

# ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS TOTALES EN EL ÁMBITO DE LA CAPV

## SINTESIS

Diciembre 2003

### INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Como parte integrante de las tareas puestas en marcha para la elaboración del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas del País Vasco y, en su caso, la revisión de los Planes actualmente vigentes Norte II, III y Ebro, la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco ha llevado a cabo los trabajos encaminados al establecimiento de los recursos hídricos totales de la CAPV. Estos trabajos están siendo continuados con la estimación de las demandas de abastecimiento y la incorporación de ambos a los modelos de gestión, con el objetivo último de establecer las garantías de abastecimiento y las actuaciones necesarias para que éste se produzca en las mejores condiciones.

En este documento se sintetizan los trabajos encaminados a la obtención de las series representativas de los recursos hídricos naturales en el ámbito de la CAPV, sin considerar el propio eje del Ebro.

El objetivo inmediato ha sido la obtención de las series diarias de aportaciones que cubran el período 1951 a 2000, 50 años que se consideran representativos del régimen hidrológico

Este objetivo se ha traducido en una serie de actividades, entre las que se puede destacar la recopilación de los datos de carácter hidrometeorológico generados en el ámbito de la CAPV y entorno inmediato, su tratamiento, elaboración y depuración, en la medida de lo posible, y en el establecimiento de un modelo de simulación de conversión del proceso lluvia en escorrentía.

Además, el modelo de simulación debe de ser general en su funcionamiento y aplicación y quedar a disposición de la Administración para dar respuesta a la necesidad futura de obtener series de recursos en ubicaciones no previstas en la actualidad. Por lo tanto, el modelo de simulación debe de permitir la generación de resultados en localizaciones distintas a las de los puntos donde ha sido calibrado y validado.

A lo largo de 2003 se generaron series de recursos en 444 puntos adicionales a los 123 que se procesaron en la primera fase.

El trabajo se ha desarrollado entre los años 2000 y 2003 y se ha contado para ello con la asistencia técnica de INTECSA-INARSA, S.A.

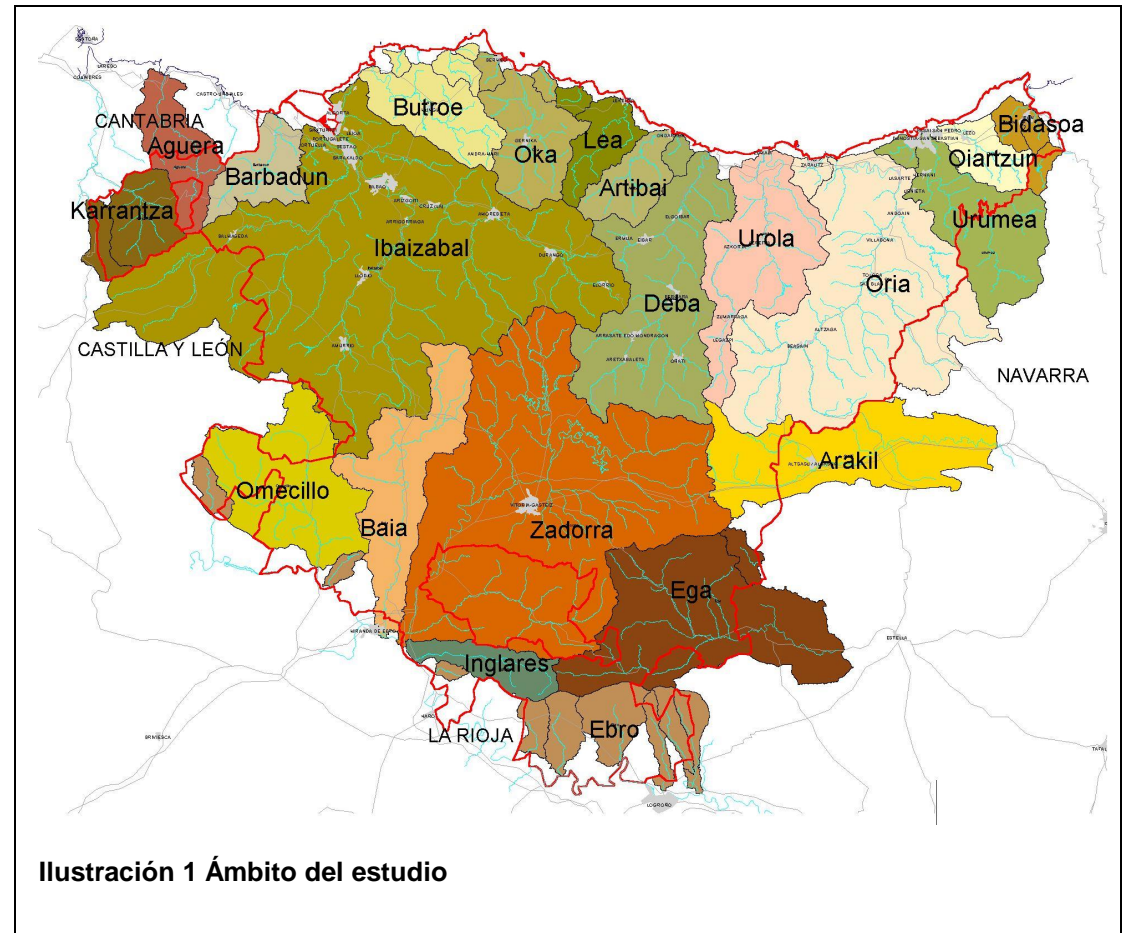
### ÁMBITO DEL ESTUDIO Y ZONIFICACIÓN

El ámbito territorial del estudio es el ámbito de la CAPV, sin considerar el propio eje del Ebro, aunque sí los barrancos singulares vertientes a él, y aquellas zonas de otras CCAA limítrofes que por continuidad hidrológica lo requieran.

El ámbito así definido supone 8500 km<sup>2</sup> repartidos entre la CAPV (81%), Navarra (10%), Castilla y León (8%), Cantabria (1%) y La Rioja (0.1%). La zonificación espacial empleada a lo largo del estudio es la que refleja el Mapa Hidrológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El criterio general aplicado para la fijación del ámbito del estudio ha sido el siguiente. En el caso de las Unidades que vierten al mar en el ámbito de la CAPV, éstas se han considerado completas, excepto en el caso del Bidasoa en el que únicamente se han incluido los afluentes Aldabe, Endara y Jaizubia. También se han incluido las pequeñas subcuencas adyacentes a

las Unidades principales: Igara, Iñurrítza, Saturrarán, Ea, Artigas, Laga, Andraka, Arcega y Estepona. Se han seleccionado aquellas cuencas en las que ha sido posible identificar un cauce superficial



a la escala del modelo de simulación (cuadrícula de 500 metros), por acumulación de un número suficiente de celdas.

En el caso de las Unidades que vierten al río Ebro en las proximidades del límite de la CAPV, se ha considerado el total de la cuenca fluvial. Este es el caso del Omecillo, del Baia, del Zadorra y del Inglares. Las unidades Jerea y Linares no se han incluido dada la escasa superficie que presentan en la CAPV.

En el caso de las Unidades cuyo punto de desembocadura al mar o al Ebro se localiza claramente fuera de la CAPV se ha utilizado el criterio de proximidad a una estación de aforos representativa del régimen hidrológico, o alternativamente el límite de la CAPV. Así el Agüera se ha prolongado hasta su desembocadura en las proximidades de la EA N° 186 de la CHN. En el Karrantza, el límite del estudio se ha establecido en el de la CAPV y se ha incluido la cuenca del Calera. El Purón se ha incluido hasta el límite de la CAPV y se ha tratado junto con el resto de los barrancos vertientes al Ebro. En el Ega el ámbito se ha prolongado hasta la estación de aforos de Murieta del Gobierno de Navarra (N° 313) y hasta el límite de la CAPV en el caso del Larrondoa. En el Arakil la unidad se ha extendido hasta alcanzar

la estación de aforos de Etxarren (N° 433). En resumen, la superficie del ámbito dividido en unidades es la siguiente.

**Tabla 1 Superficies de las unidades.**

UH	Superficie (km <sup>2</sup> )	%
Bidasoa	64.71	0.8%
Oiartzun	85.78	1.0%
Urumea	290.80	3.4%
Oria	899.35	10.6%
Urola	342.21	4.0%
Deba	537.46	6.3%
Artibai	104.46	1.2%
Lea	111.64	1.3%
Oka	208.82	2.5%
Butroe	211.51	2.5%
Ibaizabal	1798.94	21.2%
Barbadun	123.25	1.5%
Agüera	149.85	1.8%
Karrantza	151.70	1.8%
Omecillo	351.95	4.1%
Baia	324.34	3.8%
Zadorra	1358.16	16.0%
Inglares	98.57	1.2%
Ega	578.52	6.8%
Arakil	407.16	4.8%
Ebro	300.19	3.5%
Total general	8.499,36	100%

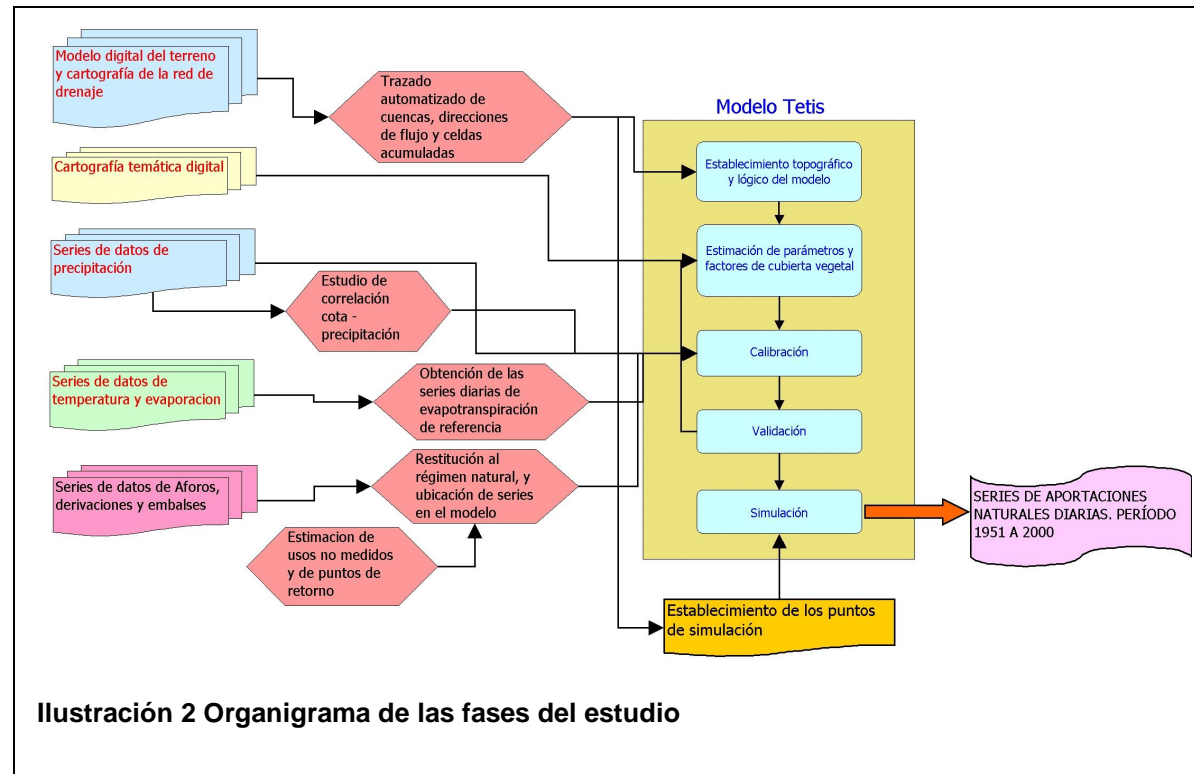
**METODOLOGÍA GENERAL Y ESTRUCTURA DEL ESTUDIO**

La metodología general de este estudio ha incluido las siguientes fases:

- Recopilación de la información
- Análisis pluviométrico
- Análisis termométrico y de evapotranspiración de referencia
- Análisis foronómico y restitución al régimen natural
- Análisis edafológico, morfológico y geológico
- Establecimiento del modelo de simulación
- Calibración
- Simulación

Una vez recopilada la información termo pluviométrica, se han llevado a cabo los estudios de análisis de la información pluviométrica

mediante técnicas de dobles masas y correlaciones (a nivel diario, mensual y anual). También se ha estimado la representación espacial de cada estación mediante polígonos de Thiessen, y se ha analizado la variación de la precipitación con la cota, con el objetivo de investigar su posible relación y obtener los parámetros a incorporar en la simulación.



En el caso de la evapotranspiración, la necesidad de contar con series de  $ET_0$  diarias y la realidad de la disponibilidad de datos, ha conducido a la realización de un estudio de análisis de aproximaciones simplificadas a la fórmula de Penman Monteith, habiéndose seleccionado la que permite su obtención en base a los datos de temperatura máxima y mínima diarias.

El análisis foronómico se ha encaminado a la obtención de un conjunto de series de aportaciones diarias restituidas al régimen natural sobre las que poder realizar la calibración del modelo de simulación.

Para la fase de simulación se ha seleccionado el modelo Tetis de la Universidad Politécnica de Valencia. El modelo permite obtener la respuesta hidrológica ocasionada por la precipitación de lluvia, teniendo en cuenta los diferentes procesos físicos involucrados y empleando la modelación distribuida de tipo conceptual. Los parámetros del modelo están básicamente relacionados con el suelo, la cubierta vegetal y la red de cauces.

Al tratarse de un modelo distribuido, la simulación hidrológica se realiza en todo el espacio, lo que permite la obtención de

resultados en cualquier punto y hace innecesaria la labor de regionalización de parámetros.

El proceso de calibración consta de dos fases independientes que evitan la sobreparametrización del modelo y por lo tanto garantizan la representatividad de los procesos más allá del período y área de calibración. En una primera fase y mediante la utilización de la información disponible, se realiza una estimación inicial de los parámetros básicos coherentes a lo largo y ancho de la zona de estudio. En la segunda fase se obtienen los factores correctores mediante el proceso clásico de comparación de los valores simulados y los valores medidos. Con posterioridad a la calibración se ha llevado a cabo la validación espacial y temporal del modelo.

Finalmente, una vez establecido y calibrado el modelo se han construido y ejecutado las estructuras de simulación correspondientes al intervalo de tiempo de 1951 a 2000, con lo que se han obtenido 123 series de recursos naturales a escala diaria en los puntos del territorio previamente seleccionados. En 2003 se han generado series de aportaciones en 444 más, para su utilización en los estudios de análisis del abastecimiento.

## PLUVIOMETRIA

mm y de la de Miranda de Ebro (9069) en el Baia con 525 mm.

Los estudios termo pluviométricos han incluido la revisión de 421 estaciones pertenecientes a seis redes de medida, y la obtención de datos de 261. De 248 de ellas se han obtenido datos de precipitación totalizando 3767 años de datos diarios. Los estudios de dobles masas, correlaciones y tipología de los rellenados han permitido caracterizar las series de cara a su utilización en la simulación.

Los valores mas altos de la precipitación puntual se localizan en las cuenca del Urumea y el Oiartzun. Artikutza (1021) en el Urumea con 2603 mm anuales es la estación con mas precipitación, seguida de la de Endara (1012) en el Bidasoa con 2274 mm y de la Ardituri (1016) en el Oiartzun con 2269 mm. La serie con menor precipitación es la de La puebla de Labarca (9146V), en el Ebro con 420 mm, seguida de la de Elciego (9145E) también en el Ebro y con 450

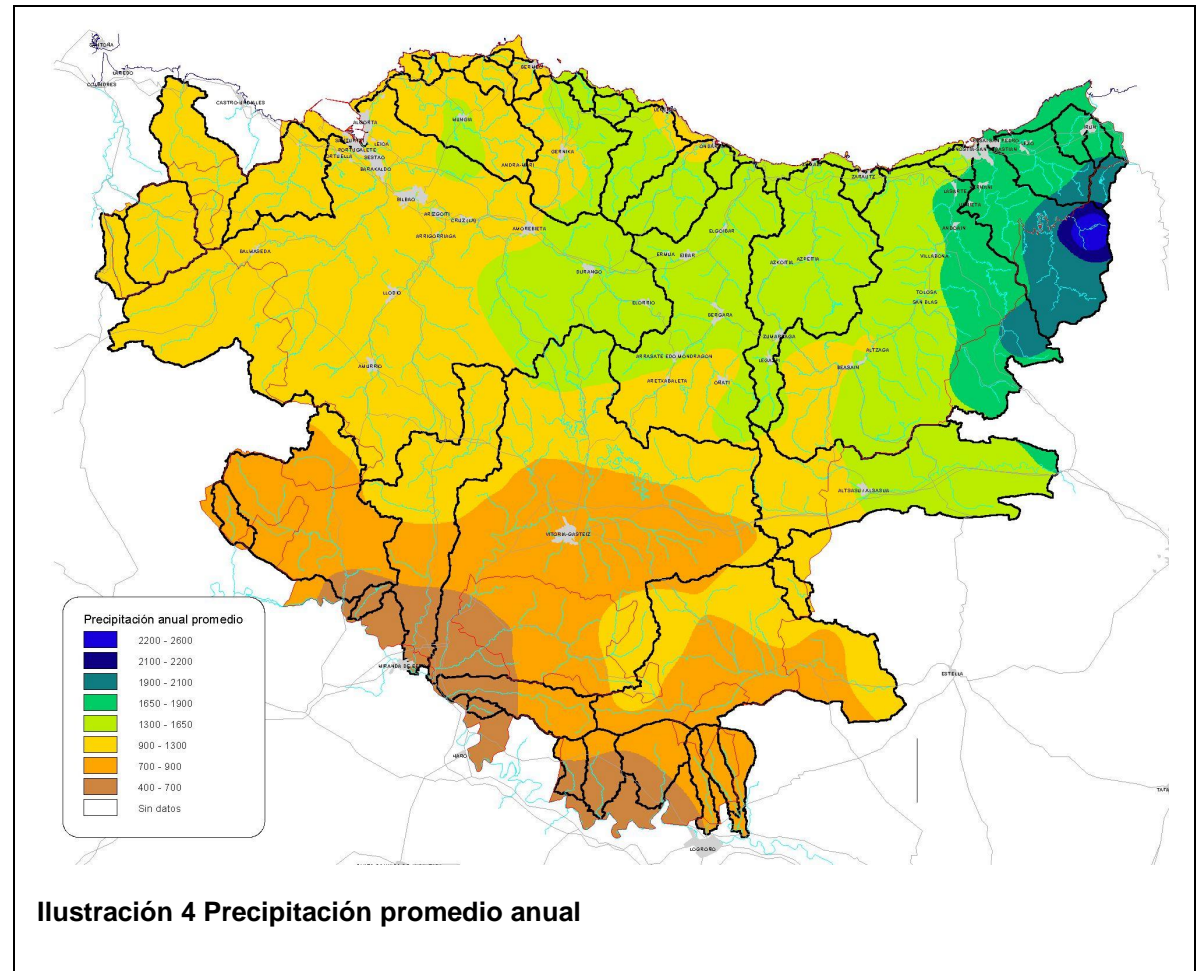


En la precipitación areal de las unidades hidrológicas, sin tener en cuenta el incremento con la cota (ver Ilustración 4 y tabla 2), destacan los extremos del Urumea con 1922 mm, el Bidasoa con 1838 mm y el Oiartzun con 1834 mm por un lado, y del Inglares con 709 mm, el Ebro con 716 y el Omecillo con 793 mm por el otro.

Los estudios de la variación de la precipitación con la cota han sido encaminados a investigar la posible relación y obtener los parámetros de tal variación a incorporar en la simulación.

Este factor de incremento de la precipitación con la cota, ha sido utilizado como un límite máximo al parámetro de incremento. Su valor definitivo se ha obtenido en la fase de calibración, en donde los cierres de los balances hídricos han sido los determinantes. Sí se ha detectado como una posible línea de trabajo futuro el profundizar en el análisis de este tipo de efectos.

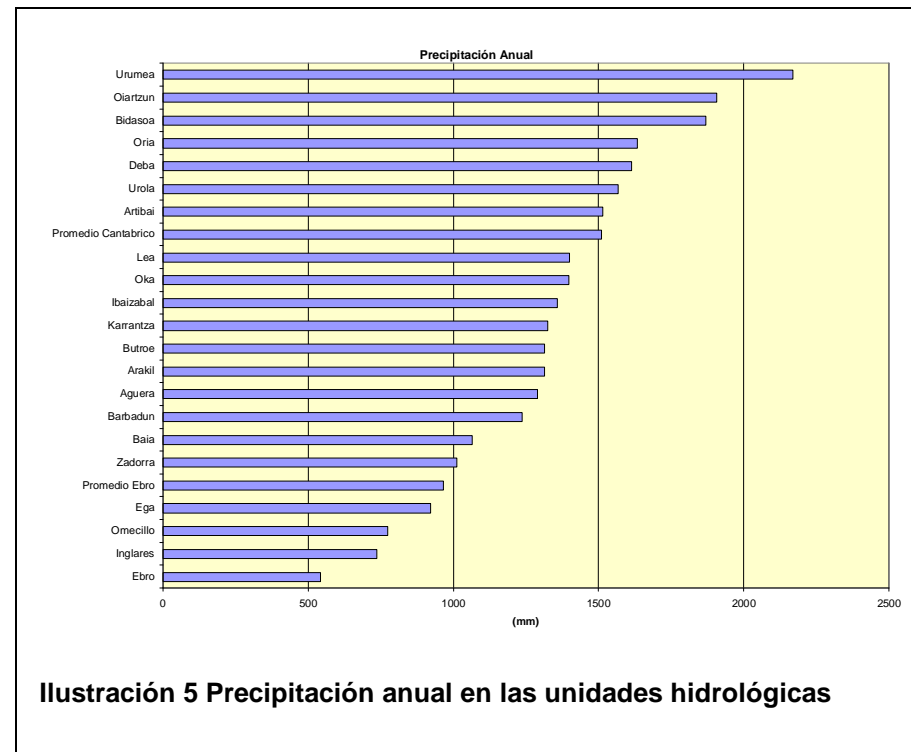
La precipitación de cálculo así obtenida es ligeramente superior a la areal, tal como se recoge en la tabla siguiente.



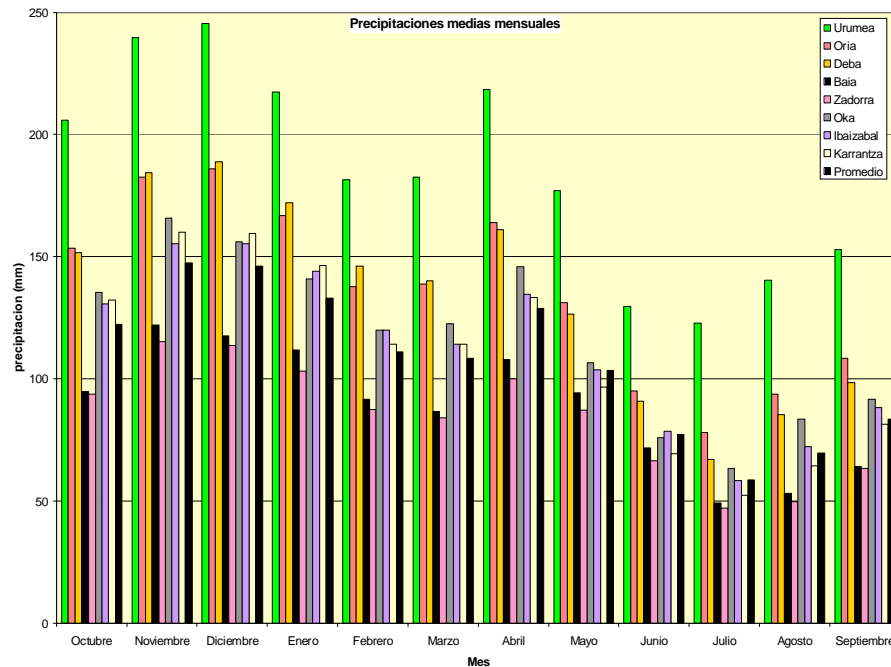


**Tabla 2 Precipitación areal, de cálculo y coeficientes de irregularidad y variación**

	Precipitación de cálculo				Coef Irregularidad de variación	Coeficiente
	Prec areal	Media	Máxima	Mínima		
Bidasoa	1838	1869	2491	1309	1.90	0.15
Oiartzun	1834	1905	2400	1280	1.87	0.14
Urumea	1922	2169	2865	1393	2.06	0.14
Oria	1534	1633	2129	1090	1.95	0.13
Urola	1460	1567	2095	1021	2.05	0.13
Deba	1391	1613	2295	1080	2.12	0.15
Artibai	1432	1514	2205	981	2.25	0.15
Lea	1369	1400	1683	872	1.93	0.12
Oka	1297	1397	1840	931	1.98	0.12
Butroe	1280	1314	1700	1006	1.69	0.12
Ibaizabal	1168	1357	1847	962	1.92	0.14
Barbadun	1153	1235	1794	736	2.44	0.17
Aguera	1165	1289	1803	775	2.33	0.17
Karrantza	1171	1326	1914	782	2.45	0.21
Omeçillo	793	773	997	599	1.67	0.14
Baia	914	1066	1330	698	1.91	0.12
Zadorra	889	1012	1305	740	1.76	0.13
Inglares	709	736	986	513	1.92	0.16
Ega	879	921	1287	508	2.53	0.19
Arakil	1348	1314	1755	970	1.81	0.15
Ebro	716	541	727	371	1.96	0.16

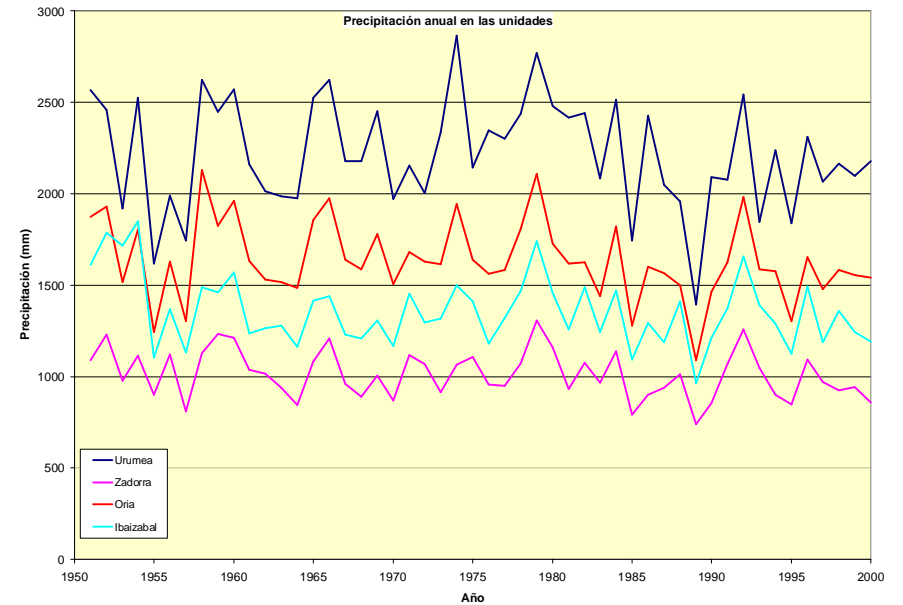


La tabla recoge también los valores máximos y mínimos anuales de las series de precipitación promedio de cada Unidad Hidrológica junto con el coeficiente de irregularidad (Rango dividido entre la Media) y de variación, ambos expresión de la variabilidad interanual, cuyos valores pueden ser calificables de moderados.



**Ilustración 6 Precipitaciones promedio mensuales**

Otra vista de la variabilidad intraanual e interanual se incluye en las siguientes ilustraciones. La primera informa sobre la variabilidad intraanual, muy semejante en las series analizadas y con dos máximos evidentes en Noviembre - Diciembre y Abril, y unos mínimos en Julio y Agosto con el 5% de la precipitación anual cada uno.



**Ilustración 7 Series de precipitaciones anuales**

La segunda muestra la variabilidad interanual, también con perfiles semejantes, pero con mayor variabilidad en el Ibaizabal que en el Zadorra, Oria y Urumea.

Los mas regulares son Omecillo, Butroe, Zadorra y Arakil según el coeficiente de irregularidad, y los más irregulares son el Agüera, Barbadún, Karrantza y Ega.

TERMOMETRIA Y EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA

Bidasoa (13.7°C), Oiartzun (13.6°C) y Oka (13.6°C).

En el caso de la termometría, se han utilizado datos de 88 estaciones. Un conjunto inferior al de las estaciones pluviométricas, pero suficiente para la monitorización de un proceso más homogéneo que el de la precipitación.

Se ha dispuesto de temperaturas máximas y mínimas diarias, fluctuación muy relevante, a efectos hidrológicos, por su relación con la evaporación y la transpiración.

El rango de las temperaturas medias es limitado, pero caracteriza una vertiente cantábrica más templada que el valle del Ebro. Los mínimos areales se ubican en el Omecillo (11.7°C), Zadorra (11.8°C), Inglares (11.9°C) y Baia (11.9°C), y los máximos en el Butroe (13.8°C),

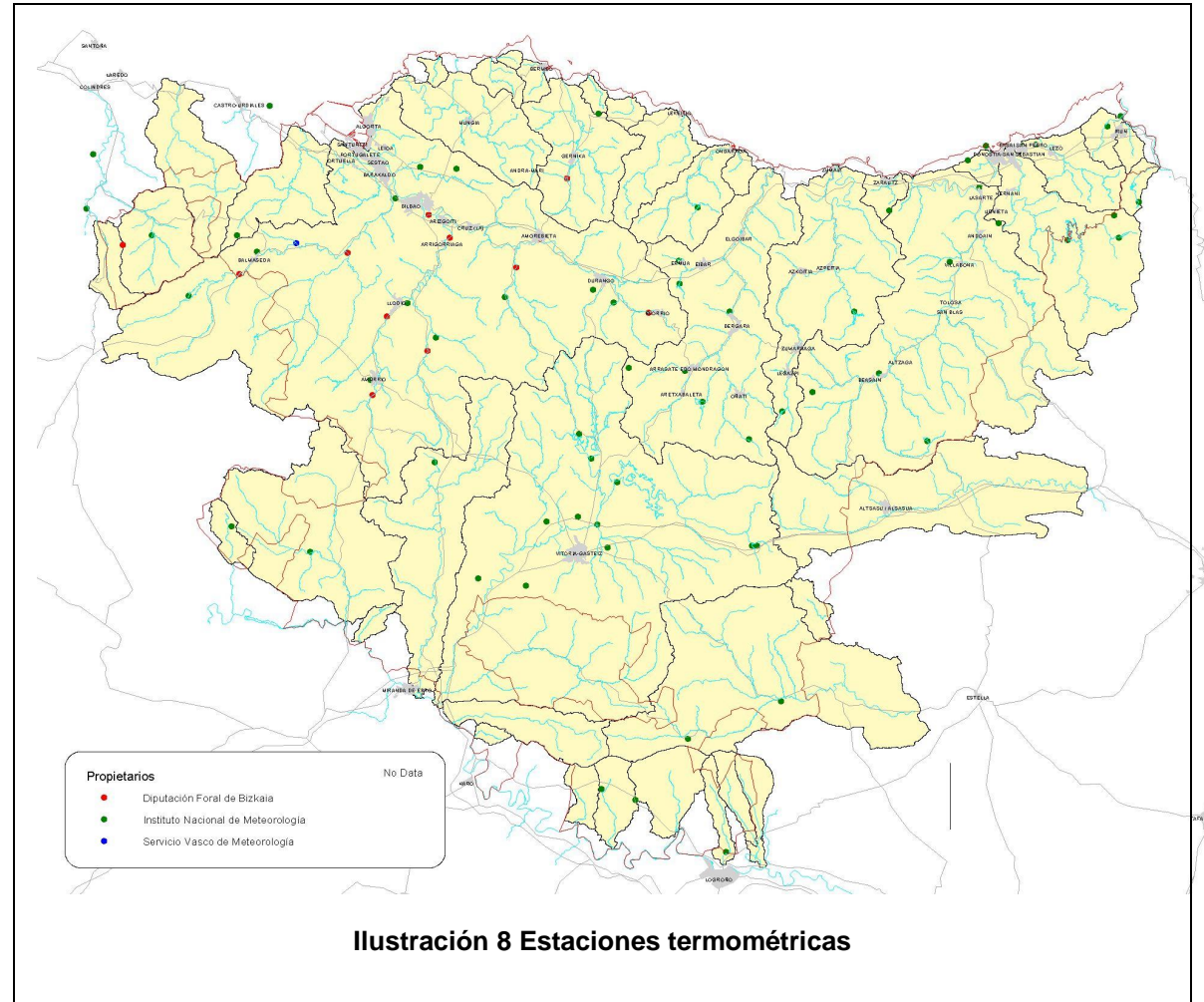


Tabla 3 Promedio de la temperatura media areal por unidades

UH	Temperatura media anual °C
Agüera	13.3
Arakil	12.1
Artibai	13.2
Baia	11.9
Deba	12.7
Ega	11.9
Ibaizabal	13.3
Inglares	11.9
Karrantza	13.3
Lea	13.3
Oiartzun	13.6
Oka	13.6
Omecillo	11.7
Oria	13.0
Urola	13.3
Urumea	13.5
Zadorra	11.8
Bidasoa	13.7
Butroe	13.8
Barbadun	13.3
Ebro	12.0

Siendo el objetivo de estos datos la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET0), se han analizado las series de evaporación disponibles y se han correlacionado con las

formulaciones existentes para el cálculo de la evapotranspiración de referencia a escala diaria.

El método simplificado de la FAO (Documento Nº 56) basado en las temperaturas máximas y mínimas diarias, ha demostrado ser consistente y robusto y ha permitido obtener series diarias de la ET0, en todas las estaciones por el método Penmann – Monteih.

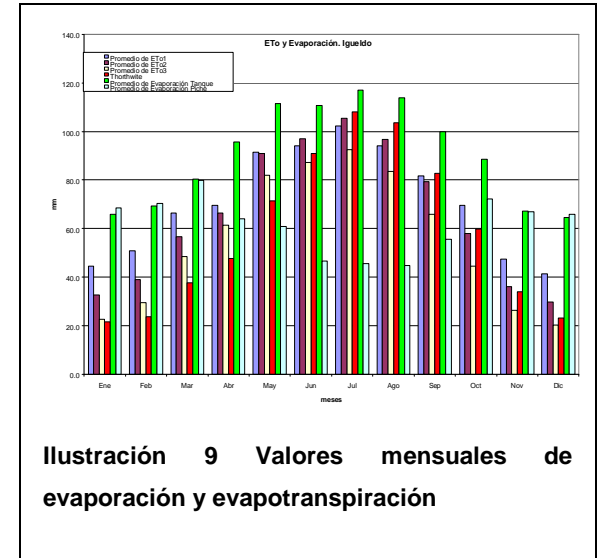


Ilustración 9 Valores mensuales de evaporación y evapotranspiración

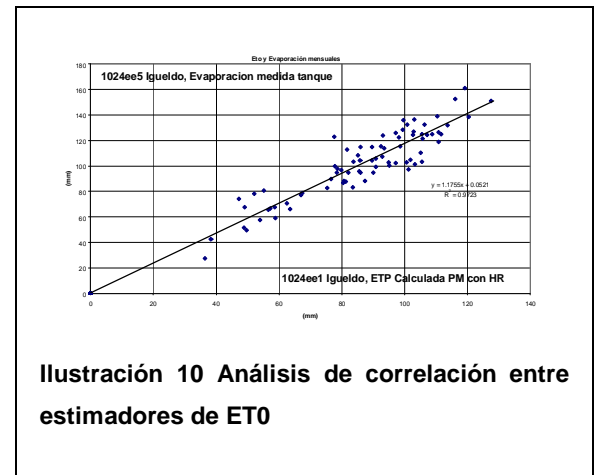


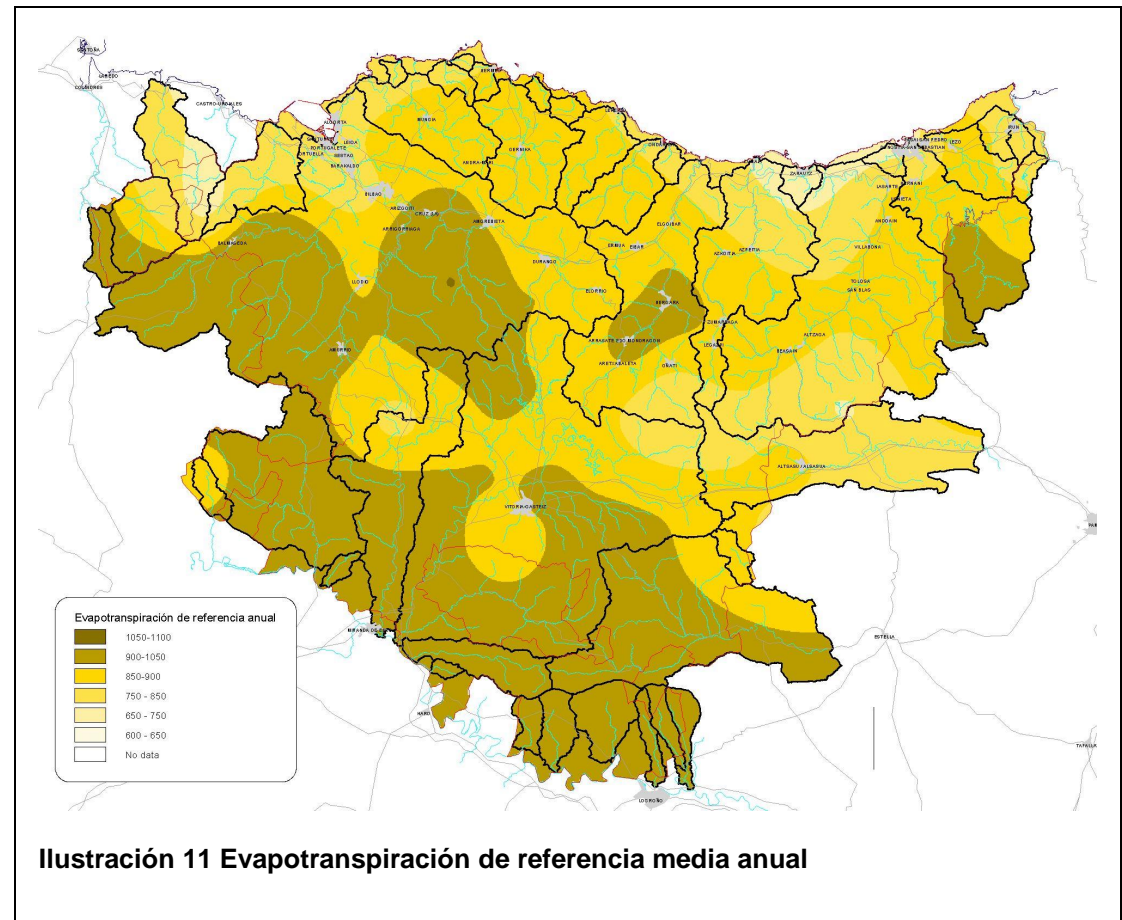
Ilustración 10 Análisis de correlación entre estimadores de ET0

Este aspecto de la escala temporal es de gran trascendencia de cara a la precisión en la simulación de los procesos hidrológicos.

Los valores promedio areal anual de la evapotranspiración de referencia proporcionan una imagen caracterizada por unos máximos locales en el Valle del Ebro e Ibaizabal.

**Tabla 4 Evapotranspiración areal de referencia anual**

Nombre	ET de referencia (mm/año)
Bidasoa	828
Oiartzun	853
Urumea	882
Oria	837
Urola	836
Deba	871
Artibai	864
Lea	858
Oka	875
Butroe	855
Ibaizabal	929
Barbadun	801
Agüera	756
Karrantza	877
Omecillo	981
Baia	935
Zadorra	912
Inglares	970
Ega	929
Arakil	812
Ebro	987



FORONOMIA

El análisis foronómico se ha encaminado a la obtención de un conjunto de series de aportaciones diarias restituidas al régimen natural con las que realizar la calibración del modelo de simulación.



Ilustración 12 Deba en Altzola



Ilustración 13 Estaciones de aforo

Se han revisado datos de 143 estaciones de aforo pertenecientes a 14 redes u organismos.

De ellas se han seleccionado 113, que reflejan otros tantos puntos de medida distintos de los recursos fluviales. Disponen de 1178 años de datos, una media de 10 años por estación.

Ha sido necesario restituir al régimen natural 33 de estas estaciones, cuyo régimen está alterado por las presiones humanas. La restitución se ha realizado a escala diaria, mediante la consideración de las correspondientes series de embalses, tomas y retornos.

Como parte del proceso de análisis de la información de las estaciones de aforo, se ha revisado su ubicación y trazado sus cuencas vertientes de cara a su correcta integración en el modelo de simulación en las fases de calibración y validación.



**Ilustración 14 Ibaizabal en Amorebieta**



**Ilustración 15 Inglares**



**Ilustración 17 Ega en Arquijas**



**Ilustración 16 Nerbion en Gaiartu**

### INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA

Para caracterizar geomorfológicamente la zona de estudio se ha contado con abundante información de la CAPV, dotada de representación espacial.

Sin ser exhaustivos, merecen destacarse los mapas Litológico,

Geológico, Hidrogeológico, de Permeabilidades y Coeficiente de Infiltración, de Usos del Suelo y de Suelos. Estos mapas se han completado con otras fuentes para cubrir el ámbito del estudio.

También se han derivado planos a partir de esta información, como, por ejemplo, la delimitación de zonas de comportamiento hidrológico específico.

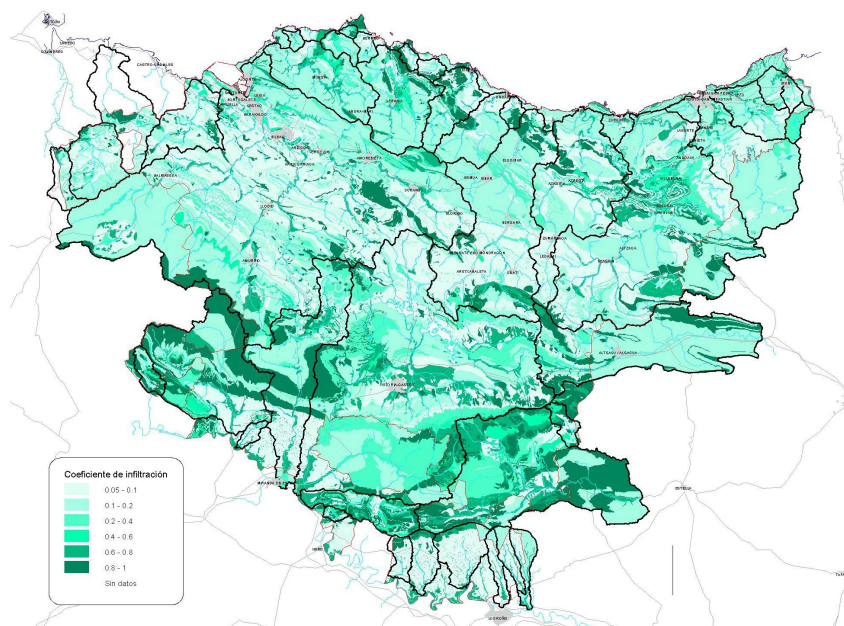


Ilustración 19 Mapa de coeficiente de infiltración

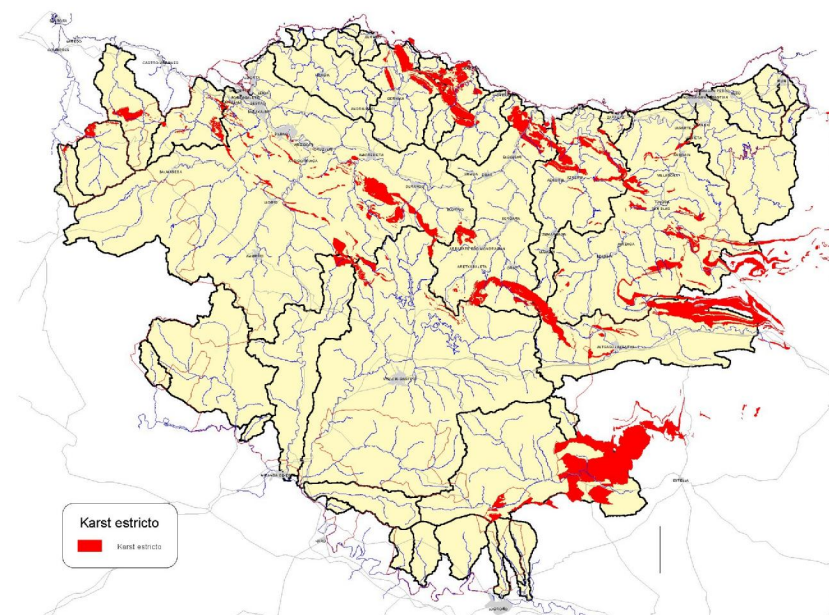


Ilustración 18 Acuíferos Kársticos en sentido estricto



CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

Para la simulación del proceso de conversión de la lluvia en escorrentía se ha seleccionado el modelo Tetis de la Universidad de Valencia. Se trata de un modelo de procesos aplicado a escala de celda de simulación, con una secuencia de agregación de resultados y estados relacionada con la red de drenaje deducida de la topografía.

En Tetis, la producción de la escorrentía se basa en la realización de un balance hídrico en cada celda, asumiendo que el agua se distribuye en cinco niveles o tanques de almacenamiento conceptuales y conectados entre sí, como puede observarse en la Ilustración 20. En este estudio, el correspondiente a la nieve no se ha utilizado.

El establecimiento del modelo de simulación se ha iniciado con la definición de las celdas de cálculo a una escala tal que mantenga el equilibrio entre representatividad y rapidez de ejecución informática. Esta escala es 500 x 500 metros. Se ha proseguido con la caracterización geomorfológica inicial, la estimación inicial

de los parámetros del modelo y ha finalizado con las fases de calibración de los factores correctores y su validación.

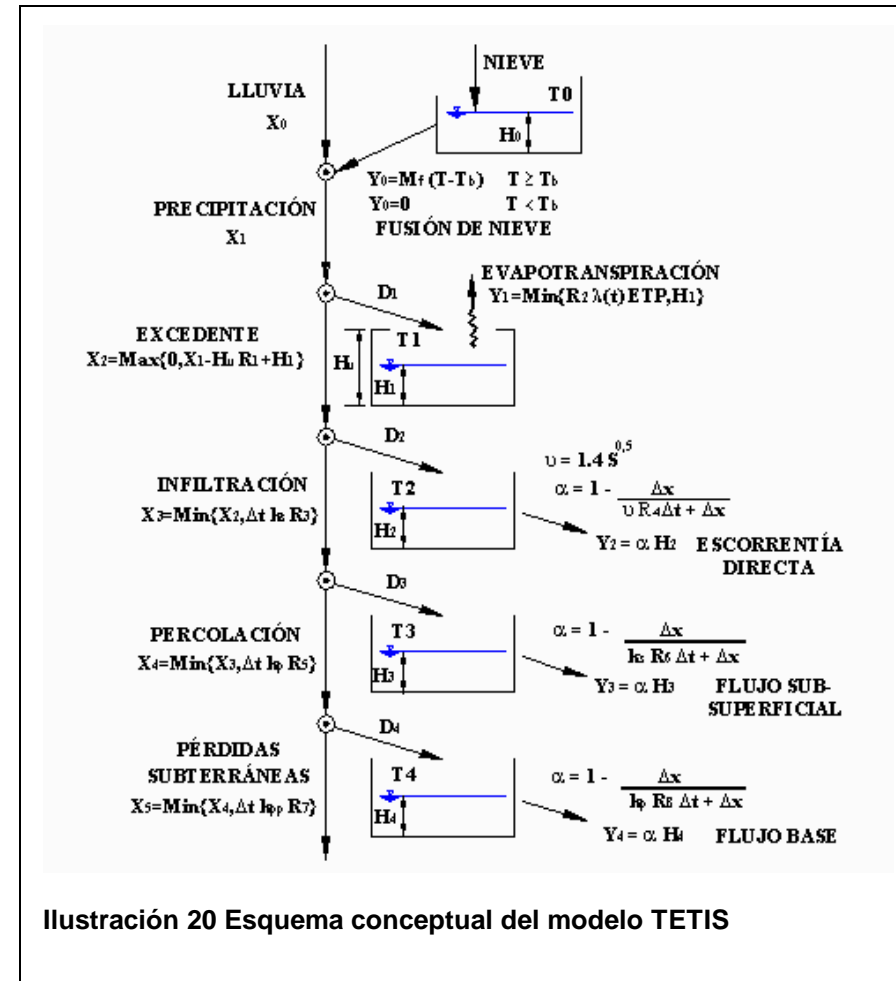


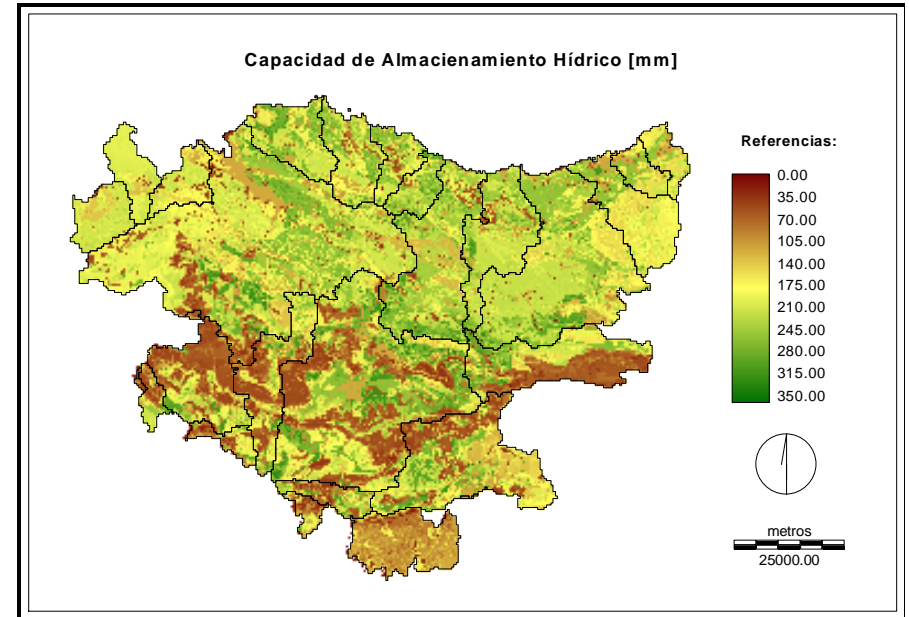
Ilustración 20 Esquema conceptual del modelo TETIS

**Tabla 5 Información cartográfica utilizada en la estimación de parámetros hidrológicos**

Tipo de Información	Mapas
Estructura geológica	Mapa Hidrogeológico del País Vasco, Mapa Hidrogeológico de Navarra. Mapas litológicos del País Vasco, Navarra y Castilla y León
Unidades Hidrogeológicas	Mapa Hidrogeológico del País Vasco, Mapa Hidrogeológico de Navarra.
Litología	Mapas litológicos del País Vasco, Navarra y Castilla y León
Topografía	Modelo digital del terreno
Uso del suelo	Mapas de cubierta del suelo de País Vasco, Navarra y Castilla - León
Tipos de suelos	Mapas de suelos de Gipúzkoa, Bizcaia, Álava, Navarra y Castilla - León  Mapa de Suelos de la Comunidad Europea

En la fase inicial se ha determinado la distribución espacial de los tres parámetros principales del modelo, uno de los cuales se refleja, a modo de ejemplo, en la Ilustración 21.

En esta fase también se ha estimado el factor de vegetación, clave para la estimación de la evapotranspiración real, y que no sólo depende del uso del suelo, sino que además es variable a lo largo del año. Finalmente se han estimado los factores que relacionan la topografía con las ecuaciones de propagación.



**Ilustración 21 Mapa final capacidad de almacenamiento hídrico del suelo**

En la calibración/validación se han empleado 71 de las estaciones en las que se habían obtenido series de aportaciones. 22 se han dedicado a la calibración. Y 14 de ellas junto con las 49 restantes, a la validación. Los criterios de ajuste entre lo simulado y lo medido han sido fundamentalmente los siguientes: visualización, balance general, y el coeficiente  $R^2$  de Nash y Sutcliffe, calculado como:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Q}_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2}$$

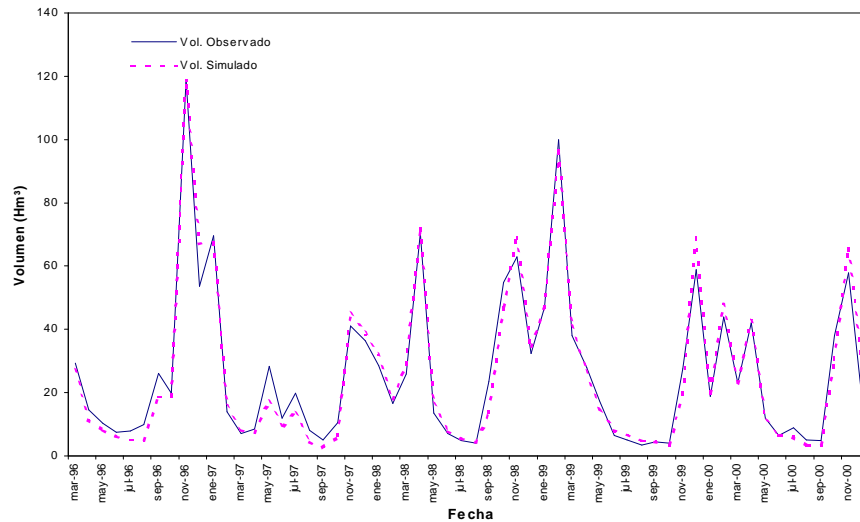


Ilustración 22 Ejemplo de Calibración. Hidrogramas mensuales observado y simulado en Alzola

El criterio de ajuste establecido proviene de los estudios de comparación de modelos del proyecto AIMWATER de la UE:

Tabla 6 Criterios de ajuste. Valores mínimos del factor R<sup>2</sup>

	Aceptable	Excelente
Calibración	0.6	0.8
Validación	0.5	0.7

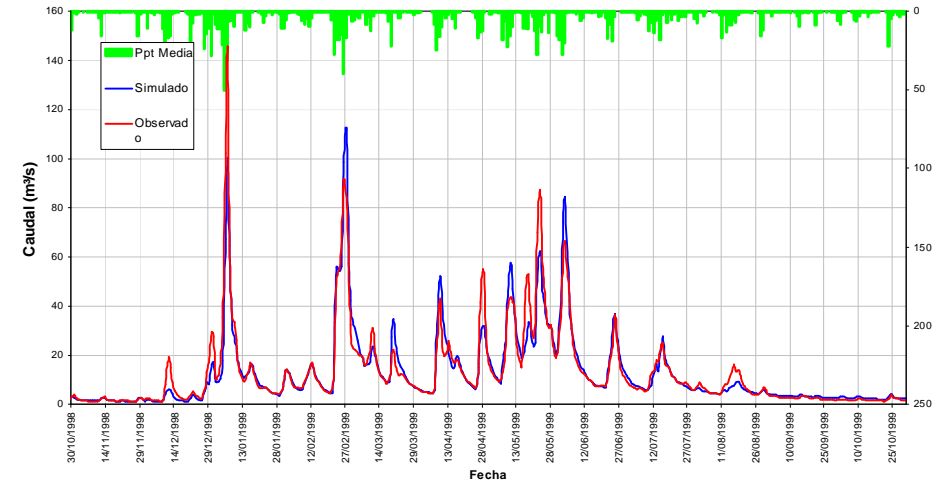


Ilustración 23 Ejemplo de calibración. Hidrogramas diarios observado y simulado en Alzola

A escala diaria, los resultados de las 20 calibraciones finales han sido aceptables en 8 casos, excelentes en 10 y deficientes (y no corregibles) en 2. A escala mensual los resultados son deficientes en 1 caso, aceptables en 5 y excelentes en 14.

Además se ha obtenido que la calibración mejora con la superficie de la cuenca y con la escala de tiempo y que el nivel de calibración conseguido es semejante entre las cuencas que vierten al Cantábrico y las que lo hacen al Ebro.

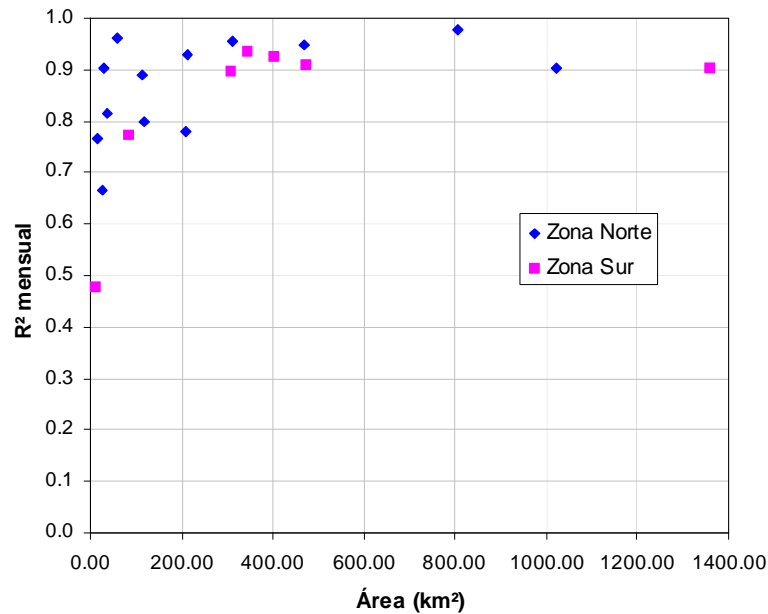
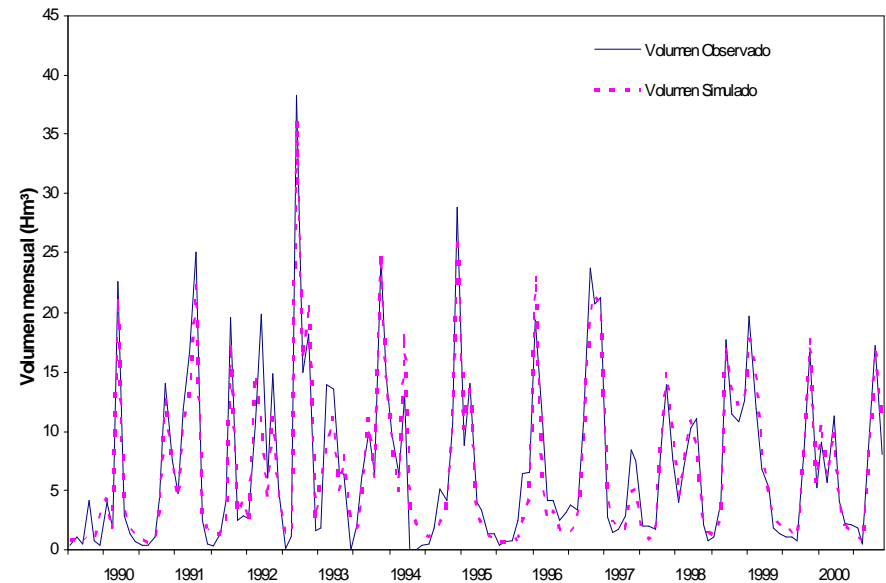


Ilustración 24 índice  $R^2$  de eficiencia mensual en calibración versus superficie de la cuenca

La validación espacio – temporal se ha realizado sobre un conjunto de 62 estaciones, algunas de ellas ya utilizadas en calibración, en otros períodos. A escala diaria, en un 33% de las situaciones la validación no fue buena, en un 27 % fue buena y en el 40% restante fue excelente. A escala mensual en 12 casos la validación no fue buena, en 10 fue aceptable y en 40 excelente.



Los casos en los que la validación no fue buena se debieron, en general, a problemas en los datos de partida, o a tratarse de cuencas muy pequeñas de comportamiento hidrológico muy específico.

Se considera que el proceso de calibración / validación ha proporcionado una combinación de parámetros acorde a los objetivos del proyecto.

## SIMULACIÓN Y RESULTADOS

aportaciones en 444 puntos dedicados al estudio del estado del abastecimiento, ubicados en confluencias y puntos de toma.

Una vez calibrado el modelo, se ha seleccionado un conjunto de 123 puntos en los que se han generado series de recursos a escala diaria, para el período 1951 a 2000, es decir, 50 años de datos. En 5 sistemas (Artibai, Lea, Oka, Butroe e Inglares) el período de simulación ha cubierto 40 años (1961 a 2000) por deficiencias insalvables en los datos de partida de precipitación y/o evapotranspiración de referencia.

Los puntos simulados han sido 75 estaciones de aforo, 14 embalses no coincidentes con estaciones de aforo, y 42 desagües de cuencas o puntos intermedios.

Los resultados principales de este análisis son las series diarias de aportaciones naturales, es decir las que circularían por los ríos en ausencia de aprovechamientos y de obras de regulación. Posteriormente se simularon series de

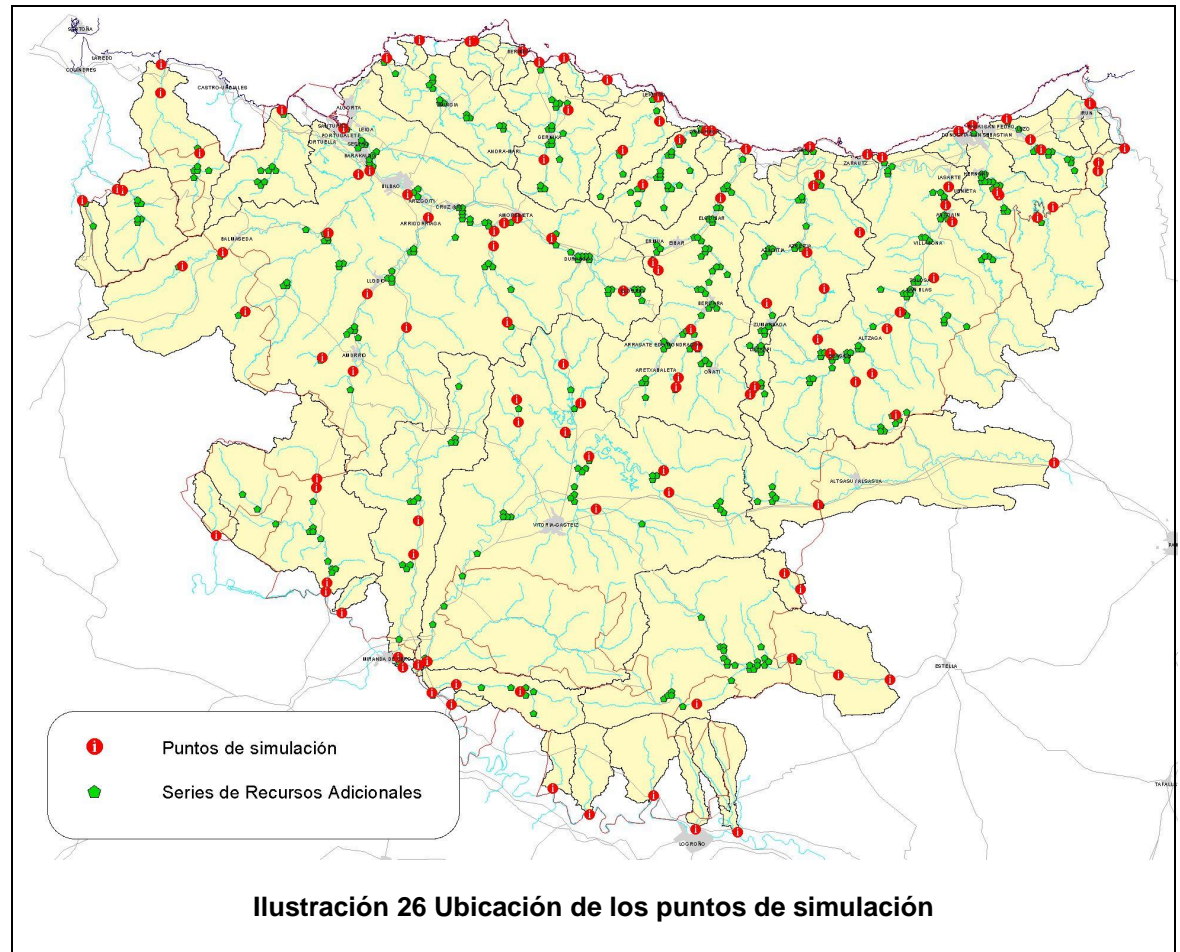


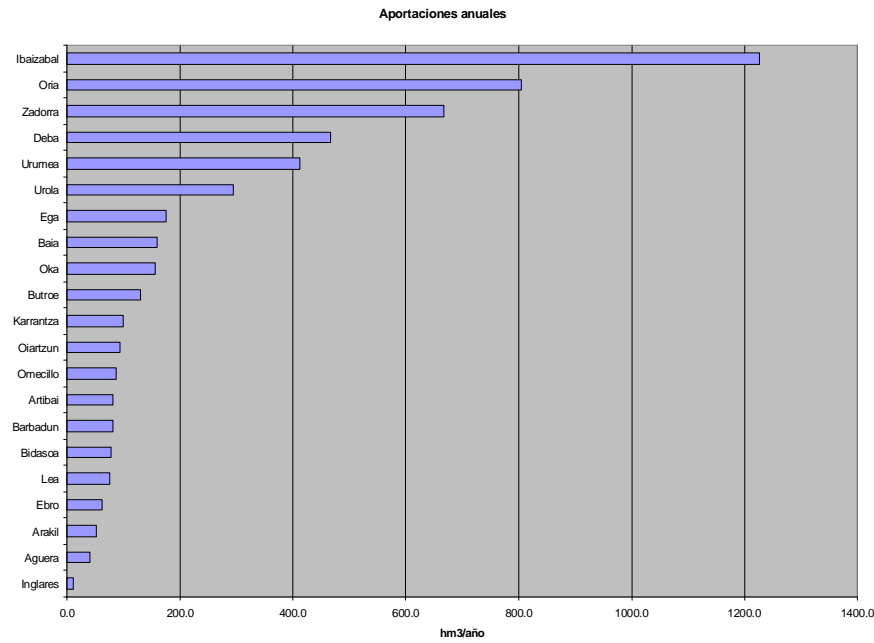
Tabla 7 Aportaciones anuales (hm<sup>3</sup>)

La tabla adjunta sintetiza los promedios, los valores máximos y mínimos y los coeficientes de irregularidad y variación de las series obtenidas en los puntos finales de cada Unidad Hidrológica. Como aportación de la Unidad Ebro se está contabilizando la de los barrancos vertientes considerados. En Agüera, Ega y Arakil, los sistemas en donde el ámbito del estudio se sitúa aguas abajo del límite de la CAPV, los resultados tabulados son los correspondientes a dicho límite.

Las superficies de simulación difieren de las de las Unidades debido a la precisión del tamaño de celda empleado en la simulación.

Se observa que el promedio anual de las aportaciones de las cuencas consideradas es de 5251 hm<sup>3</sup>/año, siendo las Unidades principales el Ibaizabal con 1226 hm<sup>3</sup>/año, el Oria con 804 hm<sup>3</sup>/año y el Zadorra con 667 hm<sup>3</sup>/año.

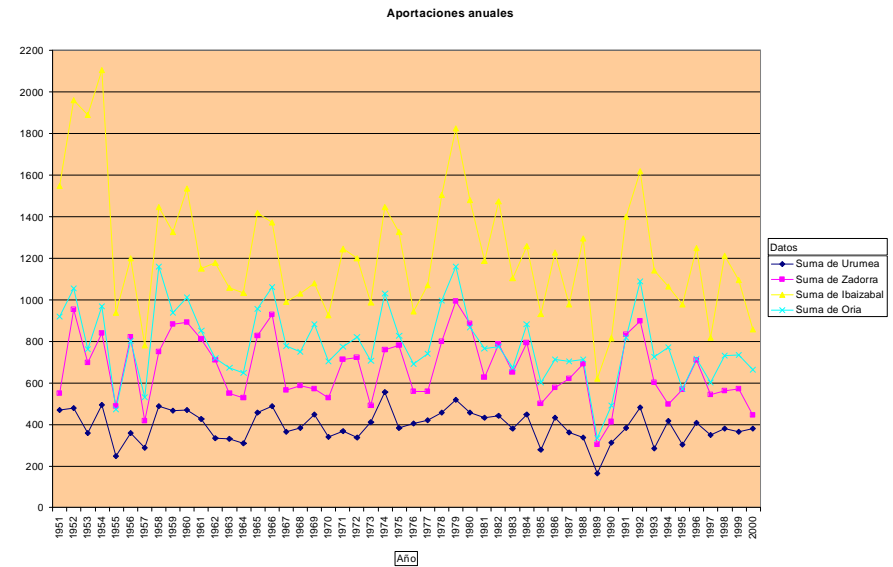
Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )		Aportación anual (hm <sup>3</sup> )			Coeficientes	
	UH	De simulación	Media	Máxima	Mínima	Irregularidad	Variación
Bidasoa	65	68	78	114	41	2.8	0.22
Oiartzun	86	81	93	129	45	2.9	0.21
Urumea	291	288	413	556	166	3.4	0.19
Oria	899	907	804	1181	341	3.5	0.22
Urola	342	346	295	464	127	3.6	0.23
Deba	537	549	467	801	219	3.7	0.27
Artibai	104	107	82	152	40	3.8	0.28
Lea	112	101	76	125	39	3.2	0.21
Oka	209	214	156	236	79	3.0	0.20
Butroe	212	217	129	204	68	3.0	0.23
Ibaizabal	1799	1844	1226	2105	620	3.4	0.25
Barbadun	123	124	81	148	28	5.2	0.29
Agüera	60	61	41	75	12	6.1	0.32
Karrantza	152	152	99	192	25	7.8	0.37
Omecillo	352	351	87	156	37	4.2	0.32
Baia	324	307	159	260	55	4.7	0.26
Zadorra	1358	1357	667	994	303	3.3	0.24
Inglares	99	98	11	24	3	8.6	0.49
Ega	440	430	175	489	59	8.3	0.46
Arakil	87	86	52	78	24	3.3	0.24
Ebro	300	296	61	108	23	4.7	0.34
<b>Total</b>	<b>7951</b>	<b>7979</b>	<b>5251</b>				



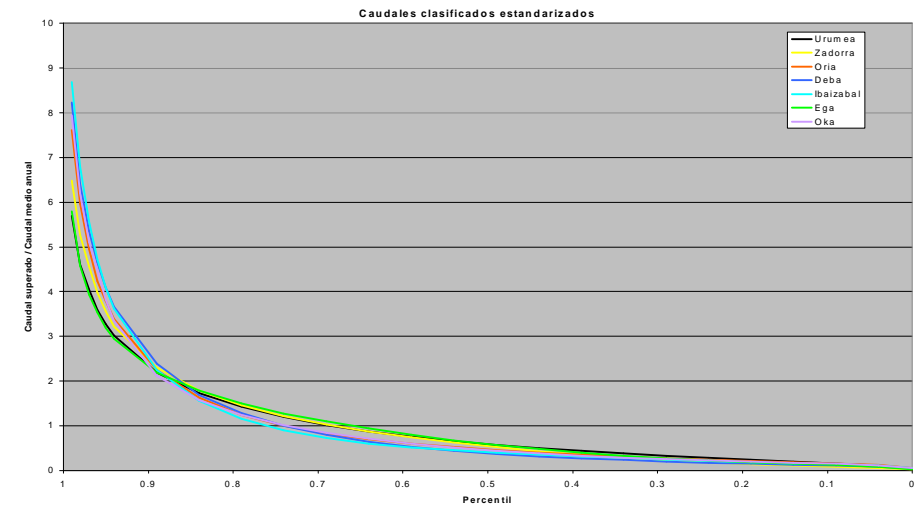
**Ilustración 27 Aportaciones medias anuales**

Entre los tres sistemas totalizan el 50% de los recursos totales.

Las series de aportaciones anuales permiten apreciar la variabilidad interanual y una cierta correlación entre las aportaciones del Ibaizabal y del Zadorra, superior a la que se observa entre él y el Oria o el Urumea. Este último es el más regular seguido del Oiartzun y el Bidasoa, mientras que los más irregulares son el Inglaires y el Ega.

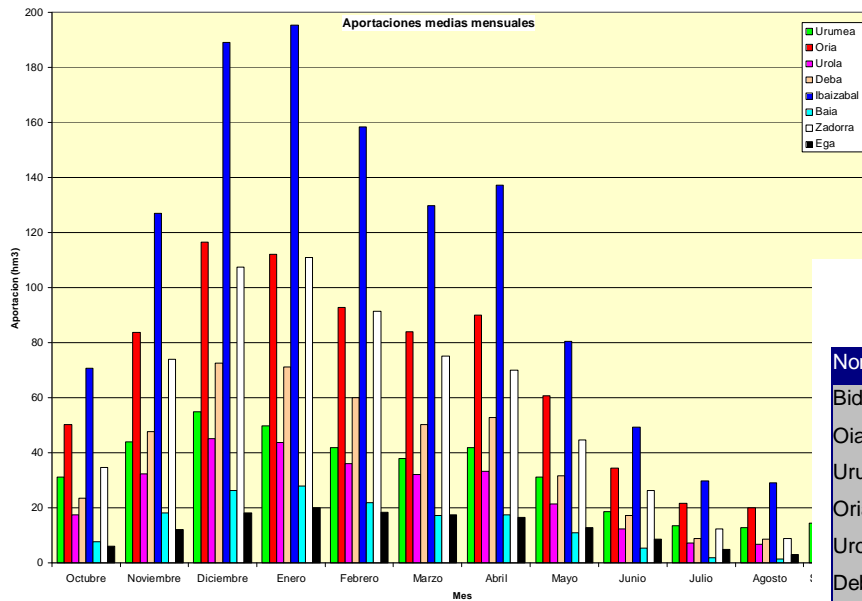


**Ilustración 28 Aportaciones anuales**



**Ilustración 29 Caudales clasificados estandarizados**

## Evaluación de los recursos hídricos en el ámbito de la CAPV



Los estiajes son muy semejantes en todas las cuencas, con independencia de su ubicación. Los más intensos se presentan en Julio en el Agüera y en Agosto en el Baia, meses en los que no se alcanza el 1% de la aportación anual.

**Tabla 8 Aportaciones medias mensuales (hm<sup>3</sup>/mes)**

Nombre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Bidasoa	6.7	8.9	10.2	9.4	7.9	7.4	7.9	6.0	3.9	3.1	3.0	3.7
Oiartzun	7.7	10.6	12.5	11.3	9.6	9.1	9.7	7.2	4.7	3.6	3.5	3.9
Urumea	31.2	44.0	54.9	49.8	41.9	38.0	41.9	31.3	18.7	13.6	12.8	14.5
Oria	51.3	85.5	118.8	114.2	94.4	85.4	91.7	61.7	35.1	22.2	20.7	19.7
Urola	17.6	32.4	45.2	43.7	36.2	32.1	33.2	21.6	12.4	7.3	6.8	6.1
Deba	24.2	49.4	75.0	73.7	61.8	51.8	54.4	32.5	17.6	9.1	8.9	8.0
Artibai	3.6	9.4	13.8	13.1	10.5	9.8	10.3	5.4	2.3	1.1	1.1	1.1
Lea	4.9	9.7	12.4	11.8	9.1	8.2	8.9	4.8	2.1	1.1	1.2	1.2
Oka	10.5	18.3	23.7	22.1	17.9	16.5	18.3	10.7	5.9	4.1	4.0	3.8
Butroe	7.0	14.2	19.3	20.1	16.1	13.5	15.5	8.2	4.1	2.3	2.4	2.1
Ibaizabal	70.6	126.9	189.0	195.3	158.3	129.8	137.3	80.4	49.4	29.7	29.1	29.2
Barbadun	6.0	10.4	13.1	13.2	9.9	8.3	8.5	4.5	2.6	1.3	1.6	1.5
Agüera	2.7	5.4	7.1	7.3	5.2	4.2	4.3	2.0	1.0	0.3	0.4	0.5
Karrantza	5.2	9.6	16.0	16.2	12.3	11.2	11.3	6.9	4.1	2.2	2.1	2.0
Omecillo	3.6	8.3	12.7	14.8	12.7	10.4	9.1	6.0	4.1	1.9	1.5	1.5
Baia	7.8	18.3	26.4	28.0	21.8	17.3	17.5	10.9	5.5	1.9	1.4	1.9
Zadorra	34.7	73.9	107.4	110.9	91.4	75.1	69.9	44.7	26.5	12.4	9.0	10.3
Inglares	0.4	0.7	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.1	0.8	0.5	0.4	0.3
Ega	7.5	14.6	21.7	24.0	21.7	20.6	19.5	15.3	10.5	6.0	3.8	3.8
Arakil	3.0	6.4	8.6	8.0	6.8	5.6	5.7	3.7	1.8	0.7	0.7	0.8
Ebro	3.7	6.3	8.6	9.2	7.6	6.4	5.9	4.3	3.4	1.8	1.5	2.1

### Ilustración 30 Aportaciones medias mensuales

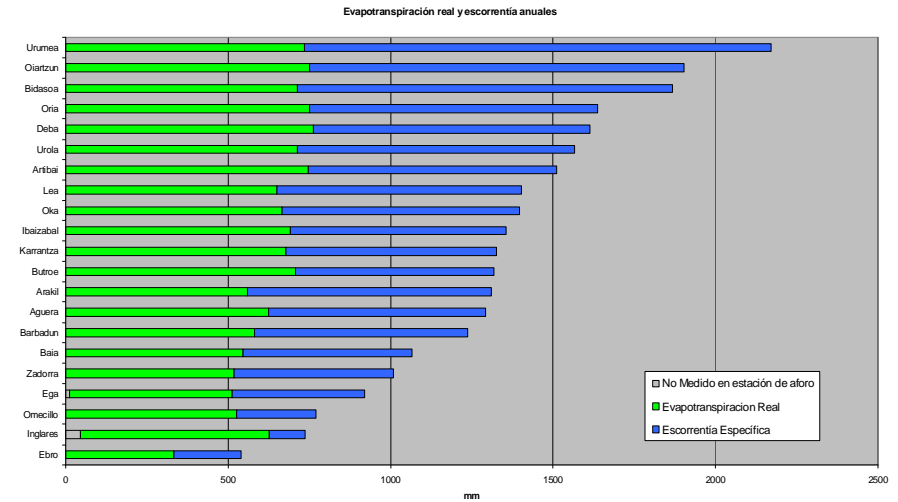
A la variabilidad interanual se une la intraanual, con un mes de Diciembre que aporta el 15% de los recursos anuales, prácticamente lo mismo que Enero. Entre los seis meses que van de Noviembre a Abril, fluyen el 75% de los recursos naturales. Los tres meses con menos recursos son Julio, Agosto y Septiembre con un 2% cada uno.



**Tabla 9 Balance de las Unidades Hidrológicas.**

Nombre	Precipitación (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Aportación (mm)	Coefficiente de escorrentía	Etr / Etp
Bidasoa	1869	852	713	1154	0.62	0.84
Oiartzun	1905	851	750	1154	0.61	0.88
Urumea	2169	806	735	1436	0.66	0.91
Oria	1633	820	751	886	0.54	0.92
Urola	1567	792	714	852	0.54	0.90
Deba	1613	851	762	851	0.53	0.90
Artibai	1514	804	747	764	0.50	0.93
Lea	1400	725	651	752	0.54	0.90
Oka	1397	760	667	729	0.52	0.88
Butroe	1314	885	706	610	0.46	0.80
Ibaizabal	1357	908	691	665	0.49	0.76
Barbadun	1235	775	582	655	0.53	0.75
Agüera	1289	790	624	667	0.52	0.79
Karrantza	1326	788	678	647	0.49	0.86
Omeçillo	773	956	527	245	0.32	0.55
Baia	1066	741	547	518	0.49	0.74
Zadorra	1012	934	518	491	0.49	0.55
Inglares	736	1023	581	110	0.15	0.57
Ega	921	674	500	408	0.44	0.74
Arakil	1314	765	559	751	0.57	0.73
Ebro	541	999	333	206	0.38	0.33

En la tabla de balance de las unidades se muestran los valores promedio de los procesos hidrológicos a lo largo del período de simulación. La precipitación se convierte en evapotranspiración



**Ilustración 31 Principales procesos hidrológicos**

real, aportación específica y flujos no medidos en estaciones de aforo, que también pueden englobar errores de medición.

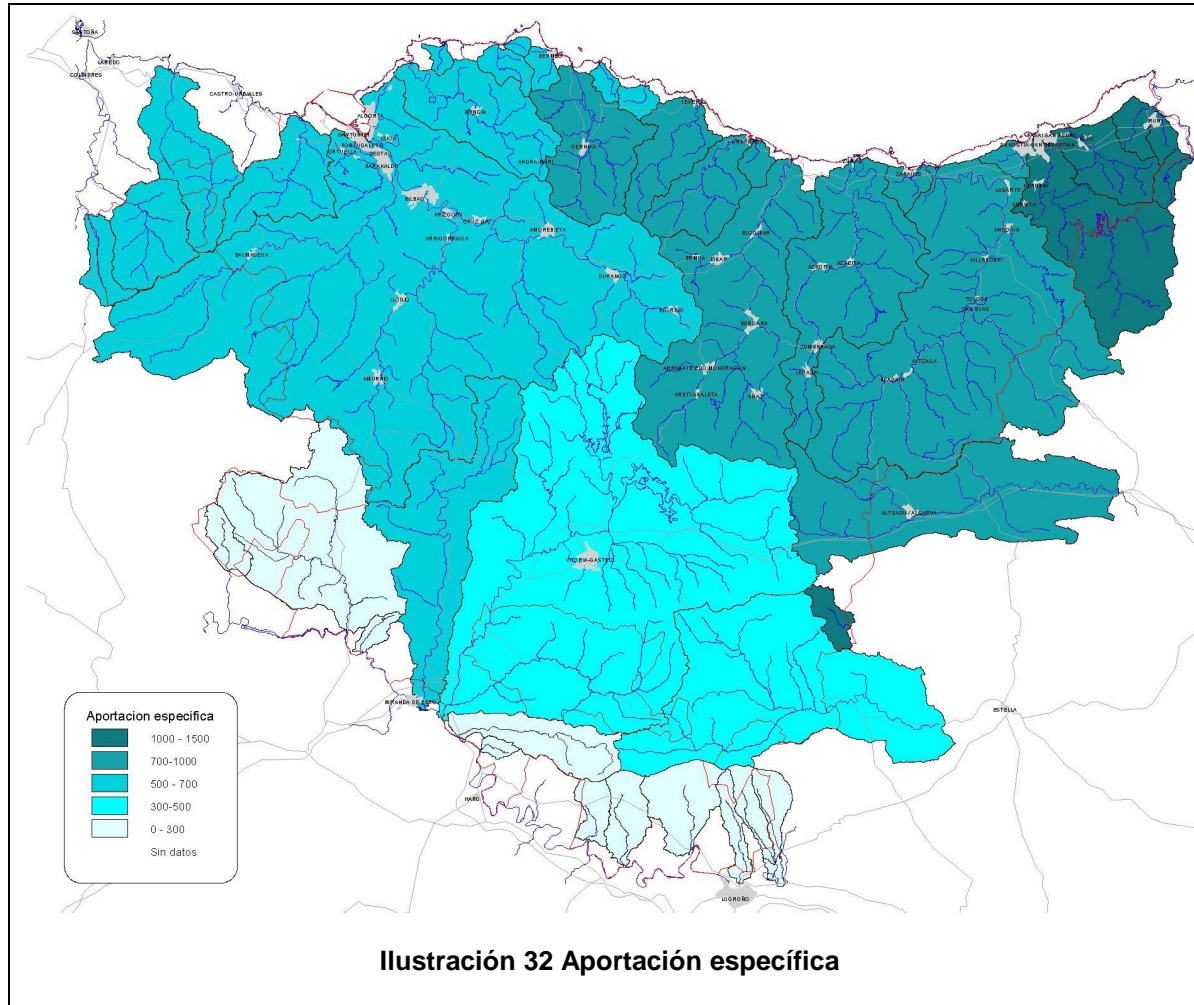
La precipitación de calculo es la ya comentada anteriormente. La ETP proviene de aplicar a las series de ET0 los factores globales de cuenca y el resto de los flujos se obtienen por balance edáfico del modelo. Los coeficientes de escorrentía se sitúan en el rango 0.32 – 0.66 (salvo el caso particular de Inglares), con los valores mas altos en Urumea, Bidasoa y Oiartzun que junto con la mayor

precipitación de estas cuencas orientales resulta en la más alta capacidad de generación de aportaciones específicas.

En este terreno destacan las unidades Urumea, Bidasoa y Oiartzun como las que tienen una aportación específica mas

elevada y superior a los 1000 mm anuales. Les siguen Urola, Oriá, Deba, Artibai, Lea, Oka y Arakil con valores entre 729 y 886 mm. Un bloque intermedio conformado por el Ibaizabal, Barbadun, Butroe, Agüera Y Karrantza tienen aportaciones específicas superiores a los 600 mm anuales. El resto de las cuencas disponen de aportaciones específicas inferiores a los 518 mm del Baia, siendo las más bajas las del Omecillo, los barrancos del Ebro y el Inglares. Algunos barrancos del Ebro tienen un coeficiente de escorrentía relativamente alto debido a la escorrentía superficial pero sus aportaciones son de las más irregulares.

Un aspecto significativo, de cara a la gestión de los recursos es que en el ámbito del estudio se aprecia una clara correlación negativa entre aportación específica y coeficiente de variación, lo que supone que las zonas con



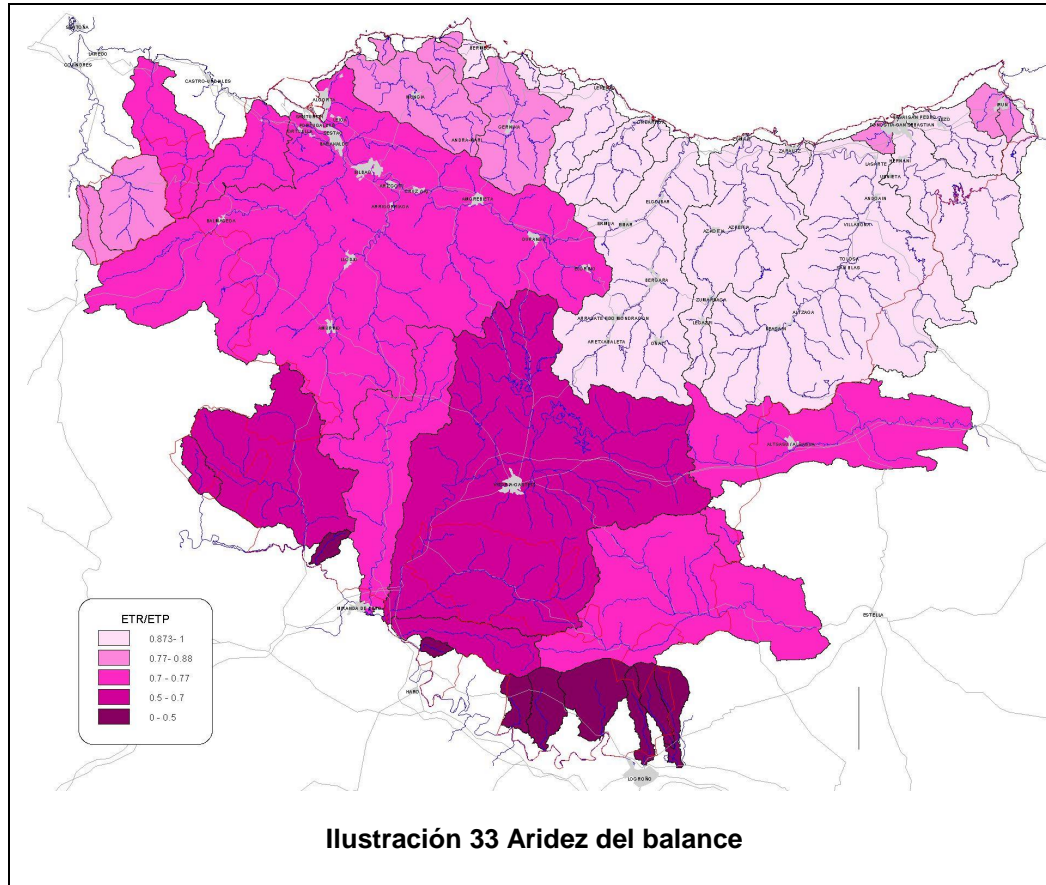


Ilustración 33 Aridez del balance

menos recursos son además donde éstos son más irregulares.

Otra visión del balance la proporciona la aridez de clima o distancia entre la evapotranspiración real y la potencial ya que en ella interviene el régimen de precipitaciones y las características

edafológicas. Típicamente las cuencas orientales y, en menor medida, el resto de las Cantábricas, presentan ratios superiores al 80%, lo que supone que prácticamente no hay limitaciones a las funciones vegetales por motivos hídricos.

En el otro extremo, con ratios inferiores al 60%, se localizan los barrancos vertientes al Ebro, el Inglares, el Omecillo y el Zadorra.

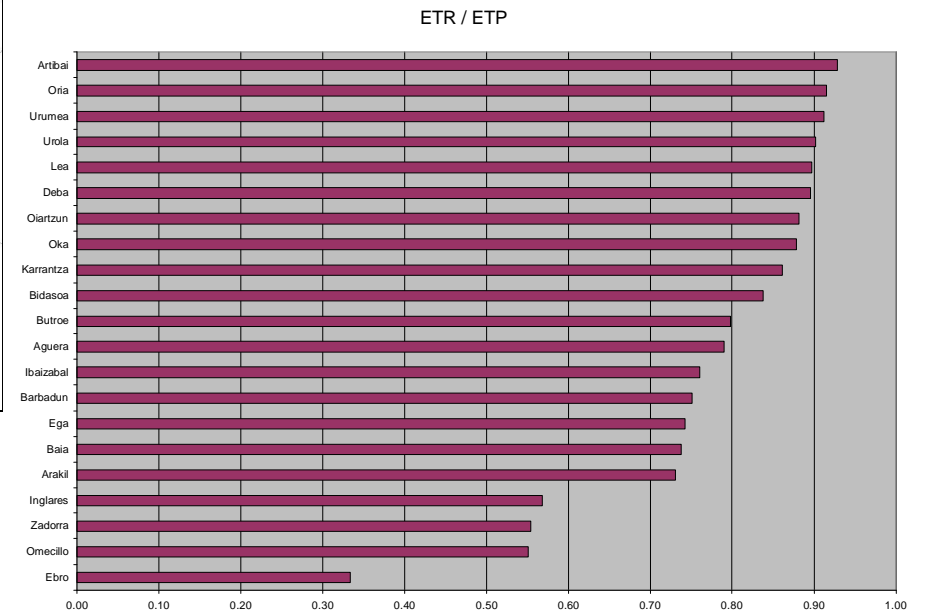


Ilustración 34 ETR/ETP

### COMPARACIÓN CON ESTUDIOS PREVIOS

La Tabla 10 resume la comparación de los resultados actuales con los de los estudios antecedentes de la Planificación Hidrológica (PH Norte y PH Ebro). Se han seleccionado los puntos más significativos de los coincidentes.

Hay dos sistemas, el Inglares y el Omecillo en los que las aportaciones actuales rondan el 60% de las que se calcularon entonces. En el extremo opuesto, en el Zadorra, se obtienen ahora unas aportaciones superiores a las del PH Ebro en un 13%.

El resto de las cuencas se sitúan en un numeroso conjunto que se caracteriza por una aportación entre el 80% y el 100% de la antigua, y con un nutrido grupo entre el 95% y el 101%.

Aunque la tabla no cubre todo el ámbito del estudio y en algunos casos las superficies no son estrictamente comparables, sí puede aportar una idea de la comparación global. La totalización de esta tabla supone una cifra de unos 4700 hm<sup>3</sup>/año, un 95% del total de la columna de los estudios antecedentes, 4900 hm<sup>3</sup>/año. En

resumen, las aportaciones de todo el ámbito son ahora aproximadamente un 5% inferiores.

Hay que tener en cuenta que los intervalos de tiempo de los estudios antecedentes no son coincidentes con el actual. El estudio del PH Norte obtuvo series para el período 1940/41 a 1982/83, y el del Ebro para el que va de 1940/41 a 1985/86.

**Tabla 10 Comparación de resultados. Aportación total anual (hm<sup>3</sup>)**

Sistema	Punto	Aportación anual (hm <sup>3</sup> )	Denominación en estudios anteriores	Aportación anual (hm <sup>3</sup> )	Relación
Oiartzun	D. Oiartzun	93.5	Oyartzun completo	92.6	101%
Urumea	Urumea	393.6	Urumea completo	402.5	98%
Oria	D. Oria	789.4	Oria completo	846.1	93%
Urola	Urola	294.9	Urola completo	371.3	79%
Deba	Deba	452.9	Deva completo	475.7	95%
Artibai	Artibai	81.6	Artibay (completo)	88.7	92%
Lea	Lea	63.3	Oiz (completo)	75.6	84%
Oka	Oka	136.7	Oca (completo)	136.6	100%
Butroe	Butroe	109.4	Butrón (completo)	109.9	99%
Ibaizabal	Ibaizabal	1,226.5	Elaboración propia	1,244.9	99%
Omecillo	Omecillo	86.8	Omecillo completo	140.0	62%
Baia	CHE165 Miranda / Baia	158.8	Bayas completo	165.0	96%
Zadorra	CHE074 Arce/Zadorra	667.0	Zadorra completo	592.0	113%
Inglares	Inglares	10.8	Inglares completo	18.0	60%
Ega	Ega CAPV	148.2	Ega en p. de Arquijas	186.0	80%

### COMENTARIOS A LAS SERIES

La representatividad de series hidrológicas como las obtenidas en el presente estudio, depende de varios factores:

- Ø La calidad de la información pluviométrica, incluyendo la fiabilidad de los estudios de incremento de la precipitación con la cota, aspecto en el que se deberá de profundizar en el futuro.
- Ø La calidad de la información de aforos, usos, derivaciones, etc., necesaria para la obtención de las series de aportaciones naturales con las que se ha calibrado el modelo.
- Ø La escala de aplicación del modelo. Existen unos niveles mínimos de superficie de aplicación relacionados con los procesos hidrológicos dominantes y la precisión en la determinación de la distribución espacial de los parámetros. El modelo no podrá reproducir efectos dependientes de morfologías no descritas en la cartografía manejada y, en términos generales, comportamientos muy específicos no simulables mediante un modelo de procesos.
- Ø No se han estimado los recursos hídricos subterráneos de Unidades Hidrogeológicas, lo que supone la no consideración

de las transferencias entre sistemas. Dada la morfología general de los terrenos involucrados, las series obtenidas pueden representar los recursos naturales con suficiente precisión en gran parte del territorio. En fases posteriores se deberán integrar las conclusiones de estos estudios con los análisis hidrogeológicos de detalle que consideren, entre otras cosas, la explotación de las aguas subterráneas.

- Ø Las series finalmente generadas comparten la calidad de la información de partida y el comportamiento del modelo que han sido, en general, buenos.