4	105,0	108,3	106,1	103,7	91,1	106,8	96,8	79,7	1.222,5
		ETP (mm)	161,0	121,1	104,8	63,7	39,5	26,6	30,2	45,9	66,4	98,2	127,5	154,0	1.038,9
		ETR (mm)	88,5	89,3	86,6	61,0	38,3	26,5	30,2	45,9	66,4	94,7	107,5	87,4	822,3
		Escorrentía (mm)	7,0	11,5	21,5	19,0	32,5	50,7	63,8	64,1	45,6	43,5	25,4	14,2	398,9
		Aportación (m³/s)	22,0	39,9	67,2	61,6	101,6	164,1	199,8	200,8	147,7	136,2	82,1	44,6	106,1
		Q específico (l/s-km²)	2,6	4,8	8,0	7,3	12,1	19,6	23,8	23,9	17,6	16,2	9,8	5,3	12,6
		Aportación total (hm³)	59,0	96,6	179,9	159,7	272,2	425,3	535,0	537,9	382,8	364,7	212,8	119,5	3.345,5
Laguna Merín	28.777	Precipitación (mm)	96,6	134,2	107,4	122,2	120,2	118,0	115,9	107,5	106,7	109,5	104,5	93,7	1.336,4
		ETP (mm)	155,6	117,8	104,1	64,2	40,6	27,8	30,9	45,8	65,1	96,4	124,3	149,0	1.021,6
		ETR (mm)	90,7	89,2	83,4	59,2	38,8	27,6	30,9	45,8	65,0	92,2	101,2	91,0	815,0
		Escorrentía (mm)	13,4	28,5	23,8	33,0	51,3	65,1	76,6	66,8	57,3	48,4	34,8	21,6	520,7
		Aportación (m³/s)	144,2	338,6	256,0	366,6	551,6	723,2	822,7	718,0	636,6	519,8	386,2	232,2	475,2
		Q específico (l/s-km²)	5,0	11,8	8,9	12,7	19,2	25,1	28,6	25,0	22,1	18,1	13,4	8,1	16,5
		Aportación total (hm³)	386,2	819,1	685,6	950,3	1477,3	1874,5	2203,4	1923,1	1650,0	1392,1	1001,1	621,9	14.984,8
Río Negro	68.217	Precipitación (mm)	106,4	135,0	116,4	132,2	122,9	100,8	91,6	86,3	98,3	122,1	111,4	107,0	1.330,6
		ETP (mm)	165,4	124,0	108,1	65,6	40,7	26,9	31,2	49,2	69,3	101,8	131,0	158,3	1.071,6
		ETR (mm)	101,9	92,8	87,8	60,3	39,0	26,4	31,2	49,1	69,0	98,4	112,2	105,6	873,7
		Escorrentía (mm)	14,9	25,0	22,8	35,5	51,6	53,3	55,7	46,3	45,1	48,2	36,4	24,4	459,1
		Aportación (m³/s)	379,5	704,5	580,6	933,0	1313,2	1401,6	1418,6	1179,5	1187,0	1228,3	959,3	621,1	993,1
		Q específico (l/s-km²)	5,6	10,3	8,5	13,7	19,3	20,5	20,8	17,3	17,4	18,0	14,1	9,1	14,6
		Aportación total (hm³)	1016,5	1704,3	1555,2	2418,4	3517,4	3633,0	3799,5	3159,1	3076,6	3290,0	2486,4	1663,5	31.319,9
Río Santa Lucía	13.486	Precipitación (mm)	95,0	113,8	121,7	104,2	99,9	99,7	87,2	91,9	89,1	120,5	103,6	91,2	1.217,6
		ETP (mm)	172,4	127,8	106,5	62,8	37,3	24,1	28,7	46,2	69,2	102,0	134,2	164,8	1.076,0
		ETR (mm)	93,9	89,4	85,5	58,5	36,7	23,3	28,7	46,2	68,9	99,6	113,9	98,4	843,3
		Escorrentía (mm)	8,8	13,1	23,0	18,5	30,4	43,8	48,8	50,8	41,3	47,3	28,6	18,0	372,4
		Aportación (m³/s)	44,1	73,1	115,9	96,4	152,9	227,7	245,7	255,7	214,8	238,4	149,0	90,8	159,3
		Q específico (l/s-km²)	3,3	5,4	8,6	7,1	11,3	16,9	18,2	19,0	15,9	17,7	11,0	6,7	11,8
		Aportación total (hm³)	118,2	176,8	310,4	249,8	409,5	590,3	658,0	684,8	556,9	638,5	386,2	243,2	5.022,5

CUENCA	SUPERFICIE CUENCA (km²)	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
URUGUAY	176.401	Precipitación (mm)	106,9	132,5	119,9	130,0	114,8	98,7	88,7	86,0	95,8	121,5	111,9	104,2	1.310,8
		ETP (mm)	167,5	125,5	109,3	65,9	41,0	27,2	31,5	49,7	70,7	103,5	132,9	160,5	1.085,3
		ETR (mm)	99,9	92,3	88,7	61,1	39,6	26,8	31,5	49,6	70,0	99,5	111,2	101,2	871,4
		Escorrentía (mm)	15,3	24,3	24,4	35,2	46,5	50,1	52,2	45,5	42,5	45,8	34,4	23,3	439,4
		Aportación (m³/s)	1004,4	1775,3	1606,1	2396,1	3060,9	3407,9	3435,0	2997,5	2894,1	3016,5	2339,1	1532,8	2.457,7
		Q específico (l/s-km²)	5,7	10,1	9,1	13,6	17,4	19,3	19,5	17,0	16,4	17,1	13,3	8,7	13,9
		Aportación total (hm³)	2690,3	4294,7	4301,8	6210,8	8198,3	8833,3	9200,2	8028,5	7501,5	8079,3	6063,0	4105,5	77.507,1

8 SÍNTESIS Y RESUMEN DEL BALANCE

Para realizar el estudio de Balance Hídrico de Uruguay se ha seguido una metodología tradicional, estimando las series mensuales de escorrentía por métodos hidrológicos.

El Balance se obtiene modelando hidrológicamente cada una de las cuencas de nivel 3. Uruguay dispone de una red hidrográfica clasificada en diferentes niveles jerárquicos, dando lugar a la correspondiente codificación de las cuencas vertientes en tres niveles distintos. La codificación se remonta al año 1987 y fue desarrollada por las Divisiones de Recursos Hídricos (DRH) y de Saneamiento Ambiental (DSA), pertenecientes en aquella época a la Dirección Nacional de Hidrografía del MTOP.

Para el estudio del Balance Hídrico Superficial se ha elegido un modelo agregado de pocos parámetros conocido como modelo TÉMEZ. El paso utilizado ha sido el mensual y el período temporal el comprendido entre los años de 1981 y 2012, ambos inclusive. El modelo requiere como datos de entrada, además de la superficie vertiente al punto de desagüe, la precipitación media areal y la ETP, y una serie de parámetros relacionados con las características físicas de las cuencas, que se obtienen mediante calibración en cuencas en las que se conocen los datos de lluvia y los caudales de escorrentía.

La precipitación se ha calculado partiendo de los registros mensuales en una selección de 62 estaciones meteorológicas distribuidas en territorio de Uruguay y en zonas de recubrimiento de Brasil. A partir de estas series se calcula, en primer lugar, la precipitación caída sobra cada celda de tres kilómetros de lado en que se ha discretizado el mapa de Uruguay, mediante ponderación, por inversa de la distancia al cuadrado, con las precipitaciones de las tres estaciones más cercanas a cada celda, para luego integrar la precipitación de todas las celdas de la cuenca.

Los valores medios mensuales para cada una de las seis grandes cuencas pueden verse en el Gráfico 10.

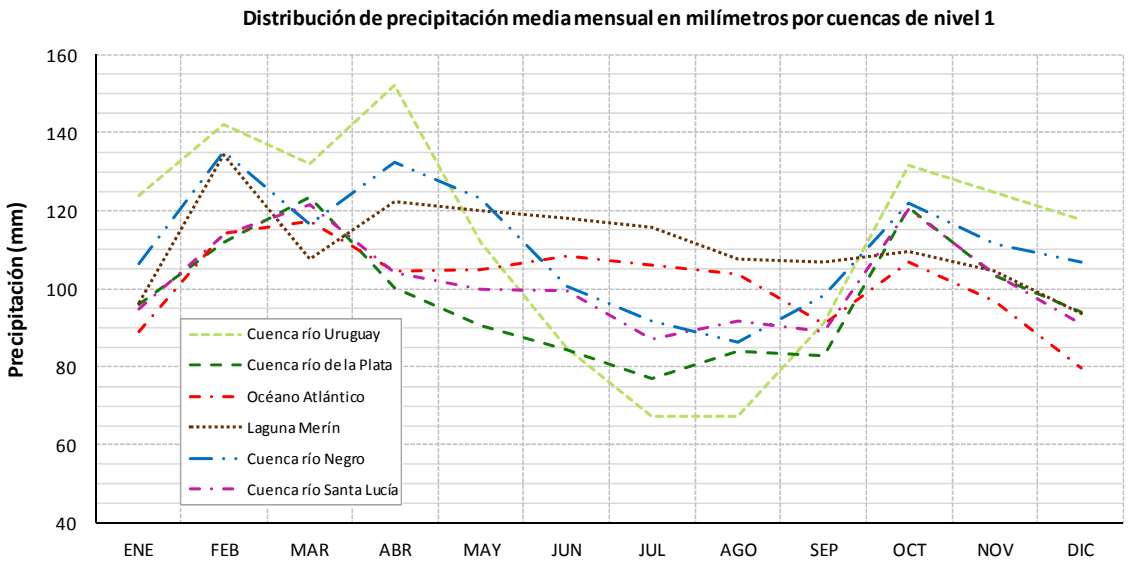


Gráfico 10. Distribución mensual de la precipitación media por grandes cuencas

De forma análoga se ha procedido con el cálculo de la ETP partiendo de los registros diarios en 5 estaciones pertenecientes al INIA.

Los distintos parámetros de H_{max}, I_{max}, coeficiente de inicio de excedencia C y coeficiente de descarga del acuífero, se han obtenido mediante el proceso de calibración. Este proceso se ha realizado de manera individual en cada cuenca aforada, no habiendo encontrado una correlación buena entre los parámetros necesarios y las características físicas de las cuencas. Se optó por relacionar el Agua Disponible en el suelo y la H_{max}, y realizar una calibración regional, utilizando los mismos valores de I_{max}, coeficiente de inicio de excedencia C y coeficiente de descarga del acuífero para todas las cuencas y un valor de H_{max} función lineal del AD de cada cuenca.

La distribución media mensual de ETR y escorrentía para las seis cuencas puede verse en el Gráfico 11 y en el Gráfico 12 respectivamente.

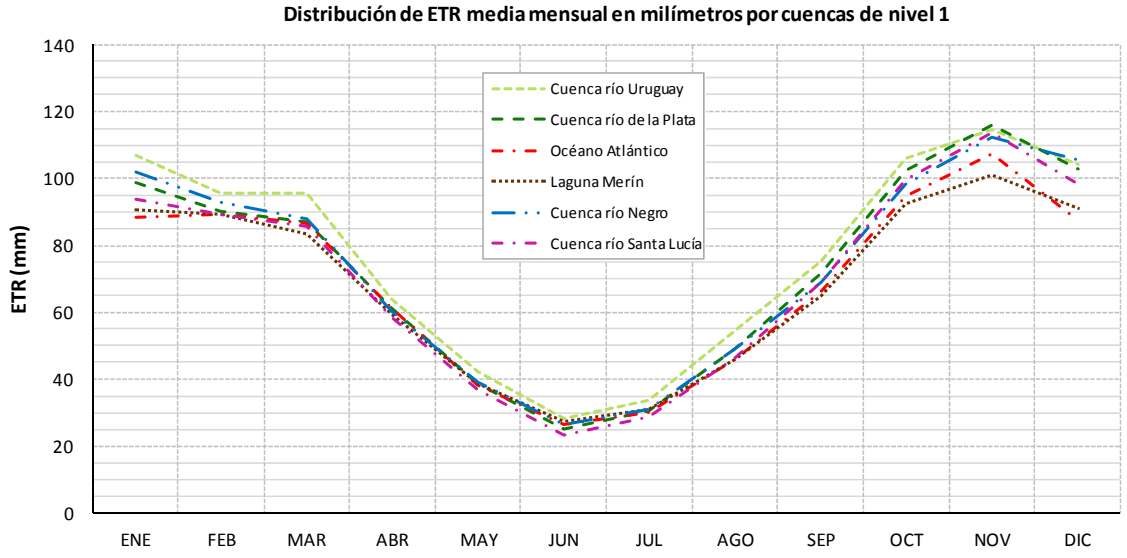


Gráfico 11. Distribución mensual de la ETR por grandes cuencas

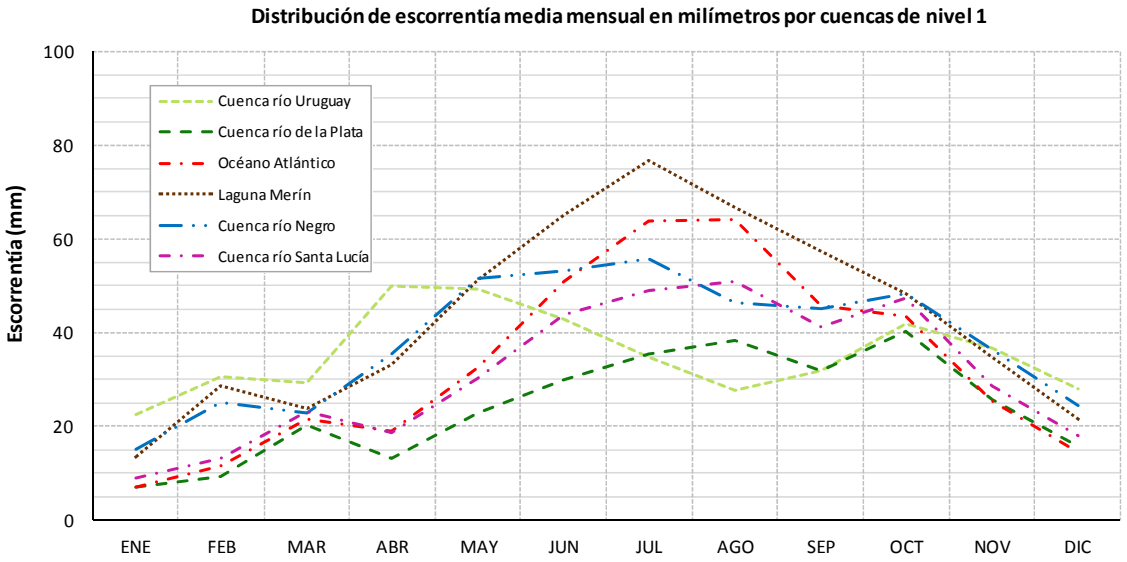


Gráfico 12. Distribución mensual de la escorrentía generada por grandes cuencas

El resultado final del Balance para todo el territorio de Uruguay y para cada una de las seis grandes cuencas se resume a continuación.

Territorio de Uruguay

La lluvia anual media caída se estima en 1.310 mm, de los que se pierden por evapotranspiración del orden de 871 mm, llegando a los cauces unos 439 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 2.457 m^3/s y un volumen disponible de agua del orden de 77.500 hm^3. Prácticamente se pierde por evapotranspiración 2/3 de la precipitación caída. La aportación específica equivalente es de 13,9 $l/s\text{-}km^2$.

En el Gráfico 13 puede verse gráficamente el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.

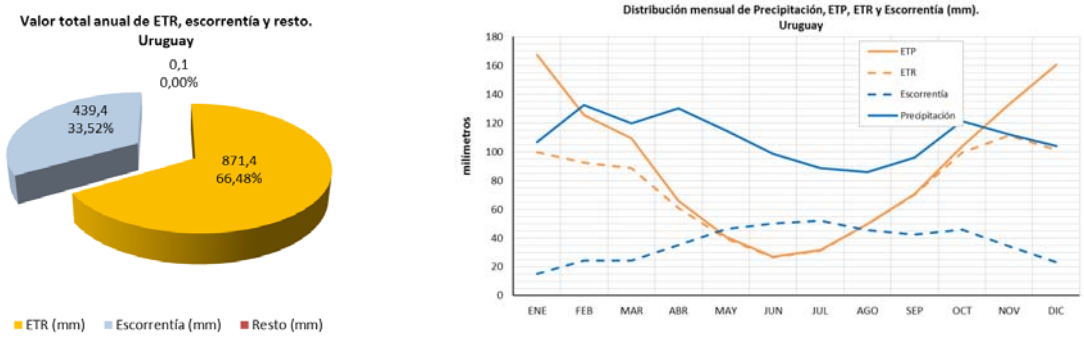


Gráfico 13. Componentes del Balance de la cuenca del río Uruguay

Cuenca del río Uruguay

La lluvia anual caída se estima en 1.347 mm, de los que se pierden por evapotranspiración del orden de 922 mm, llegando a los cauces unos 425 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 611 m^3/s y un volumen disponible de agua de 19.285 hm^3. Es la cuenca más húmeda de Uruguay. Prácticamente se pierde por evapotranspiración el 68 % de la lluvia que ocurre en ella. La aportación específica equivalente es de 13,5 $l/s\text{-}km^2$.

En el Gráfico 14 puede verse gráficamente el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.

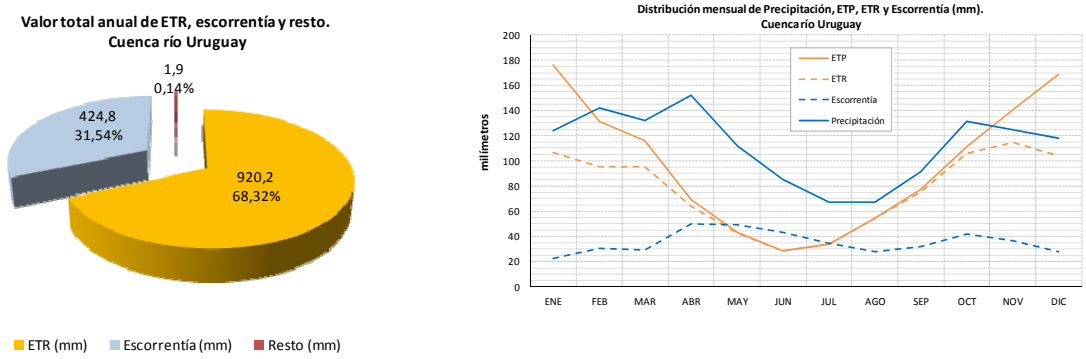


Gráfico 14. Componentes del Balance de la cuenca del río Uruguay

Cuenca del río de la Plata y su Frente Marítimo

La lluvia anual caída se estima en 1.169 mm, de los que se pierden por evapotranspiración del orden de 874 mm, llegando a los cauces unos 292 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 112 m^3/s y un volumen disponible de agua de 3.549 hm^3. Es la cuenca menos lluviosa de Uruguay. Prácticamente se pierde por evapotranspiración el 75 % de la lluvia que ocurre en ella. La aportación específica equivalente es de 9,3 $l/s\text{-}km^2$.

En el Gráfico 15 puede verse gráficamente el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.

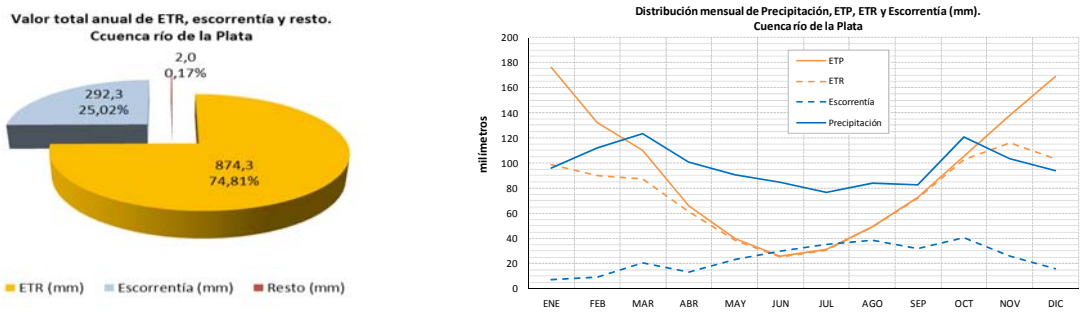


Gráfico 15. Componentes del Balance de la cuenca del río de la Plata y su Frente Marítimo

Cuenca del Océano Atlántico

La lluvia anual caída se estima en 1.223 mm, de los que se pierden por evapotranspiración 822 mm, llegando a los cauces 399 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 106 m^3/s y un volumen disponible de agua de 3.345 hm^3. Se pierde por

evapotranspiración el 67 % de la lluvia que cae en ella. La aportación específica equivalente es de 12,6 l/s-km^2.

En el Gráfico 16 puede verse el resultado obtenido, así como la distribución mensual.

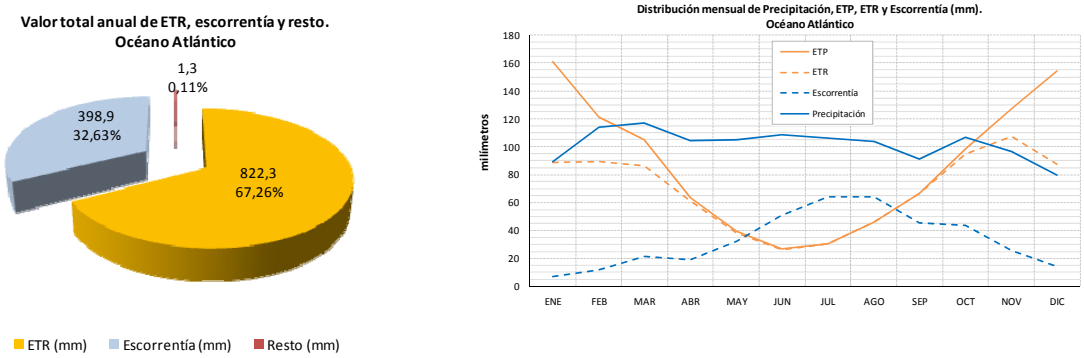


Gráfico 16. Componentes del Balance de la cuenca del Océano Atlántico

Cuenca del la Laguna Merín

La lluvia anual caída se estima en 1.336 mm, de los que se pierden por evapotranspiración 815 mm, llegando a los cauces 521 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 475 m^3/s y un volumen disponible de agua de 14.985 hm^3. Se pierde por evapotranspiración el 61 % de la lluvia que cae en ella. La aportación específica equivalente es de 16,5 l/s-km^2, la más alta de Uruguay.

En el Gráfico 17 puede verse el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.

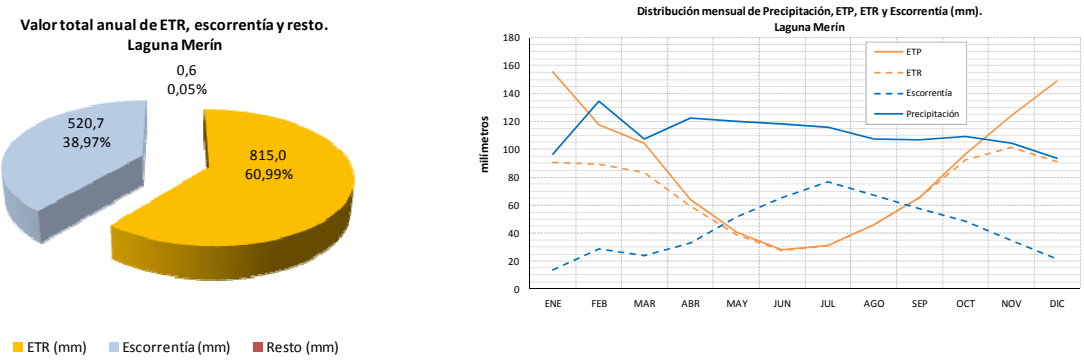


Gráfico 17. Componentes del Balance de la cuenca de la Laguna Merín

Cuenca del río Negro

La lluvia anual caída se estima en 1.330 mm, de los que se pierden por evapotranspiración 874 mm, llegando a los cauces 459 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 993 m^3/s y un volumen disponible de agua de 31.319 hm^3. Se pierde por evapotranspiración el 66 % de la lluvia que cae en ella. La aportación específica equivalente es de 14,6 $l/s\text{-}km^2$, ligeramente más alta que la media del país.

En el Gráfico 18 puede verse el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.

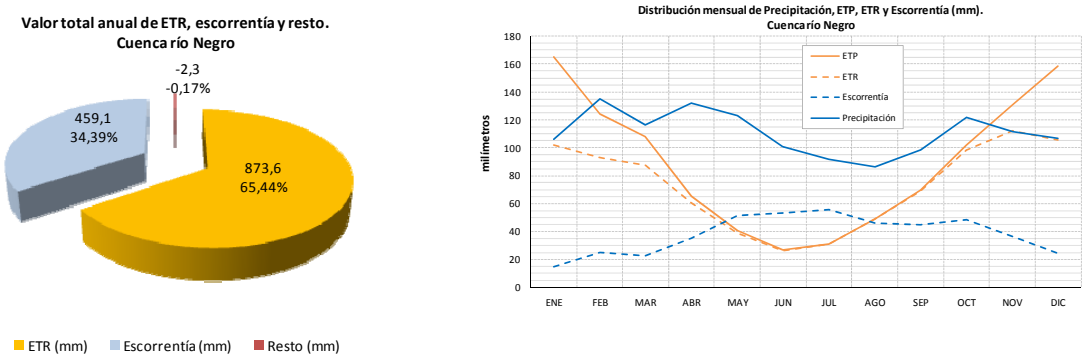
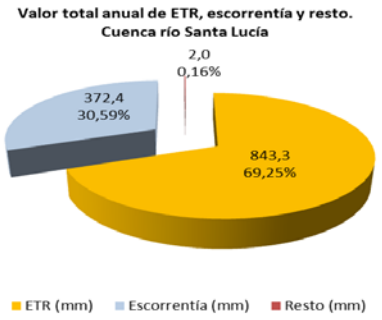


Gráfico 18. Componentes del Balance de la cuenca del río Negro

Cuenca del río Santa Lucía

La lluvia anual caída se estima en 1.217 mm, de los que se pierden por evapotranspiración 843 mm, llegando a los cauces 372 mm. Esta escorrentía supone un caudal continuo medio anual del orden de 159 m^3/s y un volumen disponible de agua de 5.022 hm^3. Se pierde por evapotranspiración el 69 % de la lluvia que cae en ella. La aportación específica equivalente es de 11,8 $l/s\text{-}km^2$, segunda más baja de las seis grandes cuencas del país, después de la cuenca del río de la Plata.

En el Gráfico 19 puede verse el resultado obtenido, así como la distribución mensual, de las componentes del balance.



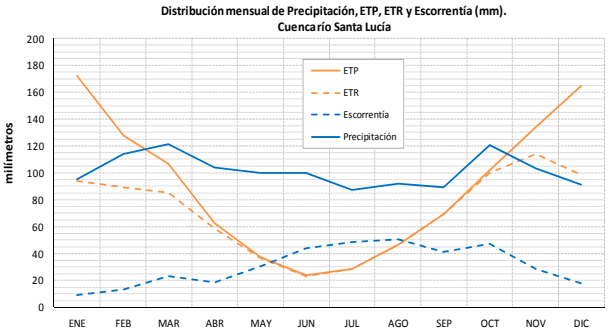


Gráfico 19. Componentes del Balance de la cuenca del río Santa Lucía

Referencias bibliográficas

DINAGUA. «Ciclos anuales y estacionales de parámetros hidrológicos (1980-2004).» 2012.

DINAGUA. «Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Agenda para la Acción.» 2011.

DINAGUA. «Manual de diseño y construcción de pequeñas presas.» 2011.

DINAGUA. «Planagua.» 2012.

DINAGUA. «Regionalización y correlaciones de parámetros hidrológicos.» 2012.

DNH-MTOP-IMFIA. «Balances hídricos superficiales en cuencas del Uruguay.» 2001.

Estrela, Teodoro. *Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos.* CEDEX, 1992.

J.H. Molfino, A. Califra. «Agua disponible de las tierras del Uruguay.» 2001.

MGAP, Uruguay. «Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000.» 1976.

Nicolás Failache Gallo, Federico Charbonnier, José Luis Genta y Christian Chreties. «Calibración y regionalización de un modelo de balance hídrico mensual en cuencas uruguayas utilizando un algoritmo multiobjetivo.» 2006.

Témez, José Ramón. *Modelo matemático de transformación precipitación-escorrentía.* ASINEL, 1977.

UNESCO, Rostlac. «Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur.» 1982.

UPV, Universidad Politécnica de Valencia-. «Herramienta EvalHid para la evaluación de recursos hídricos.»

Uruguay, MVOTMA. «Plan Nacional de respuesta al cambio climático.» 2010.

Vrugt J. A., Hoshin V. Gupta, Luis A. Bastidas, Willem Bouten & Soroosh Sorooshian. «Effective and efficient algorithm for multiobjective optimization of hydrologic models.» 2003.

W. Collischonn, C. E. Tucci. «Calibración multiobjetivo de un modelo hidrológico utilizando un algoritmo genético.» 2003.

WMO, Worrld Meteorological Organization. «Guide to Climatological Practices.» 2011.