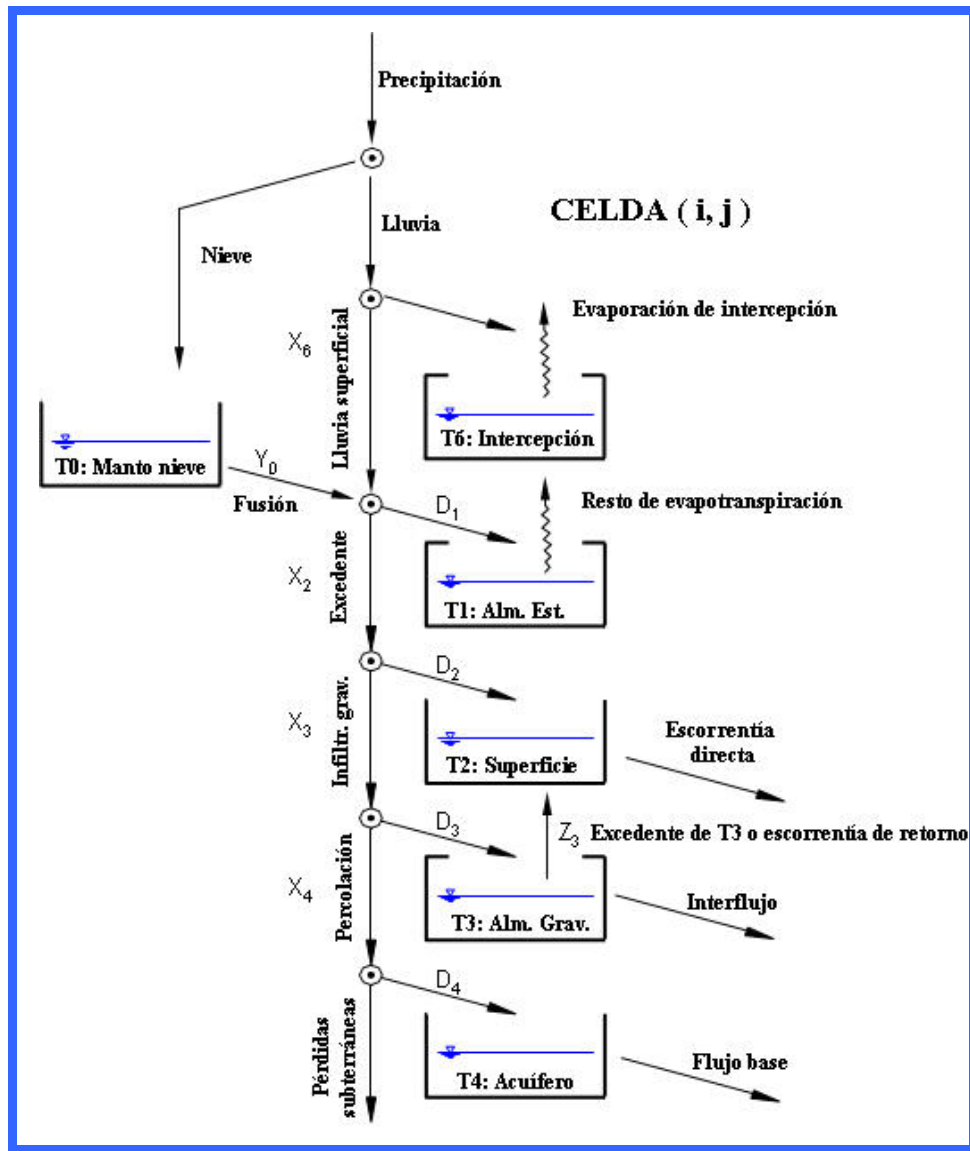


ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA CAPV 2010



Índice

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Ámbito territorial	3
1.4. Estudios previos	3
2. Recopilación y análisis de la información	6
2.1. Análisis pluviométrico	6
2.2. Análisis termométrico y evapotranspiración de referencia	24
2.3. Análisis foronómico.....	31
2.3.1. Restitución al régimen natural.....	35
2.4. Mapas de parámetros.....	40
2.4.1. Variables ambientales.....	41
2.4.2. Variables modales.....	50
2.4.3. Estimación de las celdas	62
3. Simulación.....	73
3.1. Descripción del modelo.....	73
3.1.1. El tanque de intercepción	75
3.1.2. El almacenamiento estático y las pérdidas por evapotranspiración	76
3.1.3. El almacenamiento superficial y la escorrentía directa (respuesta rápida).....	77
3.1.4. El almacenamiento gravitacional y el interflujo (respuesta intermedia).....	78
3.1.5. El almacenamiento subterráneo y el flujo base (respuesta lenta)	79
3.2. Síntesis de los datos necesarios para el modelo.....	80
3.3. Calibración de los factores correctores.....	83
3.4. Simulación	94
4. Conclusiones. Análisis de resultados.....	98
4.1. Cálculo de aportaciones por unidad hidrológica.....	98
4.2. Comparación con estudios previos	100
4.3. Estimación de efectos de cambio climático	102

Anejos

Anejo I: Modelo TETIS. Manual del usuario y Modelo Conceptual

Anejo II: Resultados de las simulaciones por Unidad Hidrológica

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El Estatuto de Autonomía para el País Vasco, por Acuerdo de la Comisión Mixta de Transferencias de 31 de Mayo de 1994, aprobado por Decreto 297/1994, de 12 de julio, contempla el traspaso de las funciones y servicios de Recursos y Aprovechamientos Hidráulicos. Por otra parte, la Ley 1/2006, de 23 de junio, de Aguas de la CAPV quiere ser la norma cabecera del ordenamiento jurídico del agua, estableciendo los campos de intervención de las diferentes administraciones y, especialmente, previendo el dictado de una serie de instrumentos de planificación hidrológica y de normas generales reguladoras de grandes servicios vinculados al uso del agua, como son el de abastecimiento, saneamiento, depuración o riego. Estos instrumentos planificadores y normas reguladoras permitirán una racionalización en el funcionamiento del conjunto del sistema, lo que redundará en una más eficaz gestión del recurso y un mejor cumplimiento de los requerimientos de la Unión Europea en materia de aguas.

El Real Decreto 29/2011 procedió a delimitar la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental y la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental, y añadir una nueva disposición adicional sexta al Real Decreto 125/2007 en la que se indicaba que la planificación y la gestión del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental deberá realizarse de forma coordinada por la Administración General del Estado, a través de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y por la Comunidad Autónoma del País Vasco, a través de la autoridad hidráulica competente, para al menos elaborar un Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental mediante la integración armónica de los planes hidrológicos de las Administraciones Públicas competentes así como sus respectivos programa de medidas

En 7 de junio, a través del Real Decreto 400/2013, se aprobó el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. La Confederación Hidrográfica del Cantábrico y Agencia Vasca del Agua, elaboraron dicho Plan Hidrológico, lo que supone la derogación del anterior Plan Hidrológico del Norte III aprobado por el Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprobaban los planes hidrológicos de cuenca, derogación que se extiende también a las determinaciones de contenido normativo de este Plan que fue objeto de publicación por la Orden, de 13 de agosto de 1999.

Como parte integrante de las tareas realizadas para la elaboración del Plan Hidrológico de las Cuencas Internas del País Vasco y Cantábrico Oriental, se realizó un análisis pormenorizado del “Estudio de evaluación de los recursos hídricos totales en el ámbito de la CAPV” realizado por la empresa Intecsa-Inarsa, S.A en el año 2003 y de la “Ampliación e introducción de series nuevas hasta Oct-2005 en el modelo de simulación hidrológica TETIS” realizada por la empresa Telur y finalizada en 2006.

En la actualidad, la Agencia Vasca del Agua está trabajando en la futura revisión del Plan Hidrológico. La actualización de la evaluación de recursos hídricos de la CAPV constituye una de las bases para dicha revisión.

El presente documento consta de cuatro capítulos y dos anejos. El primer capítulo engloba el objetivo del estudio así como el ámbito territorial y una descripción de los estudios previos, en el segundo se realiza una descripción de toda la información recopilada y un análisis de la misma así como la estimación de los parámetros esenciales para la puesta en funcionamiento del modelo, en el siguiente capítulo, el tercero, se recoge una descripción del modelo utilizado, la calibración de los factores

correctores y una relación de la simulación realizada y finalmente, el cuarto es el apartado de conclusiones y análisis de resultados. Recoge el cálculo de aportación por unidad hidrológica, las comparativas con otros estudios previos y una previsión de cambio climático.

En cuanto a los anejos, el Anejo I contiene el manual de usuario del programa Tetis y un modelo conceptual del mismo y el Anejo II recoge los resultados de todas las simulaciones por masa de agua.

1.2. Objetivos

El artículo 40 del Texto Refundido de la Ley de Aguas y el artículo 1 del Reglamento de Planificación Hidrológica, exponen los objetivos de la planificación hidrológica, que son orientadores del futuro proceso de revisión.

La planificación hidrológica es un proceso iterativo, que se desarrolla cada 6 años y su segundo ciclo ya ha comenzado. A lo largo del año 2013 se fueron confeccionando los documentos iniciales que actualmente están siendo sometidos a consulta pública y contienen el programa de trabajo que incluye, además del calendario sobre las fases previstas para este nuevo ciclo, el estudio general de la demarcación correspondiente.

Como parte integrante de las tareas puestas en marcha por la Agencia Vasca del Agua para llevar a cabo este segundo ciclo de planificación hidrológica, esta administración contrató a Intecsa-Inarsa S.A. la ejecución de los trabajos encaminados al establecimiento de los recursos hídricos totales de la CAPV.

El objeto del trabajo por tanto, se concreta en la ampliación de las series de recursos diarios en toda la red fluvial de la CAPV hasta septiembre de 2010 mediante la actualización del modelo TETIS. La construcción del modelo y la comparación de sus resultados con los obtenidos en trabajos previos deben contribuir decisivamente a una sustancial mejora del conocimiento de los recursos hídricos de la CAPV, conocimiento que se considera un elemento fundamental para una adecuada planificación y gestión del agua. En efecto, la estimación de los recursos hídricos interviene en determinaciones de gran importancia tales como:

- El perfeccionamiento de los regímenes de caudales ecológicos y necesidades hídricas de lagos y humedales.
- El otorgamiento de nuevas concesiones de aprovechamiento.
- El condicionamiento de las autorizaciones de vertido al incidir en la capacidad de dilución esperable en el medio receptor.
- La planificación de la gestión de las sequías y el diseño de las medidas de emergencia.
- La propia fiabilidad de los modelos de gestión de sistemas de abastecimiento y riego.
- La posibilidad de facilitar, sobre bases sólidas, el diálogo y la concertación en caso de diferencias entre diversos agentes.

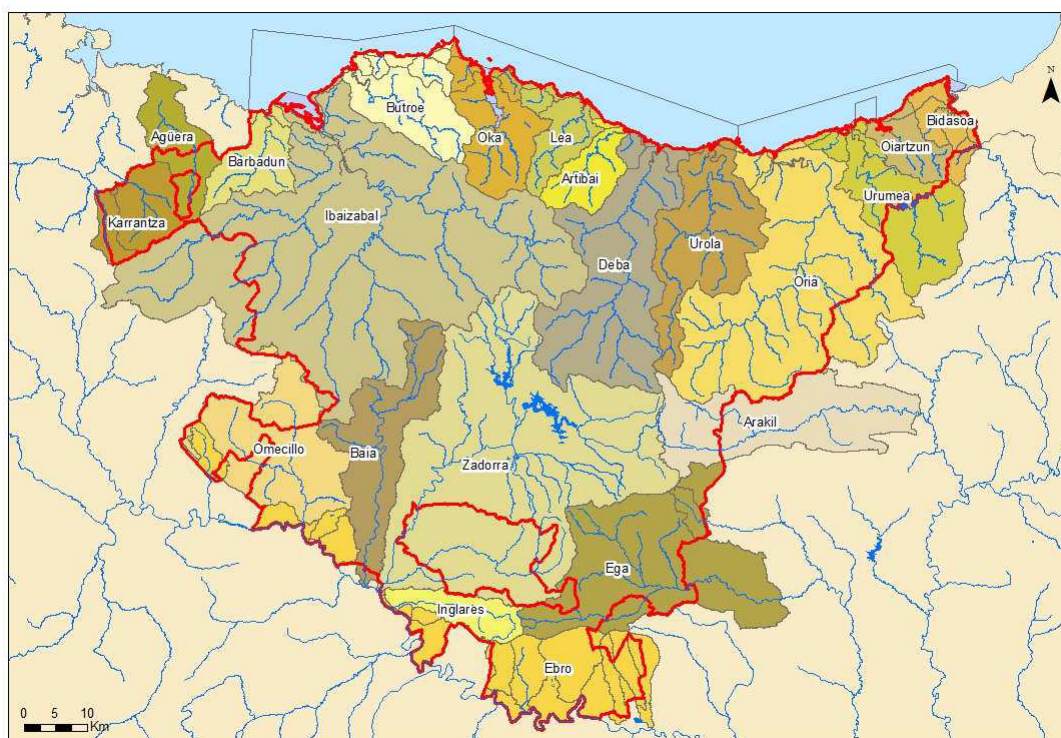
Se ha previsto que los resultados del estudio puedan ser utilizados, por un lado, en el "Análisis de los sistemas de abastecimiento y del balance entre recursos y demandas de agua en la CAPV mediante modelos de gestión", trabajo que actualmente está llevando a cabo la Agencia Vasca del Agua, con el último objetivo de establecer las garantías de abastecimiento y las actuaciones necesarias para que éste se produzca en las mejores condiciones y por otro, en las revisiones correspondientes de los Planes Hidrológicos de la Demarcación del Cantábrico Oriental (RD 400/2013), Cantábrico Occidental (RD 399/2013) y Ebro (RD 129/2014).

1.3. Ámbito territorial

El ámbito del trabajo es la Comunidad Autónoma del País Vasco, situada en el norte de la Península Ibérica y bañada por el mar Cantábrico a lo largo de 209 km de costa. Limita con las Comunidades Autónomas de Cantabria, Castilla-León, La Rioja y Navarra, así como con Francia. Tiene una superficie de 7.234 km² y una población de 2.178.949 habitantes (2013), lo que supone una densidad media de 301,2 habitantes por km². No obstante, esta población se encuentra desigualmente repartida en el territorio concentrándose mayoritariamente en las cuencas vertientes al mar Cantábrico que cuentan con una densidad muy superior a las de la vertiente mediterránea.

De la misma manera que se hizo en los trabajos previos, como elemento territorial de referencia y análisis se adoptarán las Unidades Hidrológicas del Mapa Hidrológico de la CAPV. Las cuencas hidrográficas significativas son 24, de las que 14 vierten al Cantábrico y el resto al Mediterráneo. Es importante señalar que algunas de las unidades hidrológicas tienen parte de su territorio en las 4 Comunidades Autónomas contiguas (Navarra, Castilla y León, Cantabria y La Rioja) por lo que, ocasionalmente, será necesario captar información de caracterización física y datos foronómicos e hidro-meteorológicos en estas áreas.

Fig. 1. Ámbito territorial del estudio



1.4. Estudios previos

Existen tres referentes básicos en relación con el cálculo de los recursos hídricos superficiales de la CAPV con el modelo TETIS. El estudio de “Evaluación de los Recursos Hídricos Totales en el ámbito de la CAPV” hasta 2000, en su posterior actualización hasta 2005 “Ampliación e introducción de series nuevas hasta Oct-2005 en el modelo de simulación hidrológica TETIS”, así como de los mapas de parámetros base y resto de información de partida: precipitación, ETP y aforos y en la “Calibración del modelo hidrológico para simulación de avenidas”.

El primero de los estudios citados fue redactado con la asistencia técnica de Intecsa-Inarsa, S.A. aplicando el programa TETIS 5.0 de la Universidad Politécnica de Valencia en todas las cuencas de la Comunidad Autónoma con resultados satisfactorios, de manera que pudieron obtenerse series de aportaciones naturales a escala diaria en los puntos prefijados, para el periodo 1951-2000. El segundo trabajo –que fue realizado por técnicos del Ente Vasco de la Energía, bajo la supervisión de la Diputación Foral de Gipuzkoa [DFG] y la Antigua Dirección de Aguas del Gobierno Vasco– tenía como objetivo actualizar los datos de entrada en el modelo TETIS 5b hasta Octubre de 2005, así como analizar la distorsión que se introduce al incorporar nuevas estaciones meteorológicas que no fueron contempladas en el primer estudio por razones de diversa índole. Finalmente el tercer trabajo, fue realizado por la empresa Sener Ingeniería y Sistemas, S.A. con el fin de describir el proceso de calibración y ajuste del modelo hidrológico TETIS 5b a las distintas cuencas que conforman el territorio de la CAPV para su empleo como herramienta preliminar de predicción dentro del Sistema Ayuda a la Decisión ante alertas de inundación actualmente en desarrollo.

A continuación se muestra a modo de resumen una tabla con los principales resultados obtenidos en estos estudios previos:

Tab. 1. Resumen de resultados del estudio Evaluación de los Recursos Hídricos Totales en el ámbito de la CAPV. Año 2003.

Unidad Hidrológica	Precipitación (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Aportación (mm)	Coef. 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
Omecillo	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

Existen además otros dos estudios realizados para el cálculo de recursos en el ámbito de la CAPV.

En el año 2008, la DFG realizó la “Actualización del modelo Sacramento y análisis hidrológico en las cuencas con estaciones de aforo del Territorio Histórico de Gipuzkoa”, donde se abordó la calibración del modelo Sacramento en las cuencas aforadas del Territorio Histórico de Gipuzkoa, resultando nuevas series diarias de caudal circulante de enero de 1961 a septiembre de 2008. Los resultados del trabajo

fueron muy satisfactorios pero debido a que el modelo Sacramento era un modelo agregado y esto suponía que toda el área de estudio se analizaba de forma conjunta, se consideró que no se ajustaba a las necesidades del presente trabajo.

Por otro lado, el Centro de Estudios De Experimentación y Obras Públicas (CEDEX), desarrolló el modelo SIMPA o Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación que pese a ser un modelo distribuido el paso de tiempo utilizado en su cálculo era mensual y debido a las características del ámbito de trabajo no permitía reproducir de manera favorable el ciclo hidrológico.

2. Recopilación y análisis de la información

El cumplimiento del objeto de trabajo se va a ver influenciado en gran medida, por la calidad y cantidad de los datos hidrológicos disponibles. Los múltiples estudios realizados en los últimos años en la CAPV han permitido recopilar un elevado número de datos hidrológicos y a su vez realizar el análisis y posterior corrección de los mismos.

En el presente estudio, se han diferenciados dos periodos de datos, uno para las calibraciones, que comprende de octubre del 2000 a septiembre de 2010 y otro para las validaciones y posterior generación de series, en el que se hace uso de las series de precipitación y evapotranspiración utilizadas en estudios previos.

2.1. Análisis pluviométrico

Para el periodo de calibración, se ha partido de la información recopilada por la Agencia Vasca del Agua, de un estudio de precipitación¹ realizado por la School of Computing and Mathematical Sciences, Auckland University of Technology, de Auckland (Nueva Zelanda), en el que se ha confeccionado un modelo estocástico ajustado a los datos diarios de precipitación disponibles que ha permitido la elaboración de series de precipitación diarias en 234 estaciones desde enero de 1914 hasta diciembre de 2010.

Este estudio se llevó a cabo para la obtención de caudales de diseño que permitieran reproducir fenómenos extremos a nivel diario e incluso horario. Dada la naturaleza continua y distribuida de la simulación hidrológica a desarrollar se requería la disposición de datos de precipitación que cumplieran los siguientes objetivos:

- Cubrir un periodo temporal de 500 años, de manera que se pudieran estimar con confianza caudales de diseño de hasta 500 años de periodo de retorno.
- Poseer un intervalo horario, que permitiera la obtención de caudales horarios.
- Mantener en el tiempo las propiedades estadísticas de la realidad observada: las series de precipitación a introducir en los modelos hidrológicos debían poseer un régimen medio y extremal similar a la realidad particular de cada zona del territorio y en cada mes del año.
- Mantener en el espacio las propiedades estadísticas de la realidad observada: las series de precipitación a introducir en los modelos hidrológicos debían mantener entre sí una consistencia espacial, de forma que su distribución a lo largo del territorio respondiera a la forma típica de las tormentas, tanto en lo que respecta a superficie abarcada como en lo referente a las diferencias de magnitud de precipitación dentro de la misma.

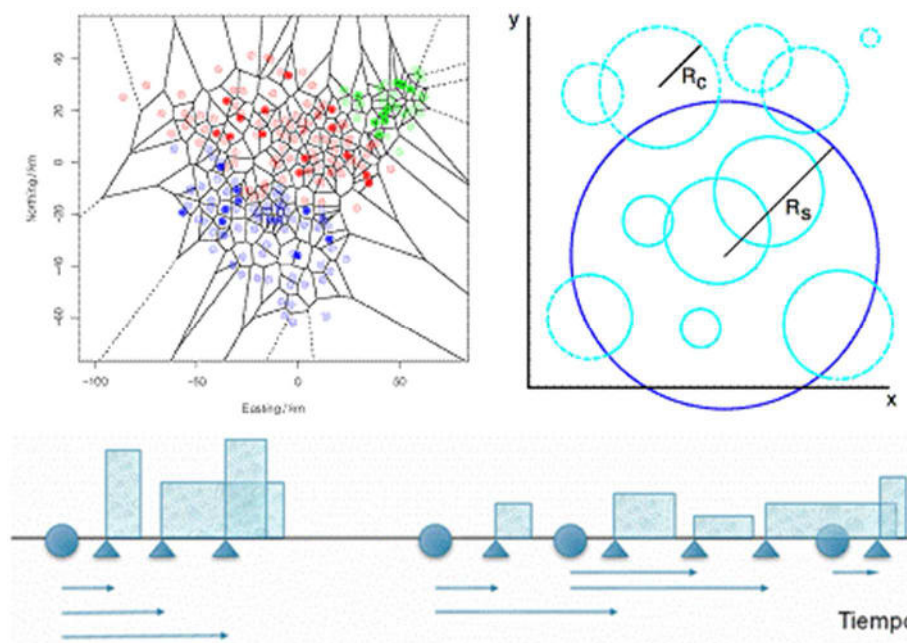
Para la confección del modelo estocástico, se siguieron los siguientes pasos:

- Identificación de regiones climáticas homogéneas a partir de los datos diarios de las 234 estaciones que contaban con más de 3000 observaciones mediante análisis factorial aplicado a sus estadísticos principales con el objetivo de definir clusters de estaciones cuyo número se optimizó con el Criterio de Información Bayesiana y efectuando un ejercicio de ponderación de la probabilidad de asociación en función de la distancia entre puntos para dotar de mayor sentido geográfico al análisis. Finalmente, se adoptaron tres regiones homogéneas:

¹ Cowpertwait, P. S. P. (2011), A regionalization method based on a cluster probability model, Water Resour. Res., 47, W11525, doi:10.1029/2011WR011084.

- Central o I: Zona Cantábrica Occidental y central del País Vasco desde la cuenca del Karrantza hasta la del Urola y cabecera del Oria. Incluye también la cuenca vertiente a Urrunaga y la parte más septentrional de la de Ullibarri.
 - Sur o II: Zona Mediterránea de País Vasco. Incluye también las cabeceras del Herrerías y Nervión.
 - Nordeste o III: Zona Cantábrica Oriental del País Vasco, incluyendo las cuencas del Jaizubia, Oartzun, Urumea y zona baja del Oria.
- Ajuste de un modelo estocástico espacio-temporal en cada región homogénea y mes del año a partir de toda la información diaria y diezminutal existente basado en el modelo de punteo de Neyman-Scott con componente espacial a partir de la definición de tormentas y células con forma circular y radio aleatorio. A lo largo del espacio las intensidades asociadas a las células se superponen para dar lugar a la intensidad en un determinado intervalo de tiempo. Para conseguir una mejor representación de la realidad, se decidió combinar dos procesos espacio-temporales que respondieran a los dos tipos de fenómenos más frecuentes en el ámbito de estudio: frentes atlánticos con lluvia más generalizada, frecuente y duradera, y tormentas convectivas con lluvia más localizada y efímera.

Fig. 2. Regiones climáticas homogéneas (arriba izq), esquema de conceptualización espacial (arriba der) y proceso de punteo temporal (abajo)



A continuación se muestra un listado de las características principales de cada una de las estaciones.

Tab. 2. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
1014	Hondarribia (Aeropuerto)	Bidasoa	597929	4800979	8	1652	AEMET
1013	Irun (Fitosanitaria)	Bidasoa	598529	4798427	5	1783	AEMET
1012	Endara-San Antón	Bidasoa	599372	4791651	225	2352	AEMET
1015	Fuenterrabia (Guadalupe)	Bidasoa	595775	4802090	80	1624	AEMET
1013I	Fuenterrabia-Zubieta	Bidasoa	596192	4799596	24	1627	AEMET
F1W1	Endara	Bidasoa	599653	4791540	273	2285	DFG
1016	Arditurri (Oiartzun)	Oiartzun	596895	4792972	280	2103	AEMET
1018	Rentería-Villa	Oiartzun	589191	4795983	6	1710	AEMET
1019A	Pasajes (Escuela Náutica)	Oiartzun	586832	4797249	20	1658	AEMET
1018A	Rentería (Landarbarso)	Oiartzun	589095	4796444	6	1757	AEMET
E1W1	Oiartzun	Oiartzun	590556	4795682	11	1772	GV/DFG
1017	Oyarzun	Oiartzun	593175	4794649	82	1771	AEMET
ARTI	Eskas	Oiartzun	597266	4788304	650	2312	DFG
1024E	San Sebastián (Igueldo)	Urumea	577801	4795165	259	1491	AEMET
1021	Articutza	Urumea	597663	4785054	305	2459	AEMET
1024	San Sebastián (Ategorrieta)	Urumea	584988	4797009	8	1698	AEMET
1021E	Rentería (Presa del Añarbe)	Urumea	590897	4784713	120	1968	AEMET
1020	Goizueta	Urumea	593083	4780023	320	2037	AEMET
1022A	Hernani (Zicuñaga)	Urumea	583677	4790050	30	1558	AEMET
1023	Astigarraga	Urumea	585181	4792383	60	1678	AEMET
1024B	San Sebastián (Faro de Igueldo)	Urumea	580234	4797105	122	1510	AEMET
1021O	Hernani-Central de Santiago	Urumea	589241	4785339	40	1815	AEMET
1022	Hernani (Ereñozu)	Urumea	586369	4787584	44	1677	AEMET
D2W1	Ereñozu	Urumea	586314	4788243	63	1641	GV/DFG
D1W1	Añarbe	Urumea	593537	4786631	183	1957	AEMET
1029E	Betelu	Oria	583275	4763852	237	1453	AEMET
1026B	Lareo	Oria	572513	4758393	745	1500	AEMET
1027	Sub. De Alto	Oria	573900	4772800	160	1335	AEMET
1029U	Tolosa (Iberduero)	Oria	575827	4774070	90	1297	AEMET
1025	Cerain	Oria	559045	4762304	338	1259	AEMET
1026A	Ordizia-Central Aguas	Oria	566197	4767275	195	1312	AEMET
IBIU	Ibiur	Oria	571315	4769050	270	1321	DFG
ZALD	Zaldibia	Oria	571320	4761615	375	1340	DFG
TROY	Troya (Gabiria)	Oria	557370	4765545	440	1282	DFG
LARE	Lareo (Embalse)	Oria	572033	4758933	745	1370	DFG
ARRI	Arriaran (Presa)	Oria	561988	4769055	287	1320	AEMET
1025N	Arriaran (Presa)	Oria	561928	4769024	255	1337	AEMET
C1Z2	Estanda (Estanda)	Oria	563701	4766917	200	1308	DFG
C5Z1	Alegia (Oria)	Oria	573047	4772479	124	1367	DFG
C3Z1	Zaldibia	Oria	569269	4764882	170	1315	GV/DFG
1032	Villabona-Granja Fraisoro	Oria	575492	4781872	172	1428	AEMET
1031	Elduayen	Oria	581064	4776568	256	1917	AEMET
1035	Lasarte-Michelin	Oria	579352	4791604	85	1603	AEMET
1032A	Villabona (Vivero)	Oria	577099	4781489	50	1633	AEMET
1034	Andoain	Oria	579765	4785222	70	1571	AEMET
1033U	Urnieta (Vivero)	Oria	581888	4786944	75	1614	AEMET
1036	Zarauz	Oria	567197	4792089	11	1562	AEMET
IGEL	Igeldo	Oria	577881	4795505	250	1488	AEMET

Tab. 2. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
1035U	Aya-Laurgain	Oria	567524	4788637	320	1568	AEMET
1033	Leiza	Oria	587717	4770510	495	1933	AEMET
LAUR	Laurgain	Oria	568702	4789221	210	1523	DFG
C8Z1	Andoain (Leitzarain)	Oria	580084	4784631	94	1559	DFG
C7Z1	Belauntza (Berastegi)	Oria	577553	4777108	175	1691	DFG
C9Z1	Lasarte	Oria	579537	4789327	17	1550	AEMET
1033O	Andoain-Central de Leizaran	Oria	580543	4782454	106	1633	AEMET
1037	Legazpia	Urola	554093	4767353	402	1449	AEMET
1036O	Legazpia (Barrendiola)	Urola	553454	4762258	501	1392	AEMET
1037O	Azcoitia	Urola	554379	4779695	114	1642	AEMET
1037Q	Azcoitia-Carmelitas	Urola	556797	4779437	210	1400	AEMET
BARR	Barrendiola	Urola	554107	4762714	505	1318	AEMET
1038	Beizama (Presa Ibaieder)	Urola	562910	4775357	180	1405	AEMET
B1Z2	Ibai Eder (Ibai Eder)	Urola	560566	4780543	98	1402	DFG
B1Z1	Aitzu (Alto Urola)	Urola	555192	4773691	313	1403	DFG
B1Z3	Matxinbenta	Urola	562337	4773699	226	1372	GV/DFG
1037E	Zumarraga-Geriátrico	Urola	555783	4770945	400	1355	AEMET
1039	Azpeitia	Urola	559491	4781312	84	1406	AEMET
1041	Zumaya-Carmelitas	Urola	560057	4793966	200	1452	AEMET
ERDO	Erdoizta	Urola	566743	4783605	445	1588	DFG
B2Z1	Aizarnazabal (Urola)	Urola	561436	4789525	25	1485	DFG
1041A	Zumaia (Faro)	Urola	560702	4794682	28	1437	AEMET
1046	Arantzazu (Santuario)	Deba	549134	4758554	770	1515	AEMET
1050	Eibar-Banco de Pruebas	Deba	542942	4781404	121	1414	AEMET
1044A	Escoriaza (Tesa)	Deba	538421	4762497	279	1185	AEMET
1045	Mondragón	Deba	541262	4768035	216	1302	AEMET
1048	Urku (pluviometro-Embalse)	Deba	543010	4763512	335	1241	AEMET
1049U	Ermua	Deba	539869	4782002	240	1408	AEMET
1049O	Elgueta-Aixola	Deba	539954	4779010	262	1413	AEMET
1044D	Aramayona Echagüen	Deba	533323	4767992	619	1346	AEMET
1049	Bergara (Albitxu)	Deba	546573	4775350	205	1421	AEMET
1050L	Elgoibar-Santa Clara	Deba	547164	4784795	50	1443	AEMET
A1Z3	Urku (Embalse)	Deba	543083	4762461	340	1199	DFG
LAST	Lastur	Deba	554285	4786830	546	1476	DFG
A2Z1	Aixola (Embalse)	Deba	540642	4778125	349	1357	DFG
MEND	Mendaro	Deba	550609	4788574	45	1431	DFG
A1Z1	San Prudentzio (Deba)	Deba	545076	4770205	169	1372	DFG
A3Z1	Altzola (Deba)	Deba	548980	4787513	25	1443	DFG
1044U	Mondragón (Olandixo)	Deba	540723	4767539	246	1430	AEMET
ARAN	Arantzazu	Deba	547386	4759382	600	1241	DFG
A1Z2	Zubillaga (Oñati)	Deba	545877	4767884	200	1342	DFG
ELOS	Elosua	Deba	551032	4775383	726	1394	DFG
1050J	Elgoibar (Iberdrola)	Deba	547639	4784182	120	1408	AEMET
1047B	Oñate-Convento Santa Ana	Deba	547282	4764404	260	1305	AEMET
1053	Echevarría	Artibai	542354	4789020	100	1420	AEMET
ARP1	Ondarru	Artibai	544605	4796145	88	1353	DFB
1055A	Lequeitio-Agustinas	Lea	539936	4801222	15	1275	AEMET
OKP2	Mundaka	Oka	524140	4806135	93	1276	SVM/DFB

Tab. 2. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
OKP1	Ereño	Oka	532951	4799975	502	1353	DFB
OK01	Muxika (Oka)	Oka	525326	4793011	21	1274	DFB
1057A	Bermeo (Iberduero)	Oka	522833	4807004	15	1267	AEMET
1056M	Arteaga	Oka	529357	4801292	160	1302	AEMET
1057E	Bakio	Butroe	514825	4807753	40	1246	AEMET
1059	Punta Galea (Golf)	Barbadun	498429	4802376	90	1095	AEMET
1083	Arcentales	Barbadun	481913	4785332	220	1228	AEMET
AGP1	Gordon	Agüera	480547	4792557	513	1144	DFB
1077P	Villasana de Mena 'E.F.P.'	Kadagua	476790	4771683	312	898	AEMET
1093	Carranza	Karrantza	470678	4785373	220	1298	AEMET
1095C	Udalla	Karrantza	463126	4796168	80	1320	AEMET
1089	Arredondo	Cantabria	451648	4791459	140	1437	AEMET
1082	Sondika (Aeropuerto)	Ibaizabal	505954	4794320	34	1156	AEMET
1075E	Aránzazu	Ibaizabal	517015	4777218	98	1299	AEMET
1078E	Valmaseda	Ibaizabal	484502	4783228	320	1229	AEMET
1070	Abadiano (Mendiola)	Ibaizabal	531361	4776497	160	1334	AEMET
1078	Pantano de Ordunte	Ibaizabal	475500	4777395	400	1179	AEMET
1074E	Larrea (Iberduero)	Ibaizabal	521547	4786638	88	1229	AEMET
1075	Dima	Ibaizabal	520222	4777380	130	1274	AEMET
1071	Durango-Vivero	Ibaizabal	528643	4778182	280	1325	AEMET
1081U	Derio-SIMA	Ibaizabal	510709	4794109	67	1226	AEMET
1079E	Arceniega	Ibaizabal	489250	4774119	210	1176	AEMET
NB04	Zarátamo (Nerbioi)	Ibaizabal	509916	4785232	55	1186	DFB
NB11	Orozko (Altube)	Ibaizabal	506973	4770422	190	1189	DFB
IB02	Berna (Ibaizabal)	Ibaizabal	526731	4781642	92	1276	SVM
KD01	Balmaseda (Kadagua)	Ibaizabal	482310	4780490	174	1188	DFB
KD02	Aranguren (Kadagua)	Ibaizabal	489731	4784546	87	1126	SVM/DFB
IB32	Urkizu (Arratia)	Ibaizabal	518620	4781370	69	1282	DFB
IBP3	Dima	Ibaizabal	526887	4767735	587	1311	DFB
NB02	Gardea	Ibaizabal	501699	4774940	142	1154	DFB
NB05	Abusu (Nerbioi)	Ibaizabal	507125	4788280	16	1169	DFB
IBP1	Berriz	Ibaizabal	534155	4780406	225	1312	DFB
IB03	Amorebieta	Ibaizabal	521800	4785098	65	1286	DFB
1077H	Bilbao-LABEIN	Ibaizabal	502689	4790153	25	1134	AEMET
1069E	Urquiola (Iberduero)	Ibaizabal	529732	4771862	737	1322	AEMET
1063E	Barambio (Iberduero)	Ibaizabal	506681	4766248	250	1154	AEMET
1065O	Llodio (Depuradora)	Ibaizabal	504253	4776426	205	1187	AEMET
1079G	Gordejuela (Iberduero)	Ibaizabal	491765	4779205	100	1153	AEMET
1059U	Lezama (Iberduero)	Ibaizabal	502609	4764395	370	1155	AEMET
1069C	Garai-Iberduero	Ibaizabal	531581	4782668	300	1346	AEMET
1080I	Okendo-Iberduero	Ibaizabal	497613	4777659	150	1174	AEMET
KD12	Sodupe	Ibaizabal	496487	4783298	56	1169	DFB
1067P	Arrigorriaga-Iberduero	Ibaizabal	509168	4783433	100	1204	AEMET
IB01	Elorrio	Ibaizabal	536023	4775393	173	1292	DFB
IBP6	Garai	Ibaizabal	536565	4784590	570	1407	DFB
1060	Amurrio (Instituto)	Ibaizabal	499419	4766368	219	1021	AEMET
NB01	Saratxo (Nerbioi)	Ibaizabal	499783	4764591	224	862	DFB
1059L	Orduña-Iberduero	Ibaizabal	498173	4759891	320	820	AEMET

Tab. 2. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
1059I	Délica (Iberduero)	Ibaizabal	502613	4755140	320	818	AEMET
1061O	Respaldiza (Iberduero)	Ibaizabal	495822	4768097	300	889	AEMET
1063	Inoso (Iberduero)	Ibaizabal	506688	4758844	420	836	AEMET
1080E	Menagaray-Iberduero	Ibaizabal	493903	4771306	300	862	AEMET
9064	Salinas de Añana	Omecillo	500891	4738667	566	636	AEMET
9064A	Salinas de Añana (Monasterio)	Omecillo	501256	4738235	620	627	AEMET
9065I	Puentelarrá (Iberduero)	Omecillo	496028	4732931	473	584	AEMET
9063O	Osma de Álava (Iberduero)	Omecillo	494654	4748572	575	703	AEMET
9062V	Villanueva de Valdegavía	Omecillo	491517	4743855	590	716	AEMET
9064I	Espejo	Omecillo	495918	4739501	500	659	AEMET
9063U	Barron (Iberduero)	Omecillo	500438	4743572	674	673	AEMET
9062O	San Millan S.Zadornil	Omecillo	488499	4744322	603	718	AEMET
9062	Bóveda	Omecillo	483565	4749608	691	727	AEMET
9055O	San Martín de Losa (Iberduero)	Omecillo	484728	4756260	703	775	AEMET
9055	Villaño de Losa (Iberduero)	Omecillo	490009	4757266	800	770	AEMET
9063I	Berberana (Iberduero)	Omecillo	494996	4751624	624	758	AEMET
9055N	San Martín de Losa 'Capa'	Omecillo	485043	4755364	703	732	AEMET
9060D	Lalastra (PN Valderejo)	Omecillo	481131	4747177	911	733	AEMET
9072	Murguía (Iberduero)	Baia	513873	4755894	618	1080	AEMET
9072D	Domaiquíia (Iberduero)	Baia	515603	4752689	652	1077	AEMET
9072B	Guillerna (Iberduero)	Baia	511768	4755150	645	1137	AEMET
9069	Miranda de Ebro	Baia	505700	4726900	520	489	AEMET
9072I	Sendadiano	Baia	507288	4748419	604	886	AEMET
9072J	Archúa (Iberduero)	Baia	501958	4748198	710	863	AEMET
9072H	Anda (Iberduero)	Baia	508441	4751628	606	854	AEMET
9069A	Miranda de Ebro	Baia	505694	4726916	475	565	AEMET
9072O	Subijana Morillas (Iberduero)	Baia	508204	4741078	537	680	AEMET
9072G	Izarra (DFA)	Baia	507801	4755607	634	860	AEMET
9146I	Laguardia	Ebro	534146	4711267	620	704	AEMET
9145E	Elciego	Ebro	531177	4707089	460	646	AEMET
9146V	La Puebla de Labarca	Ebro	535001	4704548	400	665	AEMET
9145F	Leza (DFA2)	Ebro	529738	4712697	575	735	AEMET
9160I	Moreda	Ebro	551330	4706746	430	746	EUSKALMET
9074C	Arriola	Zadorra	549460	4751091	638	1030	AEMET
9078	Albina (Embalse)	Zadorra	530079	4759926	600	1088	AEMET
9077E	Ochandiano Iberduero	Zadorra	527906	4765222	559	1307	AEMET
9089C	Murua (AMVISA)	Zadorra	521343	4758135	618	1060	AEMET
9074R	Ozaeta (Iberduero)	Zadorra	541226	4751624	560	1071	AEMET
9089	Cigoitia (Gopegui)	Zadorra	521642	4757025	599	1082	AEMET
9090	Zaitegui	Zadorra	519429	4754211	590	1130	AEMET
9076I	Ceanuri (Zubizabal CF)	Zadorra	525323	4766292	590	1285	AEMET
9080	Urrunaga (Presa)	Zadorra	528396	4756094	540	921	AEMET
9086	Arcaute	Zadorra	530556	4744349	515	762	AEMET
9085I	Gámiz	Zadorra	531095	4740589	575	718	AEMET
9073I	Opacua	Zadorra	552298	4741642	674	837	AEMET
9076	Ullívarri Gamboa (Presa)	Zadorra	531765	4752962	570	883	AEMET
9087A	Vitoria Instituto	Zadorra	526563	4744025	550	752	AEMET
9094U	Armiñón	Zadorra	510309	4729915	467	583	AEMET

Tab. 2. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
9093	Nanclares de Oca	Zadorra	516243	4740846	495	728	AEMET
9076G	Durana (AMVISA)	Zadorra	529625	4749651	540	774	AEMET
9085C	Araca (AMVISA)	Zadorra	526614	4748405	563	780	AEMET
9081	Retana (AMVISA)	Zadorra	528422	4749924	527	794	AEMET
9087	Vitoria (Aeródromo)	Zadorra	528129	4744154	521	763	AEMET
9074A	Salvatierra (Colegio Claret)	Zadorra	549484	4744613	590	800	AEMET
9091O	Foronda (Aeropuerto)	Zadorra	522533	4747835	508	752	AEMET
9083	Gaceta	Zadorra	528041	4743290	547	774	AEMET
9092	Huetos de Arriba (Iberduero)	Zadorra	515930	4748587	550	820	AEMET
9080C	Betolaza (Iberduero)	Zadorra	527091	4753960	546	836	AEMET
9095E	Arlucea	Zadorra	537281	4730440	774	910	AEMET
9073Z	Salvatierra (ASZSA)	Zadorra	550281	4744218	605	759	AEMET
9074	Salvatierra Iberduero	Zadorra	550165	4744618	605	783	AEMET
9092C	Martioda	Zadorra	517816	4746926	521	764	AEMET
9091I	Foronda (Iberduero)	Zadorra	522414	4749439	517	747	AEMET
9097O	Arrieta-Ikasta	Zadorra	522302	4734817	640	744	AEMET
9084U	Escalmendi	Zadorra	529181	4747398	515	765	AEMET
9082T	Gauna (La Ilarra)	Zadorra	540760	4742305	599	798	AEMET
9074O	Audicana-Iberduero	Zadorra	541816	4747741	580	785	AEMET
9088H	Ali (CAPA)	Zadorra	524406	4744078	520	712	AEMET
9074F	Alaiza (Iberduero)	Zadorra	547668	4741238	650	797	AEMET
9088O	Krispijana (AMVISA)	Zadorra	521590	4744748	500	773	AEMET
9088I	Ali Subestación (Iberduero)	Zadorra	524202	4744200	519	724	AEMET
9098	Treviño (Iberduero)	Zadorra	520222	4731170	580	683	AEMET
9096	Marquinez	Zadorra	535367	4731170	692	806	AEMET
9092E	Mendoza (Iberduero)	Zadorra	517890	4745106	521	717	AEMET
9084	Vitoria (Santuario Estíbaliz)	Zadorra	535301	4744126	617	759	AEMET
9074B	Luzuriaga Iberduero	Zadorra	549413	4748191	600	831	AEMET
9084I	Vitoria-Subestación Iberduero	Zadorra	532198	4747689	530	771	AEMET
9103	Peñacerrada	Inglares	523348	4721186	744	729	AEMET
9103X	Zambrana	Inglares	509750	4723066	459	548	AEMET
9103I	Berganzo (Iberduero)	Inglares	517653	4721725	578	623	AEMET
9175	Lagran-Villaverde	Ega	533879	4719101	756	824	AEMET
9176	Bernedo	Ega	541100	4719265	740	756	AEMET
9095	Bajauri Busturia	Ega	535367	4722255	785	840	AEMET
9178C	Santa Cruz de Campezo (DFA)	Ega	553295	4724220	570	843	AEMET
9178H	Galbarra	Ega	561289	4728883	579	898	AEMET
9177U	Antoñana Central (Iberduero)	Ega	549224	4726935	600	705	AEMET
9178	Alda	Ega	554428	4733422	816	852	AEMET
9177H	Iturrieta (CAPA)	Ega	553061	4736835	980	854	AEMET
9176U	Genevilla	Ega	549720	4721201	630	787	AEMET
9269	Alsasua	Arakil	566740	4748677	525	1174	AEMET

La Fig. 3 muestra la distribución espacial de las estaciones con datos de precipitación

Fig. 3. Localización de las estaciones con datos de precipitación disponibles en la CAPV



Una vez dispuestas las estaciones sobre el ámbito de trabajo, se ha efectuado un análisis de la información trazando sus isoyetas correspondientes y los polígonos de Thiessen y se ha realizado una comparativa con las isoyetas aportadas por las Diputaciones. Se han identificado diversas zonas en las que la información de partida no ha sido lo suficientemente representativa y se hace necesaria la incorporación de nuevos puntos que permitan ajustar las isoyetas a las reales.

En el Territorio Histórico de Gipuzkoa, estas zonas se han cubierto con datos de pluviómetros reales facilitados por la Diputación Foral de Gipuzkoa, mientras que en Bizkaia y en Álava, estas zonas han sido completadas con pluviómetros ficticios en base al mapa topográfico siguiendo las instrucciones de la Dirección Técnica.

El valor de las estaciones identificadas en Gipuzkoa ha sido el que se muestra en la Tab. 3 y se ha calculado teniendo en cuenta los datos reales existentes en dichas estaciones.

Tab. 3. Precipitación media anual (mm) en pluviómetros reales de la provincia de Gipuzkoa. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
F1Z1	Endara	Bidasoa	599653	4791540	255	2311	DFG
0014	Hondarribia	Bidasoa	597986	4801417	2	1606	AEMET
E1Z1	Oiartzun	Oiartzun	590572	4795682	2	1487	GV-DFG
OIAR	Arditurri	Oiartzun	596637	4792976	151	2023	DFG
D2Z1	Okilegi	Urumea	593525	4786716	190	2026	GV-DFG
D2W1	Ereñozu	Urumea	586241	4788246	26	1619	GV-DFG
021E	Añarbe	Urumea	591322	4785198	147	1984	AEMET
0021	Artikutza	Urumea	597831	4785411	321	2293	AEMET
024E	Igeldo	Urumea	577879	4795512	250	1505	AEMET

Tab. 3. Precipitación media anual (mm) en pluviómetros reales de la provincia de Gipuzkoa. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	P media anual (mm)	Fuente
C2Z1	Ataun	Oria	567125	4763118	184	1052	GV-DFG
C058	Bidania	Oria	569058	4777371	583	1469	GV
C052	Ameraun	Oria	585414	4777074	305	1953	GV
C029	Zizurkil	Oria	576320	4782378	141	1300	GV
C028	Zegama	Oria	556065	4758631	540	1253	GV
C026	Berastegi	Oria	582965	4775170	379	1819	GV
C043	Ordizia	Oria	567062	4766598	244	1123	GV
025N	Arriaran	Oria	561946	4769008	287	1304	AEMET
0031	Elduain	Oria	580977	4777332	256	1872	AEMET
026B	Lareo	Oria	572036	4758936	743	1886	AEMET
0035	Lasarte	Oria	579251	4791769	17	1533	AEMET
036O	Barrendiola	Urola	553678	4762564	510	1544	AEMET
038U	Azpeitia	Urola	559714	4780470	180	1444	AEMET
0037	Legazpi	Urola	554339	4767772	400	1459	AEMET
C023	Arrasate	Deba	541347	4768889	326	1289	GV
ARAO	Araotz	Deba	543354	4760985	728	1150	DFG
049O	Aixola	Deba	540063	4779216	262	1458	AEMET
0048	Urkulu	Deba	543691	4763912	299	1190	AEMET
044D	Aramaiona	Deba	533429	4767596	616	1465	AEMET

Por su parte, en Bizkaia y Álava, la metodología para asignar el valor de precipitación correspondiente a los puntos ficticios ha sido la siguiente:

- a) Se han seleccionado 3 estaciones alrededor de cada uno de los puntos ficticios en varias direcciones para comprobar la relación de la precipitación con la altitud y así obtener una precipitación anual promedio para el punto ficticio.
- b) Por otro lado, se han calculado los polígonos de Thiessen en 3 pluviómetros alrededor de dicho punto y el polígono Thiessen obtenido en el punto ficticio. Realizando una intersección se ha obtenido el % del área del polígono del punto ficticio en cada uno de los polígonos Thiessen de las 3 estaciones de alrededor. Así, se ha generado la serie diaria de precipitación en el punto ficticio de la siguiente manera:

$$\text{Precipitación ficticia (mm)} = (\% \text{ área en el P.Thiessen 1} \times \text{Precipitación estación 1}) + (\% \text{ área en el P.Thiessen 2} \times \text{Precipitación estación 2}) + (\% \text{ área en el P.Thiessen 3} \times \text{Precipitación estación 3}).$$

La Tab. 4 recoge los datos del análisis realizado en los puntos ficticios de Bizkaia y Álava mediante la generación de polígonos Thiessen.

Tab. 4. Precipitación media anual (mm) en pluviómetros ficticios de las provincias de Bizkaia y Álava

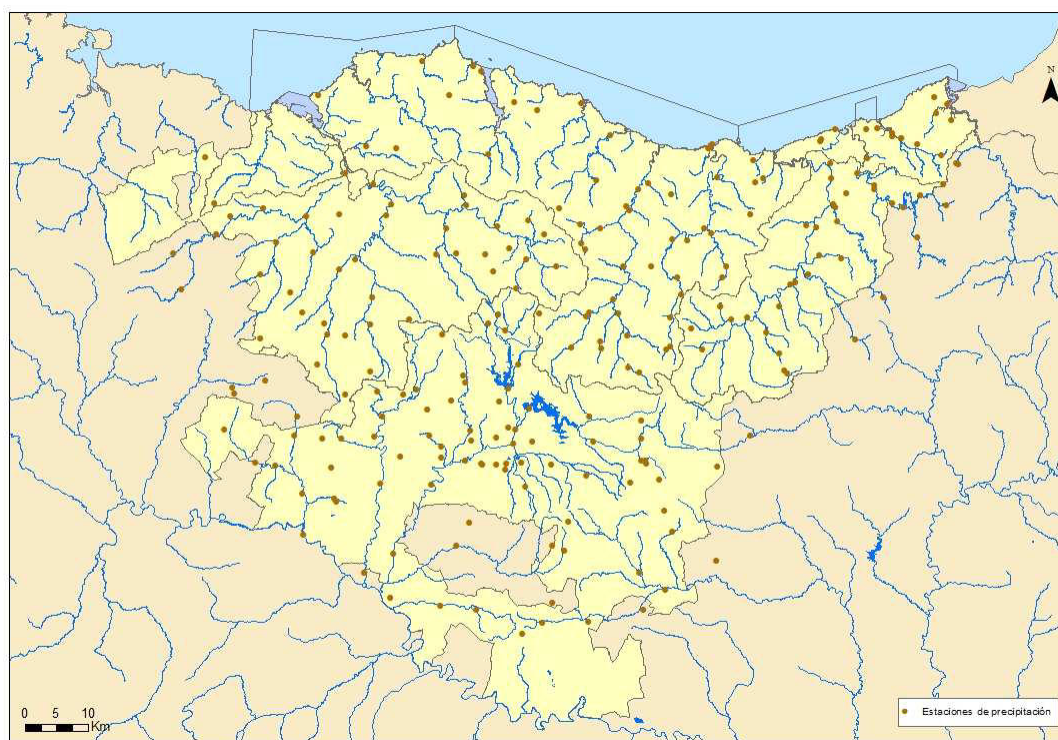
Estación Ficticia	Unidad Hidrológica	Superficie P.Thiessen (km ²)	Estación	Precipitación Media anual (mm)	Superficie de la estación ficticia en la estación (km ²)	% de superficie de la estación ficticia en la estación	Precipitación media anual (mm)
Ficticia02	Ibaizabal	78.23	1075	1274	35	44.74%	1300
			1071	1325	39.67	50.71%	
			IB02	1276	3.56	4.55%	
Ficticia03	Ibaizabal	76.25	1075	1274	27.73	36.37%	1305
			1071	1325	9.55	12.52%	
			1069E	1322	38.97	51.11%	
Ficticia04	Ibaizabal	174.09	1075E	1299	46.27	26.58%	1197
			9072	1080	77.75	44.66%	
			9076I	1285	50.07	28.76%	
Ficticia05	Ibaizabal	179.27	1075E	1299	56.94	31.76%	1182
			9072	1080	68.95	38.46%	
			NB11	1189	53.38	29.78%	
Ficticia12	Ibaizabal	60.9	NB05	1169	20.56	33.76%	1173
			1065O	1187	12.9	21.18%	
			KD12	1169	27.44	45.06%	
Ficticia14	Ibaizabal	104.93	1081U	1226	48.17	45.91%	1244
			1057E	1246	29.31	27.93%	
			OK01	1274	27.45	26.16%	
Ficticia16	Ibaizabal	485.42	1093	1298	187.27	38.58%	1092
			1078	1179	68.13	14.04%	
			1077P	898	230.02	47.39%	
Ficticia17	Ibaizabal	175.11	1079E	1176	56.93	32.51%	916
			9055	770	97.82	55.86%	
			1061O	889	20.36	11.63%	
Ficticia13	Oka	189.89	1081U	1226	53.73	28.30%	1256
			OK01	1274	15.91	8.38%	
			1057A	1267	120.25	63.33%	
Ficticia18	Oka	116.79	OKP1	1353	25.66	21.97%	1368
			OK01	1274	23.47	20.10%	
			IBP6	1407	67.66	57.93%	
Ficticia06	Omecillo	151.68	9065I	584	76.85	50.67%	644
			9062V	716	60.85	40.12%	
			9064I	659	13,98	9.22%	
Ficticia07	Omecillo	52.95	9063O	703	21,01	39.68%	789
			9072J	863	29.15	55.05%	
			9063U	673	2.79	5.27%	
Ficticia08	Baia	64.32	9072I	886	9.1	14.15%	768
			9092	820	26.85	41.74%	
			9072O	680	28.37	44.11%	
Ficticia10	Zadorra	240.65	9269	1174	138.31	57.47%	1035

Tab. 4. Precipitación media anual (mm) en pluviómetros ficticios de las provincias de Bizkaia y Álava

Estación Ficticia	Unidad Hidrológica	Superficie P.Thiessen (km ²)	Estación	Precipitación Media anual (mm)	Superficie de la estación ficticia en la estación (km ²)	% de superficie de la estación ficticia en la estación	Precipitación media anual (mm)
			9073I	837	37.16	15.44%	
			9177H	854	65.18	27.08%	
Ficticia11	Zadorra	144.72	9085I	718	5.13	3.54%	800
			9082T	798	45.25	31.27%	
			9096	806	94.34	65.19%	
Ficticia15	Inglares	38.82	9175	824	19.48	50.18%	779
			9103	729	6.65	17.13%	
			9145F	735	12.7	32.72%	

A continuación se muestra una figura con la situación de todas las series de precipitación finalmente utilizadas para la determinación de los recursos hídricos en la CAPV.

Fig. 4. Estaciones de precipitación



Una vez completada la identificación de las estaciones, se ha procedido a la realización del análisis de la posible influencia de la topografía en la variación de la precipitación, con el único fin de ajustar en la medida de lo posible el valor real de la precipitación y poder así extraerlo del conjunto de parámetros que posteriormente se utilizarán para realizar la calibración del modelo TETIS.

Teniendo en cuenta que en el modelo seleccionado la asignación de la precipitación a cada celda en cada intervalo de tiempo se realiza mediante triangulación entre las estaciones disponibles y que además, el

modelo se apoya en un modelo digital del terreno, se ha calculado un coeficiente que refleja la relación entre la precipitación media de cada punto calculada por el procedimiento de los polígonos de Thiessen y la precipitación real calculada a partir de las isoyetas.

La Tab. 5 muestra para cada una de las estaciones utilizadas en este trabajo, la precipitación media calculada por el método Thiessen (como lo haría el modelo seleccionado) y la obtenida con las isoyetas así como el coeficiente que ha de aplicarse a las series diarias de precipitación para disponer de datos reales de precipitación ajustados a la cota. Finalmente, se ha identificado la unidad hidrológica en la que se han utilizado los datos de cada estación.

Los valores de precipitación diaria resultantes tras la aplicación de este procedimiento aparecen en la base de datos adjunta al presente documento.

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
F1W1	Endara	599653	4791540	2311	2219	1.041	Bidasoa
1013I	Fuenterrabia-Zubieta	596192	4799596	1627	1656	0.983	Bidasoa
1015	Fuenterrabia (Guadalupe)	595775	4802090	1624	1613	1.007	Bidasoa
1012	Endara-San Antón	599372	4791651	2352	2211	1.064	Bidasoa
1013	Irun (Fitosanitaria)	598529	4798427	1783	1877	0.95	Bidasoa
1014	Hondarribia (Aeropuerto)	597929	4800979	1652	1658	0.996	Bidasoa
1017	Oyarzun	593175	4794649	1771	1778	0.996	Oiartzun
E1W1	Oiartzun	590572	4795682	1487	1634	0.91	Oiartzun
E1W1	Oiartzun	590556	4795682	1772	1714	1.034	Oiartzun
1018A	Rentería (Landarbarso)	589095	4796444	1757	1669	1.053	Oiartzun
1019A	Pasajes (Escuela Náutica)	586832	4797249	1658	1681	0.986	Oiartzun
1018	Rentería-Villa	589191	4795983	1710	1710	1.000	Oiartzun
1016	Arditurri (Oiartzun)	596895	4792972	2103	2079	1.011	Oiartzun
1024	San Sebastián (Ategorrieta)	584988	4797009	1698	1657	1.025	Oiartzun
1024E	San Sebastián (Igueldo)	577801	4795165	1491	1510	0.988	Urumea
1020	Goizueta	593083	4780023	2037	2103	0.969	Urumea
D1W1	Añarbe	593537	4786631	1957	2090	0.937	Urumea
1021O	Hernani-Central de Santiago	589241	4785339	1815	1823	0.996	Urumea
1021E	Rentería (Presa del Añarbe)	590897	4784713	1968	1959	1.005	Urumea
1021	Articutza	597663	4785054	2459	2322	1.059	Urumea
D2W1	Ereñozu	586314	4788243	1641	1725	0.951	Urumea
ARTI	Eskas	597266	4788304	2312	2246	1.029	Urumea
1022	Hernani (Ereñozu)	586369	4787584	1677	1700	0.987	Urumea
1023	Astigarraga	585181	4792383	1678	1662	1.010	Urumea
IGEL	Igeldo	577881	4795505	1488	1509	0.986	Urumea
1024B	San Sebastián (Faro de Igueldo)	580234	4797105	1510	1550	0.974	Urumea
1022A	Hernani (Zicuñaga)	583677	4790050	1558	1586	0.982	Urumea

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coefficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
1033	Leiza	587717	4770510	1933	1890	1.023	Oria
C7Z1	Belauntza (Berastegi)	577553	4777108	1691	1619	1.044	Oria
1025	Cerain	559045	4762304	1259	1232	1.022	Oria
C3Z1	Zaldibia	569269	4764882	1315	1310	1.004	Oria
LARE	Lareo (Embalse)	572033	4758933	1370	1213	1.129	Oria
ZALD	Zaldibia	571320	4761615	1340	1392	0.963	Oria
IBIU	Ibiur	571315	4769050	1321	1364	0.968	Oria
1026B	Lareo	572513	4758393	1500	1427	1.051	Oria
1029E	Betelu	583275	4763852	1453	1548	0.939	Oria
C1Z2	Estanda (Estanda)	563701	4766917	1308	1261	1.037	Oria
1025N	Arriaran (Presa)	561928	4769024	1337	1334	1.002	Oria
ARRI	Arriaran (Presa)	561988	4769055	1320	1337	0.987	Oria
TROY	Troya (Gabiria)	557370	4765545	1282	1305	0.982	Oria
1026A	Ordizia-Central Aguas	566197	4767275	1312	1290	1.017	Oria
1033O	Andoain-Central de Leizaran	580543	4782454	1633	1707	0.956	Oria
C8Z1	Andoain (Leizaran)	580084	4784631	1559	1587	0.982	Oria
1033U	Urnieta (Vivero)	581888	4786944	1614	1616	0.999	Oria
1034	Andoain	579765	4785222	1571	1504	1.045	Oria
1032A	Villabona (Vivero)	577099	4781489	1633	1625	1.005	Oria
1031	Elduayen	581064	4776568	1917	1779	1.078	Oria
1032	Villabona-Granja Fraisoro	575492	4781872	1428	1454	0.982	Oria
C5Z1	Alegia (Oria)	573047	4772479	1367	1369	0.999	Oria
1029U	Tolosa (Iberduero)	575827	4774070	1297	1456	0.891	Oria
1027	Sub. De Alto	573900	4772800	1335	1391	0.959	Oria
C9Z1	Lasarte	579537	4789327	1550	1517	1.022	Oria
LAUR	Laurgain	568702	4789221	1523	1507	1.011	Oria
1035U	Aya-Laurgain	567524	4788637	1568	1552	1.011	Oria
1035	Lasarte-Michelin	579352	4791604	1603	1573	1.019	Oria
1036	Zarauz	567197	4792089	1562	1534	1.018	Oria
1041	Zumaya-Carmelitas	560057	4793966	1452	1451	1.001	Urola
BARR	Barrendiola	554107	4762714	1318	1327	0.993	Urola
1036O	Legazpia (Barrendiola)	553454	4762258	1392	1396	0.997	Urola
1037	Legazpia	554093	4767353	1449	1419	1.021	Urola
ERDO	Erdoizta	566743	4783605	1588	1527	1.040	Urola
1039	Azpeitia	559491	4781312	1406	1448	0.971	Urola
1037E	Zumarraga-Geriátrico	555783	4770945	1355	1372	0.987	Urola
B1Z3	Matxinbenta	562337	4773699	1372	1371	1.001	Urola
B1Z1	Aitzu (Alto Urola)	555192	4773691	1403	1405	0.999	Urola
B1Z2	Ibai Eder (Ibai Eder)	560566	4780543	1402	1439	0.975	Urola
1038	Beizama (Presa Ibaieder)	562910	4775357	1405	1411	0.996	Urola
1037Q	Azcoitia-Carmelitas	556797	4779437	1400	1439	0.973	Urola
1037O	Azcoitia	554379	4779695	1642	1538	1.068	Urola
1041A	Zumaia (Faro)	560702	4794682	1437	1476	0.974	Urola
B2Z1	Aizarnazabal (Urola)	561436	4789525	1485	1487	0.999	Urola
A1Z3	Urkulu (Embalse)	543083	4762461	1199	1193	1.005	Deba

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coefficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
A2Z1	Aixola (Embalse)	540642	4778125	1357	1358	0.999	Deba
1047B	Oñate-Convento Santa Ana	547282	4764404	1305	1330	0.981	Deba
A1Z2	Zubillaga (Oñati)	545877	4767884	1342	1350	0.994	Deba
ARAN	Arantzazu	547386	4759382	1241	1237	1.003	Deba
1044U	Mondragón (Olandixo)	540723	4767539	1430	1363	1.050	Deba
A1Z1	San Prudentzio (Deba)	545076	4770205	1372	1369	1.003	Deba
1048	Urkulu (pluviometro-Embalse)	543010	4763512	1241	1250	0.993	Deba
1045	Mondragón	541262	4768035	1302	1312	0.992	Deba
1044A	Escoriaza (Tesa)	538421	4762497	1185	1182	1.002	Deba
1046	Arantzazu (Santuario)	549134	4758554	1515	1366	1.110	Deba
1044D	Aramayona Echagüen	533323	4767992	1346	1347	0.999	Deba
1050J	Elgoibar (Iberdrola)	547639	4784182	1408	1450	0.971	Deba
1050L	Elgoibar-Santa Clara	547164	4784795	1443	1431	1.008	Deba
1049	Bergara (Albitxu)	546573	4775350	1421	1406	1.010	Deba
1049O	Elgueta-Aixola	539954	4779010	1413	1371	1.031	Deba
1049U	Ermua	539869	4782002	1408	1410	0.999	Deba
1050	Eibar-Banco de Pruebas	542942	4781404	1414	1416	0.999	Deba
ELOS	Elosua	551032	4775383	1394	1424	0.979	Deba
LAST	Lastur	554285	4786830	1476	1471	1.003	Deba
A3Z1	Altzola (Deba)	548980	4787513	1443	1433	1.007	Deba
MEND	Mendaro	550609	4788574	1431	1423	1.006	Deba
ARP1	Ondarru	544605	4796145	1353	1366	0.991	Artibai
IBP6	Garai	536565	4784590	1407	1385	1.016	Artibai
1053	Echevarría	542354	4789020	1420	1401	1.013	Artibai
1055A	Lequeitio-Agustinas	539936	4801222	1275	1311	0.973	Lea
OKP1	Ereño	532951	4799975	1353	1336	1.012	Lea
1057A	Bermeo (Iberduero)	522833	4807004	1267	1265	1.002	Oka
OK01	Muxika (Oka)	525326	4793011	1274	1286	0.991	Oka
Ficticia13	Ficticia13	519185	4802359	1286	1269	1.013	Oka
1056M	Arteaga	529357	4801292	1302	1300	1.002	Oka
OKP2	Mundaka	524140	4806135	1276	1283	0.995	Oka
1057E	Bakio	514825	4807753	1246	1222	1.020	Butroe
Ficticia17	Ficticia17	489171	4764004	934	922	1.013	Ibaizabal
1059	Punta Galea (Golf)	498429	4802376	1095	1124	0.974	Ibaizabal
1081U	Derio-SIMA	510709	4794109	1226	1224	1.001	Ibaizabal
Ficticia02	Ficticia02	524789	4777209	1421	1373	1.034	Ibaizabal
1067P	Arrigorriaga-Iberduero	509168	4783433	1204	1210	0.995	Ibaizabal
1079G	Gordejuela (Iberduero)	491765	4779205	1153	1152	1.001	Ibaizabal
1078	Pantano de Ordunte	475500	4777395	1179	1155	1.021	Ibaizabal
1063	Inoso (Iberduero)	506688	4758844	836	935	0.894	Ibaizabal
Ficticia05	Ficticia05	512817	4766993	1140	1159	0.984	Ibaizabal
1059I	Délica (Iberduero)	502613	4755140	818	826	0.991	Ibaizabal
1059U	Lezama (Iberduero)	502609	4764395	1155	1060	1.089	Ibaizabal
1063E	Barambio (Iberduero)	506681	4766248	1154	1125	1.026	Ibaizabal
NB11	Orozko (Altube)	506973	4770422	1189	1189	1.000	Ibaizabal
1061O	Respaldiza (Iberduero)	495822	4768097	889	905	0.982	Ibaizabal

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coefficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
1059L	Orduña-Iberduero	498173	4759891	820	824	0.994	Ibaizabal
NB01	Saratxo (Nerbioi)	499783	4764591	862	894	0.964	Ibaizabal
1060	Amurrio (Instituto)	499419	4766368	1021	1037	0.984	Ibaizabal
1077P	Villasana de Mena 'E.F.P.'	476790	4771683	898	956	0.94	Ibaizabal
KD01	Balmaseda (Kadagua)	482310	4780490	1188	1172	1.014	Ibaizabal
1078E	Valmaseda	484502	4783228	1229	1199	1.025	Ibaizabal
1080E	Menagaray-Iberduero	493903	4771306	862	959	0.9	Ibaizabal
KD12	Sodupe	496487	4783298	1169	1154	1.014	Ibaizabal
1080I	Okendo-Iberduero	497613	4777659	1174	1142	1.028	Ibaizabal
KD02	Aranguren (Kadagua)	489731	4784546	1126	1141	0.987	Ibaizabal
1079E	Arceniega	489250	4774119	1176	1096	1.073	Ibaizabal
Ficticia12	Ficticia12	501723	4783524	1152	1161	0.992	Ibaizabal
1065O	Llodio (Depuradora)	504253	4776426	1187	1194	0.994	Ibaizabal
NB02	Gardea	501699	4774940	1154	1129	1.022	Ibaizabal
NB04	Zarátamo (Nerbioi)	509916	4785232	1186	1210	0.981	Ibaizabal
1075E	Aránzazu	517015	4777218	1299	1259	1.032	Ibaizabal
Ficticia03	Ficticia03	526137	4774511	1461	1390	1.052	Ibaizabal
1069C	Garai-Iberduero	531581	4782668	1346	1331	1.011	Ibaizabal
IB03	Amorebieta	521800	4785098	1286	1277	1.007	Ibaizabal
IBP1	Berriz	534155	4780406	1312	1332	0.985	Ibaizabal
IB32	Urkizu (Arratia)	518620	4781370	1282	1265	1.013	Ibaizabal
IB02	Berna (Ibaizabal)	526731	4781642	1276	1294	0.986	Ibaizabal
1071	Durango-Vivero	528643	4778182	1325	1337	0.991	Ibaizabal
1075	Dima	520222	4777380	1274	1307	0.975	Ibaizabal
1074E	Larrea (Iberduero)	521547	4786638	1229	1242	0.99	Ibaizabal
1070	Abadiano (Mendiola)	531361	4776497	1334	1326	1.006	Ibaizabal
IB01	Elorrio	536023	4775393	1292	1310	0.986	Ibaizabal
1077H	Bilbao-LABEIN	502689	4790153	1134	1130	1.004	Ibaizabal
NB05	Abusu (Nerbioi)	507125	4788280	1169	1172	0.998	Ibaizabal
1082	Sondika (Aeropuerto)	505954	4794320	1156	1157	0.999	Ibaizabal
1083	Arcentales	481913	4785332	1228	1215	1.010	Barbadun
AGP1	Gordon	480547	4792557	1144	1187	0.964	Aguera
9062V	Villanueva de Valdegovía	491517	4743855	716	710	1.008	Omecillo
9065I	Puentelarrá (Iberduero)	496028	4732931	584	598	0.976	Omecillo
9062	Bóveda	483565	4749608	727	726	1.002	Omecillo
9063I	Berberana (Iberduero)	494996	4751624	758	766	0.99	Omecillo
9062O	San Millan S.Zadornil	488499	4744322	718	719	0.998	Omecillo
9063U	Barron (Iberduero)	500438	4743572	673	705	0.955	Omecillo
9064I	Espejo	495918	4739501	659	666	0.99	Omecillo
9063O	Osma de Álava (Iberduero)	494654	4748572	703	721	0.975	Omecillo
9064	Salinas de Añana	500891	4738667	636	641	0.992	Omecillo
9064A	Salinas de Añana (Monasterio)	501256	4738235	627	615	1.020	Omecillo
9055N	San Martín de Losa 'Capa'	485043	4755364	732	731	1.002	Omecillo

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coefficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
9055	Villaño de Losa (Iberduero)	490009	4757266	770	769	1.001	Omecillo
90550	San Martín de Losa (Iberduero)	484728	4756260	775	760	1.020	Omecillo
Ficticia08	Ficticia08	511300	4745252	870	831	1.047	Baia
9069A	Miranda de Ebro	505694	4726916	565	574	0.984	Baia
9069	Miranda de Ebro	505700	4726900	489	522	0.935	Baia
Ficticia07	Ficticia07	498980	4748225	870	817	1.065	Baia
90720	Subijana Morillas (Iberduero)	508204	4741078	680	686	0.992	Baia
9072H	Anda (Iberduero)	508441	4751628	854	890	0.96	Baia
9072J	Archúa (Iberduero)	501958	4748198	863	841	1.026	Baia
9072I	Sendadiano	507288	4748419	886	854	1.037	Baia
9072D	Domaiquía (Iberduero)	515603	4752689	1077	1035	1.041	Baia
Ficticia04	Ficticia04	518001	4764552	1185	1182	1.002	Baia
9072G	Izarra (DFA)	507801	4755607	860	882	0.976	Baia
9072B	Guillerna (Iberduero)	511768	4755150	1137	1045	1.088	Baia
9072	Murguía (Iberduero)	513873	4755894	1080	1095	0.986	Baia
9077E	Ochandiano Iberduero	527906	4765222	1307	1265	1.034	Zadorra
90740	Audicana-Iberduero	541816	4747741	785	832	0.944	Zadorra
9087A	Vitoria Instituto	526563	4744025	752	747	1.007	Zadorra
9094U	Armiñón	510309	4729915	583	607	0.961	Zadorra
9098	Treviño (Iberduero)	520222	4731170	683	686	0.996	Zadorra
9095E	Arlucea	537281	4730440	910	859	1.060	Zadorra
Ficticia11	Ficticia11	537902	4734985	915	860	1.064	Zadorra
9096	Marquinez	535367	4731170	806	792	1.018	Zadorra
90970	Arrieta-Ikasta	522302	4734817	744	735	1.011	Zadorra
9092	Hueto de Arriba (Iberduero)	515930	4748587	820	866	0.946	Zadorra
9093	Nanclares de Oca	516243	4740846	728	714	1.019	Zadorra
9084I	Vitoria-Subestación Iberduero	532198	4747689	771	805	0.958	Zadorra
9092E	Mendoza (Iberduero)	517890	4745106	717	742	0.966	Zadorra
9088I	Ali Subestación (Iberduero)	524202	4744200	724	740	0.979	Zadorra
9088O	Krispijana (AMVISA)	521590	4744748	773	748	1.033	Zadorra
9088H	Ali (CAPA)	524406	4744078	712	735	0.969	Zadorra
9084U	Escalmendi	529181	4747398	765	766	0.998	Zadorra
9091I	Foronda (Iberduero)	522414	4749439	747	829	0.901	Zadorra
9092C	Martioda	517816	4746926	764	783	0.976	Zadorra
9080C	Betolaza (Iberduero)	527091	4753960	836	869	0.961	Zadorra
9083	Gaceta	528041	4743290	774	747	1.036	Zadorra
90910	Foronda (Aeropuerto)	522533	4747835	752	757	0.993	Zadorra
9087	Vitoria (Aeródromo)	528129	4744154	763	763	1.000	Zadorra
9081	Retana (AMVISA)	528422	4749924	794	800	0.992	Zadorra
9085C	Araca (AMVISA)	526614	4748405	780	774	1.007	Zadorra
9076G	Durana (AMVISA)	529625	4749651	774	793	0.975	Zadorra
9076	Ullívarri Gamboa	531765	4752962	883	936	0.943	Zadorra

Tab. 5. Ubicación y precipitación media en las estaciones con datos disponibles de precipitación en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Estación	Nombre	UTM X	UTM Y	Precip. media Thiessen (mm)	Precip. media Isoyetas (mm)	Coefficiente Thiessen/Isoyetas	Unidad Hidrológica
	(Presa)						
9085I	Gámiz	531095	4740589	718	750	0.957	Zadorra
9086	Arcaute	530556	4744349	762	758	1.006	Zadorra
9074B	Luzuriaga Iberduero	549413	4748191	831	907	0.917	Zadorra
9084	Vitoria (Santuario Estíbaliz)	535301	4744126	759	778	0.976	Zadorra
9074F	Alaiza (Iberduero)	547668	4741238	797	813	0.98	Zadorra
9082T	Gauna (La Ilarra)	540760	4742305	798	807	0.989	Zadorra
9074	Salvatierra Iberduero	550165	4744618	783	894	0.876	Zadorra
9073Z	Salvatierra (ASZSA)	550281	4744218	759	817	0.93	Zadorra
9074A	Salvatierra (Colegio Claret)	549484	4744613	800	798	1.003	Zadorra
9074R	Ozaeta (Iberduero)	541226	4751624	1071	1040	1.030	Zadorra
9074C	Arriola	549460	4751091	1030	1105	0.933	Zadorra
9073I	Opacua	552298	4741642	837	888	0.943	Zadorra
9080	Urrunaga (Presa)	528396	4756094	921	965	0.954	Zadorra
9076I	Ceanuri (Zubizabal CF)	525323	4766292	1285	1256	1.023	Zadorra
9090	Zaitegui	519429	4754211	1130	1056	1.070	Zadorra
IBP3	Dima	526887	4767735	1311	1327	0.988	Zadorra
9089	Cigoitia (Gopegui)	521642	4757025	1082	1036	1.045	Zadorra
9089C	Murua (AMVISA)	521343	4758135	1060	1109	0.956	Zadorra
9078	Albina (Embalse)	530079	4759926	1088	1116	0.975	Zadorra
1069E	Urquiola (Iberduero)	529732	4771862	1322	1335	0.99	Zadorra
Ficticia15	Ficticia15	530722	4717363	775	769	1.008	Inglares
9103	Peñacerrada	523348	4721186	729	732	0.995	Inglares
9103I	Berganzo (Iberduero)	517653	4721725	623	621	1.003	Inglares
9103X	Zambrana	509750	4723066	548	562	0.974	Inglares
9178H	Galbarra	561289	4728883	898	915	0.981	Ega
9176	Bernedo	541100	4719265	756	761	0.992	Ega
9175	Lagran-Villaverde	533879	4719101	824	799	1.031	Ega
9177H	Iturrieta (CAPA)	553061	4736835	854	859	0.994	Ega
9178	Alda	554428	4733422	852	861	0.99	Ega
9178C	Santa Cruz de Campezo (DFA)	553295	4724220	843	836	1.008	Ega
9176U	Genevilla	549720	4721201	787	771	1.021	Ega
9177U	Antoñana Central (Iberduero)	549224	4726935	705	772	0.914	Ega
9095	Bajauri Busturia	535367	4722255	840	821	1.023	Ega
Ficticia10	Ficticia10	561502	4743663	1109	1076	1.031	Arakil
9269	Alsasua	566740	4748677	1174	1233	0.952	Arakil

Por último, en el periodo comprendido entre octubre de 1980 y septiembre de 2000, los datos de precipitación utilizados han sido los resultantes de los estudios antecedentes descritos en el Apartado 1.4. Estos datos, ya fueron analizados, contrastados y validados, por lo que no han sido sometidos a tratamiento adicional alguno.

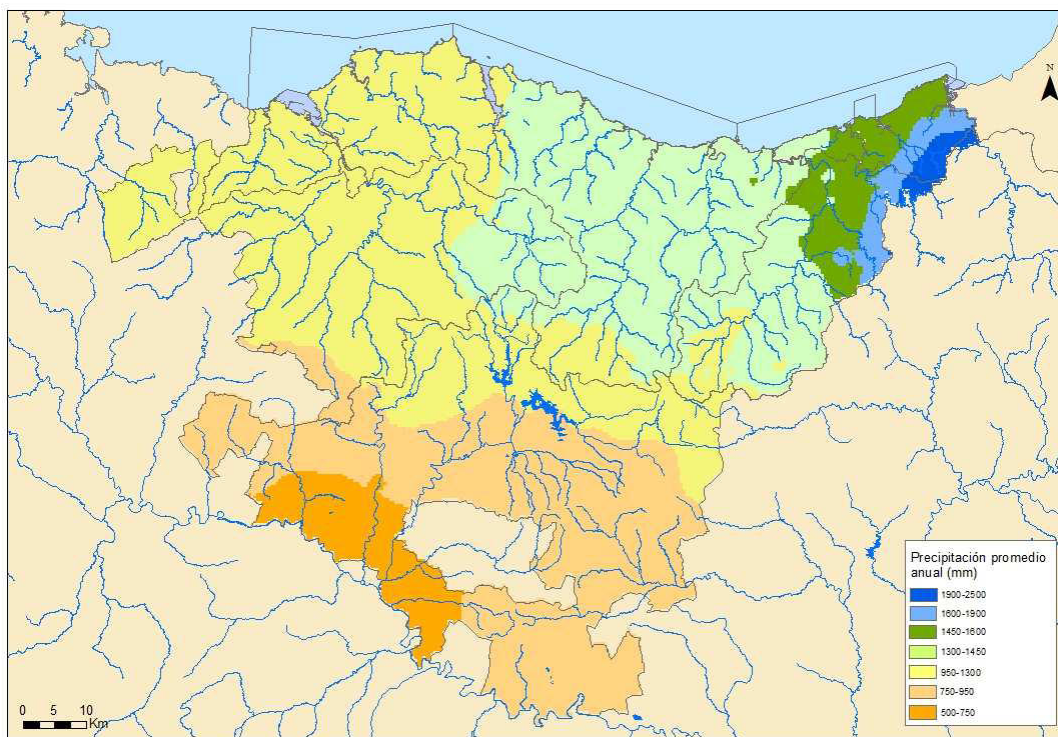
En la base de datos adjunta al presente documento, se recogen los datos diarios de precipitación utilizados para el desarrollo del presente trabajo.

Los valores más altos de precipitación se localizan en las cuencas del Urumea, Bidasoa y Oiartzun. Las series con mayor precipitación en estas unidades son Articutza (1021) con 2322mm anuales, Endara (F1W1) con 2219 mm anuales y Arditurri (1016) con 2079mm anuales.

Las series con menor precipitación son las de Miranda de Ebro (9069) perteneciente a la unidad hidrológica Baia y con 522 mm anuales y la de Zambrana (9103X) situada en la unidad hidrológica Inglares con 562 mm anuales.

A continuación se muestran una figura de la precipitación promedio anual y una tabla que recoge una comparativa de la precipitación promedio anual por unidad hidrológica en el estudio actual y en el estudio de recursos realizado en el año 2003.

Fig. 5. Precipitación promedio anual



Tab. 6. Precipitación promedio anual por unidad hidrológica. Periodo 1980-2010

Unidad Hidrológica	Precipitación promedio anual (mm). Estudio actual	Precipitación promedio anual (mm). Estudio recursos 2003
Bidasoa	1816	1869
Oiartzun	1769	1905
Urumea	1922	2169
Oria	1612	1633
Urola	1476	1567
Deba	1524	1613
Artibai	1537	1514
Lea	1426	1400
Oka	1396	1397

Tab. 6. Precipitación promedio anual por unidad hidrológica. Periodo 1980-2010

Unidad Hidrológica	Precipitación promedio anual (mm). Estudio actual	Precipitación promedio anual (mm). Estudio recursos 2003
Butroe	1386	1314
Ibaizabal	1352	1357
Barbadun	1332	1235
Agüera	1006	1289
Karrantza	1228	1326
Omecillo	737	773
Baia	1129	1066
Zadorra	931	1012
Inglares	713	736
Ega	842	921
Arakil	1378	1314
Ebro	553	541

En general, los valores actuales y los del estudio previo están muy próximos, situándose los actuales entorno a un 98% de los de estudios anteriores. Únicamente la unidad hidrológica Agüera se aleja de este porcentaje debido especialmente a que los datos recopilados en el estudio anterior abarcan el periodo 1961-2000 en el que no se disponía en esa unidad de información climatológica de suficiente calidad.

2.2. Análisis termométrico y evapotranspiración de referencia

El objeto de este análisis es, por un lado la caracterización del régimen térmico de las unidades de análisis y, por otro, la obtención de las series de ETO, que son las que delimitan el nivel máximo de la evapotranspiración real, uno de los procesos hidrológicos más difíciles de medir pero de gran importancia en los balances de recursos hídricos.

La evapotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Para la realización de este análisis se ha dispuesto de un elevado número de estaciones con información validada relativa a la temperatura y la evapotranspiración. El origen de estos datos han sido los trabajos previos:

- “Ampliación e introducción de series nuevas hasta Oct-2005 en el modelo de simulación hidrológica TETIS (diciembre 2006)”.
- “Actualización del modelo SACRAMENTO y análisis hidrológicos en las cuencas con estaciones de aforo del territorio histórico de Gipuzkoa (mayo 2009)”.
- “Asistencia técnica para la implantación de un sistema de ayuda a la decisión ante alertas de inundación en la CAPV. Calibración de modelo hidrológico TETIS para simulación de avenidas (febrero 2011)”.

En estos trabajos, inicialmente se realizó una recopilación de datos termométricos de diferentes fuentes, entre las que destacan las Diputaciones Forales, AEMET y el Servicio Vasco de Meteorología / EUSKALMET. Una vez recopilada la información, se aplicó en cada una de las estaciones el método simplificado de la FAO (Documento nº 56) basado en las temperaturas máximas y mínimas diarias, que permitió obtener series diarias de la ETO en todas las estaciones por el método de Penmann-Monteih.

Partiendo de esta información, y aceptando el análisis termométrico realizado en los estudios previos, se ha llevado a cabo la ampliación de las series de ETO hasta septiembre de 2010 a partir de los datos de temperatura de las distintas estaciones de la CAPV.

En la Tab. 7 se enumeran las estaciones de evapotranspiración utilizadas para la realización del trabajo, junto con su valor promedio (en los casos en los que aparece (*)) no se ha calculado el valor promedio anual debido a que el periodo de datos utilizado no excede el año) y el origen de los datos.

Tab. 7. Estaciones con disponibilidad de datos de ETP en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código estación	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	ETP promedio anual (mm)	Fuente
1013I	Fuenterrabia-Zubieta	Bidasoa	596298	4799806	24	838	AEMET
1014	Hondarribia (Aeropuerto)	Bidasoa	598035	4801189	8	858	AEMET
1016	Arditurri (Oiartzun)	Oiartzun	597001	4793182	280	807	AEMET
1019A	Pasajes (Escuela Náutica)	Oiartzun	586938	4797459	20	884	AEMET
1021E	Rentería (Presa de Añarbe)	Urumea	591003	4784923	120	919	AEMET
1024	San Sebastián (Ategorrieta)	Urumea	585094	4797219	8	676	AEMET
1024B	San Sebastián (Faro de Igeldo)	Urumea	580340	4797315	122	671	AEMET
1024E	San Sebastián (Igeldo)	Urumea	577906	4795374	259	666	AEMET
1033U	Urnieta (Vivero)	Urumea	581994	4787153	75	817	AEMET
1021	Articutza	Urumea	597769	4785264	305	812	AEMET
D1Z1	Añarbe en Embalse	Urumea	593537	4786631	184	870	DFG
G0F0	Ereñozu	Urumea	586314	4788243	25	821	SVM/GV
D2W1	Ereñozu	Urumea	586314	4788243	25	861	DFG
1025E	Mutiloa	Oria	557546	4765029	420	872	AEMET
1026A	Ordizia-Central Aguas	Oria	566303	4767484	195	852	AEMET
1026B	Lareo	Oria	572619	4758602	745	724	AEMET
1032	Villabona-Granja Fraisoro	Oria	575598	4782081	172	835	AEMET
1035	Lasarte-Michelin	Oria	579458	4791813	85	902	AEMET
1035U	Aya-Laurgain	Oria	567629	4788846	320	712	AEMET
1029e	Betelu	Oria	583381	4764061	237	920	AEMET
G026	Berastegi	Oria	582966	4775171	380	832	SVM/GV
G029	Zizurkil (Fraisoro)	Oria	576347	4782337	150	820	SVM/GV
G043	Ordizia (Oiangu)	Oria	567064	4766005	243	(*)	SVM/GV
G052	Leizaran (Central)	Oria	585392	4777054	285	832	SVM/GV
G077	Andoain	Oria	580084	4784631	52	866	SVM/GV
G0E1	Amundarain	Oria	569284	4764889	111	976	SVM/GV
G0E7	Estanda	Oria	563701	4766917	195	877	SVM/GV
G0E9	Alegia	Oria	573047	4772479	90	924	SVM/GV
LARE	Lareo (Embalse)	Oria	572036	4758936	0	785	DFG
1025I	Ormaiztegi (Itsaso)	Oria	559303	4768285	225	952	AEMET
G058	Bidania (Depósito)	Oria	568815	4777366	592	781	SVM/GV
G028	Zegama	Oria	557322	4756460	520	786	SVM/GV
1036O	Legazpia (Barrendiola)	Urola	553560	4762467	501	856	AEMET
1037	Legazpia	Urola	554199	4767562	402	877	AEMET
1038	Beizama (Presa Ibaieder)	Urola	563016	4775566	180	846	AEMET
ERDO	Erdoizta	Urola	566740	4783606	445	817	DFG
BARR	Barrendi	Urola	554100	4762707	0	963	DFG
G0DE	Matxinbenta	Urola	562347	4773633	0	838	SVM/GV

Tab. 7. Estaciones con disponibilidad de datos de ETP en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

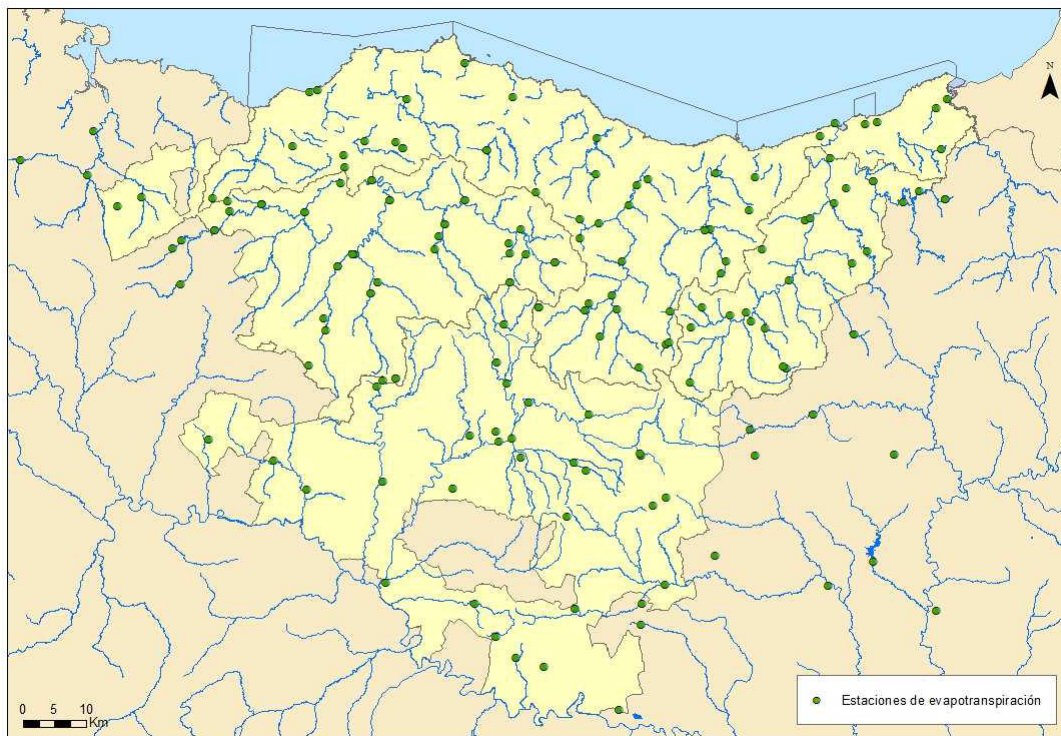
Código estación	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	ETP promedio anual (mm)	Fuente
G0DC	Ibai-Eder	Urola	560566	4780543	90	854	SVM/GV
1038U	Azpeitia	Urola	559740	4780444	200	(*)	AEMET
G0DD	Aizarnazabal	Urola	561436	4789525	25	1001	SVM/GV
1044D	Aramayona (Echagüen)	Deba	533429	4768200	619	824	AEMET
1044U	Mondragon-Olandixo	Deba	540829	4767747	246	948	AEMET
1046	Arantzazu (Santuario)	Deba	549240	4758763	770	732	AEMET
1048	Urkulu (pluviometro-Embalse)	Deba	543116	4763720	335	898	AEMET
1049	Bergara (Albitxu)	Deba	546679	4775558	205	930	AEMET
1049O	Elgueta-Aixola	Deba	540060	4779218	262	850	AEMET
1049U	Ermua	Deba	539975	4782210	240	869	AEMET
1050	Eibar-Banco de Pruebas	Deba	543048	4781612	121	859	AEMET
MEND	Mendaro	Deba	550698	4788527	44	982	DFG
G023	Arrasate	Deba	541442	4768876	318	898	SVM/GV
G078	Altzola	Deba	548980	4787513	17	877	SVM/GV
G0D1	Oñati	Deba	545877	4767884	195	904	SVM/GV
G0D2	San-Prudentzio	Deba	545076	4770206	175	915	SVM/GV
1044D	Aramayona (Echagüen)	Deba	533429	4768200	619	827	AEMET
1050J	Elgoibar (Iberdrola)	Deba	547745	4784390	120	826	AEMET
1053	Echevarría	Artibai	542459	4789228	100	891	AEMET
G0BE	Berriatua	Artibai	542610	4794956	25	842	SVM/GV
1056M	Arteaga	Oka	529462	4801500	160	890	AEMET
OK01	Muxika (Oka)	Oka	525330	4793031	20	866	DFB
G063	Muxika (Oka)	Oka	525328	4793031	16	923	SVM/GV
G069	Bermeo	Oka	521784	4806788	106	798	SVM/GV
G057	Mungia (Depuradora)	Butroe	512568	4801183	22	909	SVM/GV
1059	Punta Galea (Golf)	Ibaizabal	498535	4802584	90	764	AEMET
1060	Amurrio (Instituto)	Ibaizabal	499525	4766576	219	951	AEMET
1064P	Orozco	Ibaizabal	508092	4772164	181	964	AEMET
1065O	Llodio (Depuradora)	Ibaizabal	504359	4776634	205	883	AEMET
1070	Abadiano (Mendiola)	Ibaizabal	531467	4776705	160	1016	AEMET
1071	Durango-Vivero	Ibaizabal	528749	4778390	280	882	AEMET
1075E	Aranzazu	Ibaizabal	517121	4777426	98	1063	AEMET
1077H	Bilbao-Labein	Ibaizabal	502795	4790361	25	772	AEMET
1078E	Valmaseda	Ibaizabal	484608	4783436	320	983	AEMET
1081U	Derio-Sima	Ibaizabal	510815	4794317	67	892	AEMET
1082	Sondika (Aeropuerto)	Ibaizabal	506060	4794528	34	924	AEMET
IB01	Elorrio	Ibaizabal	536014	4775405	172	(*)	DFB
IB03	Amorebieta	Ibaizabal	521787	4785101	65	910	DFB
IB32	Urkizu (Arratia)	Ibaizabal	518620	4781370	69	984	DFB
KD01	Balmaseda (Kadagua)	Ibaizabal	482305	4780500	174	975	DFB
KD02	Aranguren (Kadagua)	Ibaizabal	489740	4784555	87	998	SVM/DFB
KD12	Sodupe	Ibaizabal	496493	4783287	56	(*)	DFB
NB01	Saratxo (Nerbioi)	Ibaizabal	499825	4764620	224	912	DFB
NB02	Gardea	Ibaizabal	501650	4774800	150	910	DFB
NB04	Zarátamo (Nerbioi)	Ibaizabal	509960	4785255	55	956	DFB

Tab. 7. Estaciones con disponibilidad de datos de ETP en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Código estación	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	ETP promedio anual (mm)	Fuente
NB05	Abusu (Nerbioi)	Ibaizabal	507125	4788280	16	879	DFB
NB11	Orozko (Altube)	Ibaizabal	506987	4770419	190	905	DFB
1077P	Villasana de Mena (EFP)	Ibaizabal	476896	4771890	312	1029	AEMET
1078	Pantano de Ordunte	Ibaizabal	475606	4777602	400	(*)	AEMET
GOC1	Aranguren	Ibaizabal	489716	4784562	92	950	SVM/GV
Artigas	Artigas	Ibaizabal	502141	4787928	81	850	INM
C045	La Garbea (Repetidor)	Ibaizabal	484275	4784986	717	737	Euskalmet
C059	Ordunte (embalse)	Ibaizabal	477000	4778900	300	849	Euskalmet
C067	Gardea	Ibaizabal	501650	4774800	150	936	Euskalmet
COC1	Aranguren	Ibaizabal	489716	4784562	92	950	Euskalmet
COC2	Balmaseda	Ibaizabal	482308	4780505	174	951	Euskalmet
COC4	Sodupe-Herrerías	Ibaizabal	496484	4783310	56	930	Euskalmet
G061	Arboleda	Ibaizabal	494632	4793763	329	704	SVM/GV
G080	Derio	Ibaizabal	512000	4793400	30	881	
G042	Punta Galea (Faro)	Ibaizabal	497270	4802310	61	669	SVM/GV
C003	Derio	Ibaizabal	512000	4793400	30	881	Euskalmet
C027	Llodio	Ibaizabal	504100	4776607	207	906	Euskalmet
C033	Igorre	Ibaizabal	517659	4779523	150	916	Euskalmet
C035	Altube	Ibaizabal	510880	4757063	618	892	Euskalmet
C036	Iurreta	Ibaizabal	530732	4780526	175	893	Euskalmet
C039	Deusto	Ibaizabal	502705	4792288	3	779	Euskalmet
C046	Oiz	Ibaizabal	532960	4786472	980	596	Euskalmet
C072	Orduña	Ibaizabal	497059	4759005	934	659	Euskalmet
C074	Elorrio	Ibaizabal	536014	4775405	172	939	Euskalmet
C079	Amorebieta	Ibaizabal	521787	4785101	74	895	Euskalmet
COB1	Abusu	Ibaizabal	507125	4788280	16	846	Euskalmet
COB2	Zarátamo	Ibaizabal	509960	4785255	55	815	Euskalmet
COB3	Urkizu	Ibaizabal	518620	4781370	69	954	Euskalmet
COB4	Orozko	Ibaizabal	506987	4770419	190	936	Euskalmet
COB7	Mañaria	Ibaizabal	528850	4776818	168	921	Euskalmet
G035	Altube (peaje)	Ibaizabal	510880	4757063	618	892	SVM/GV
1083	Arcentales	Barbadun	482019	4785540	220	699	AEMET
1093	Carranza	Karrantza	470784	4785580	220	879	AEMET
KRP1	Cerroja	Karrantza	466980	4784253	675	(*)	DFB
1089	Arredondo	Karrantza	451648	4791458	140	851	AEMET
1092A	Ramales de la Victoria (GC)	Karrantza	462207	4789077	84	973	AEMET
1095C	Udalla	Karrantza	463125	4796167	80	845	AEMET
9062V	Villanueva de Valdegobía	Omecillo	491624	4744062	590	1120	AEMET
G034	Espejo	Omecillo	496749	4739452	504	976	SVM/GV
9072G	Izarra (DFA)	Baia	507907	4755815	634	836	AEMET
C025	Beluntza	Baia	508785	4756755	687	762	Euskalmet
G049	Subijana (Peaje)	Baia	508819	4740785	537	1013	SVM/GV
9074A	Salvatierra Col Claret	Zadorra	549590	4744822	590	898	AEMET
9076	Ullívarri Gamboa (Presa)	Zadorra	531871	4753170	570	903	AEMET
9077C	Ollerías	Zadorra	526881	4759503	550	944	AEMET
9080	Urrunaga (Presa)	Zadorra	528502	4756302	540	912	AEMET

Tab. 7. Estaciones con disponibilidad de datos de ETP en la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

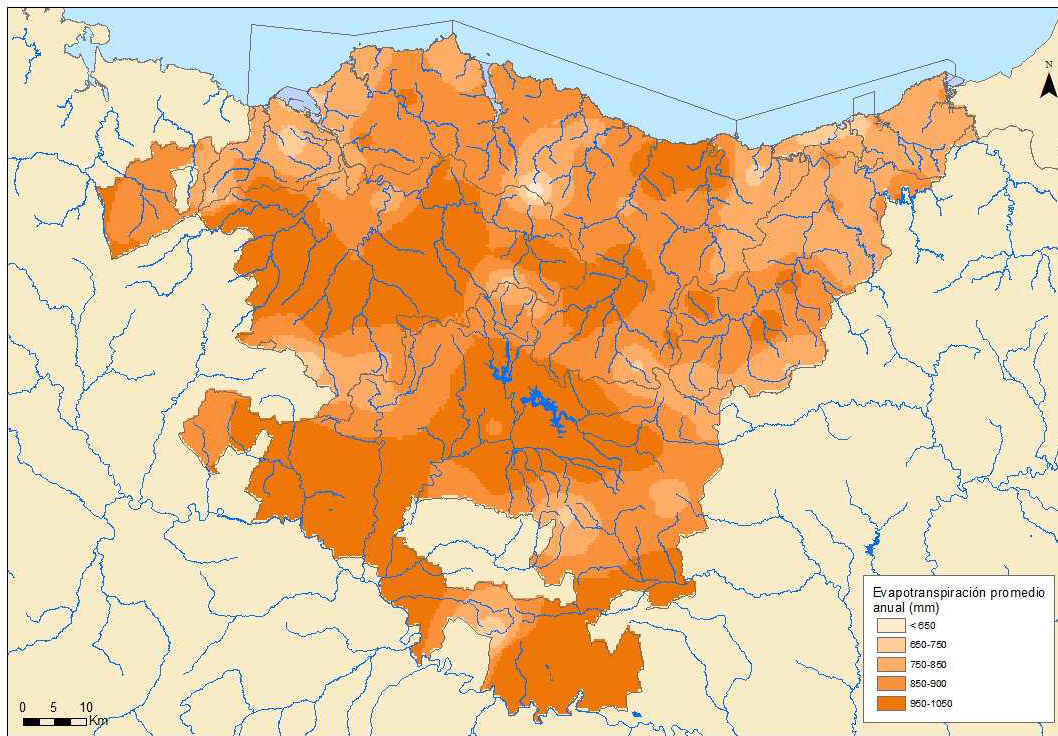
Código estación	Nombre	Unidad Hidrológica	UTM X	UTM Y	Z	ETP promedio anual (mm)	Fuente
9082T	Gauna (La Ilarra)	Zadorra	540866	4742513	599	921	AEMET
9084U	Escalmendi	Zadorra	529287	4747606	515	949	AEMET
9085C	Araca (Amvisa)	Zadorra	526720	4748613	563	865	AEMET
9086	Arcaute	Zadorra	530662	4744557	515	925	AEMET
9091O	Vitoria (Aeropuerto de Foronda)	Zadorra	522639	4748043	508	931	AEMET
9092Z	Zumelzu	Zadorra	519896	4739614	620	856	AEMET
C022	Urkiola	Zadorra	528860	4772196	709	716	Euskalmet
G050	Zambrana (Peaje)	Zadorra	509366	4724739	470	1037	SVM/GV
G047	Kapildui (Repetidor)	Zadorra	537916	4735162	1173	728	SVM/GV
G022	Urkiola (Puerto)	Zadorra	528860	4772196	709	716	SVM/GV
G030	Salvatierra (depuradora)	Zadorra	549518	4745236	589	954	SVM/GV
G054	Otxandio (Urkiola)	Zadorra	528001	4765557	556	892	SVM/GV
G055	Ozaeta (Barrundia)	Zadorra	541428	4751265	548	960	SVM/GV
G056	Alegría (Canal)	Zadorra	538992	4743676	545	900	SVM/GV
G076	Abetxuko	Zadorra	527154	4747039	510	962	SVM/GV
9178C	Santa Cruz de Campezo (DFA)	Ega	553402	4724429	570	958	AEMET
9174	Sartaguda	Ega	578045	4690913	310	1056	AEMET
9180	Estella	Ega	579219	4724337	426	(*)	AEMET
9182	Yerri Urbasa	Ega	567589	4744852	890	(*)	AEMET
9275B	Goñi	Ega	589628	4745073	865	786	AEMET
9276E	Mendigorría	Ega	596214	4720387	385	968	AEMET
9178H	Galbarra	Ega	561396	4729092	579	917	AEMET
G024	Iturrieta (Granja)	Ega	553614	4738189	987	808	SVM/GV
G041	Navarrete	Ega	539174	4720716	689	935	SVM/GV
C021	Roitegui	Ega	551557	4736976	980	852	Euskalmet
9176U	Genevilla	Ega	549827	4721410	630	(*)	AEMET
Aguilar de	Aguilar de Codes	Ega	549703	4718181	736	(*)	AEMET
9103	Peñacerrada	Inglares	523455	4721394	744	(*)	AEMET
G048	Herrera (Puerto)	Inglares	526685	4716204	1188	664	SVM/GV
9269	Alsasua	Arakil	566846	4748886	525	863	AEMET
Etxarri-	Etxarri-Aranatz	Arakil	576866	4751351	505	(*)	AEMET
9060D	Lalastra (P.N. Valderejo)	Ebro	481237	4747384	911	857	AEMET
9145F	Leza (DFA)	Ebro	529845	4712905	575	989	AEMET
9146I	Laguardia	Ebro	534253	4711475	620	974	AEMET
9148D	Oyon (Bodegas)	Ebro	546226	4704666	410	1067	AEMET
9279	Alloz "Embalse"	Ebro	586298	4728123	475	902	AEMET
9293	Alfaro Escuelas	Ebro	603231	4670847	300	973	AEMET
9293A	Alfaro Azucarera	Ebro	603087	4671276	300	(*)	AEMET

Fig. 6. Localización de las estaciones con datos disponibles de evapotranspiración potencial (ETP) en la CAPV

En la base de datos adjunta al documento se encuentran disponibles los datos diarios de evapotranspiración para cada una de las estaciones.

A continuación se muestra una figura de la evapotranspiración promedio anual y una tabla que recoge una comparativa de este mismo dato por unidad hidrológica en el estudio actual y en el estudio de recursos realizado en el año 2003.

Fig. 7. Evapotranspiración promedio anual(mm)



Tab. 8. Evapotranspiración promedio anual por unidad hidrológica. Periodo 1980-2010

Unidad Hidrológica	Evapotranspiración promedio anual (mm). Estudio actual	Evapotranspiración promedio anual (mm). Estudio de recursos 2003
Bidasoa	756	828
Oiartzun	799	853
Urumea	631	882
Oria	791	837
Urola	857	836
Deba	815	871
Artibai	761	864
Lea	849	858
Oka	807	875
Butroe	799	855
Ibaizabal	813	929
Barbadun	787	801
Agüera	712	756
Karrantza	964	877
Omecillo	794	981
Baia	917	935
Zadorra	902	912
Inglares	842	970
Ega	754	929
Arakil	822	912
Ebro	872	987

Las unidades hidrológicas con datos de evapotranspiración más elevados son Karrantza, Baia y Zadorra, mientras que las que presentan valores menores son Bidasoa, y Ega.

Como en el caso de la precipitación, los valores actuales y los del estudio previo están muy próximos, situándose los actuales entorno al 98% de los de estudios anteriores.

2.3. Análisis foronómico

Los datos de aforo en las masas de agua superficiales se han obtenido de diversos organismos: Confederaciones del Cantábrico y Ebro y Diputaciones Forales fundamentalmente, sintetizados en los siguientes estudios:

- “Ampliación e introducción de series nuevas hasta oct-2005 en el modelo de simulación hidrológica TETIS”, (diciembre 2006).
- “Actualización del modelo SACRAMENTO y análisis hidrológicos en las cuencas con estaciones de aforo del territorio histórico de Gipuzkoa (mayo 2009)”.
- “Asistencia técnica para la implantación de un sistema de ayuda a la decisión ante alertas de inundación en la CAPV. Calibración de modelo hidrológico TETIS para simulación de avenidas (febrero 2011)”.

Para las masas de agua subterráneas, éstos se han obtenido de la página web de la Red Básica de Control de Aguas Subterráneas (<http://www.telur.es/redbas/LAFORO.html>) de la Agencia Vasca del Agua.

Existen otras estaciones de aforo históricas, citadas en el estudio de 2003, que se han descartado debido a la dudosa calidad de su información.

Las Tab. 9, recoge la disponibilidad de los datos de aforo tanto en aguas superficiales como en subterráneas

Tab. 9. Coordenadas, fecha inicial y fecha final de los datos de aforo en las estaciones de la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Disponibilidad de datos de aforo en aguas superficiales								
Código	Nombre	Unidad Hidrológica	Fecha de Inicio	Fecha Final	X	Y	Z	Fuente
1106	Río Bidasoa en Endarlaza	Bidasoa	01-oct-69	31-ago-10	603040	4794358	18	CHC
F1W1	Endara	Bidasoa	16-sep-96	31-dic-10	599653	4791540	273	DFG
1107	Río Oiartzun en Oiartzun	Oiartzun	01-oct-70	31-ago-07	591165	4794552	19	CHC
E1W1	Oiartzun	Oiartzun	17-dic-97	31-dic-10	590556	4795682	11	DFG
SA16	Manantial Orue	Oiartzun	22-feb-08	30-sep-10	596679	4793227	135	URA
1105	Río Urumea en Ereñozu	Urumea	01-oct-69	31-ago-10	585932	4788406	28	CHC
D1W1	Añarbe	Urumea	04-nov-99	31-dic-10	593514	4786717	183	DFG
D2W1	Urumea	Urumea	20-oct-92	31-dic-10	586229	4788231	25	DFG
1080	Río Oria en Andoain	Oria	01-oct-52	30-sep-10	579070	4786632	38	CHC
C1W3	Arriaran	Oria	18-may-	31-dic-10	562209	4769961	295	DFG
C1Z2	Estanda	Oria	01-ago-91	31-dic-10	563701	4766917	200	DFG

Tab. 9. Coordenadas, fecha inicial y fecha final de los datos de aforo en las estaciones de la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Disponibilidad de datos de aforo en aguas superficiales								
Código	Nombre	Unidad Hidrológica	Fecha de Inicio	Fecha Final	X	Y	Z	Fuente
C2Z1	Agauntza	Oria	21-may-	31-dic-10	567139	4763115	185	DFG
C3Z1	Amundarain	Oria	12-jul-01	31-dic-10	569269	4764882	169.65	DFG
C4Z1	Ibiur	Oria	23-jul-09	31-dic-10	571837	4768338	173.5	DFG
C5Z1	Oria medio	Oria	21-feb-94	31-dic-10	572939	4772502	95	DFG
C6Z2	Araxes	Oria	01-ene-11	11-ene-11	577576	4773995	120	DFG
C7Z1	Berastegi	Oria	14-dic-90	31-dic-10	577553	4777108	175	DFG
C8Z1	Leitzarain	Oria	02-may-	31-dic-10	580084	4784631	94	DFG
C9Z1	Lasarte	Oria	01-ene-99	31-dic-10	579537	4789327	17	DFG
SA08	Manantial Urbeltza	Oria	02-jul-84	30-sep-10	580900	4776510	256	URA
SA10	Manantial Salubita	Oria	02-oct-85	30-sep-10	573017	4775063	196	URA
SA11	Troya Rampa Norte	Oria	13-jun-97	30-sep-10	557674	4765261	350	URA
SA12	Manantial Zazpiturrieta	Oria	01-ene-89	30-sep-10	574626	4766126	320	URA
1109	Río Urola en Etxabe	Urola	01-oct-70	31-ago-07	562203	4790787	17	CHC
B1W1	Barrendiola	Urola	23-nov-89	31-dic-10	553011	4761520	550	DFG
B1Z1	Alto Urola	Urola	16-mar-	31-dic-10	555192	4773691	313	DFG
B1Z2	IbaiEder	Urola	13-feb-91	31-dic-10	560566	4780543	98	DFG
B1Z3	IbaiEder (E.A.Matxinbenta)	Urola	01-dic-01	31-dic-10	562337	4773699	225.9	DFG
B2Z1	Bajo Urola	Urola	08-may-	31-dic-10	561606	4789446	25	DFG
1103	Río Deba en Alzola	Deba	01-oct-69	31-may-03	548642	4786470	20	CHC
A1Z1	Alto Deba	Deba	14-jul-95	31-dic-10	545076	4770205	169	DFG
A1Z2	Oñati	Deba	08-ago-89	31-dic-10	545877	4767884	200	DFG
A1Z3	Urkulu	Deba	29-nov-97	31-dic-10	543083	4762461	340	DFG
A2Z1	Aixola	Deba	30-jun-86	31-dic-10	540642	4778125	349	DFG
A3Z1	Bajo Deba	Deba	12-abr-95	31-dic-10	548980	4787513	25	DFG
SA09	Regata Kilimon	Deba	15-ago-85	07-feb-07	550315	4788993	35	URA
1141	Río Artibai en Berriatua	Artibai	01-oct-70	31-mar-07	543394	4795451	19	CHC
AR01	Iruzubieta	Artibai	01-oct-05	30-sep-09	538580	4789618	110	DFB
AR02	Berriatua	Artibai	01-oct-01	30-sep-09	542625	4794896	25	DFB
LE01	Aulestia	Lea	01-oct-95	30-sep-09	535907	4794274	74	DFB
LE02	Oleta	Lea	10-ene-97	30-sep-09	539900	4799184	14	DFB
LE11	Arbina	Lea	01-oct-95	30-sep-09	540832	4798154	20	DFB
OK01	Muxika (Oka)	Oka	19-nov-98	30-sep-09	525325	4793010	20	DFB
SA06	Manantial Olalde	Oka	01-oct-99	30-sep-10	528583	4799659	2.5	URA
BU02	Mungia	Butroe	28-feb-02	30-sep-09	512568	4801183	21	DFB
1158	Río Nervion en Echevarri	Ibaizabal	01-oct-78	31-may-90	508561	4788359	18	CHC

Tab. 9. Coordenadas, fecha inicial y fecha final de los datos de aforo en las estaciones de la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Disponibilidad de datos de aforo en aguas superficiales								
Código	Nombre	Unidad Hidrológica	Fecha de Inicio	Fecha Final	X	Y	Z	Fuente
1163	Rio Ibaizabal en Lemona	Ibaizabal	01-oct-70	30-sep-10	519908	4784351	69	CHC
1164	Río Arratia en Lemona	Ibaizabal	01-oct-70	31-ago-09	518568	4783179	64	CHC
1175	Río Herrerías en Sodupe	Ibaizabal	01-oct-70	31-ago-10	496279	4783157	55	CHC
IB01	Elorrio	Ibaizabal	28-sep-00	30-sep-09	536000	4775388	172	DFB
IB03	Amorebieta	Ibaizabal	07-jul-98	30-sep-09	521800	4785098	65	DFB
IB11	Mañaria	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	528830	4776810	168	DFB
IB21	Oromiño	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	526365	4782396	97	DFB
IB32	Urkizu (Arratia)	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	518620	4781370	69	DFB
KD01	Balmaseda	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	482310	4780490	174	DFB
KD03	Sodupe (Herrerías)	Ibaizabal	22-feb-01	30-sep-09	496099	4783514	56	DFB
KD12	Sodupe	Ibaizabal	12-abr-00	30-sep-09	496487	4783298	56	DFB
NB01	Saratxo (Nerbioi)	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	499783	4764591	224	DFB
NB02	Gardea	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	501695	4774945	150	DFB
NB04	Zarátamo (Nerbioi)	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	509916	4785232	55	DFB
NB05	Abusu (Nerbioi)	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	507125	4788280	16	DFB
NB11	Orozko (Altube)	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	506973	4770422	190	DFB
NB12	Gaiartu	Ibaizabal	01-oct-95	30-sep-09	512124	4772092	249	DFB
SA07	Arroyo Arria-Patala	Ibaizabal	01-ene-96	30-sep-10	532259	4782560	248	URA
SA15	Manantial	Ibaizabal	10-may-	30-sep-10	520175	4779383	225	URA
SA17	Manantial Arditurri	Ibaizabal	18-mar-	30-sep-10	514513	4770078	785	URA
BA01	Arenao	Barbadun	01-jun-05	30-sep-09	488788	4792201	52	DFB
1186	Río Aguera en Guriezo	Aguera	01-oct-70	31-ago-10	473297	4800239	17	CHC
AG01	Pando	Aguera	09-jun-05	30-sep-09	479138	4791671	141	DFB
SA13	Regata ELGEA	Aguera	16-may-	30-sep-10	479700	4791350	175	URA
SA14	Manantial Iturriotz	Karrantza	28-feb-07	30-sep-10	469502	4788594	125	URA
9188	Rio Omecillo en Berguenda	Omecillo	22-oct-80	09-jun-10	496451	4736999	483	CHE
SA20	Manantial	Omecillo	01-mar-	30-sep-10	494844	4748956	570	URA
SA21	Estación Osma-1	Omecillo	01-mar-	30-sep-10	494987	4750142	580	URA
SA22	Estación Osma-2	Omecillo	01-dic-88	30-sep-10	522695	4721957	715	URA
9165	Rio Bayas en Miranda de Ebro	Baia	01-oct-76	09-jun-10	506002	4726492	460	CHE
9074	Rio Zadorra en Arce	Zadorra	01-oct-50	09-jun-10	508565	4725201	455	CHE
9075	Rio Ayuda en Berantevilla	Zadorra	01-oct-50	09-jun-10	509604	4725577	453	CHE

Tab. 9. Coordenadas, fecha inicial y fecha final de los datos de aforo en las estaciones de la CAPV. (Sistema de coordenadas ETRS89)

Disponibilidad de datos de aforo en aguas superficiales								
Código	Nombre	Unidad Hidrológica	Fecha de Inicio	Fecha Final	X	Y	Z	Fuente
9107	Rio Zadorra en Ullivarri	Zadorra	01-oct-50	30-sep-55	531467	4752863	514	CHE
9108	Rio Santa Engracia en Urrunaga	Zadorra	01-oct-50	30-sep-55	528150	4755595	610	CHE
9204	Rio Alegría en Matauco	Zadorra	01-oct-70	30-sep-80	535246	4745795	530	CHE
9221	Rio Subialde o Zaya en Larrinoa	Zadorra	01-oct-78	30-sep-09	521968	4757764	585	CHE
9222	Rio Subiarri en Gopegui	Zadorra	01-oct-78	30-jun-93	521091	4757120	572	CHE
9223	Rio Subiarri en Ondategui	Zadorra	01-oct-78	06-jul-93	520936	4755283	550	CHE
9422	Trasvase Ullibarri-Urrunaga	Zadorra	01-oct-65	30-sep-09	530489	4754815		CHE
9423	Canal Urrunaga-Ullibarri	Zadorra	01-oct-65	30-sep-95	529806	4755570		CHE
SA04	Manantial	Zadorra	01-jun-85	30-sep-10	515658	4740507	478	URA
SA14	Manantial Iturriotz	Zadorra	24-sep-98	30-sep-10	539306	4754922	637	URA
9006	Rio Ega I en Marañón	Ega	01-oct-50	09-jun-10	545265	4719840	630	CHE
SA02	Manantial El Soto	Ega	01-sep-90	30-sep-10	539663	4719534	700	URA
SA05	Manantial Zarpia	Ega	01-ene-93	30-sep-10	557576	4737380	880	URA
SA01	Manantial Peñacerrada	Inglares	01-dic-88	30-sep-10	522695	4721957	715	URA
9001	Rio Ebro en Miranda de Ebro	Ebro	01-oct-50	17-may-10	503750	4726339	459	CHE
9038	Río Najerilla en Torremontalvo	Ebro	01-oct-50	09-jun-10	526047	4705367	420	CHE
9050	Rio Tirón en Cuzcurrita	Ebro	01-oct-50	09-jun-10	502079	4709513	526	CHE
9149	Rio Ebro el El	Ebro	01-oct-54	30-sep-98	539703	4703909	390	CHE
9189	Rio Oroncillo o Grillera en Oron	Ebro	01-oct-76	09-jun-10	501793	4724450	480	CHE

La siguiente figura muestra la distribución espacial de las estaciones de aforo en las masas de agua superficiales y subterráneas.

Fig. 8. Localización de las estaciones de aforo en la CAPV



2.3.1. Restitución al régimen natural

De las 97 estaciones de aforo disponibles, se han utilizado para la calibración del modelo 51 de ellas. A continuación se enumera por unidad hidrológica cada una de las estaciones utilizadas para llevar a cabo la calibración y la metodología que se ha utilizado en cada caso para realizar su restitución:

Bidasoa: Se ha utilizado la estación F1W1 (Endara) que debe ser restituida. A los caudales medidos en la estación de aforo se le han sumado los caudales medios del canal de Domiko.

Oiartzun: En este caso, la estación utilizada ha sido la E1W1 (Oiartzun) que debe ser restituida. A los datos medidos en la estación de aforos se le han sumado los datos del canal.

Urumea: La estación D2Z1 (Ereñozu) ha sido la utilizada para llevar a cabo la calibración. A los datos medidos en la estación se le han sumado los del canal y a estos se les ha aplicado un factor corrector para que sea restituido el efecto del embalse del Añarbe. Este factor corrector se obtuvo de los datos registrados en el embalse aportados por la Mancomunidad de Aguas del Añarbe y han sido aplicados a partir de octubre de 2000.

Oria: Para realizar la calibración de esta unidad hidrológica se han utilizado 10 estaciones de aforo, que son las siguientes: C2Z1 Agauntza, C5Z1 Alegia, C3Z1 Amundarain, C1W3 Arriaran, C7Z1 Berastegi, C1Z2 Estanda, C4Z1 Ibiur, C9Z1 Lasarte, C8Z1 Leitzarain y SC17 Salubita. De todas ellas ha sido necesario restituir al régimen natural la estación C1Z2 Estanda sumándole por indicaciones de DFG 75 l/s entre Enero-Abril, 50 l/s entre Mayo-Junio, 25 l/s entre Agosto-Septiembre y 50 l/s entre Noviembre-Diciembre.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la estación C2Z1 Agauntza se sitúa aguas abajo de la presa de Lareo. Hay que indicar que la influencia del embalse es muy baja, debido a sus escasas dimensiones;

pero es posible que el estiaje en la estación sea algo más acusado realmente que el medido, debido al caudal ecológico mantenido por el embalse

Urola: De las 5 estaciones utilizadas para realizar la calibración (B1Z1 Aitzu, B2Z1 Aizarnazabal, B1W1 Barrendiola, B1Z2 Ibaieder y B1Z3 Matxinbenta), únicamente ha sido la estación B1Z2 Ibai-Eder la que ha tenido que ser restituida al régimen natural. A los caudales medidos en la estación de aforo se les ha sumado los datos de la aportación del embalse de Ibai-Eder proporcionados por el Consorcio de Aguas de Gipuzkoa.

Deba: En esta unidad hidrológica, se han utilizado 5 estaciones de aforo para realizar la calibración; A2Z1 Aixola, A3Z1 Altzola, A1Z2 Oñati, A1Z1 San Prudentzio y A1Z3 Urkulu. De todas ellas, la que ha tenido que ser restituida al régimen natural ha sido A1Z1 San Prudentzio. A las medidas de la estación de aforos se le ha sumado el agua que se trasvasa desde la cuenca del río Bolibar al embalse de Urkulu.

Por otro lado, para llevar a cabo la calibración en las unidades Artibai, Lea, Oka y Butroe se han utilizado las estaciones AR01 Iruzubieta, LeO2 Oleta, OK01 Muxika y G057 Munguia respectivamente y ninguna de estas estaciones ha necesitado ser restituidas al régimen natural.

Ibaizabal: Quince han sido las estaciones de aforo que se han utilizado en la unidad hidrológica Ibaizabal para efectuar la calibración. NB05 Abusu, IB03 Amorebieta, AS01 Sangroniz, IB01 Elorrio, NB12 Gaiartu, NB02 Gardea, IB11 Mañaria, IB21 Orobios, NB11 Orozko, NB01 Saratxo, IB32 Urkizu, NB04 Zaratamo, Go02 Larrañazubi, KD01 Balmaseda y KD12 Herrerías. De todas ellas siete han tenido que ser restituidas al régimen natural.

La estación IB11 Mañaria ha sido restituida añadiendo a los datos de aforo los caudales diarios extraídos de los sondeos de Mañaria. Por otro lado, en la estación IB21 Orobios, a los datos medidos en la estación de aforo se le han sumado los caudales extraídos para abastecimiento de Durango (~15 l/s a lo largo de todo el año) y Amorebieta (30 l/s los meses de julio, agosto, septiembre y octubre).

Paralelamente, en las estaciones NB05 Abusu y IB32 Urkizu se han llevado a cabo las restituciones teniendo en cuenta el régimen de explotación del transvase desde los embalses del Zadorra. Se ha extraído de la serie aforada el caudal suministrado al río desde los embalses del Zadorra.

En la cuenca del Kadagua, se realizó la restitución de la estación KD01 Balmaseda. La serie de caudales medida en la estación de aforo debe ser corregida por el efecto regulador del embalse de Ordunte y por el transvase del canal del río Cerneja

Finalmente, en la cuenca del Nerbioi, las estaciones de aforo NB02 Gardea y NB04 Zarátamo han de ser restituidas al régimen natural corrigiendo los datos de aforo con los datos de explotación del embalse de Maroño.

Las unidades hidrológicas Karrantza y Aguera han sido calibradas con las estaciones AG01 Pando y KR02 Karrantza respectivamente y ninguna de las dos estaciones ha tenido que ser restituida al régimen natural.

Omecillo: En este caso, ha sido la estación A188 Berguenda la que se ha utilizado para realizar la calibración en la unidad hidrológica. Es una estación que ha tenido que ser restituida al régimen natural; se ha añadido a los datos de aforo el agua extraída para riego. A continuación se muestran las superficies y dotaciones de agua y su distribución mensual.

Superficie regable (Ha)	Dotación (m ³ /ha.año)	Volumen aplicado (Hm ³ /año)
80	3500	0.2184

Porcentaje de distribución mensual

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Baia: La estación CHE 165 Miranda ha sido la utilizada para realizar la calibración en esta unidad hidrológica. Ha sido restituida al régimen natural agregándole al aforo el volumen de agua detraída para regar las zonas de cultivo situadas aguas arriba de Miranda. En las siguientes tablas se describen la superficie de riego y la dotación de agua de la superficie, así como la distribución mensual del riego.

Superficie regable (Ha)	Dotación (m ³ /ha.año)	Volumen aplicado (Hm ³ /año)
328	3500	1.148

Porcentaje de distribución mensual

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1.4	0	0	0	0	1.7	7.3	19.7	21.8	19.7	22.5	5.9

Zadorra: En esta unidad hidrológica se han utilizado dos estaciones de aforo, la CHE074 Arce y la CHE075 Ayuda. Ambas han tenido que ser restituidas al régimen natural. En el caso de CHE075 Ayuda a los caudales medidos en la propia estación de aforos se le ha sumado el agua que se detrae para riego, en dos tramos diferenciados.

Tramo	Superficie regable	Dotación (m ³ /ha.año)	Volumen aplicado
Aguas arriba de Pariza	100	250	0.252
Entre Pariza y Berantevilla	2665	2520	6.716

Porcentaje de distribución mensual

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1	0	0	0	0	2	7	20	22	20	22	6

Por otro lado, para restituir al régimen natural la estación de CHE074 Arce se han de tener en cuenta los datos de explotación de los embalses de Urrunaga y Ullibarri, cuyas aguas son trasvadas a otra cuenca para el abastecimiento del Gran Bilbao, así como el volumen de riego aplicado aguas arriba de la estación de Arce y la distribución mensual de esta. A la serie de datos aforados se le ha añadido la diferencia de caudal entre la entrada y salida a los embalses de Urrunaga y Ullibarri, los riegos de Matauko, Berantevilla y Zadorra, un 20% de caudal circulante de la toma Gorbea, y un 80% de la toma AMVISA.

En la unidad hidrológica Inglares, ha sido la estación SA01 Peñacerrada la utilizada para llevar a cabo la calibración. Esta estación no ha sido necesario restituirla.

En la unidad hidrológica Ega ha sido la estación AN311 Arquijs la utilizada para realizar la calibración. En este caso, también se ha restituido al régimen natural incrementando el aforo con el volumen de agua para regar. Las superficies dotaciones de riego así como los porcentajes de distribución mensual se muestran a continuación:

Superficie regable (Ha)	Dotación (m ³ /ha.año)	Volumen aplicado (Hm ³ /año)
1925	6938	13.356

Porcentaje de distribución mensual

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1	0	0	0	0	0	12	9	20	29	21	8

Arakil: La estación AN433 Etxarren ha sido la utilizada para realizar la calibración en esta unidad hidrológica. Ha sido restituida agregando al aforo el agua detraída para riego. A continuación se muestran como en unidades anteriores, unas las tablas que describen la superficie de riego y la dotación de agua de la superficie, así como la distribución mensual del riego.

Superficie regable (Ha)	Dotación (m ³ /ha.año)	Volumen aplicado (Hm ³ /año)
76.4	3800	0.290

Porcentaje de distribución mensual

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
3.5	0	0	0	0	0	0	0	24.70	25.60	30	16.2

A continuación se muestra una tabla con las aportaciones medias y las aportaciones restituidas de cada una de las estaciones utilizadas en la calibración.

Tab. 10. Aportaciones medias en las estaciones de aforo

Unidad Hidrológica	Estación	Superficie GIS (km ²)	Aportación medida (hm ³ /año)	Aportación natural (hm ³ /año)
Bidasoa	F1W1 Endara	6.28	9.8	10.1
Oiartzun	E1W1 Oiartzun	56.60	66.1	66.3
Urumea	D2Z1 Ereñozu	216.17	255.1	299.7
Oria	C2Z1 Agauntza	70.67	45.5	45.5
Oria	C5Z1 Alegia	330.18	206.8	206.8
Oria	C3Z1 Amundarain	28.82	27.0	27.0
Oria	C1W3 Arriaran	2.77	1.7	1.7
Oria	C7Z1 Berastegi	28.58	36.5	36.5
Oria	C1Z2 Estanda	54.89	33.4	35.0
Oria	C4Z1 Ibiur	5.96	2.9	2.9
Oria	C9Z1 Lasarte	791.93	638.2	638.2

Tab. 10. Aportaciones medias en las estaciones de aforo

Unidad Hidrológica	Estación	Superficie GIS (km ²)	Aportación medida (hm ³ /año)	Aportación natural (hm ³ /año)
Oria	C8Z1 Leitzaran	114.02	130.8	130.8
Oria	SC17 Salubita	13.09	25.7	25.7
Urola	B1Z1 Aitzu	56.49	38.4	38.4
Urola	B2Z1 Aizarnazabal	273.14	210.5	210.5
Urola	B1W1 Barrendiola	3.80	2.9	2.9
Urola	B1Z2 Ibai Eder	65.32	42.0	50.9
Urola	B1Z3 Matxinbenta	13.69	7.55	7.55
Deba	A2Z1 Aixola	4.68	3.0	3.0
Deba	A3Z1 Altzola	460.92	309.9	309.9
Deba	A1Z2 Oñati	99.35	92.4	92.4
Deba	A1Z1 San Prudentzio	122.96	69.2	71.6
Deba	A1Z3 Urkulu	10.07	5.7	5.7
Artibai	AR01 Iruzubieta	24.15	14.0	14.0
Lea	LE02 Oleta	69.40	48.3	48.3
Oka	OK01 Muxika	31.31	19.1	19.1
Butroe	G057 Munguia	106.35	81.48	81.48
Ibaizabal	NB05 Abusu	1001.53	650.0	579.9
Ibaizabal	IB03 Amorebieta	233.46	183.8	183.8
Ibaizabal	AS01 Sangroniz	52.30	33.8	33.8
Ibaizabal	IB01 Elorrio	29.40	18.9	18.9
Ibaizabal	NB12 Gaiartu	10.28	8.0	8.0
Ibaizabal	NB02 Gardea	188.69	66.0	68.7
Ibaizabal	IB11 Mañaria	18.71	35.1	35.1
Ibaizabal	IB21 Orobios	20.50	14.0	14.0
Ibaizabal	NB11 Orozko	117.93	66.8	66.8
Ibaizabal	NB01 Saratxo	87.69	31.8	31.8
Ibaizabal	IB32 Urkizu	128.44	148.9	81.4
Ibaizabal	NB04 Zarátamo	509.45	276.0	276.0
Ibaizabal	GO02 Larrañazubi	10.14	6.50	6.50
Ibaizabal	KD01 Balmaseda	195.64	141.3	154.9
Ibaizabal	KD12 Herrerías	254.50	74.1	71.4
Agüera	AG01 Pando	49.29	57.19	57.19
Karrantza	KR02 Karrantza	112.63	70.3	70.3
Omecillo	A188 Berguenda	349.77	84.4	84.8
Baia	CHE165Baia	322.61	188.3	189.4
Zadorra	CHE074 Arce	1356.18	366.1	643.1
Zadorra	CHE75 Ayuda	307.76	108.0	114.9
Inglares	SA01 Peñacerrada	48.3	8.0	8.0
Ega	AN311 Arquijas	406.24	70.2	77.9
Arakil	AN433 Etxarren	407.00	297.0	297.6

En las base de datos adjunta aparecen los datos de caudal natural diario de las estaciones de aforo que se han utilizado durante el periodo de calibración y validación.

2.4. Mapas de parámetros

Para la puesta en marcha del modelo de simulación, además de los datos iniciales de precipitación, evapotranspiración y aforo restituído al régimen natural, es necesaria la caracterización geomorfológica de la cuenca de estudio. Se trata básicamente de los parámetros del suelo, de la cubierta vegetal y de la traslación fluvial geomorfológica.

De la “Ampliación e introducción de series nuevas hasta oct-2005 en el modelo de simulación hidrológica TETIS” y de la “Asistencia técnica para la implantación de un sistema de ayuda a la decisión ante alertas de inundación en la CAPV. Calibración del modelo hidrológico TETIS para simulación se avenidas”, se han recopilado los mapas de la distribución espacial de los parámetros H_u (capacidad máxima de almacenamiento estático en la capa superior del suelo), K_s (capacidad de infiltración del suelo) y K_p (capacidad de percolación del estrato rocoso) así como el mapa de cobertura vegetal.

Para la elaboración de estos mapas, se realizó una estimación distribuida de las condiciones hidráulicas del suelo en función de una serie de informaciones puntuales (datos de los perfiles edáficos), extrapolados espacialmente en función de otras variables ambientales. Se trataba de establecer una relación funcional simple, tipo regresión, entre:

- a) Las variables principales, directamente relacionadas con el comportamiento hidrológico del terreno (conductividad hidráulica del suelo y del sustrato, y capacidad de almacenamiento hídrico del suelo), y las
- b) Variables ambientales, que son todas aquellas variables que explican alguna parte de la variabilidad espacial de alguna de las variables principales

La regresión lineal empleada tiene la formulación clásica:

$$c) \quad y_i = \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij}$$

donde:

y_i : variable principal

i = celda de evaluación

x_{ij} : variable independiente de tipo ambiental j

β_j : coeficientes de la regresión

La estimación de los coeficientes de regresión se realizó mediante un ajuste por mínimos cuadrados ponderados. La ponderación corresponde al área de cada unidad de muestreo. Por tanto, la función objetivo a minimizar fue:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j x_{ij} \right)$$

donde:

y_i : variable principal

x_{ij} : valor de la variable ambiental j en la unidad de muestreo i.

ω_i : peso calculado como el área de cada unidad de muestreo.

β_i : coeficientes de regresión a estimar

Finalmente, el último paso fue la estimación de los valores de las variables principales en cada celda mediante la aplicación de los factores obtenidos en la regresión, pero forzando a que el valor medio en cada unidad cartográfica sea el valor modal de la variable principal. Es decir, para cada variable principal y unidad cartográfica, su valor estimado en celda viene dado por la siguiente expresión:

$$y_i^* = y_i + [E(y_i) - y^c]$$

donde:

y_i^* : valor de la variable principal estimado en cada celda de cada unidad cartográfica.

y_i : valor de la variable principal estimado mediante el modelo de variabilidad sin corrección, para cada celda de cada unidad cartográfica.

$E(y_i)$: valor medio para cada unidad cartográfica de la variable principal estimada mediante el modelo de variabilidad sin corrección.

y^c : valor modal original de la variable principal, asignado a cada unidad cartográfica.

El tamaño de celda utilizado para todos los cálculos fue el seleccionado para del modelo de simulación : 500 por 500 metros.

Un detalle a señalar era la variabilidad en las fuentes de información existentes en el ámbito del estudio, lo que condujo a que, en algunos casos, se mezclaran criterios de clasificación, taxonomías y escalas distintas incluso para el mismo concepto. Sí es de señalar la homogeneidad de criterios entre Gipuzkoa y Bizkaia, lo que permitió considerarlas como una única fuente de información en lo que a las variables ambientales se refiere.

2.4.1. Variables ambientales

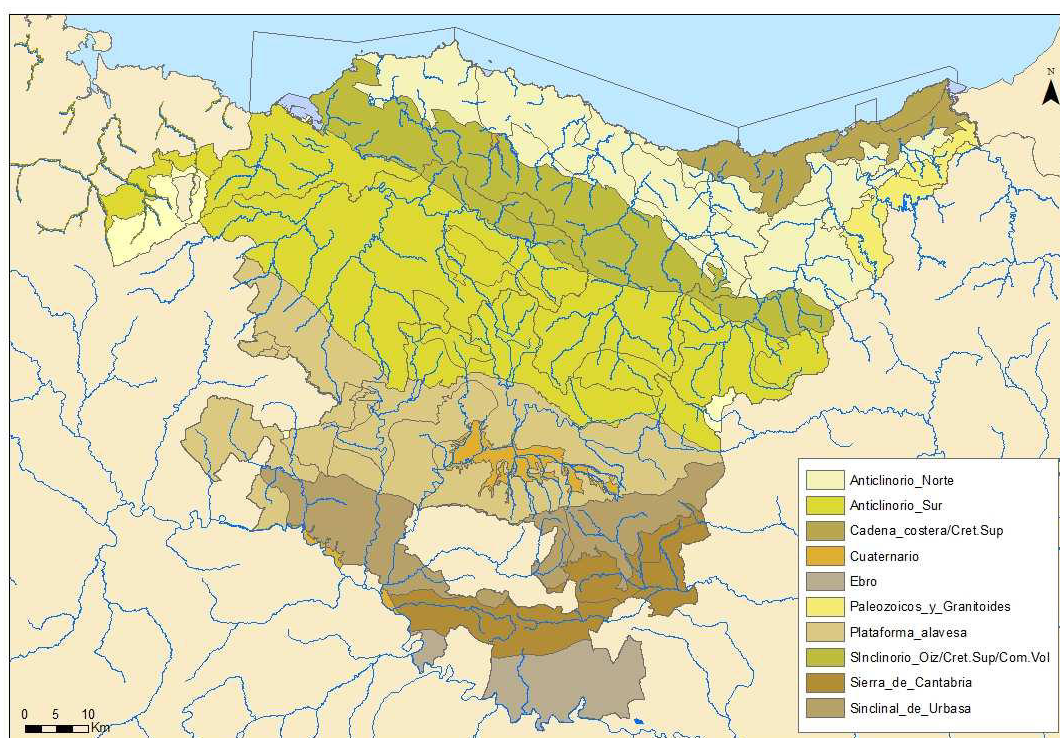
2.4.1.1. Dominios hidrogeológicos

Se realizó una extensión de los dominios hidrogeológicos originales hacia los territorios de Navarra y Castilla y León, incluidos en el ámbito del estudio. La misma no tenía otro fin que la parametrización de las propiedades hidrológicas del terreno.

Para elaborar la cartografía de los Dominios Hidrogeológicos se partió de dos tipos de información:

- Mapas de litología correspondiente a los territorios de Gipuzkoa, Bizkaia, Álava, Navarra, Santander y Castilla y León, cada uno con su correspondiente leyenda.
- Información hidrogeológica correspondiente a Gipuzkoa, Bizkaia, Álava y Navarra.

Fig. 9. Dominios hidrogeológicos



Los dominios hidrogeológicos identificados fueron los siguientes:

Tab. 11. Dominios hidrogeológicos

Unidad	Dominio
1	Paleozoico y granitoides
2	Anticlinorio Sur
3	Sierra de Cantabria
4	Cuenca del Ebro
5	Cuaternario
6	Sinclinal de Oiz
7	Complejo volcánico
8	Cadena costera
9	Sinclinal de Urbasa-Treviño
10	Plataforma alavesa
11	Anticlinorio Norte
12	Cretácico Superior

2.4.1.2. Litología y litoestratigrafía regional

La litología que compone la mayor parte del ámbito del estudio es de edad cretácica. El comportamiento hidrológico de estos materiales es un elemento fundamental en este trabajo. La primera catalogación del comportamiento hidrológico de los principales tipos litológicos es la incluida en el Mapa de Permeabilidades, en el que se distinguieron cinco categorías de permeabilidad, que se pueden resumir de la siguiente manera:

- Permeabilidades altas y muy altas: asignadas a aquellos términos litológicos normalmente constitutivos de acuíferos.

- Permeabilidades muy bajas: asignadas a los materiales que actúan de sellos a la infiltración, tales como limonitas, argilitas, etc.
- Permeabilidades medias y bajas, asignadas a los materiales constituidos sobre la base de alternancias o de litologías intermedias (areniscas y lutitas, calizas margosas, etc.)

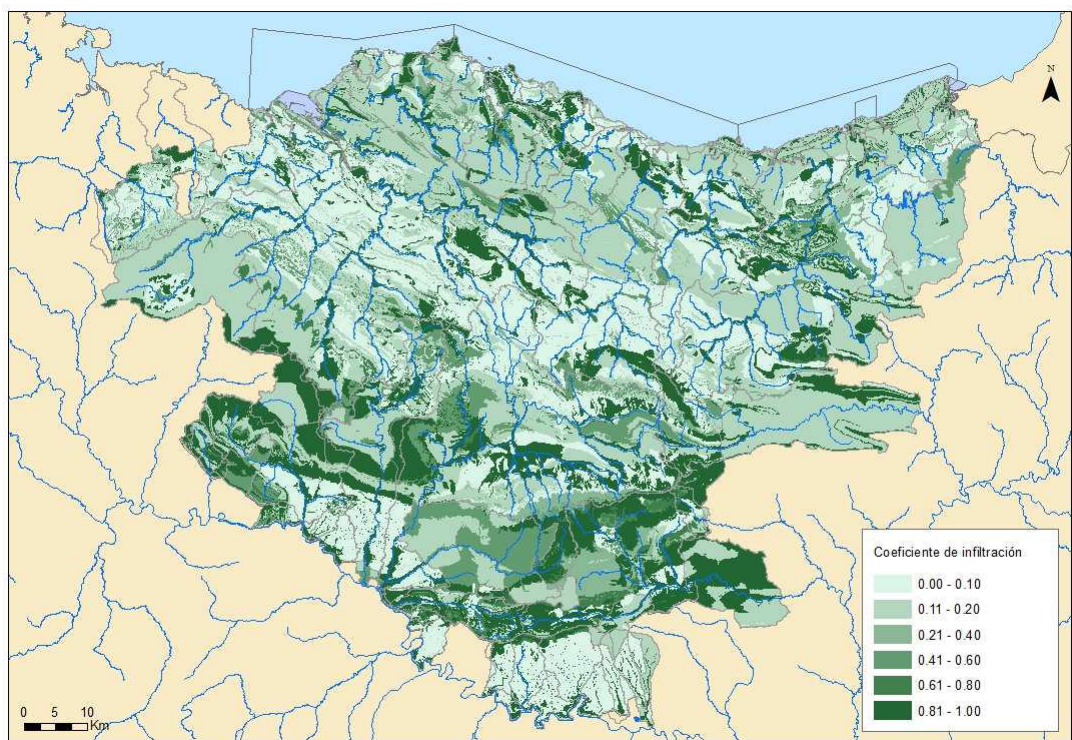
La definición de cada categoría implicó un rango del coeficiente de infiltración de la lluvia útil. La relación entre rangos de permeabilidad y coeficientes de infiltración es la siguiente:

Tab. 12. Tipo de permeabilidad

Permeabilidad	Rangos de infiltración (%)
Muy baja	0 - 5
Baja	5 - 20
Media	20 - 60
Alta	60 - 80
Muy Alta	80 - 100

Esta clasificación, disponible en origen únicamente para el ámbito de la CAPV, fue extendida, reinterpretando la información litológica existente según los criterios expuestos en el mapa de permeabilidades y teniendo en cuenta las similitudes ambientales entre los casos estudiados, al resto del ámbito del estudio. El mapa así obtenido sirvió de base para corregir las estimaciones iniciales de Kp, tal como se describirá más adelante.

Fig. 10. Rangos de infiltración



2.4.1.3. Suelos

El hecho de existir diferentes fuentes de información presentaba el problema de la taxonomía y forma de clasificación. Partiendo de la clasificación de la CAPV fue necesario interpretar y correlacionar los diferentes términos taxonómicos en Castilla y León y Navarra.

La base para una taxonomía de aplicación hidrológica fue aquella que se estructuraba alrededor de las características morfológicas del perfil. De esta forma fue posible definir las cualidades hidrológicas del suelo y asociar a éstas con los parámetros de modelación. La base taxonómica particular de este caso fue la separación de los suelos en función del grado de desarrollo que presentasen sus perfiles, es decir, en función del tipo y cantidad de horizontes edáficos que éstos presentaran. Se definieron así tres categorías principales con las cuales establecer las divisiones principales entre tipos de suelos.

Tab. 13. Categorías básicas de los suelos

Grupo	Denominación	Perfil tipo
1	Suelos sin horizontes edáficos	Sin perfil definido.
2	Suelos con poco desarrollo de suelos	Usualmente con perfiles de tipo A/C o
2	Suelos desarrollados	Usualmente con perfiles del tipo A/B/C

Así, los suelos que no presentaban desarrollo en el perfil o éste era mínimo eran los que más características compartían con los materiales parentales. Desde el punto de vista hidrológico, su característica común y más destacada era la marcada heterogeneidad lateral y vertical de los suelos. Las unidades cartográficas que contenían este tipo de suelo estaban asociadas a geoformas claramente diferenciables en el terreno, tales como depósitos coluviales o aluviales. Los límites externos de estas unidades, eran como las superficies que las subdividían internamente, eran superficies de discordancia de origen sedimentario o erosivo.

Avanzando en la evolución del perfil de suelos, surgió la segunda categoría: los suelos que presentaban diferentes horizontes (al menos dos) pero el grado de diferenciación era bajo. Así surgieron suelos con perfiles AC o A/C, con un primer horizonte más o menos humificado, con cierto desarrollo de la estructura edáfica. Por debajo, se presentaba un horizonte directamente relacionado al material parental. Se trataba de suelos que, normalmente, no presentaban gran profundidad, situándose en relieves y posiciones de paisaje geomorfológicamente activos. En términos hidrológicos, estos suelos participaban fundamentalmente en la transmisión de flujos a lo largo de las laderas.

Finalmente, los suelos con desarrollo de horizontes en secuencia A/B/C indicaban el mayor desarrollo de perfil, respecto a los dos casos anteriores. Particularmente, la presencia del horizonte B, las características de su estructura edáfica, y la concentración de arcillas relativa al horizonte superior, indicaban la presencia o no de un nivel que impedía la penetración profunda del agua y/o la presencia de dos secciones claras en el perfil: una superior con buenas condiciones para la transmisión del agua y otra inferior, con una gran capacidad de almacenamiento hídrico.

Dentro de esta última categoría de suelos, existían tres casos que debían destacarse por su afección en las propiedades hidrológicas del suelo:

- i) La presencia o no de carbonatos de calcio en el perfil.
- ii) Las de condiciones de anegamiento parcial del perfil afectando al menos a los primeros 50 cm. del mismo. Dichas condiciones son conocidas como “condiciones gleycas” o de

“procesos de gleyzación”.

- iii) Finalmente, cabe destacar que, dada la importancia que tienen los procesos kársticos en la región, la presencia o ausencia de suelos del orden de las Rendsinas resultaba de particular importancia a la hora de la estimación del comportamiento hidrológico del terreno.

Usualmente, la presencia de carbonatos implicaba la reducción de su conductividad hidráulica y su capacidad de almacenamiento hídrico, ya sea por su presencia diseminada en la matriz del suelo o por la generación de superficies cementadas o costras calcáreas. En el caso de estas últimas, su presencia y distribución estaba asociada a la estratigrafía reciente del terreno y, consecuentemente, a la evolución del suelo.

La concentración de carbonatos en el interior del perfil era una situación especialmente presente en el sector Sur del área analizada, fundamentalmente en Álava y en una fracción del sector occidental de Bizkaia. Por el contrario, los problemas de gleyzación eran dominantes en Gipuzkoa y Bizkaia. Finalmente, las Rendsinas se distribuían en todo el territorio analizado, siendo más destacadas en la zona Sur, en Álava. Su distribución espacial coincidía con la presencia de importantes afloramientos calizos en la región.

Los suelos zonales presentes en la vertiente Norte tenían un buen desarrollo evolutivo del perfil, en el que destacaba la presencia de horizontes B cámbicos o argílicos. Pertenecían a los órdenes de los Cambisoles y de los Luvisoles.

En el sur la zonalidad de los suelos era algo menos clara. Sin embargo los Cambisoles y Luvisoles cumplían aquí el mismo rol que en el sector Norte. Se agregaban a los anteriores las Rendsinas, suelos que originalmente no eran zonales en sentido estricto, pero que en este caso, dada su extensión cartográfica y su grado de representatividad de las condiciones del terreno (entre ellas las hidrológicas) permitían considerarlos como tal. El contraste entre estos tres órdenes era claro, tanto en lo que respecta a su perfil edáfico, como a las condiciones hidrológicas que representan.

Algunas de las variaciones observadas podrían relacionarse con las diferencias en las escalas de la información. Tal diferencia podía exagerar las características observadas en Álava respecto Gipuzkoa y Bizkaia.

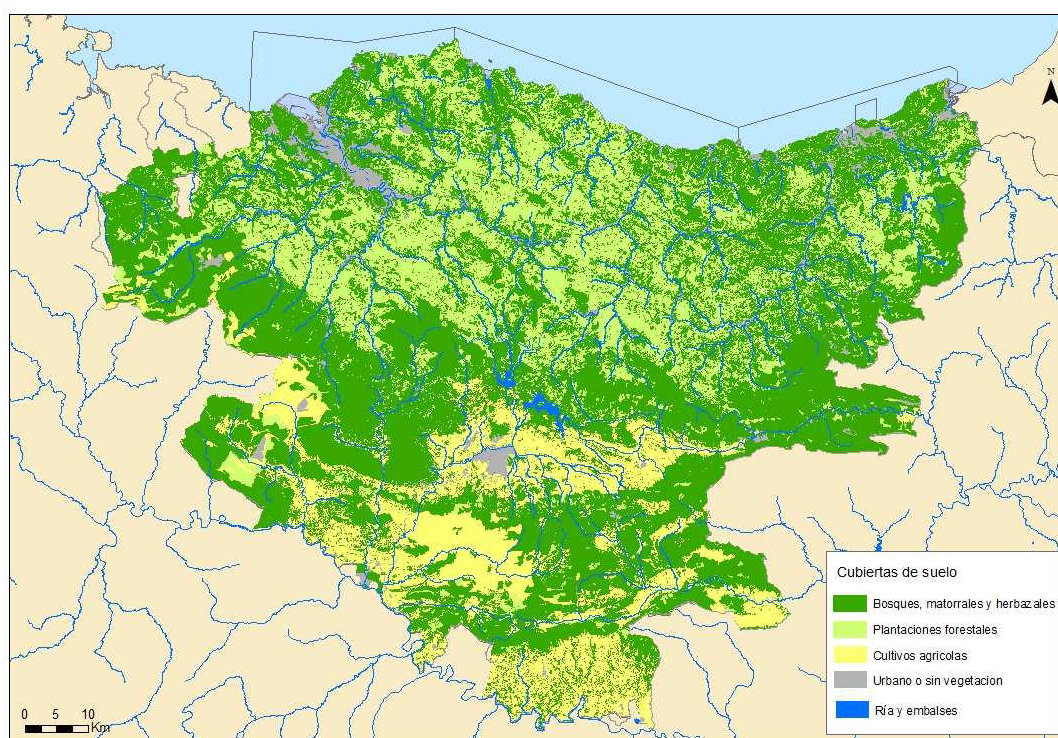
2.4.1.4. Cubierta del suelo

Las principales categorías de usos del suelo se muestran en la siguiente tabla:

Tab. 14. Principales categorías de cubierta de suelo

Permeabilidad	Rangos de infiltración (%)
1	Bosques, matorrales y herbazales
2	Plantaciones forestales
3	Cultivos agrícolas
4	Urbano o sin vegetación
5	Ría y embalses

Fig. 11. Tipos de cubierta de suelo



La figura anterior destaca la presencia de cubiertas naturales (bosques, matorrales y herbazales), las plantaciones forestales y los cultivos agrícolas.

La Fig. 12 muestra un ejemplo de la transición de cubierta de suelo en los valles y zonas relativamente llanas. Es frecuente observar aprovechamientos agrícolas de tipo intensivo o zonas de pastoreo. El uso del suelo la foto anterior contrasta con la Rioja, donde la actividad vitivinícola es dominante (ver Fig. 13).

Fig. 12. Alto Zadorra



Fig. 13. Rioja



Finalmente, una mención a los fenómenos kársticos que se expresan con claridad en el paisaje, ya que generan un ambiente particular en cuanto a la distribución de humedad y heterogeneidad del terreno.

La Fig. 14 , la Fig. 15 y la Fig. 16 son tres ejemplos del efecto de los procesos de karst, en diferentes sectores morfoclimáticos.

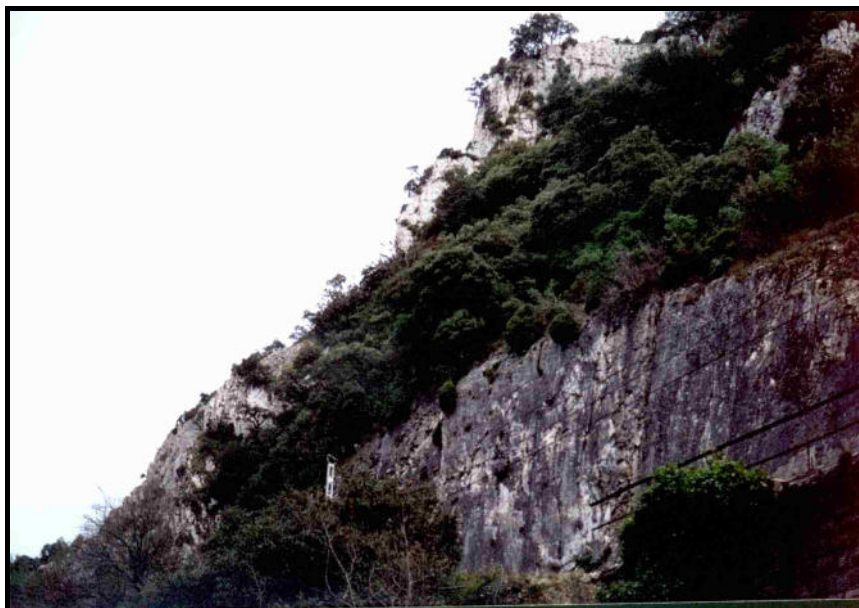
Fig. 14. Paisaje en zona de karst. Puerto de Opakua



Fig. 15. Lapiaz con vegetación baja en parches. Manantial de Osma



Fig. 16. Cabecera del Baia



2.4.1.5. Información topográfica

Por otro lado, sobre el Modelo Digital del Terreno facilitado por la Agencia vasca del Agua, se han generado diferentes capas de información: altimetría, pendiente topográfica, orientación de las pendientes, curvatura del relieve e índice topográfico. Además, se han calculado las direcciones de flujo, la red de drenaje y el número de celdas acumuladas como elementos esenciales para la estructuración y ejecución del modelo.

El índice topográfico, definido por Beven, ha sido una más de las variables ambientales y se ha considerado un medio para señalar el grado de similitud hidrológica existentes dentro de una cuenca hidrográfica y de ésta respecto a otras unidades. En esencia, este índice relaciona la pendiente topográfica con la red de drenaje interna de la cuenca. La ecuación siguiente señala una forma operativa para su cálculo a partir de los datos de un modelo digital del terreno.

$$IT = \ln\left(\frac{n_a}{\tan(\beta)}\right)$$

donde:

n_a : número de celdas acumuladas aguas arriba de la celda analizada.

$\tan(\beta)$: pendiente topográfica.

2.4.2. Variables modales

Los valores modales de las variables principales fueron deducidos a partir de la información contenida en la leyenda de los mapas de suelos disponibles (Álava, Gipuzkoa, Bizkaia, Navarra y Castilla y León y del Mapa de Suelos de la CE), los diferentes perfiles de suelos y las funciones de pedotransferencia propuestas por Rawls y Brakensiek (1983)².

El proceso seguido para la obtención de los valores modales fue el siguiente. En primer lugar, se analizó el valor de H_u , K_s y K_p en cada horizonte de cada perfil sobre la base de las funciones de pedotransferencia ya citadas. Como las funciones de pedotransferencia se basaban casi exclusivamente en la textura de la matriz del suelo, en una segunda etapa, los valores de K_p , K_s y H_u fueron modificados de acuerdo a las características morfológicas de cada perfil para dar cabida a otros aspectos como la macroporosidad, cementación, compactación, etc.

Cuando en este proceso se obtuvieron valores de K_p que no reflejaban adecuadamente el comportamiento hidrológico, habitualmente cuando la hidrología no era eminentemente edáfica, éstos se alteraron manualmente para reflejar el comportamiento conocido.

A continuación se muestra una tabla que recoge los valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante.

² Rawls, W. J. y Brakensiek; D. L. Procedure to predict Green and Ampt infiltration parameters. En: *Advances in Infiltration*; p.: 1021-112. ASAE Publication 11-83. USA; 1983

Tab. 15. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

Unidad	Promedios			Mínimos			Máximos		
	Hu {mm}	Ks [cm/h]	Kp [cm/h]	Hu {mm}	Ks [cm/h]	Kp [cm/h]	Hu {mm}	Ks [cm/h]	Kp [cm/h]
Sin definición precisa	22.9	2.73	0.8	0	0.99	0.3	243.4	2.77	1.15
Acrisoles	251.4	2.37	0.51	192.8	0.73	0.32	278.7	4.62	0.63
Cambisoles	201.3	1.74	0.56	46.4	0.19	0.14	278.8	3.54	1.51
Rendsinas	58.9	0.66	0.45	50.8	0.41	0.22	176.5	2.13	1.39
Gleysoles	117.3	2.14	0.47	53.6	1.17	0.22	185.5	2.81	0.84
Litosoles	33.3	0.18	0.8	9.8	0.09	0.22	205.7	1.49	1.14
Fluvisoles	181.1	0.96	0.67	53.6	0.45	0.6	273.6	2.81	0.84
Luvisol	199.3	1.21	0.46	53.7	0.28	0.16	273.9	4.49	1.16
Podsol	147.2	2.77	1.15	147.2	2.77	1.15	147.2	2.77	1.15
Arenosol	42.4	1.75	1.37	36	0.63	0.46	185.5	2.34	1.63
Regosol	122	1.02	0.67	68.1	0.68	0.58	230.1	2.14	0.8
Roca dominante	97.2	1.09	0.85	0.3	0.3	0.3	243.4	2.23	1.16
Andosol	188.9	1.19	0.6	188.9	1.19	0.6	188.9	1.19	0.6
Ránker	97.4	1.32	0.77	27.3	0.29	0.22	266.4	3.98	1.3
Vertisol	51.6	0.9	0.85	36	0.46	0.47	240.1	0.99	0.99
Solonchack	66.3	0.18	0.21	60.6	0.17	0.16	73.3	0.2	0.26

Para distribuir (“difuminar”) estos valores modales se utilizó la correlación entre los valores modales y las variables ambientales. Para ello se seleccionaron las unidades de muestreo mediante la intersección de las unidades cartográficas de suelos y de las variables ambientales discretas. De todas ellas, se utilizaron las de mayor tamaño (más de 9 celdas), siendo un total de 356 unidades.

La tabla siguiente recoge los valores modales utilizados en las unidades muestrales seleccionadas, así como una síntesis de la información utilizada para su estimación.

Los valores de HU se incluyeron transformados por la raíz cuadrada. Los valores de Ks y Kp transformados logarítmicamente.

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
1	Cambisol cálcico	NO	SI	NO	A3	11.3	0.27	-0.17
2	Dystrochrept típico - Acrisol gleyco - Cambisol gleyco	SI	NO	NO	A	14.6	0.7	-0.76
3	Cambisol cálcico - Acrisol gleyco - Cambisol gleyco	SI	SI	NO	A	16.4	0.59	-0.51
4	Gleysol eutríco - Cambisol dístrico - Ranker	SI	NO	NO	GB4	10.9	0.78	-0.51
5	Cambisol dístrico - Ranker - Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	12.4	0.47	-0.39
6	Dystrochrept típico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico húmbrico	NO	NO	NO	N5	12.9	0.89	-0.52
7	Luvisol órtico - Luvisol gleyco - Regosol eutríco	SI	NO	NO	GB	11.2	-0.02	-0.6
8	Fluvisol eutríco - Gleysol móllico - Cambisol dístrico - Ranker	SI	NO	NO	GB	12.6	0.48	-0.25
9	Cambisol dístrico - Ranker - Cambisol dístrico - Ranker	NO	NO	NO	GB	11.8	1.01	-0.12

³ Álava, escala 1:200.000

⁴ Gipuzkoa y Bizkaia, escala 1:25:0000

⁵ Navarra, escala 1:200.000

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
10	Cambisol déstrico - Ranker - Cambisol déstrico - Ranker	NO	NO	NO	GB	11.8	1.01	-0.12
11	Udorthent típico - Haplumbrept lítico - Dystrochrept típico humbrico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.8	0.93	-0.21
12	Udorthent típico lítico - Haplumbrept lítico - Dystrochrept típico - humbrico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.8	0.93	-0.21
13	Fluvisol eutrico - Gleysol móllico	SI	NO	NO	GB	9	0.48	-0.12
14	Fluvisol eutrico - Cambisol déstrico - Ranker	NO	NO	NO	GB	12.6	0.48	-0.26
15	Dystrochrept típico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.9	0.89	-0.52
16	Cambisol déstrico - Ranker - Cambisol déstrico - Ranker	NO	NO	NO	GB	11.8	1.01	-0.12
17	Udorthent típico - Haplumbrept lítico - Dystrochrept típico - humbrico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.8	0.92	-0.21
18	Dystrochrept típico - Haplumbret lítico o Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.9	0.72	-0.52
19	Xerorthent típico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	11.5	0.78	-0.28
20	Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico - Cambisol déstrico - Ranker	NO	NO	NO	GB	12.3	1.01	-0.16
21	Dystrochrept típico - Rendsina ochrica - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.1	0.05	-0.87
22	Udorthent típico - Haplumbrept lítico - Dystrochrept típico humbrico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	12.8	0.92	-0.21
23	Udorthent lítico - Hapludoll lítico - Dystrochrept típico	NO	NO	NO	N	11.5	0.9	-0.5
24	Udorthent lítico - Hapludoll lítico - Haplumbret lítico - Dystrochrept lítico humbrico	NO	NO	NO	N	11.5	1.02	-0.19
25	Udorthent típico lítico - Haplumbrept lítico - Dystrochrept típico humbrico - Rendsina ochrica - Cambisol eutrico - Litosol	NO	NO	SI	A	10	0.33	-0.49
26	Cambisol cálcico - Cambisol cálcico - Cambisol vértico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	16.6	0.32	-0.39
27	Luvisol órtico - Fluvisol eutrico	NO	NO	NO	GB	9.4	0.62	-0.89
28	Arenosol - Rendsina	NO	NO	SI	GB	5.3	0.93	0.32
29	Rendsina ochrica - Litosol - Cambisol eutrico - Cambisol cálcico - Cambisol vértico	NO	SI	SI	A	11.7	-0.45	-0.9
30	Cambisol cálcico - Ranker - Acrisol órtico - Cambisol déstrico Litosol	NO	SI	NO	A	15.8	-0.28	-0.59
31	Luvisol órtico - Fluvisol eutrico	NO	NO	NO	GB	9.4	0.62	-0.21
32	Cambisol cálcico - Acrisol gleyco - Cambisol gleyco	SI	SI	NO	A	16.4	0.59	-0.51
33	Arenosol - Rendsina	NO	NO	SI	GB	5.3	0.93	0.32
34	Cambisol cálcico	NO	SI	NO	A	15.8	0.67	-0.53
35	Arenosol - Rendsina	NO	NO	SI	GB	5.3	0.93	0.32
36	Cambisol cálcico - Regosol calcárico - Rendsina óchrica - Acrisol gleyco - Cambisol gleyco	SI	SI	SI	A	14.7	0.15	-0.51
37	Cambisol cálcico - Cambisol eutrico - Rendsina ochrica	NO	SI	SI	A	10.6	-0.78	-0.54
38	Litosol - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	13.4	0.43	-0.24
39	Rendsina ochrica - Cambisol cálcico - Regosol calcárico - Cambisol eutrico - Regosol eutrico	NO	SI	SI	A	11.5	0.69	-0.46
40	Cambisol gleyco - Luvisol órtico - Acrisol gleyco - Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.5	0.59	-0.7
41	Acrisol húmico - Cambisol gleyco - Cambisol déstrico - Cambisol húmico	SI	NO	NO	GB	14.5	0.99	-0.55
42	Cambisol déstrico - Cambisol húmico	NO	NO	NO	GB	9.2	0.9	-0.15
43	Cambisol eutrico - Cambisol déstrico - Cambisol húmico	NO	NO	NO	GB	13.8	0.55	-0.44

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
44	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Luvisol crómico	NO	SI	NO	GB	14.6	-0.08	-1.05
45	Cambisol crómico – Acrisol órtico – Arenosol – Rendsina	NO	NO	SI	GB	10.9	0.71	-0.2
46	Luvisol órtico – Fluvisol eutricto – Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	13.6	0.07	-0.61
47	Luvisol órtico – Fluvisol eutricto - Regosol eutricto – Cambisol eutricto	NO	NO	NO	GB	12.3	0.06	-0.51
48	Fluvisol crómico – Acrisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol húmico	SI	NO	NO	GB	13.9	0.36	-0.44
49	Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	8.8	0.47	-0.26
50	Luvisol órtico – Fluvisol eutricto	NO	NO	NO	GB	9.4	0.62	-0.21
51	Fluvisol eutricto – Luvisol órtico – Fluvisol eutricto	NO	NO	NO	GB	15.2	0.55	-0.54
52	Luvisol gleyco – Acrisol húmico – Fluvisol eutricto	SI	NO	NO	GB	13.8	0.36	-0.56
53	Litosol – Rendsina	NO	NO	SI	GB	3.9	-0.3	0.14
54	Cambisol húmico – Cambisol dístrico – Cambisol dístrico – Cambisol húmico	NO	NO	NO	GB	13.2	0.73	-0.41
55	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Luvisol crómico	SI	NO	NO	GB	14.4	0.36	-0.68
56	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Cambisol dístrico	NO	SI	NO	GB	16.5	0.35	-1.21
57	Cambisol cálcico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	11.9	-0.03	-0.77
58	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Regosol calcárico – Litosol – Ranker – Acrisol órtico – Cambisol dystrico	NO	SI	SI	A	7.3	-0.79	-1.39
59	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	NO	SI	CyL6	13.9	0.38	-0.76
60	Arenosol lúvico – Litosol	NO	NO	SI	CyL	7.3	-0.69	-0.84
61	Arenosol lúvico – Cambisol cálcico	NO	SI	SI	A	15.1	0.3	-0.56
62	Litosol – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	13.4	0.43	-0.24
63	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Regosol calcárico – Litosol	NO	SI	SI	A	13.9	0.42	-0.72
64	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	14	0.38	-0.76
65	Litosol – Acrisol orthico	NO	NO	NO	A	15.1	0.87	-0.54
66	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico lítico – Litosol	NO	SI	SI	A	14	0.38	-0.76
67	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
68	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
69	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
70	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
71	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
72	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
73	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
74	Cambisol cálcico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	14.9	0.19	-0.34
75	Cambisol cálcico – Vertisol Cambisol vértico	NO	SI	NO	A	11.3	0.27	-0.17
76	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol – Cambisol cálcico	NO	SI	SI	A	12	-0.17	-0.92
77	Cambisol cálcico – Rensina óchrica Regosol calcárico – Rendsina ochrica – Litosol – Podsol orthico	NO	SI	SI	A	10.3	-0.14	-0.67
78	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol – Cambisol cálcico – Cambisol vértico Regosol	NO	SI	SI	A	12	-0.41	-0.97

⁶ Castilla y León, escala 1:500.000

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
	calcárico							
79	Cambisol calcárico – Regosol calcárico – Rendsina ochrica – Litosol – Podsol orthico	NO	SI	SI	A	10.3	-0.07	-0.67
80	Litosol – Rendsina ochrica – Regosol calcárico – Podsol orthico	NO	SI	SI	A	10.5	0.53	-0.14
81	Litosol – Rendsina ochrica – Litosol	NO	NO	SI	A	10.6	0.18	-0.49
82	Gleysol calcáreo Cambisol calcárico – Regosol calcárico	SI	SI	NO	A	13.4	0.43	-0.26
83	Litosol – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	13.4	0.21	-0.24
84	Rendsina ochrica Cambisol calcárico – Regosol calcárico – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.2	0.31	-0.39
85	Litosol – Rendsina ochrica Cambisol calcárico – Litosol	NO	SI	SI	A	10.5	-0.01	-0.68
86	Cambisol calcárico – Regosol calcárico Litosol	NO	SI	NO	A	15.1	0.53	-0.53
87	Litosol – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	13.4	0.21	-0.24
88	Litosol – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	13.4	0.43	-0.24
89	Rendsina ochrica Litosol – Cambisol crómico Litosol	NO	NO	SI	A	13.9	0.44	-0.59
90	Litosol – Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	10.5	-0.15	-0.81
91	Cambisol calcárico – Regosol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol calcárico – Cambisol vértico Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	15	-0.12	-0.43
92	Litosol – Cambisol calcárico	NO	SI	NO	A	15.1	0.57	-0.23
93	Cambisol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol calcárico – Rensina óchrica Cambisol yesoso	NO	SI	SI	A	13.4	0.28	-0.35
94	Litosol – Cambisol calcárico – Rensina óchrica Cambisol yesoso	NO	SI	SI	A	13.7	0.45	-0.22
95	Litosol – Cambisol calcárico	NO	SI	NO	A	15.1	0.57	-0.23
96	Litosol – Cambisol calcárico – Rensina óchrica Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	13.4	0.36	-0.24
97	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol	NO	SI	SI	A	10.5	-0.15	-0.45
98	Rendsina ochrica – Litosol – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol	NO	SI	SI	A	7.3	-0.75	-0.95
99	Sin definición precisa	NO	NO	NO	GB	4.6	1.02	0.14
100	Cambisol crómico – Cambisol eutrico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	14.7	0.53	-0.69
101	Luvisol gleyco – Acrisol húmico – Cambisol dístrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15	0.82	-0.7
102	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	15.7	0.8	-0.7
103	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	NO	SI	SI	A	15.1	0.38	-0.76
104	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Litosol – Rendsina	SI	NO	SI	GB	9.4	-0.41	-0.29
105	Cambisol dístrico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	15.8	0.76	-0.58
106	Luvisol órtico – Rendsina – Acrisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	SI	GB	14.3	0.62	-0.44
107	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15	0.61	-0.7
108	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Acrisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	16.2	0.78	-0.65
109	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	NO	SI	SI	A	15.1	0.38	-0.76
110	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Acrisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	16.2	0.78	-0.65
111	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
112	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.6	1.03	-0.66
113	Cambisol dístrico – Acrisol húmico – Cambisol gleyco	NO	NO	NO	GB	15.8	0.76	-0.58
114	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol gleyco – Cambisol dístrico	SI	NO	NO	GB	14.9	0.57	-0.62

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
115	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Acrisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.4	0.55	-0.56
116	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.6	1.03	-0.66
117	Xerochrept típico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	11.6	0.53	-0.84
118	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol gleyco – Luvisol órtico	SI	NO	NO	GB	15	0.87	-0.7
119	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.4	0.73	-0.74
120	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	16.1	0.91	-0.65
121	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol eutrico	SI	NO	NO	GB	14.8	0.56	-0.57
122	Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	A	14.9	0.76	-0.43
123	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco – Luvisol órtico	SI	NO	NO	GB	15.3	0.68	-0.72
124	Ranker Acrisol órtico – Cambisol dystrico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	A	15	0.6	-0.43
125	Cambisol gleyco – Ranker Acrisol órtico – Cambisol dystrico	SI	NO	NO	GB	15.5	0.69	-0.62
126	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
127	Cambisol gleyco – Luvisol órtico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.5	0.67	-0.61
128	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco – Luvisol órtico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
129	Cambisol déstrico – Cambisol crómico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	15.5	0.7	-0.6
130	Arenosol – Rendsina – Cambisol déstrico – Cambisol crómico	NO	NO	SI	GB	13.7	0.73	-0.36
131	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Arenosol – Rendsina	SI	NO	SI	GB	15.6	0.72	-0.6
132	Cambisol eutrico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	15.2	0.62	-0.55
133	Xerochrept típico – Rendsina ochrica – Cambisol eutrico – Litosol	NO	NO	SI	A	7.2	-0.53	-1.16
134	Cambisol gleyco - Xerochrept típico	SI	NO	NO	GB	15.5	0.69	-0.62
135	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
136	Xerochrept típico – Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico	NO	NO	NO	A	9.7	0.07	-0.7
137	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Xerochrept típico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
138	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
139	Cambisol eutrico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	15.2	0.62	-0.55
140	Xerochrept típico y lítico – calcixerollico – Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico	NO	SI	NO	A	9.7	0.07	-0.7
141	Luvisol crómico - Xerochrept típico y lítico – calcixerollico	NO	NO	NO	GB	15.1	0.54	-0.59
142	Eurochrept típico	NO	NO	NO	GB	14.3	0.66	-0.59
143	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Acrisol órtico – Acrisol gleyco	SI	SI	NO	GB	15.2	0.42	-1.12
144	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Luvisol órtico – Luvisol cálcico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
145	Litosol – Rendsina – Cambisol déstrico – Cambisol gleyco	NO	NO	SI	GB	9.6	-0.37	-0.27
146	Eurochrept típico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol	NO	SI	SI	A	13	-0.14	-1.04
147	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.4	0.99	-0.68
148	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.4	0.96	-0.7

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
	– Cambisol déstrico							
149	Xerochrept típico y lítico – calcixerollico Cambisol déstrico	NO	SI	NO	GB	11.9	0.06	-1.06
150	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	14.9	0.57	-0.62
151	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	SI	NO	GB	15.9	0.37	-1.07
152	Xerochrept típico – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	12.7	0.67	-0.74
153	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	16.1	0.91	-0.65
154	Eutrochrept típico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	14.3	0.71	-0.64
155	Eutrochrept típico – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	14.7	0.82	-0.58
156	Xerochrept típico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	11.5	-0.04	-1.12
157	Eutrochrept típico – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	14.7	0.7	-0.78
158	Xerorthent lítico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	10.9	0.62	-0.65
159	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	16.1	0.91	-0.65
160	Xerochrept lítico – calcixerollico – Acrisol húmico – Cambisol gleyco	SI	SI	NO	GB	11.2	0.15	-1.1
161	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	16.1	0.91	-0.65
162	Xerorthent lítico	NO	NO	NO	GB	5.4	-0.12	-0.66
163	Cambisol eutríco – Luvisol órtico - Cambisol húmico	NO	NO	NO	GB	12	0.4	-0.38
164	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Cambisol húmico – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	13.8	0.93	-0.52
165	Luvisol órtico – Cambisol eutríco – Acrisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.5	0.56	-0.59
166	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	14.6	0.51	-0.65
167	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol eutríco – Luvisol órtico	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
168	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Cambisol húmico	NO	SI	NO	GB	13	0.12	-0.84
169	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol crómico	NO	NO	NO	GB	13.9	0.28	-0.69
170	Luvisol crómico – Cambisol eutríco – Cambisol húmico – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	14.1	0.38	-0.47
171	Cambisol déstrico - Acrisol órtico – Cambisol húmico – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	GB	13.1	0.87	-0.55
172	Cambisol déstrico – Acrisol órtico – Acrisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	15.2	0.91	-0.66
173	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Acrisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	16.2	0.78	-0.65
174	Cambisol cálcico – Rensina óchrica – Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico	NO	SI	SI	A	12.6	0.64	-0.1
175	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Acrisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.8	0.88	-0.63
176	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Acrisol húmico – Cambisol gleyco	SI	NO	NO	GB	15.6	0.72	-0.6
177	Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	NO	NO	NO	A	14.9	0.76	-0.43
178	Litosol – Cambisol húmico	NO	NO	NO	CyL	15.1	0.58	-0.47
179	Vertisol Cambisol vértico – Litosol	NO	NO	NO	A	13.7	0.56	-0.49
180	Cambisol húmico – Cambisol cálcico – Cambisol vértico	NO	SI	NO	A	16.6	0.39	-0.61
181	Cambisol húmico – Vertisol Cambisol vértico	NO	NO	NO	A	11.3	0.28	-0.45
182	Litosol – Rensina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	10.4	0.21	-0.46
183	Rensina ochrica – Cambisol eutríco Litosol	NO	NO	SI	A	13.9	0.53	-0.62
184	Cambisol húmico – Rensina ochrica – Cambisol eutríco Litosol	NO	NO	SI	A	11.9	0.2	-0.78
185	Cambisol húmico – Rensina ochrica – Cambisol	NO	SI	SI	A	11.9	-0.02	-0.91

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
	cálcico – Litosol							
186	Rendsina ochrica – Cambisol eutrico Litosol – Cambisol húmico	NO	NO	SI	A	13.9	0.53	-0.62
187	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol eutrico Litosol	NO	SI	SI	A	13.9	0.44	-0.67
188	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	13.9	0.44	-0.67
189	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol eutrico – Litosol	NO	NO	SI	A	10.4	0.21	-0.46
190	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	10.5	-0.01	-0.68
191	Cambisol húmico – Litosol	NO	NO	NO	CyL	15.8	0.67	-0.62
192	Rendsina – Litosol – Cambisol húmico	NO	NO	SI	GB	14.1	0.38	-0.4
193	Rendsina ochrica – Litosol – Cambisol crómico – Cambisol eutrico – Regosol eutrico	NO	NO	SI	A	11.5	0.2	-0.62
194	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol – Acrisol orthico	NO	SI	SI	A	11.9	0.12	-1.21
195	Xerorthent lítico – Xerochrept calcixerollico	NO	SI	NO	N	8.1	-0.52	-0.3
196	Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	4	-0.77	-0.74
197	Cambisol cálcico – Rendsina óchrica	NO	SI	SI	A	6.8	-0.19	-0.17
198	Xerochrept lítico – calcixerollico – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	10.9	-0.04	-0.34
199	Cambisol dístico – Cambisol crómico	NO	NO	NO	GB	10	0.85	-0.28
200	Eutrochrept típico – Udorthent lítico – Hapludoll lítico	NO	NO	NO	N	11.5	0.9	-0.5
201	Luvisol gleyco – Acrisol húmico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	SI	NO	NO	GB	13.3	0.73	-0.55
202	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol dístico – Cambisol cálcico	NO	NO	NO	GB	14	0.16	-0.86
203	Luvisol órtico – Rendsina – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	SI	GB	12.2	0.58	-0.33
204	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.4	0.52	-0.48
205	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol eutrico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	14.6	0.48	-0.54
206	Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.2	0.5	-0.41
207	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.4	0.52	-0.48
208	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol dístico – Cambisol cálcico	NO	NO	NO	GB	14	0.16	-0.86
209	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol eutrico – Luvisol órtico	NO	NO	NO	GB	14.2	0.36	-0.56
210	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol dístico – Cambisol cálcico	NO	NO	NO	GB	14	0.16	-0.86
211	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.4	0.52	-0.48
212	Luvisol órtico – Rendsina – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	SI	GB	12.2	0.58	-0.33
213	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.4	0.52	-0.48
214	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol húmico – Cambisol dístico	NO	NO	NO	GB	13.4	0.52	-0.48
215	Cambisol cálcico – Regosol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	13.2	-0.25	-0.34
216	Cambisol cálcico – Regosol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol cálcico – Cambisol vértico	NO	SI	SI	A	14.9	-0.05	-0.39
217	Cambisol cálcico – Cambisol vértico	NO	SI	NO	A	15.1	0.36	-0.37
218	Cambisol cálcico – Regosol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol cálcico – Cambisol vértico	NO	SI	SI	A	14.9	-0.05	-0.39
219	Rendsina ochrica – Rendsina ochrica – Rendsina móllica – Litosol	NO	NO	SI	A	7.4	-0.9	-1.41
220	Cambisol cálcico – Rensina óchrica – Cambisol	NO	SI	SI	A	13.1	0.26	-0.34

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
	cálcico – Regosol calcárico							
221	Cambisol cálcico – Renzina óchrlica – Cambisol cálcico – Renzina óchrlica Litosol	NO	SI	SI	A	13.1	0.19	-0.34
222	Rendsina ochrica – Rendsina ochrica – Litosol – Podsol orthico	NO	NO	SI	A	7.4	-0.65	-1.16
223	Rendsina ochrica – Rendsina móllica – Litosol – Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	14	0.38	-0.76
224	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	SI	A	10.4	0.14	-0.53
225	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	13.9	0.44	-0.7
226	Cambisol cálcico – Cambisol eutrico – Regosol calcárico – Cambisol cálcico – Renzina óchrlica	NO	SI	SI	A	13.5	0.65	0.04
227	Cambisol cálcico – Regosol calcárico – Renzina óchrlica – Rendsina ochrica	NO	SI	SI	A	10.3	-0.61	-0.93
228	Luvisol órtico – Fluvisol eutrico – Litosol – Rendsina	NO	NO	SI	GB	8.6	-0.7	-0.22
229	Litosol – Rendsina – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	NO	NO	SI	GB	8.4	-0.84	-0.5
230	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	SI	NO	NO	GB	13.9	0.15	-0.93
231	Cambisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol éutrico	SI	NO	NO	GB	14.8	0.56	-0.57
232	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	NO	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-0.97
233	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Cambisol eutrico – Cambisol gleyco	SI	SI	NO	GB	15.2	0.19	-1.01
234	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol húmico – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	13.3	0.51	-0.45
235	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	NO	NO	NO	GB	13.9	0.15	-0.83
236	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol eutrico	NO	NO	NO	GB	14	0.33	-0.48
237	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol húmico – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	13.3	0.51	-0.45
238	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	SI	NO	NO	GB	13.9	0.15	-0.93
239	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol húmico – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	13.3	0.51	-0.45
240	Luvisol órtico – Cambisol húmico – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	13.6	0.54	-0.53
241	Fluvisol crómico – Acrisol gleyco – Cambisol húmico – Acrisol órtico	SI	NO	NO	GB	13.8	0.33	-0.47
242	Luvisol órtico – Cambisol eutrico – Cambisol dístrico	NO	NO	NO	GB	14.7	0.49	-0.59
243	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	SI	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-1.07
244	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	SI	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-1.07
245	Luvisol gleyco – Acrisol húmico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	SI	SI	NO	GB	13.2	0.1	-1.06
246	Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	NO	SI	NO	GB	13.4	-0.09	-1.04
247	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Arenosol – Rendsina	SI	NO	SI	GB	10	0.6	-0.12
248	Luvisol gleyco – Acrisol húmico – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	SI	NO	NO	GB	13.9	0.36	-0.93
249	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol dístrico – Cambisol cálcico	SI	NO	NO	GB	13.9	0.15	-0.93
250	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Luvisol gleyco	NO	NO	NO	GB	15.2	0.62	-0.55
251	Fluvisol eutrico – Gleysol móllico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	SI	SI	NO	GB	12.8	-0.32	-0.89
252	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol eutrico	NO	NO	NO	GB	14	0.33	-0.48
253	Cambisol eutrico – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	NO	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-0.97
254	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Cambisol cálcico – Cambisol dístrico	NO	SI	NO	GB	14.2	-0.33	-1.42
255	Xerochrept típico – Xerorthent lítico	NO	NO	NO	N	8.7	-0.07	-0.82
256	Luvisol órtico – Luvisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	NO	GB	15	0.12	-0.94

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
257	Cambisol crómico – Cambisol déstrico – Cambisol cálcico	NO	NO	NO	GB	13.6	0.08	-0.99
258	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	13.9	-0.59	-1.58
259	Dystrochrept típico	NO	NO	NO	N	10.2	-0.23	-1.01
260	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol déstrico	NO	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-0.97
261	Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol déstrico	NO	SI	NO	GB	13.4	-0.09	-1.04
262	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	12.7	-0.26	-0.93
263	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol déstrico	NO	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-0.97
264	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol déstrico	NO	SI	NO	GB	13.2	-0.12	-0.97
265	Xerochrept lítico calcixerollico – Cambisol eutríco – Luvisol órtico	NO	SI	NO	N	13.9	0.38	-0.77
266	Litosol – Rendsina – Cambisol cálcico – Cambisol déstrico	NO	SI	SI	GB	7.7	-1.1	-0.63
267	Xerochrept típico – Rendsina ochrica – Litosol – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	8.2	0.06	-0.85
268	Xerorthent lítico – Cambisol gleyco – Cambisol déstrico	SI	NO	NO	GB	10.9	-0.23	-1.08
269	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol déstrico – Cambisol crómico	SI	NO	NO	GB	15.5	0.75	-0.7
270	Xerorthent lítico – Rendsina ochrica – Regosol calcárico – Podsol orthico	NO	SI	SI	A	6.8	-0.39	-0.79
271	Xerorthent lítico – Rendsina ochrica – Regosol calcárico – Podsol orthico	NO	SI	SI	A	6.8	-0.39	-0.79
272	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol cálcico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	12.7	-0.26	-0.93
273	Xerorthent lítico – Rendsina ochrica – Litosol – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	6.8	-0.73	-1.13
274	Xerochrept lítico – calcixerollico – Ranker	NO	SI	NO	A	11.8	0.1	-0.85
275	Xerochrept típico – Rendsina ochrica – Litosol – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	8.2	0.06	-0.85
276	Cambisol eutríco – Litosol – Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	10.2	-1.47	-0.35
277	Luvisol órtico – Luvisol gleyco – Cambisol eutríco – Luvisol crómico	SI	NO	NO	GB	14.6	0.25	-0.63
278	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Cambisol éutríco3	NO	SI	NO	GB	15.2	0	-1.13
279	Cambisol crómico – Cambisol eutríco – Cambisol eutríco	NO	NO	NO	GB	13.8	0.28	-0.56
280	Cambisol eutríco – Cambisol eutríco	NO	NO	NO	GB	13.8	0.31	-0.43
281	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol eutríco – Luvisol órtico	NO	NO	NO	GB	14.1	0.35	-0.53
282	Luvisol órtico – Cambisol eutríco – Litosol – Rendsina	NO	NO	SI	GB	8.7	-0.63	-0.22
283	Cambisol eutríco - Arenosol – Rendsina	NO	NO	SI	GB	9.9	0.58	0.03
284	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Luvisol crómico – Litosol	NO	SI	NO	GB	14.8	-0.8	-1.24
285	Cambisol crómico – Cambisol eutríco – Cambisol cálcico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	12.5	-0.31	-1.01
286	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Luvisol crómico – Litosol	NO	NO	NO	GB	13.6	-0.47	-0.59
287	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Luvisol crómico	NO	SI	NO	GB	14.8	-0.19	-1.24
288	Acrisol húmico – Cambisol gleyco – Luvisol gleyco – Luvisol crómico	SI	NO	NO	GB	15	0.66	-0.71
289	Cambisol gleyco – Cambisol déstrico – Cambisol eutríco	SI	NO	NO	GB	14.8	0.56	-0.57
290	Fluvisol eutríco – Gleysol móllico – Cambisol eutríco – Luvisol crómico	SI	NO	NO	GB	14.2	0.05	-0.46
291	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	15.2	0	-1.13
292	Luvisol cálcico – Luvisol órtico – Cambisol eutríco	NO	SI	NO	GB	15.2	0	-1.13
293	Cambisol eutríco – Luvisol órtico – Cambisol eutríco	NO	NO	NO	GB	14	0.33	-0.48

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
294	Luvisol órtico – Cambisol eutríco	NO	NO	NO	GB	14.2	0.36	-0.56
295	Luvisol calcárico – Luvisol órtico – Litosol – Luvisol crómico	NO	SI	NO	GB	11.6	-1.1	-1.04
296	Litosol – Rendsina – Litosol – Luvisol crómico	NO	NO	SI	GB	4.9	-1.75	-0.07
297	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.1	-0.03	-0.63
298	Cambisol calcárico – Regosol calcárico – Rensina óchrica – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	14.9	0.12	-0.34
299	Rendsina ochrica – Litosol – Cambisol eutríco	NO	NO	SI	A	6.6	-0.31	-0.61
300	Cambisol calcárico – Rensina óchrica Regosol calcárico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	10.2	-0.28	-0.81
301	Regosol calcárico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco	NO	SI	SI	A	10.7	0.14	-0.57
302	Cambisol calcárico – Cambisol vértico – Regosol calcárico – Rendsina ochrica – Litosol – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	12	-0.41	-0.97
303	Fluvisol calcáreo – Acrisol gleyco – Cambisol gleyco	SI	SI	NO	A	11.8	0.08	-0.43
304	Rendsina ochrica – Litosol – Cambisol eutríco – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	7.3	-0.64	-1.24
305	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco – Rendsina ochrica – Litosol Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	7.3	-0.61	-1.21
306	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Litosol – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	11.9	-0.03	-0.77
307	Rendsina ochrica – Cambisol eutríco Litosol – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.1	0.04	-0.56
308	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	11.9	0.12	-0.63
309	Rendsina ochrica – Regosol calcárico – Podsol orthico – Cambisol calcárico – Rensina óchrica Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.3	0.29	-0.24
310	Cambisol calcárico – Rensina óchrica – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol	NO	SI	SI	A	10.2	-0.32	-0.92
311	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Litosol	NO	SI	SI	A	7.2	-0.46	-1.06
312	Rendsina ochrica – Cambisol eutríco Litosol – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	11.9	0.19	-0.56
313	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco – Cambisol calcárico – Rensina óchrica – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	10.2	-0.1	-0.63
314	Cambisol eutríco – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco	NO	NO	SI	GB	15.2	0.62	-0.55
315	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol	NO	SI	SI	A	11.5	-0.43	-1.11
316	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol crómico	NO	NO	NO	GB	15.6	0.57	-0.61
317	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol calcárico – Rensina óchrica – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	14	0.1	-0.56
318	Fluvisol crómico – Cambisol crómico – Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	15.4	0.46	-0.52
319	Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Podsol orthico – Podsoluvisol dystrico – Acrisol orthico	NO	SI	SI	A	9.7	0.42	-0.31
320	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico	NO	SI	SI	A	11.1	-0.29	-1.03
321	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	11.5	-0.32	-1.01
322	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Cambisol eutríco	NO	SI	SI	A	11.4	-0.14	-0.83
323	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico Litosol	NO	SI	SI	A	11.2	-0.4	-0.82
324	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol calcárico – Litosol	NO	SI	SI	A	11.5	-0.29	-0.97

Tab. 16. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

ID	Combinación de suelos	Caract. gleycas	Caract. calcáreas	Presenc. rendsinas	Sector	SQRT(Hu)	Ln(Ks)	Ln(Kp)
325	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol crómico	NO	NO	NO	GB	15.6	0.57	-0.61
326	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	SI	A	11.4	-0.14	-0.83
327	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	7.2	-0.5	-1.1
328	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	SI	A	11.4	-0.14	-0.83
329	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	SI	A	11.4	-0.14	-0.83
330	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol crómico	NO	NO	NO	GB	15.5	0.58	-0.62
331	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol crómico – Luvisol crómico	NO	NO	NO	GB	15.5	0.58	-0.62
332	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico	NO	SI	SI	A	11.4	-0.14	-0.83
333	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	7.3	-0.61	-1.21
334	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Cambisol eutrico – Acrisol orthico	NO	SI	SI	A	11.9	0.41	-0.92
335	Cambisol húmico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	11.9	-0.02	-1
336	Rendsina ochrica – Litosol – Cambisol eutrico – Cambisol cálcico – Rensina óchrica	NO	SI	SI	A	10.2	-0.17	-0.77
337	Litosol – Cambisol cálcico – Rensina óchrica	NO	SI	SI	A	10.2	0.43	-0.23
338	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	8.2	-0.15	-0.81
339	Litosol – Litosol – Ranker – Acrisol órthico – Cambisol dystrico	NO	NO	NO	A	10.5	-0.15	-0.82
340	Luvisol crómico – Cambisol crómico – Litosol -	NO	NO	NO	GB	15.6	0.57	-0.61
341	Rendsina ochrica – Cambisol cálcico Litosol – Luvisol crómico – Cambisol crómico	NO	SI	SI	A	14	0.38	-0.76
342	Rendsina ochrica – Regosol calcárico – Podsol orthico – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Litosol	NO	SI	SI	A	7.4	-0.21	-0.8
343	Cambisol húmico – Cambisol cálcico – Rensina óchrica	NO	SI	SI	A	14.8	0.41	-0.55
344	Cambisol crómico – Luvisol crómico – Cambisol húmico	NO	NO	NO	GB	15.5	0.58	-0.62
345	Litosol – Rendsina ochrica – Cambisol cálcico – Regosol calcárico	NO	SI	SI	A	7.3	-0.04	-0.71
346	Gleysol calcáreo - Cambisol cálcico - Rensina óchrica	SI	SI	SI	A	10.2	0.65	-0.92
347	Xerochrept calcixerollico - Rendsina móllica	NO	SI	SI	A	8.1	-0.62	-0.92
348	Xerochrept calcixerollico - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	10.9	-0.04	-0.34
349	Xerochrept calcixerollico - Rendsina ochrica - Cambisol cálcico - Litosol	NO	SI	SI	A	8.1	-0.6	-0.36
350	Xerochrept calcixerollico - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	10.9	-0.04	-0.34
351	Xerochrept calcixerollico - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	10.9	-0.04	-0.34
352	Xerochrept calcixerollico - Rendsina ochrica	NO	SI	SI	A	8.1	-0.62	-0.92
353	Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	4	-0.77	-0.75
354	Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	4	-0.77	-0.75
355	Xerochrept lítico - calcixerollico - Cambisol cálcico - Regosol calcárico	NO	SI	NO	A	11	-0.25	-0.34
356	Rendsina ochrica	NO	NO	SI	A	4	-0.77	-0.75

2.4.3. Estimación de las celdas

Para obtener la estimación de los valores de los parámetros en cada celda se utilizaron las variables ambientales que se recogen en la Tab. 17. Como paso previo, las variables principales fueron transformadas para permitir que sus valores se distribuyan más simétricamente alrededor de su valor medio.

Tab. 17. Valores modales medios en las unidades cartográficas de suelo por tipo de suelo dominante

Denominación	Cuantitativas (Normaliza)	Cuantitativas (Valores normalizados)	dummy	Fuente
Conductividad hidráulica superficial del suelo	No	Si	No	Mapa de Suelos CEE
Cuencas sedimentarias	No	No	Si	EVE
Dominios estructurales	No	No	Si	EVE
Dominios hidrogeológicos	No	No	Si	EVE
Unidades estratigráficas	No	No	Si	EVE
Unidades litológicas	No	No	Si	EVE
Permeabilidad del terreno	Si	No	Si	EVE
Uso del suelo (I)	No	No	Si	GV
Uso del suelo (II)	No	No	Si	GV
Red fluvial principal	No	No	Si	MDT
Altimetría	Si	No	No	MDT
Pendiente topográfica	Si	No	No	MDT
Orientación de la pendiente	No	No	Si	MDT
Curvatura del relieve	Si	No	No	MDT
Índice topográfico	Si	No	No	MDT
Fuentes de información	No	No	Si	Varios

Tab. 18. Transformaciones aplicadas a las variables principales

Variable	Transformación
Conductividad hidráulica del suelo	Logaritmo natural
Conductividad hidráulica del sustrato del suelo	Logaritmo natural
Capacidad de almacenamiento hídrico del suelo	Raíz cuadrada

Por último, todas las variables continuas fueron transformadas linealmente a fin de que quedasen expresadas en una escala continua entre 0 y 1.

$$y_n = \left(\frac{x - Min}{Max - Min} \right)$$

donde:

X: valor de la variable continua.

y_n : valor de la variable continua normalizada.

Max , Min : valores máximos mínimos absolutos de la variable continua.

Las variables ambientales tipo dummy se generaron al aplicar sobre la información cartográfica un criterio de clasificación excluyente, dividiéndolas en dos únicas categorías. Cada una de éstas fue elaborada de forma tal que represente los contrastes más claros y relevantes entre los valores de conductividad hidráulica saturada, dentro del área estudiada (Tab. 19). De esta forma, los elementos que no pertenecen a una clase fueron incluidos, por defecto, en la restante.

Las diferentes categorías fueron determinadas a priori basándose en la información auxiliar, y su validación se realizó comprobando las diferencias en los valores medios de conductividad hidráulica en cada una de ellas. De no considerarse suficiente las diferencias entre valores, el proceso se volvió a repetir hasta lograr el objetivo.

Tab. 19. Criterios de separación en variables dummy

Variable	Dummy = 1	Dummy = 0	Criterio de selección
Cuencas sedimentarias	Cuenca del Ebro	Resto de cuencas	Zonas con dinámica geomorfológica y sedimentaria diferente
Dominios estructurales	Sinclinal de Urbasa – Treviño Sierra de Cantabria	Resto del territorio	Zona afectadas por el sinclinal a partir del sinclinal de Urbasa hacia el sur, excepto Rioja Alavesa
Dominios hidrogeológicos	Plataforma Alavesa, Sinclinal de Urbasa – Treviño, Sierra de Cantabria, Cuenca del Ebro	Resto del territorio	Dominios hidrogeológicos no asociados a Gipuzkoa ni a Bizkaia
Unidades estratigráficas	Cretácico	Otras	Materiales asociados al intervalo cronoestratigráfico dominante en el territorio
Unidades litológicas	Materiales calcáreos	Otras	Materiales fracturados o fisurados, total o parcialmente afectados por procesos de karst y/o alteración por disolución
Permeabilidad del terreno	Alta y muy alta (Infiltración > 60%)	Infiltración < 60%	Materiales y terrenos asociados a altos valores de infiltración
Uso del suelo I	Bosque, pradera natural, pastizales, transición bosque-monte.	Áreas no ocupadas ni por monte ni bosque ni praderas o pastizales	Usos del suelo asociados a tipos contrastados de terrenos y de cubierta vegetal
Uso del suelo II	Aras urbanas, industriales, etc.; suelos cultivados o con forestación industrial	Áreas no afectadas directamente por el uso humano del suelo	Áreas con mayor o menor impacto directo del hombre sobre el suelo.
Altimetría	Alturas entre 600 y 1500 m.	Alturas entre 0 y 600 m.	Distinción de las zonas elevadas respecto de las deprimidas.
Red fluvial principal	Más de 4 celdas acumuladas	Menos de 47 celdas acumuladas	Terrenos con el mayor desarrollo de la red fluvial
Orientación de la pendiente	Acimut = (45 - 225)	Acimut = (-1); Acimut = (0 – 45 ; 225 - 360)	Vertientes con diferente exposición a las precipitaciones y con grados de insolación contrastados
Pendiente topográfica	Pendiente < 3%	Pendiente > 3%	Áreas con pendientes contrastadas
Índice topográfico	Ln(I _t) < 2	Otros	Distinción de las áreas de cabeceras respecto a las de cauce principal o de mayor orden

Tab. 19. Criterios de separación en variables dummy

Variable	Dummy = 1	Dummy = 0	Criterio de selección
Curvatura del relieve	Curvatura < 0	Curvatura >= 0	Distinción de las zonas cóncavas respecto de las convexas o llanas
Fuentes de Información	Regiones de Álava, Castilla y León y Navarra	Regiones de Gipuzkoa y Bizkaia	Zonas con información original edafológica a escala gruesa respecto a zonas con información edafológica a mayor detalle

El análisis de la tendencia regional se basó en las 356 unidades de muestreo ya citadas, obteniéndose una ecuación de regresión para cada variable principal. La precisión de los resultados obtenidos supera en todos los casos un valor de R² del 80% (Fig. 17 Fig. 18 y Fig. 19).

Tab. 20. Precisión de las estimaciones

Estimación	R ²
SQRT_Hu	85.9
Ln_Ks	91.8
Ln_Kp	81.3

Analizando los ajustes obtenidos en la regresión (Tab. 21, Tab. 22 y Tab. 23) pudo comprobarse que existían variables ambientales que individualmente o combinadas con otras, formaban parte de al menos dos de los tres ajustes. Así, la curvatura del paisaje aportaba explicación a la variación espacial de la conductividad hidráulica. De la misma forma, el valor de la capacidad de almacenamiento hídrico deducido del Mapa de Suelos de la CE, la presencia de bosques y/o matorrales, la interacción de este tipo de uso del suelo con el tipo de estructura tectónica y la interacción entre la presencia de terrenos karstificados y la evidencia de facturación regional, eran elementos del terreno que participan en la explicación de la variación espacial en las tres variables principales.

Finalmente, al observar el valor de los distintos coeficientes de ajuste, se pudo comprobar que las variables ambientales relacionadas con la morfología del terreno (índice topográfico, hipsometría, etc.) tenían un peso determinante en la obtención del ajuste. De la misma forma, la estructura tectónica, la estratigrafía y el uso del suelo eran las variables dummy que aisladamente favorecían al ajuste.

Fig. 17. Ajuste de la estimación de SQRT_Hu

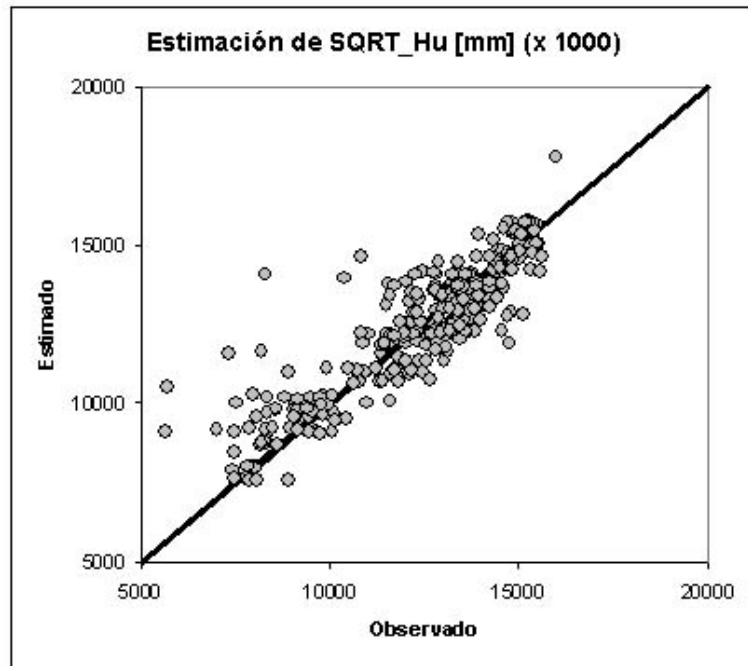


Fig. 18. Ajuste de la estimación de Ln_Ks

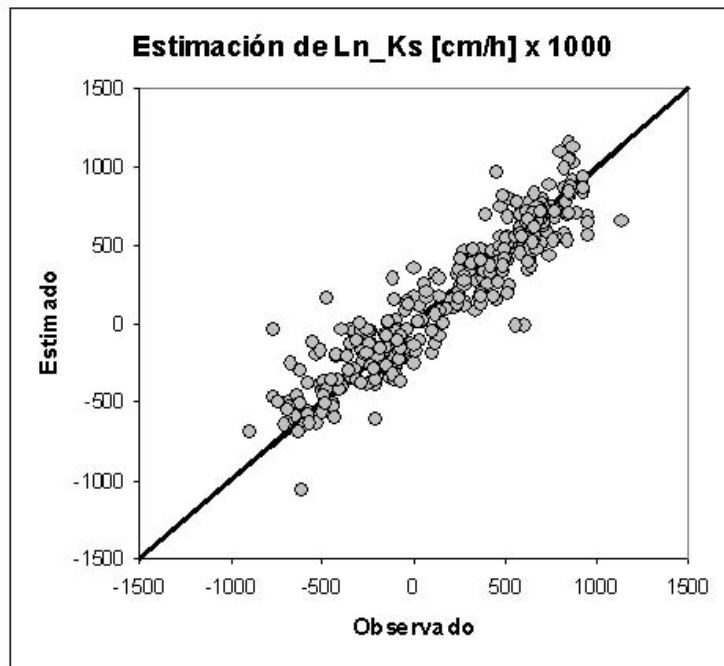
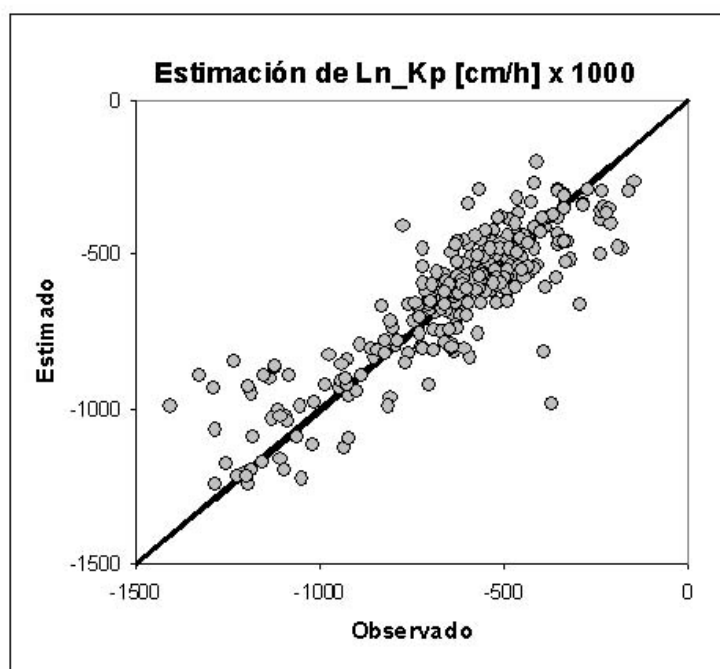


Fig. 19. Ajuste de la estimación de Ln_Kp



Tab. 21. Detalle del ajuste obtenido para la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo

Estimación de SQRT_HU [mm] *1000			
Variable			Peso
Variables continuas			
Constante			10114.3
Modelo de elevación del terreno (valores homogeneizados entre 0 y 1) * 1000			9.311121
Variables discretas			
Cuencas sedimentarias			1191.83
Unidades hidrogeológicas			2023.31
Litología			16.43
Permeabilidad según EVE			-1054.64
Uso del suelo 1			4405.28
Uso del suelo 2			2946.04
Interacciones entre variables discretas			
Tectónica	vs	Estratigrafía	-2508.36
Tectónica	vs	Litología	1249.38
Tectónica	vs	Estratigrafía	1672.75
Tectónica	vs	Hipsometría	1115.67
Dominios hidrogeológicos	vs	Estratigrafía	4734.23
Dominios hidrogeológicos	vs	Litología	-2492.8
Dominios hidrogeológicos	vs	Permeabilidad (EVE)	-4090.48
Dominios hidrogeológicos	vs	Uso_1	-1265.53
Dominios hidrogeológicos	vs	Uso_2	-1736.23
Dominios hidrogeológicos	vs	Hipsometría	-1057.74
Dominios hidrogeológicos	vs	Orientación del terreno	-1291.94

Tab. 21. Detalle del ajuste obtenido para la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo

Dominios hidrogeológicos	vs	Pendiente del terreno	812.821
Estratigrafía	vs	Litología	-1696.01
Estratigrafía	vs	Uso_2	1305.15
Estratigrafía	vs	Tipo de información	-1427.94
Litología	vs	Permeabilidad (EVE)	839.701
Litología	vs	Uso_1	-924.347
Litología	vs	Uso_2	-883.215
Permeabilidad (EVE)	vs	Uso_1	-1382.86
Permeabilidad (EVE)	vs	Pendiente del terreno	1423.52
Permeabilidad (EVE)	vs	Tipo de información	3414.39
Uso_1	vs	Uso_2	-3545.15
Uso_1	vs	Tipo de información	-2408.67
Orientación del terreno	vs	Tipo de información	904.583

Tab. 22. Detalle del ajuste obtenido para la conductividad hidráulica del suelo

Estimación de $(Ln_Ks) * 1000$			
Variable			Peso
Variables continuas			
Constante			-159.205
Curvatura del paisaje			-9.36926
Conductividad hidráulica del suelo (primeros 20 cm) según FAO *1000			9.73265
Modelo de elevación del terreno (valores homogeneizados entre 0 y 1) * 1000			-19.8108
Pendiente del terreno (valores homogeneizados entre 0 y 1) * 1000			5.88205
Variables discretas			
Estratigrafía			-212.862
Permeabilidad según EVE			-270.783
Uso2			67.838
Interacciones entre variables discretas			
Tectónica	vs	Estratigrafía	427.191
Tectónica	vs	Uso_1	-286.356
Tectónica	vs	Hipsometría	307.865
Dominios hidrogeológicos	vs	Estratigrafía	226.034
Dominios hidrogeológicos	vs	Litología	-136.459
Dominios hidrogeológicos	vs	Uso_2	-182.807
Dominios hidrogeológicos	vs	Orientación del terreno	-220.183
Dominios hidrogeológicos	vs	Pendiente del terreno	226.512
Estratigrafía	vs	Litología	-366.364
Estratigrafía	vs	Hipsometría	339.275
Litología	vs	Permeabilidad (EVE)	-167.835
Litología	vs	Uso_1	-71.3291
Litología	vs	Red hidrográfica	71.4124
Permeabilidad (EVE)	vs	Uso_1	-224.937

Tab. 22. Detalle del ajuste obtenido para la conductividad hidráulica del suelo

Permeabilidad (EVE)	vs	Hipsometría	235.928
Permeabilidad (EVE)	vs	Tipo de información	105.106
Uso_1	vs	Hipsometría	201.816
Hipsometría	vs	Pendiente del terreno	199.201
Orientación del terreno	vs	Pendiente del terreno	172.31
Orientación del terreno	vs	Tipo de información	138.145
Pendiente del terreno	vs	Tipo de información	-263.883

Tab. 23. Detalle del ajuste obtenido para la conductividad hidráulica del sustrato del suelo

Estimación de $(Ln_{Kp}) * 1000$			
Variable			Peso
Variables continuas			
Constante			287.369
Modelo de elevación del terreno (valores homogeneizados entre 0 y 1) * 1000			-3.80709
Variables discretas			
Cuencas sedimentarias			581.664
Tectónica			463.258
Unidades hidrogeológicas			-473.666
Estratigrafía			-272.178
Permeabilidad según EVE			-148.853
Interacciones entre variables discretas			
Tectónica	vs	Estratigrafía	-732.585
Tectónica	vs	Permeabilidad (EVE)	528.29
Dominios hidrogeológicos	vs	Estratigrafía	425.157
Dominios hidrogeológicos	vs	Permeabilidad (EVE)	-489.286
Dominios hidrogeológicos	vs	Uso_1	322.815
Dominios hidrogeológicos	vs	Uso_2	-175.962
Dominios hidrogeológicos	vs	Orientación del terreno	-162.23
Estratigrafía	vs	Litología	63.0135
Estratigrafía	vs	Permeabilidad (EVE)	267.423
Estratigrafía	vs	Hipsometría	106.45
Estratigrafía	vs	Pendiente del terreno	-188.722
Estratigrafía	vs	Tipo de información	210.569
Litología	vs	Uso_1	-135.081
Litología	vs	Hipsometría	-124.529
Litología	vs	Pendiente del terreno	227.557
Litología	vs	Tipo de información	-178.819
Uso_1	vs	Índice topográfico	40.4065
Uso_2	vs	Tipo de información	-194.654
Hipsometría	vs	Tipo de información	101.165
Orientación del terreno	vs	Tipo de información	120.266

Una vez concluida la etapa de estimación de los coeficientes de las regresiones, se procedió a la validación de los resultados y la detección de casos y situaciones factibles de ser modificadas. Como resultado de ello, se realizaron los siguientes tipos de modificaciones en los resultados de la estimación.

En primer lugar se modificaron los valores modales de H_u , K_s y K_p en diferentes sectores del área de trabajo. En la zona este de la comarca de Tolosaldea, se modificaron los valores de H_u , aumentándolos y los valores de K_s , reduciéndolos suavemente. En la parte de la unidad hidrológica Ega perteneciente a Navarra, se procedió a aumentar los valores de H_u y K_p y finalmente en el Ebro y en la zona Oeste de Bizkaia se procedió a reducir suavemente los valores de H_u , permaneciendo sin cambio los valores de K_s y K_p .

Una vez realizadas las modificaciones, se procedió a una nueva estimación de valores con el mismo modelo de variabilidad, conservando por tanto la estimación de la tendencia obtenida en etapas anteriores.

Las estimaciones hasta este punto estaban centradas en el perfil del suelo. Este proceso carecía de fiabilidad en las zonas de permeabilidad alta y muy alta del mapa de permeabilidad, por lo que se incrementaron por adición los valores estimados de K_p en las celdas incluidas en zonas de permeabilidad alta o muy alta.

En las celdas con suelos tipo rendsinas se incrementó su permeabilidad K_s por adición y finalmente se procedió a anular los valores de H_u y K_s en las celdas cuyo uso del suelo fuera urbano o se tratara de embalses o cuerpos de agua.

La Fig. 20, la Fig. 21 la Fig. 22 son los mapas de los resultados finales obtenidos a escala de celda. Cabe destacar la mayor homogeneidad en la variabilidad apreciada entre el Norte y el Sur, comparada con la situación que aparece al representar los valores modales a escala de unidad cartográfica.

Fig. 20. Capacidad máxima de almacenamiento estático en la capa superior del suelo (mm)

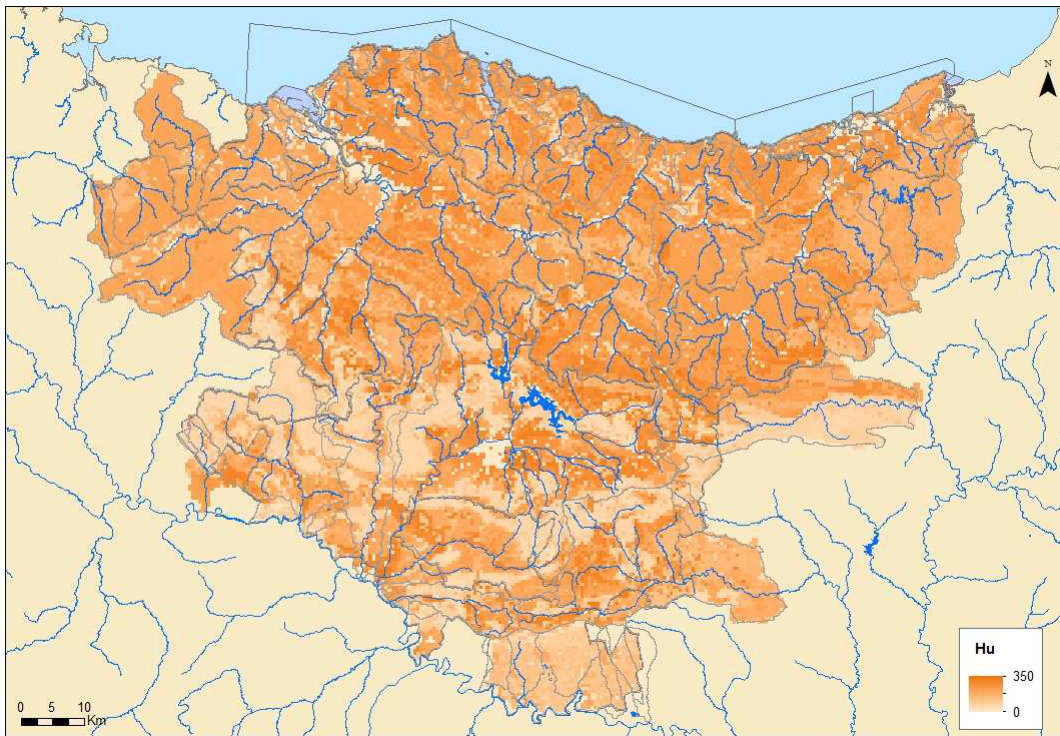


Fig. 21. Capacidad de percolación del estrato rocoso (cm/h)

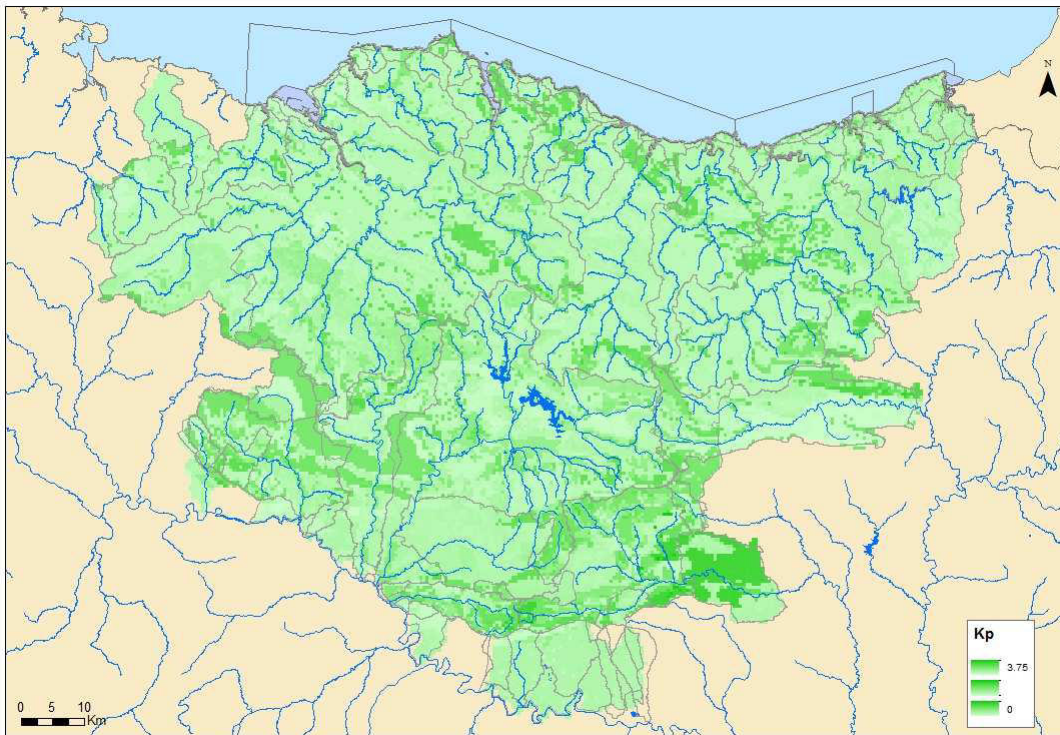
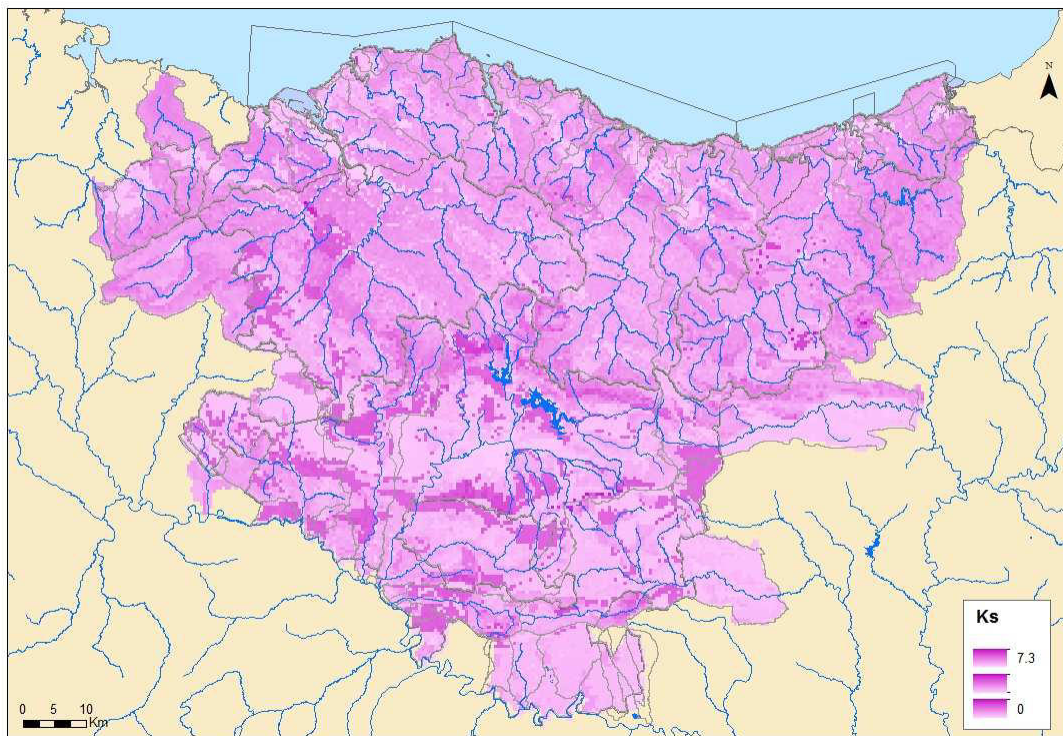


Fig. 22. Capacidad de infiltración del suelo (cm/h)



Por otro lado, la versión 8.1 de TETIS que se ha utilizado en este estudio requiere la creación de tres nuevos mapas de parámetros, que son:

- Kss o conductividad hidráulica para el interflujo
- Ksa o conductividad hidráulica saturada del acuífero
- Kps o capacidad de pérdidas del acuífero

La falta de información adicional y la manera de integración de estos nuevos mapas de parámetros en el modelo ha hecho que tal y como se describe en su manual de uso hayan adoptado los mismos mapas para Kss y Ks y Ksa y Kp respectivamente. En el caso de Kps, se estima que su valor ha de ser un décimo de la tasa de percolación Kp.

Fig. 23. Capacidad de pérdidas del acuífero (cm/h)



3. Simulación

3.1. Descripción del modelo

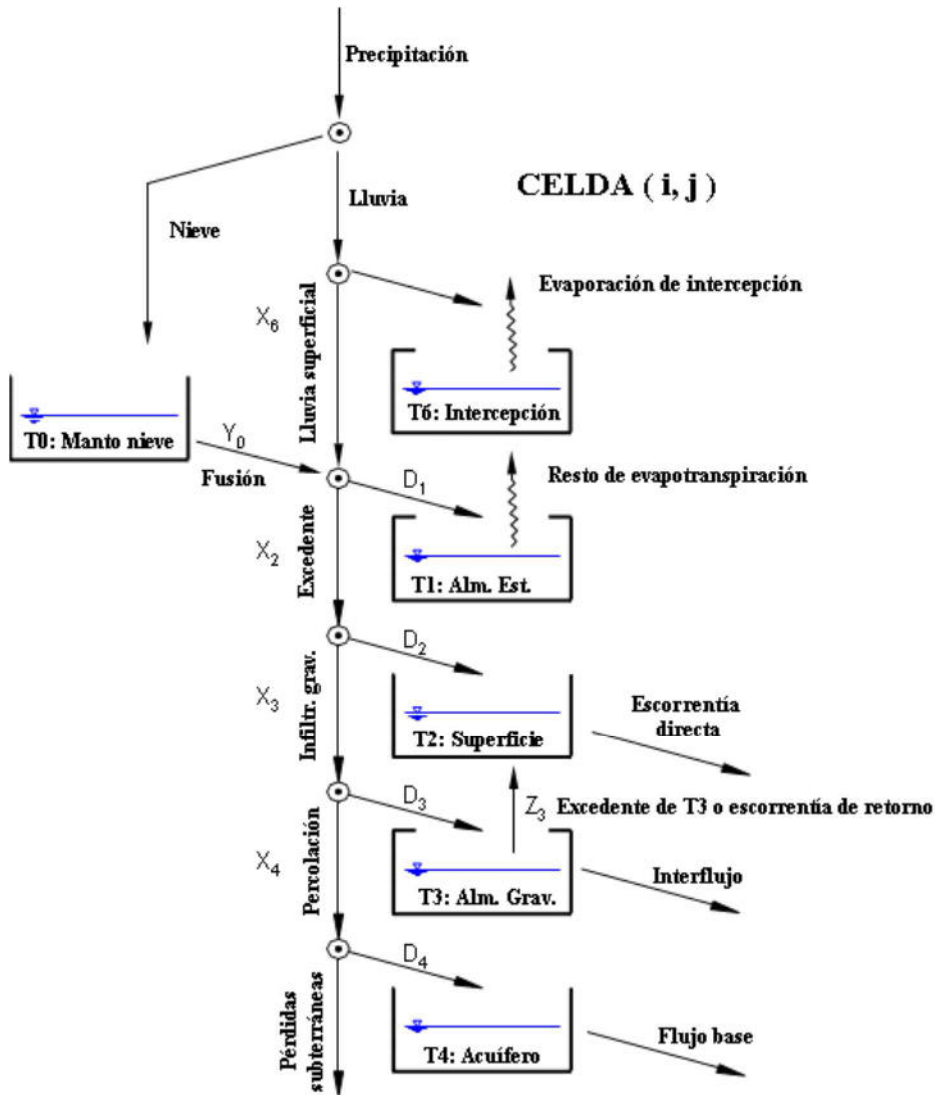
El Modelo TETIS v.8.1 es un modelo de simulación hidrológica, desarrollado y actualizado por la Universidad Politécnica de Valencia, de tipo distribuido, que permite obtener la respuesta hidrológica ocasionada por la precipitación de la lluvia o de la nieve, teniendo en cuenta los diferentes procesos físicos involucrados y empleando la modelación distribuida de tipo conceptual.

Permite la simulación de los siguientes procesos hidrológicos:

- Intercepción: Porción de la precipitación retenida por objetos superficiales tales como las cubiertas vegetales y los tejados.
- Retención: Denominada también almacenamiento en depresión. Es el agua retenida que no es capaz de salir como escorrentía superficial, por lo que debe evaporarse o infiltrarse en el suelo. En los casos en los que este proceso sea significativo, puede modificar la respuesta de la cuenca.
- Infiltración: Proceso de entrada de agua al suelo a través de la superficie del terreno.
- Evapotranspiración: Proceso por el cual el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso a través de la transferencia de energía calorífica.
- Fusión de nieve: Proceso mediante el cual se obtiene la cantidad de agua líquida producida por el derretimiento de la nieve acumulada en superficie.
- Percolación: Movimiento de agua infiltrada a través del suelo.
- Recarga del acuífero: Agua percolada a través del suelo que alcanza el acuífero.
- Escorrentía superficial: Parte de la lluvia que no es interceptada, detenida, evaporada o infiltrada y que fluye sobre las laderas.
- Flujo subsuperficial: Agua previamente infiltrada que circula a través del suelo.
- Flujo base: Agua infiltrada que circula a través del acuífero.

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 seis niveles o tanques de almacenamiento conceptuales y conectados entre sí (más un séptimo de cauces cuando lo haya en la celda), como puede observarse en la siguiente figura:

Fig. 24. Esquema conceptual de tanques a nivel de celda del modelo TETIS

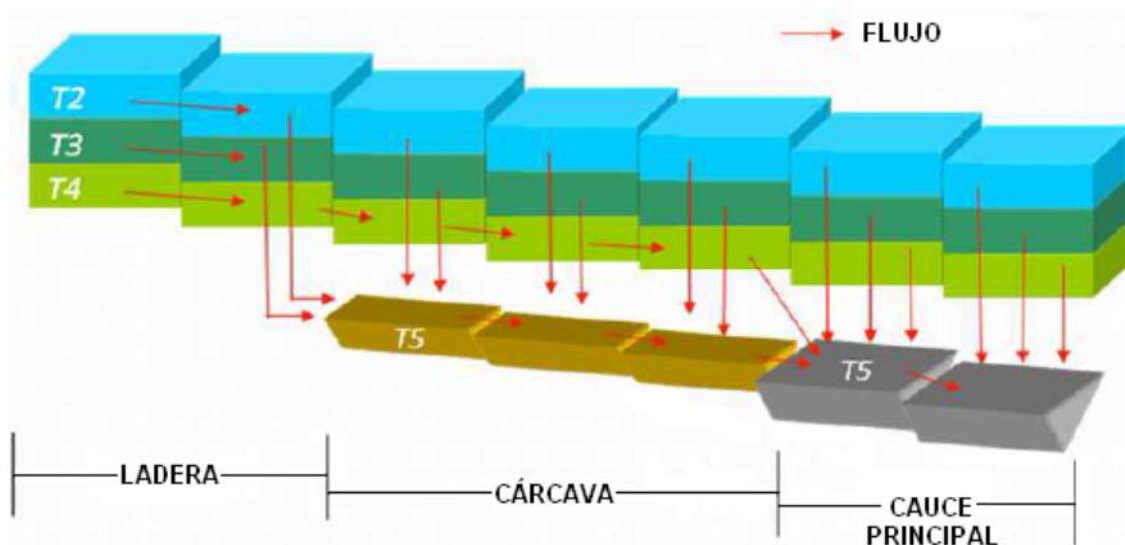


Fuente: Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica. Tetis. V. 8.1.

El flujo entre los tanques es función del agua almacenada en ellos, por lo que las variables de estado son los volúmenes almacenados en cada uno de los tanques. La función que relaciona el flujo con estas variables de estado es función del esquema conceptual adoptado, del tipo de tanque y de las características morfológicas de la celda e hidrológicas del suelo en la misma.

La conceptualización del modelo TETIS puede presentarse también como una malla interconectada en tres dimensiones (Fig. 25), los tres tanques inferiores drenan hacia el correspondiente tanque aguas abajo, siguiendo las direcciones del flujo propuestas por el modelo digital del terreno, hasta alcanzar la red de drenaje constituida por cárcavas y cauces.

Fig. 25. Movimiento horizontal propuesto por el modelo TETIS



Fuente: Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica. Tetis. V. 8.1.

Para las celdas que no pertenecen a un área de karst, el sistema presenta tres elementos diferenciados, definidos por las áreas umbrales para que las diferentes componentes de la escorrentía salgan a la superficie. Además, estas áreas coinciden con la presencia de una incisión permanente en el terreno en donde se concentran los flujos, ya sea en cárcavas o en cauces.

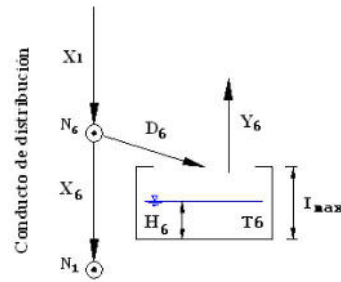
Por su parte, en las celdas que pertenecen a un área de karst la transferencia de la escorrentía directa se hace también de acuerdo al concepto de áreas umbrales, mientras que la transferencia del flujo a la red de drenaje no ocurre de acuerdo con este concepto. En este caso el interflujo (que representa el drenaje más rápido del acuífero kárstico) y el flujo base (que actúa como el drenaje más lento) salen a la superficie, y por lo tanto a la red de drenaje, en un punto de manantial.

Un acuífero kárstico puede exceder los límites superficiales de una cuenca hidrográfica y por lo tanto el punto de manantial asociado puede estar drenando un área superior a la que calcula el modelo TETIS. Este incremento de flujo kárstico será proporcional al área del acuífero que queda excluida de la cuenca hidrográfica superficial y se expresará como porcentaje de incremento respecto al flujo kárstico calculado por el modelo TETIS. En el caso en que el área del acuífero kárstico que drena a cierto manantial sea inferior a la calculada por el modelo TETIS, el porcentaje será de decremento (negativo).

A continuación se muestra de manera sucinta, las relaciones funcionales entre los almacenamientos y la red de drenaje. (Una descripción más detallada del funcionamiento de cada uno de los tanques puede encontrarse en Anejo I.

3.1.1. El tanque de interceptación

El primer almacenamiento, denominado almacenamiento de interceptación (o interceptación) T6 representa el agua interceptada por la cubierta vegetal durante un episodio de lluvia y que sólo sale de ella por evaporación directa desde la superficie de las hojas; por lo tanto no forma parte de la escorrentía.



La cantidad de agua que se deriva del primer nodo del conducto distribuidor, \$N_6\$, y que no ingresa al almacenamiento de intercepción, \$X_6\$, denominada lluvia superficial, depende del contenido de humedad de la superficie de las hojas (representado por la cantidad de agua almacenada, \$H_6\$, en el tanque \$T_6\$), de las características de la cubierta vegetal (representadas por \$I_{max}\$) y de la cantidad de lluvia \$X_1\$. TETIS emplea la siguiente relación:

$$X_6 = \text{Max}[0, X_1 - I_{max} \cdot \lambda_v(t) + H_6]$$

Siendo \$\lambda_v\$ el factor de vegetación o cubierta del suelo que tiene en cuenta del estado de la vegetación durante los 12 meses (\$t=1, 12\$). El factor \$\lambda_v\$ puede variar entre 0 y 1, donde el valor 0 corresponde a ausencia de vegetación y el valor uno a su estado optimo.

\$I_{max}\$ representa la capacidad máxima de intercepción de agua del grupo funcional de vegetación en condiciones de máximo follaje.

Se procede a estimar la cantidad de agua que representa la evaporación directa \$Y_6\$ mediante una formulación simple:

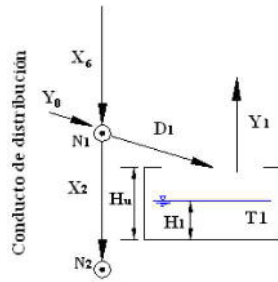
$$Y_6 = \text{Min}[ETP \cdot \lambda_v(t) \cdot FC_2, H_6]$$

En donde ETP es la evapotranspiración potencial (variable a lo largo del tiempo en cada estación de medición), \$\lambda_v\$ es el factor de vegetación o cubierta del suelo que modifica la ETP (12 valores mensuales para cada tipo de cubierta) y \$FC_2\$ es un factor corrector que debe ser cercano a uno.

De acuerdo con lo propuesto en el modelo, el agua excedente del proceso de intercepción o lluvia directa continúa su recorrido por el conducto distribuidor desde donde en los nodos siguientes se va derivando hacia los almacenamientos de los distintos componentes de la escorrentía.

3.1.2. El almacenamiento estático y las pérdidas por evapotranspiración

El segundo almacenamiento, denominado almacenamiento estático \$T_1\$ representa el agua que transita por la cuenca y que sólo sale de ella por evapotranspiración y por lo tanto no forma parte de la escorrentía. Tiene en cuenta la detención del agua en charcos (podría también incluir la intercepción) y el agua que se retiene en el suelo por las fuerzas capilares.



De acuerdo con la configuración del modelo, la lluvia superficial X_6 entra al conducto distribuidor del que se deriva una cantidad D_1 para el primer almacenamiento o tanque. Se supone que este tanque tiene una capacidad máxima igual a la suma de la capacidad de almacenamiento de “agua útil” en el suelo y la capacidad de la superficie para almacenar agua en los charcos.

La cantidad de agua que se deriva del segundo nodo del conducto distribuidor, N_1 , y que ingresa al almacenamiento estático, D_1 , depende en general del contenido de humedad del suelo (representado por la cantidad de agua almacenada, H_1 , en el tanque T1), de las características del suelo (representado parcialmente por el agua útil, H_u) y de la cantidad de lluvia superficial, X_6 . A este almacenamiento no puede ingresar una cantidad superior a la que corresponde al espacio disponible en el almacenamiento estático del suelo. TETIS emplea la siguiente relación:

$$D_1 = \min \left\{ (X_6 + Y_0) \cdot \left(1 - \frac{H_1}{H_u \cdot FC_1} \right)^{p_0} ; H_u \cdot FC_1 - H_1 \right\}$$

Donde Y_0 representa el aporte por fusión de nieve, H_1 el contenido de agua del tanque T1, H_u representa la capacidad máxima del tanque T1 y p_0 un exponente que determina cuando empieza a haber un excedente, X_2 . FC_1 es un factor corrector que multiplica de forma directa el almacenamiento estático o agua útil y que debe ser cercano a uno.

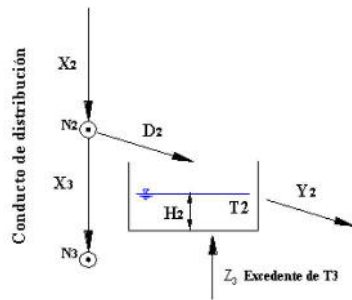
Para describir la cantidad de agua que se deriva del segundo nodo del conducto distribuidor, N_1 , y que no ingresa al almacenamiento estático, X_2 , TETIS emplea la siguiente relación:

$$X_2 = \text{Max}[0, X_6 + Y_0 - D_1]$$

De acuerdo con lo propuesto en el modelo, el agua que no ingresa al almacenamiento estático T1, sigue su camino por el conducto de distribución, donde en los nodos siguientes se va derivando hacia los almacenamientos de las distintas componentes de la escorrentía.

3.1.3. El almacenamiento superficial y la escorrentía directa (respuesta rápida)

El segundo nivel representa el agua que se encuentra en la superficie y es susceptible de moverse superficialmente por la ladera (escorrentía directa) o de infiltrarse al nivel inferior. En este modelo el almacenamiento del flujo superficial T2 se ilustra el segundo nodo en el que hay una derivación D_2 hacia el almacenamiento del flujo superficial en la ladera (mecanismo de Horton de producción de escorrentía) y el excedente Z_3 que se produce cuando se excede la capacidad máxima del almacenamiento gravitacional T3 (mecanismo de Dunne de producción de escorrentía).



En este almacenamiento se representa el agua mientras fluye por la ladera, esta ocurre por una delgada capa que se va concentrando en una pequeña red de surcos y pequeñas depresiones o canales hasta que pasa a los elementos de la red de drenaje.

El almacenamiento superficial se alimenta del flujo derivado del conducto distribuidor en \$N_2\$ y del excedente \$Z_3\$ proveniente del almacenamiento gravitacional \$T_3\$. La cantidad que se deriva desde el nudo \$N_2\$ para escorrentía superficial depende de la capacidad del suelo para dejar pasar el agua gravitacional y del estado del almacenamiento en la capa superior del suelo. El excedente que se deriva desde el almacenamiento gravitacional depende de la capacidad máxima del tanque \$T_3\$ y del estado del mismo almacenamiento.

La cantidad que se deriva para escorrentía superficial depende de la capacidad del suelo para dejar pasar el agua gravitacional (conductividad hidráulica en la capa superior del suelo en condiciones de saturación) y del estado del almacenamiento en la capa superior del suelo.

La cantidad de agua que sigue por el conducto distribuidor \$X_3\$ (infiltración gravitacional), se relaciona con la capacidad del suelo para dejar pasar el agua a su interior con humedades por encima de la capacidad de campo \$k_s\$, por el intervalo de tiempo \$\Delta t\$ y con el flujo excedente del almacenamiento estático \$X_2\$, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$X_3 = Min[X_2, \Delta t \cdot k_s \cdot FC_3]$$

Siendo \$FC_3\$ el factor corrector correspondiente, que debido al efecto de escala espacial y temporal, cabe esperar que se encuentre en el entorno de 0.2.

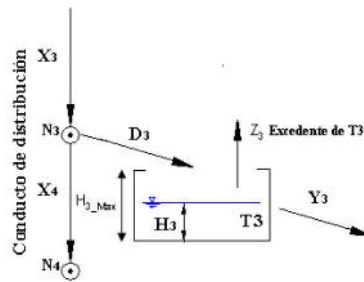
Para el flujo superficial en cada celda se supone que la ladera se puede representar por un canal equivalente. Este canal es tal que si se pone toda la escorrentía superficial a pasar a través de él, al final del período tenemos la misma cantidad almacenada que se tiene en la realidad sobre la ladera, entre los pequeños surcos de la microtopografía.

El valor de la escorrentía depende de la cantidad almacenada en el tanque. El modelo considera que el almacenamiento gravitacional en el suelo se puede dividir en dos partes: una capa superior donde por lo general se tiene una mayor permeabilidad y una capa inferior donde se tienen permeabilidades más bajas (trayectorias más largas, menores gradientes) y la respuesta es más lenta.

3.1.4. El almacenamiento gravitacional y el interflujo (respuesta intermedia)

El tercer nivel se puede entender como el agua gravitacional almacenada en el suelo. Parte de este volumen pasa al nivel inferior por percolación, otra parte produce el interflujo y otra fracción puede volver en superficie como escorrentía de retorno.

El almacenamiento en la capa superior de suelo T3, representa el almacenamiento del agua mientras fluye lateralmente a través de la capa superior del suelo y hacia la red de drenaje.



De acuerdo con lo propuesto en el modelo, (en el intervalo de tiempo Δt), se tiene una cantidad de agua gravitacional X_3 que se mueve verticalmente hacia el interior del suelo.

De esta cantidad, una parte X_4 podrá percolar o seguir hacia la zona inferior del suelo, mientras que el resto del agua se deriva al almacenamiento superior del suelo por encima de capacidad de campo, donde se convertirá en interflujo o en escorrentía de retorno si se excede la capacidad máxima del almacenamiento gravitacional, H_{3_Max} .

La cantidad de agua que puede continuar hacia la zona inferior del suelo durante el intervalo de tiempo se puede asociar con el flujo excedente del almacenamiento del flujo superficial en ladera, X_3 , y la conductividad hidráulica en la capa inferior del suelo (subsuelo) en condiciones de saturación que se conoce como capacidad de percolación k_p .

$$X_4 = Min[X_3 \cdot \Delta t \cdot k_p \cdot FC_5]$$

Siendo FC_5 un factor corrector que, debido a los efectos de escala espacial y temporal se debe situar en el entorno de 0.2.

Para la producción de escorrentía subsuperficial en la ladera se hace una formulación análoga a la presentada en el almacenamiento T2 para obtener la siguiente relación:

$$\alpha = 1 - \frac{\Delta x}{FC_6 \cdot k_{ss} \cdot \Delta t + \Delta x}$$

En donde se considera que FC_6 es un factor corrector de la conductividad horizontal saturada k_{ss} .

En el caso de una celda de tipo karst, este flujo representa el drenaje más rápido desde el acuífero.

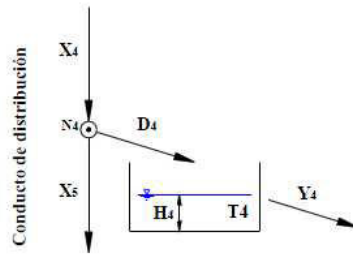
3.1.5. El almacenamiento subterráneo y el flujo base (respuesta lenta)

El cuarto nivel representa al acuífero. Las salidas corresponden a las pérdidas subterráneas (para la cuenca modelada) y el flujo base de los cauces.

El almacenamiento subterráneo considera el almacenamiento del agua gravitacional mientras fluye a través del interior del suelo hacia la red de drenaje, en lo que se podría considerar como el acuífero, y de donde sale para formar el flujo base.

El tanque T4 recibe agua del conducto de distribución en el nodo N_4 . El volumen de agua que durante el intervalo de tiempo ingresa por percolación, X_4 , se lleva por el conducto distribuidor hasta el nudo N_4

donde se tiene la posibilidad de que una cantidad de agua siga hacia las pérdidas subterráneas, X_5 , y que el resto, D_4 , sea derivado hacia el almacenamiento subterráneo T4.



En algunos casos se tienen condiciones geológicas y/o de intervención humana en la cuenca en las que la magnitud de estos volúmenes de flujo es importante y por lo tanto se deben tener en cuenta para la modelación. En algunas situaciones la explotación de acuíferos involucra grandes volúmenes de agua y una buena parte del agua, que de otro modo haría parte del flujo base, fluye hacia los sitios de explotación.

Para las pérdidas subterráneas el modelo TETIS emplea la siguiente expresión:

$$X_5 = \text{Min}[Y_4, \Delta t \cdot k_{ps} \cdot FC_7]$$

En donde k_{ps} es la velocidad de percolación en la zona profunda del suelo.

Para la representación del flujo a través del almacenamiento subterráneo, en cada una de las celdas se utiliza la ecuación de continuidad y una ecuación que relaciona la tasa de flujo que sale de este almacenamiento con la cantidad de agua almacenada. Del mismo modo que en los almacenamientos anteriores y siendo FC_8 un factor corrector, el modelo TETIS emplea la siguiente relación para estimar las salidas del almacenamiento subterráneo:

$$\alpha = 1 - \frac{\Delta x}{FC_8 \cdot k_{sa} \cdot \Delta t + \Delta x}$$

En donde k_{sa} corresponde a la conductividad hidráulica horizontal saturada del substrato.

Posteriormente y después de hacer los cálculos en todos los tanques de almacenamiento en la celda se tiene el volumen que había en el canal más el que ingresa durante el intervalo, suma que constituye el volumen total del tramo. Se procede entonces a calcular la velocidad del flujo para realizar la traslación hacia las celdas aguas abajo.

Debe tenerse muy en cuenta que este valor depende de la cantidad almacenada en el tanque, por lo tanto en ocasiones puede observarse insensibilidad en este parámetro, pero se debe a que no hay suficiente agua dentro del almacenamiento T4.

En el caso de una celda de tipo karst, este flujo representa el drenaje lento del acuífero.

3.2. Síntesis de los datos necesarios para el modelo

En primer lugar, para ejecutar el modelo se requiere la información básica que proviene del modelo digital de elevación del terreno MED, y de la cual se pueden obtener los siguientes mapas:

- Mapa con las direcciones de drenaje, para establecer las conectividades entre las diferentes celdas.
- Área de drenaje acumulada en cada celda. Se requiere para la estimación de la velocidad y el área del flujo en la metodología de traslación por medio de la onda cinemática geomorfológica.
- Mapa de pendientes, necesario para estimar la velocidad superficial de la escorrentía y para determinar la velocidad y el área del flujo mediante la metodología de la onda cinemática geomorfológica.
- Altura sobre el nivel del mar, es necesaria para la interpolación de la precipitación, la temperatura y de la altura de agua equivalente de nieve en cada celda.
- Mapa de la zona cubierta con nieve en el instante inicial de la simulación.

La información del episodio de lluvia también es considerada como básica y debe incluir las series temporales de lluvia, volúmenes y niveles de embalses, caudales de salida en los embalses, caudales en las estaciones de aforo, evapotranspiración, altura equivalente de agua, temperatura y aportes o retenciones de caudal.

Finalmente, toda la información relacionada con los embalses y sus curvas características es también necesaria para poder realizar los cálculos.

Los parámetros del modelo tienen que ser estimados previamente y, por lo tanto, pueden tratarse como información disponible. Básicamente se trata de los parámetros del suelo, de la cubierta vegetal, de los parámetros geomorfológicos con validez regional y de los parámetros de la fusión de nieve.

Con base en información de topología, usos de suelo, litología y geología se obtienen varios mapas con las características del suelo, representadas por:

- Almacenamiento estático H_u . Incluye la capacidad de almacenamiento capilar del suelo y las abstracciones iniciales.
- Permeabilidad superficial o conductividad hidráulica saturada del suelo k_s . Interviene en la infiltración y el interflujo.
- Conductividad hidráulica horizontal saturada del suelo k_{ss} . Infiuye en el interflujo.
- Capacidad de percolación o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso k_p . Pretende incluir el proceso de percolación, las pérdidas subterráneas y el flujo base.
- Conductividad hidráulica horiozontal saturada del estrato rocoso k_{sa} . Pretende incluir el proceso del movimiento del flujo base.
- Capacidad de percolación profunda o conductividad hidráulica saturada del estrato rocoso k_{ps} . Pretende incluir el proceso de las pérdidas subterráneas.
- Velocidad del flujo superficial en ladera v_t
- Contenido óptimo de humedad en el suelo (θ^*)
- Tipo de cubierta vegetal y su factor de vegetación a lo largo del año λ_v .
- Mapa con índices de Zonas de riego

El modelo TETIS emplea además nueve parámetros geomorfológicos según las siguientes relaciones geomorfológicas de tipo potencial entre:

- Relación entre el caudal a sección llena Q_b con el área acumulada de la cuenca Λ . Siendo κ el coeficiente y ϕ el exponente según la expresión:

$$Q_b = \kappa \cdot \Lambda^\phi$$

- Relación entre el ancho de la sección transversal a sección llena w_b y el caudal a sección llena Q_b . Siendo c_1 el coeficiente y ε_1 el exponente según la expresión:

$$w_b = c_1 \cdot Q_b^{\varepsilon_1}$$

- Relación entre el ancho de la sección transversal w y el caudal Q . Siendo c_2 (*) el coeficiente y ε_2 el exponente según la expresión:

$$w_t = c_2 \cdot Q_t^{\varepsilon_2}$$

(*): En la expresión anterior, no es necesario estimar un valor para el coeficiente c_2 , al estar completamente determinado en función del caudal a banca llena y del ancho de la sección dominante. En efecto, si $Q_t=Q_b$: $w=w_b$, $\therefore c = w_b \cdot Q_b^{-\varepsilon_2}$

- Relación entre el diámetro característico del sedimento d , la pendiente del cauce s_0 y el calado y . Siendo c_d el coeficiente y θ el exponente, según la expresión:

$$d = c_d \cdot (y s_0)^{\theta}$$

- Relación entre el coeficiente de rugosidad n y el diámetro característico del sedimento d . Siendo c_n el coeficiente y ξ el exponente según la expresión:

$$n = c_n \cdot d^{\xi}$$

Por tratarse de parámetros que sólo se actualizan cuando se dispone de nueva información geomorfológica, también se pueden considerar como datos.

El modelo de producción y el modelo de traslación presentados en TETIS incluyen unos factores correctores que corrigen de forma global los diferentes parámetros, permitiendo una calibración (manual o automática) rápida y ágil de los diferentes procesos representados aprovechando la información utilizada en su estimación previa. Estos factores correctores tratan de corregir los errores siguientes:

- De estimación inicial de los parámetros
- En la información hidrometeorológica de entrada al modelo
- En el propio modelo
- Efectos de escala espacio-temporal

Los factores correctores que afectan directamente la producción de escorrentía son:

- FC₁. Almacenamiento estático
- FC₂. Evapotranspiración
- FC₃. Infiltración
- FC₄. Escorrentía directa
- FC₅. Percolación
- FC₆. Interflujo
- FC₇. Pérdidas subterráneas
- FC₈. Flujo base

Para la traslación de la onda cinemática geomorfológica se emplea un factor corrector para la velocidad de la onda, FC_9 .

Es necesario establecer también el estado de humedad inicial del proceso de simulación en cada uno de los almacenamientos o tanques. Este valor, común para cada tanque dentro de una región, se asigna de la siguiente forma:

- H_1 , almacenamiento estático, que está dado como un porcentaje de su capacidad máxima.
- H_2 , almacenamiento superficial, dado como una cantidad de agua disponible, normalmente nula o muy baja.
- H_3 , almacenamiento gravitacional, dado como una cantidad de agua disponible desde el inicio del episodio.
- H_4 , estado inicial del acuífero, dado como una cantidad de agua al inicio del evento.
- H_5 , estado inicial de cárcavas y cauces, dado como un porcentaje del caudal a sección llena
- H_6 , estado inicial del tanque de intercepción, dado como un porcentaje del valor máximo de almacenamiento
- H_0 , estado inicial del tanque de nieve, dado como una altura equivalente de agua.

Estas variables de estado se establecen globalmente, es decir, son iguales para todas las celdas en cada una de las regiones geomorfológicamente homogéneas. Para cada evento estos valores son variables y deben ser calibrados mediante el proceso de ensayo y error.

3.3. Calibración de los factores correctores

Calibrar un modelo es el procedimiento de asignar valores a los parámetros en la búsqueda de la máxima coherencia entre el objetivo planteado y la herramienta a utilizar.

La calibración en los modelos lluvia-escorrentía debe tener en cuenta el tipo de información que emplea el modelo, evaluando su calidad y su proceso de obtención, para hacerla así compatible con los algoritmos de simulación.

Los elementos que pueden ser calibrados manual o automáticamente en TETIS son los descritos en el apartado previo:

- Los factores correctores de los procesos de producción y propagación de la escorrentía.
- Los valores iniciales de las variables de estado de almacenamiento.
- Los coeficientes de correlación con la altura para la interpolación espacial.

En los casos en los que se disponía de información previa, los valores de los factores correctores iniciales fueron los estimados en el estudio de "Evaluación de los Recursos Hídricos Totales en el ámbito de la CAPV" (2003) o en la "Calibración del modelo hidrológico Tetis para simulación de avenidas" (2011), obteniendo una primera calibración automática mediante la maximización de la función objetivo de Nash. Una vez analizados los resultados iniciales y teniendo en cuenta que el índice de Nash sesgaba los resultados hacia caudales máximos y en nuestro ámbito de trabajo eran más interesantes y difíciles de reproducir los caudales en estiaje, se realizó un ajuste manual, sobre todo en el caso de los factores FC_1 (almacenamiento estático), FC_3 (infiltración), FC_5 (percolación), FC_6 (flujo subsuperficial) y FC_8 (flujo base), directamente relacionados con los mapas de parámetros del suelo.

La precisión en la simulación se dio por la medida de las diferencias entre lo simulado y lo realmente observado. Los criterios finalmente utilizados fueron los siguientes:

- Visualización conjunta de los hidrogramas observado y simulado
- Balance general del agua obtenido de la forma:

$$\%errVol = \frac{\hat{V}_p - V_o}{V_o} \times 100\%$$

Siendo \hat{V}_p el volumen total simulado y V_o el volumen total observado. Valores positivos indican subestimación y valores negativos sobrestimación.

El criterio para aceptar las calibraciones, fue subjetivo y en todos los casos justificado ante la Dirección Técnica. Con carácter general se persiguió la adecuada calibración del régimen de estiaje, teniendo en cuenta la importancia capital de estas condiciones, combinada con un balance hídrico anual equilibrado.

A continuación se muestra una tabla con las estaciones seleccionadas para el proceso de calibración / validación con sus nuevas coordenadas y el área de drenaje estimada por el modelo TETIS, la cual varía de acuerdo a la nueva discretización espacial con respecto a las obtenidas con el modelo digital del terreno inicial.

Tab. 24. Localización de las estaciones de aforo empleadas en la calibración

Unidad Hidrológica	Estación	UTM X	UTM Y	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie GIS (km ²)	Superficie TETIS (km ²)
Bidasoa	F1W1 Endara	599575	4791487	599653	4791540	6.28	6.50
Oiartzun	E1W1 Oiartzun	590556	4795682	590000	4796000	56.60	69.50
Urumea	D2Z1 Ereñozu	586314	4788243	586500	4788000	216.17	208.75
Oria	C2Z1 Agauntza	567111	4763165	567500	4761500	70.67	70.50
Oria	C5Z1 Alegia	573047	4772479	572500	4772000	330.18	335.25
Oria	C3Z1 Amundarain	569269	4764882	569500	4766000	28.82	35.00
Oria	C1W3 Arriaran	562209	4769961	563000	4770000	2.77	2.50
Oria	C7Z1 Berastegi	577553	4777108	576000	4776000	28.58	32.75
Oria	C1Z2 Estanda	563701	4766917	563500	4767000	54.89	55.50
Oria	C4Z1 Ibiur	571837	4768338	571837	4768338	5.96	6.25
Oria	C9Z1 Lasarte	579537	4789327	579537	4789327	791.93	785.50
Oria	C8Z1 Leitzaran	580084	4784631	581000	4782500	114.02	109.75
Oria	SC17 Salubita	573017	4775063	573017	4775063	13.09	13.00
Urola	B1Z1 Aitzu	555192	4773691	554500	4773500	56.49	57.25
Urola	B2Z1 Aizarnazabal	561436	4789525	560500	4788500	273.14	268.25
Urola	B1W1 Barrendiola	553011	4761520	553500	4761500	3.80	4.75
Urola	B1Z2 Ibai Eder	560566	4780543	561000	4780000	65.32	64.00
Urola	B1Z3 Matxinbenta	562337	4773699	563000	4774000	13.69	18.25
Deba	A2Z1 Aixola	540642	4778125	541500	4780500	4.68	4.75
Deba	A3Z1 Altzola	548997	4787833	548500	4786500	460.92	452.25
Deba	A1Z2 Oñati	545877	4767884	546000	4767500	99.35	100.25
Deba	A1Z1 San Prudentzio	545076	4770206	544000	4769500	122.96	121.50
Deba	A1Z3 Urkulu	543083	4762461	543500	4761000	10.07	7.25
Artibai	AR01 Iruzubieta	538580	4789618	538580	4789618	24.15	26.25
Lea	LE02 Oleta	539920	4799219	539500	4798500	69.40	57.00
Oka	OK01 Muxika	525325	4793010	525500	4792500	31.31	26.25
Butroe	G057 Munguia	512568	4801183	510500	4801000	106.35	106.00
Ibaizabal	NB05 Abusu	507125	4788280	508000	4788500	1001.53	1009.25

Tab. 24. Localización de las estaciones de aforo empleadas en la calibración

Unidad Hidrológica	Estación	UTM X	UTM Y	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie GIS (km ²)	Superficie TETIS (km ²)
Ibaizabal	IB03 Amorebieta	521800	4785098	522000	4785000	233.46	225.00
Ibaizabal	AS01 Sangroniz	505714	4792915	506000	4793500	52.30	56.75
Ibaizabal	IB01 Elorrio	536000	4775388	536000	4775500	29.40	29.50
Ibaizabal	NB12 Gaiartu	512124	4772092	512124	4772092	10.28	10.50
Ibaizabal	NB02 Gardea	501695	4774945	500500	4772500	188.69	190.50
Ibaizabal	IB11 Mañaria	528840	4776829	529000	4777000	18.71	23.50
Ibaizabal	IB21 Orobios	526365	4782396	526365	4782396	20.50	21.85
Ibaizabal	NB11 Orozko	506973	4770422	506500	4769500	117.93	112.50
Ibaizabal	NB01 Saratxo	499783	4764591	499000	4763500	87.69	90.50
Ibaizabal	IB32 Urkizu	518620	4781370	518500	4781000	128.44	136.50
Ibaizabal	NB04 Zarátamo	509916	4785232	509000	4784500	509.45	513.50
Ibaizabal	GO02 Larrañazubi	500162	479963	501000	4799500	10.14	10.25
Ibaizabal	KD01 Balmaseda	482310	4780490	482000	4780000	195.64	195.00
Ibaizabal	KD12 Herrerías	496487	4783298	496500	4782500	254.50	252.25
Agüera	AG01 Pando	479138	4791671	479000	4792000	49.29	51.00
Karrantza	KR02 Karrantza	468980	4788860	469000	4788500	112.63	114.50
Omecillo	A188 Berguenda	496340	4736163	497000	4738000	349.77	331.50
Baia	CHE165Baia	505836	4726133	506750	4730750	322.61	276.50
Zadorra	CHE074 Arce	508519	4725103	508500	4724500	1356.18	1359.25
Zadorra	CHE75 Ayuda	509725	4725578	511500	4726000	307.76	305.50
Inglares	SA01 Peñacerrada	522219	4721511	522500	4720500	48.3	40.50
Ega	AN311 Arquijs	558722	4725951	559000	4726000	406.24	394.25
Arakil	AN433 Etxarren	593699	4752287	593500	4752000	407.00	370.25

En general, el proceso de calibración se ha llevado a cabo de forma independiente para aquellas estaciones de aforo cuya cuenca vertiente fuese lo suficientemente representativa como para que fuera necesaria una calibración distinta de la de la cuenca general. El resto de estaciones de aforo han sido utilizadas para la fase de validación.

En total se han calibrado 48 estaciones, una por cuenca excepto en el Oria, Urola, Deba, Ibaizabal y Zadorra.

Los parámetros utilizados para la realización de estas calibraciones han sido los siguientes:

- FC1: Almacenamiento estático
- FC2: Evapotranspiración
- FC3: Infiltración
- FC4: Escorrentía directa
- FC5: Percolación
- FC6: Flujo subsuperficial
- FC7: Pérdidas subterráneas
- FC8: Flujo base
- FC9: Velocidad en los cauces
- β: Factor de interpolación PPT

A continuación se muestra una tabla resumen con el valor de los parámetros finales utilizados en cada calibración y el error en volumen, que permite aportar un criterio para determinar la bondad de los factores correctores seleccionados durante las calibraciones.

Tab. 25. Parámetros utilizados en la calibración

UH	Estación	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	β	Error Vol.(%)
Bidasoa	F1W1 Endara	1.00	1.00	0.30	0.00	0.40	2000	0	150	0.005	0.000	-4.70
Oiartzun	E1W1 Oiartzun	0.60	0.95	0.50	0.30	0.38	2000	0	400	0.001	0.000	-6.70
Urumea	D2Z1 Ereñozu	0.90	0.80	0.60	0.01	0.25	700	0	250	0.010	0.000	-0.92
Oria	C2Z1 Agauntza	0.80	0.90	0.60	0.60	0.50	1300	0	3	0.010	0.000	0.20
Oria	C5Z1 Alegia	1.00	0.93	0.60	5.00	0.12	4500	0	300	0.100	0.000	0.04
Oria	C3Z1 Amundarain	0.90	1.00	0.40	5.00	0.05	2200	0	100	0.001	0.001	-0.65
Oria	C1W3 Arriaran	0.65	0.80	0.80	0.01	0.20	1	0	600	0.001	0.000	1.26
Oria	C7Z1 Berastegi	0.80	1.00	0.20	1.00	0.20	300	0	100	0.001	0.002	-0.47
Oria	C1Z2 Estanda	0.65	0.80	0.03	0.01	0.00	300	0	75	0.001	0.004	0.41
Oria	C4Z1 Ibiur	1.00	0.93	0.30	0.00	0.21	3500	0	350	0.100	0.002	1.74
Oria	C9Z1 Lasarte	0.97	0.93	0.60	5.00	0.22	3500	0	250	0.100	0.001	-0.02
Oria	C8Z1 Leizaran	0.77	1.00	0.50	0.00	0.25	1200	0	175	0.006	0.001	0.24
Oria	SC17 Salubita	1.00	1.00	0.50	0.01	0.30	1000	0	100	0.001	0.003	-0.08
Urola	B1Z1 Aitzu	0.70	0.90	0.10	0.50	0.07	2000	0	450	0.001	0.000	-1.46
Urola	B2Z1 Aizarnazabal	0.70	1.00	0.50	0.10	0.35	1500	0	300	0.020	0.001	-0.93
Urola	B1W1 Barrendiola	0.90	1.00	0.75	0.01	0.55	900	0	7	0.500	0.001	-0.26
Urola	B1Z2 Ibai Eder	0.90	0.90	0.07	0.50	1.20	1300	0	600	0.001	0.001	-0.27
Urola	B1Z3 Matxinbenta	1.00	1.20	0.10	0.01	0.10	650	0	20	0.003	0.000	0.00
Deba	A2Z1 Aixola	1.00	0.93	0.50	0.02	0.40	500	0	125	0.100	0.000	-0.09
Deba	A3Z1 Altzola	1.00	0.93	0.50	0.02	0.15	2000	0	110	0.100	0.001	0.02
Deba	A1Z2 Oñati	1.00	0.93	0.20	0.02	0.09	2000	0	300	0.003	0.002	0.48
Deba	A1Z1 San Prudentzio	1.00	0.93	0.50	0.02	0.15	2000	0	300	0.100	0.001	-3.48
Deba	A1Z3 Urkulu	1.00	1.00	0.40	0.05	0.01	2000	0	100	0.100	0.001	0.49
Artibai	AR02 Berriatua	0.80	0.90	0.07	0.30	0.10	450	0	200	0.001	0.009	1.34
Lea	LE02 Oleta	0.80	0.95	0.10	0.10	0.10	600	0	100	0.001	0.006	0.58
Oka	OK01 Muxika	0.70	0.90	0.11	10.00	0.18	1200	0	200	0.001	0.001	0.70
Butroe	G057 Munguía	0.60	0.89	0.07	5.00	0.35	50	0	500	0.001	0.001	0.00
Ibaizabal	GO02 Larrañazubi	1.00	1.00	5.00	0.00	2.50	800	0	50	0.003	0.200	-12.36
Ibaizabal	NB05 Abusu	0.85	0.90	0.06	0.05	0.13	500	0	90	0.006	0.001	0.32
Ibaizabal	IB03 Amorebieta	0.60	0.70	0.15	5.00	0.75	500	0	400	0.015	0.001	0.80
Ibaizabal	AS01 Sangroniz	0.80	1.00	0.20	0.10	0.15	1500	0	150	0.009	0.001	-1.21
Ibaizabal	IB01 Elorrio	0.72	0.90	0.10	0.01	0.50	1500	0	500	0.002	0.001	-9.57
Ibaizabal	NB02 Gardea	0.70	0.80	0.05	3.00	0.07	2500	0	375	0.002	0.000	-2.92
Ibaizabal	NB11 Orozko	0.70	0.70	0.08	1.00	0.05	2500	0	400	0.002	0.000	-0.40
Ibaizabal	IB32 Urkizu	0.80	0.70	0.08	0.60	0.05	2500	0	100	0.001	0.001	-0.47
Ibaizabal	NB04 Zarátamo	0.80	0.70	0.60	0.85	0.07	2500	0	100	0.011	0.000	-2.11
Kadagua	KD01 Balmaseda	0.80	1.00	0.13	0.70	0.20	300	0	50	0.001	0.002	-1.67
Kadagua	KD12 Herrerías	0.90	1.00	0.05	0.70	0.02	500	0	150	0.015	0.000	-2.30
Barbadun	BA01 Arenao	1.20	1.00	0.04	1.00	0.50	700	0	600	0.010	0.001	0.00
Agüera	AG01 Pando	0.93	0.90	0.25	5.00	0.30	1200	0	350	0.001	0.029	-0.83
Karrantza	KR02 Karrantza	0.51	1.00	0.03	0.01	0.01	400	0	400	0.002	0.000	0.60
Omecillo	A188 Berguenda	0.75	0.85	0.15	1.50	0.50	1100	0	1100	0.003	0.000	-6.01

Tab. 25. Parámetros utilizados en la calibración

UH	Estación	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	β	Error Vol.(%)
Baia	A165 Miranda	0.70	1.00	0.50	0.80	0.01	1000	0	20	0.010	0.002	-0.51
Zadorra	CHE074 Arce	0.80	1.00	0.12	0.50	0.03	150	0	1000	0.003	0.002	-2.50
Zadorra	CHE75 Ayuda	0.90	1.00	0.50	0.15	0.30	150	0	1000	0.003	0.002	-1.56
Inglares	SA01 Peñacerrada	1.00	1.00	0.80	0.01	1.00	700	0	55	0.500	0.000	-4.84
Ega	AN311 Arquijas	0.85	0.85	0.20	0.10	0.04	500	0	50	0.002	0.001	-0.46
Arakil	AN433 Etxarren	0.87	0.90	0.20	0.50	0.20	800	0	1000	0.014	0.001	-0.39

Los errores en volúmenes han resultado más significativos en los casos del río Oiartzun en Oiartzun, el Gobelas en Larrañazubi, el Ibaizabal en Elorrio, el Omecillo en Berguenda y el Inglares en Peñacerrada. En Larrañazubi y en Berguenda puede deberse a problemas de observación mientras que en el resto de estaciones, el problema no ha sido tanto la fiabilidad de las series de aportación observadas sino la compleja caracterización del ámbito calibrado. En el caso concreto de Peñacerrada, la serie observada es fiable y representa la descarga de uno de los acuíferos más importante del Territorio Histórico de Álava.

En general, las calibraciones han permitido reproducir los caudales naturales en las estaciones de aforo con bastante exactitud. En el Anexo II se recoge toda la información utilizada para llevar a cabo las calibraciones por unidad hidrológica así como distintos gráficos que representan las comparativas entre las estaciones aforadas y los valores simulados. A continuación se muestran unos ejemplos de los resultados de las calibraciones efectuadas en distintas zonas de la CAPV, tanto en escala aritmética como logarítmica.

Fig. 26. Calibración de la estación de aforo Altzola en el río Deba

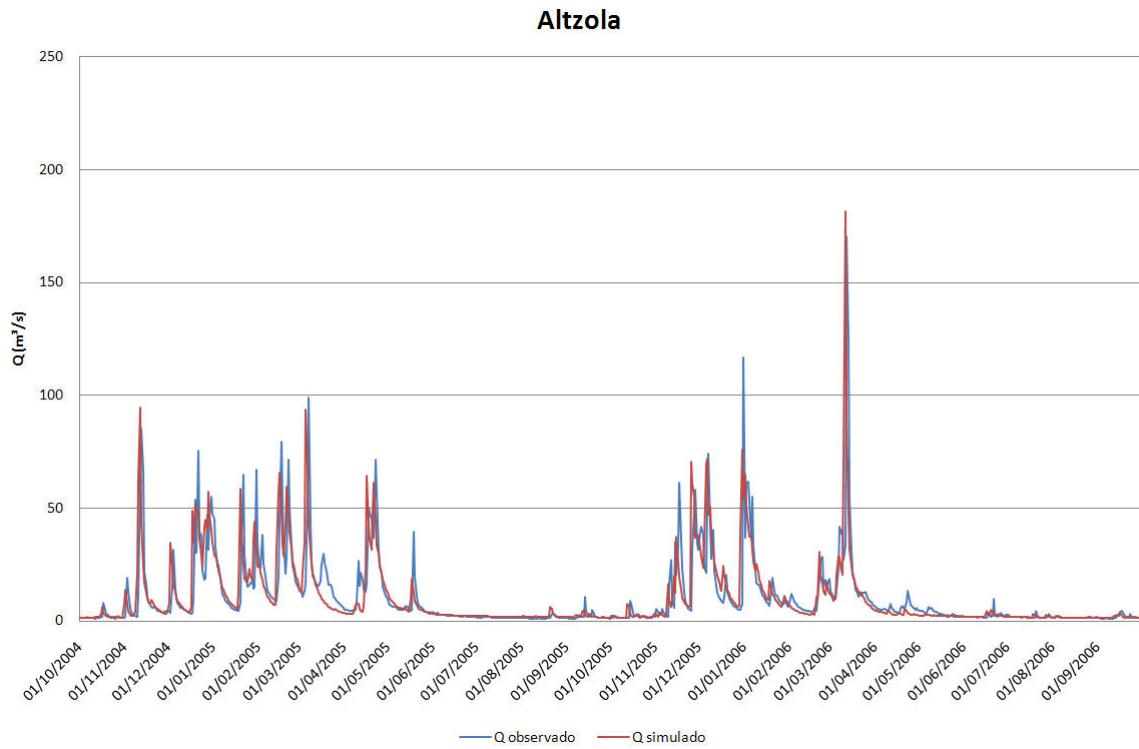


Fig. 27. Calibración de la estación de aforo Oleta en el río Lea

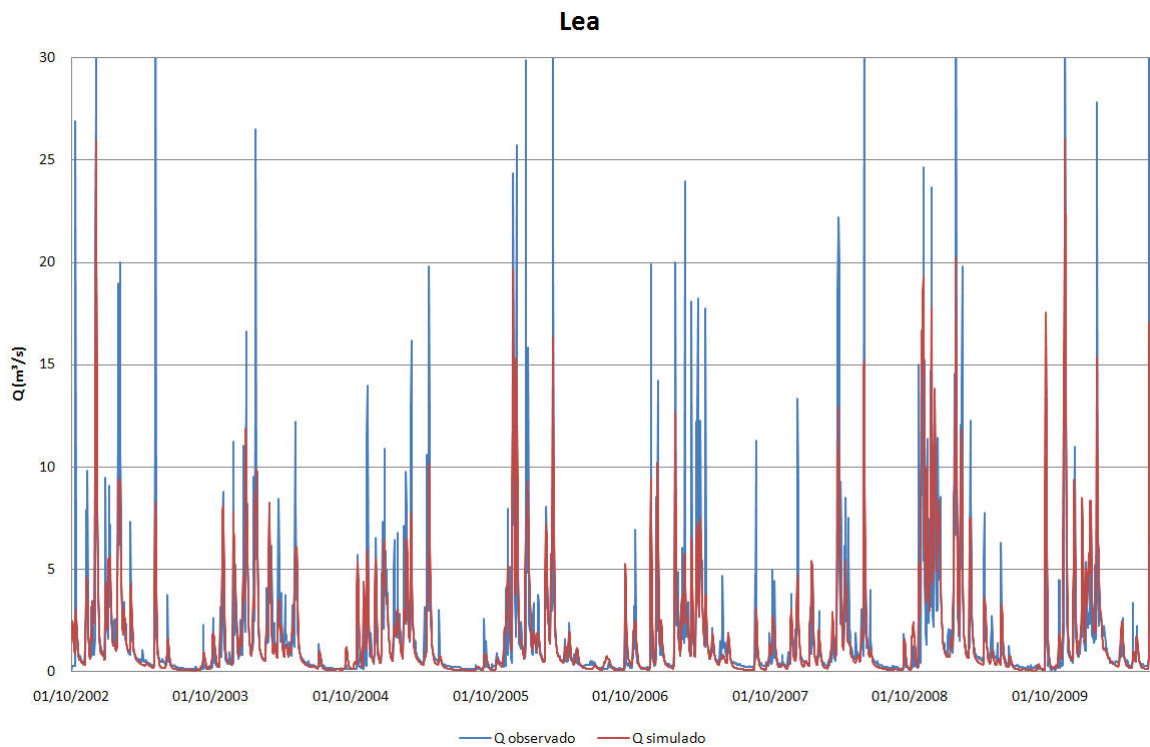


Fig. 28. Calibración de la estación de aforo Miranda en el río Baia

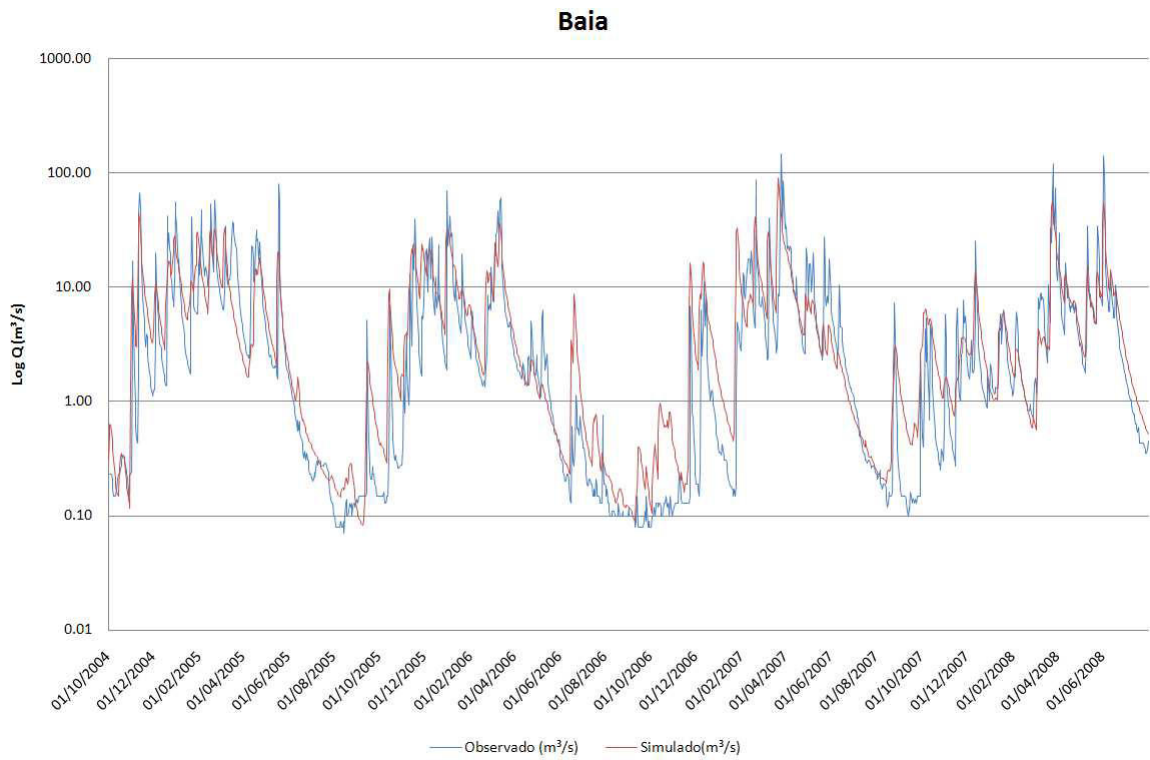


Fig. 29. Calibración de la estación de aforo Berriatua en el río Artibai

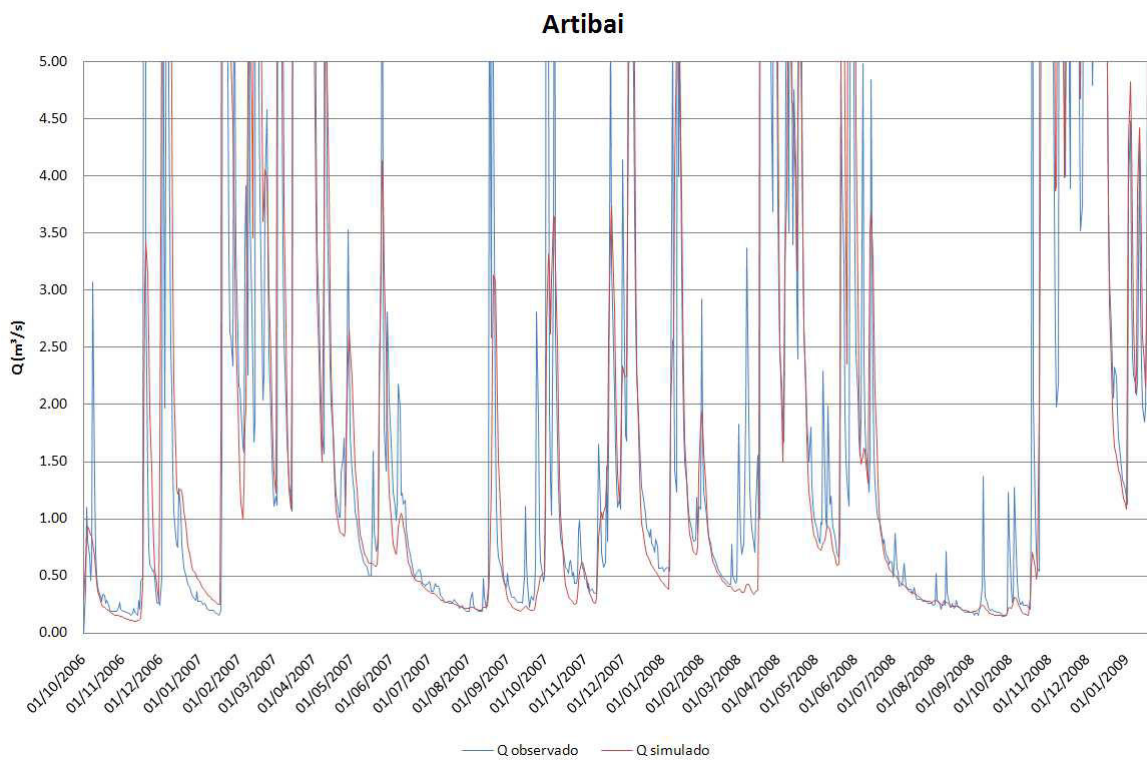


Fig. 30. Calibración de la estación de aforo Elorrio en el río Ibaizabal

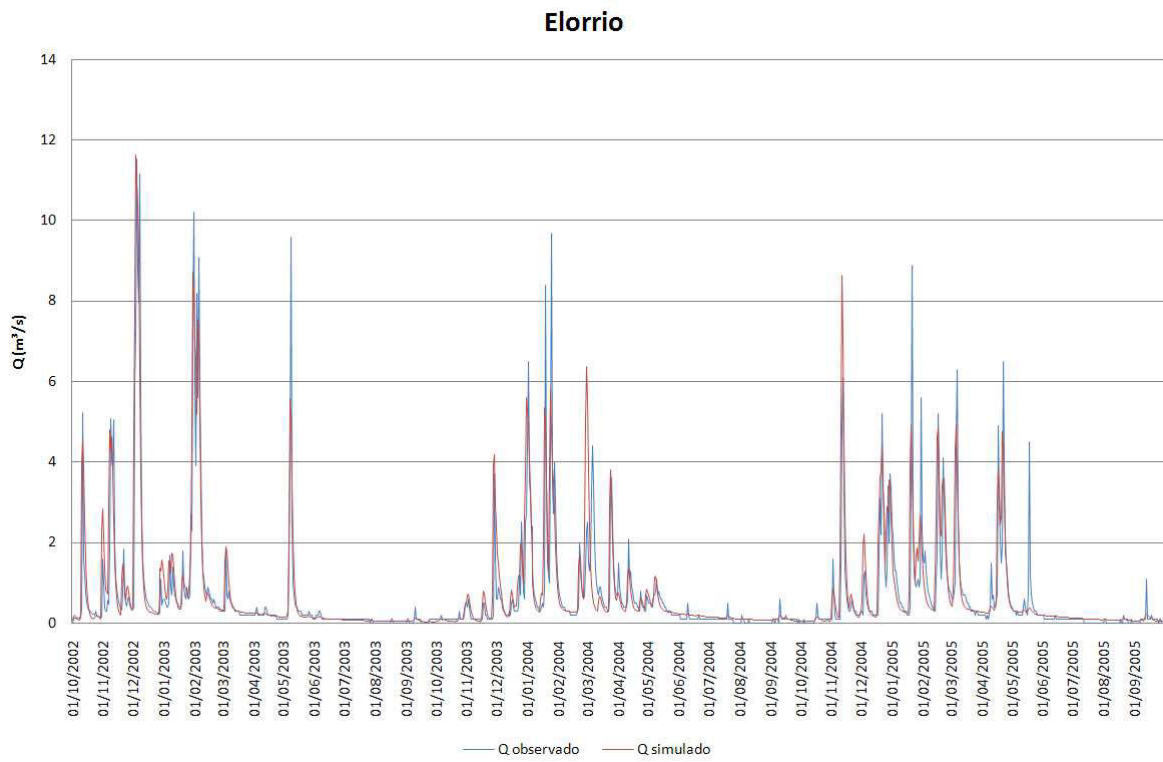


Fig. 31. Calibración de la estación de aforo Gardea en el río Nerbioi

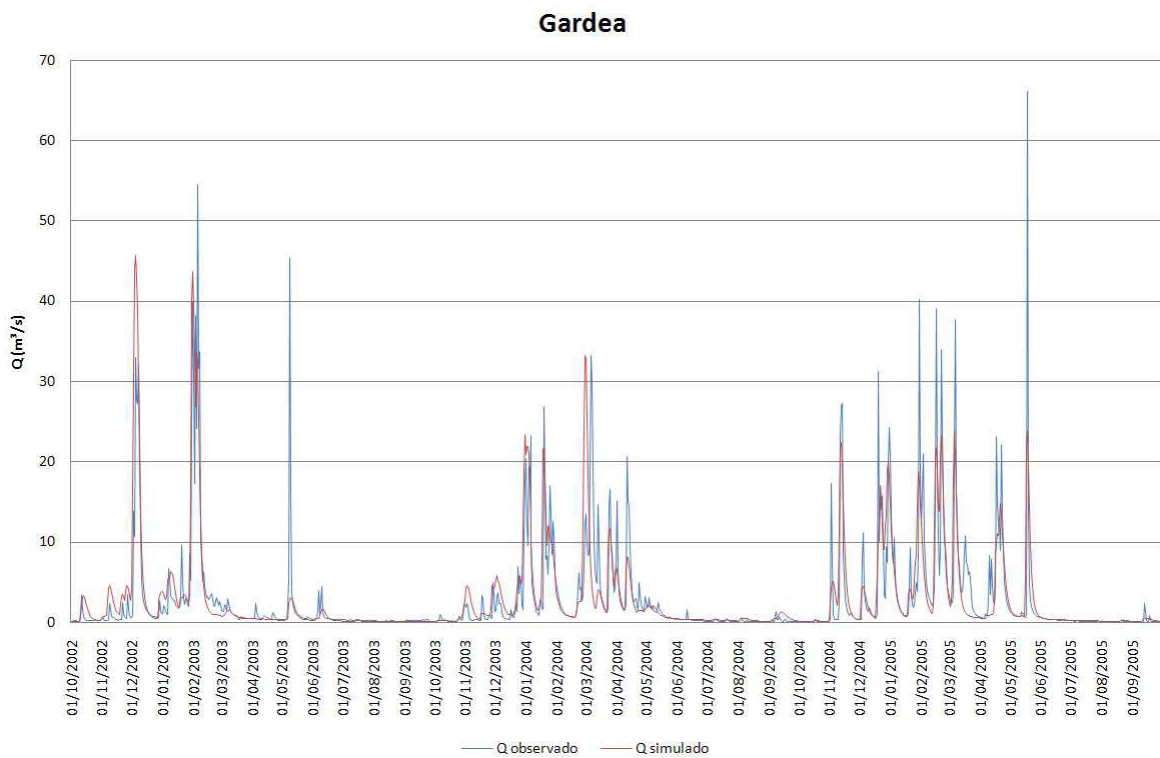


Fig. 32. Calibración de la estación de aforo Orozko en el río Altube

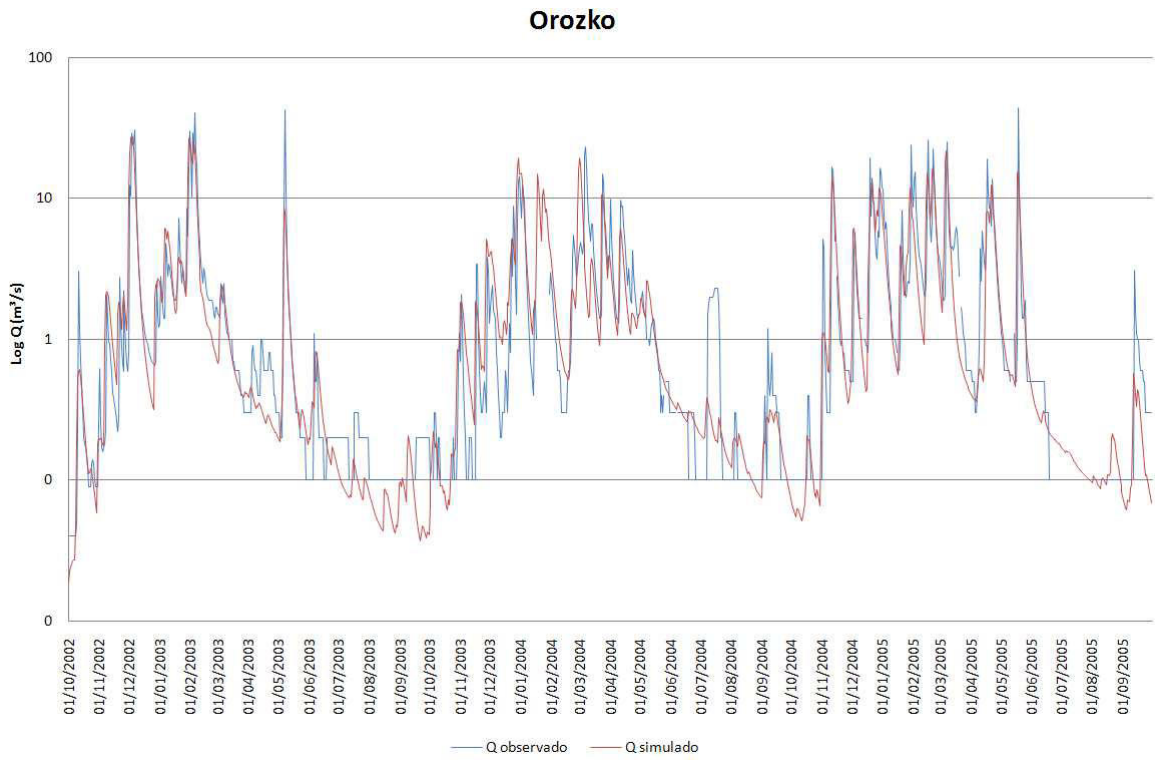
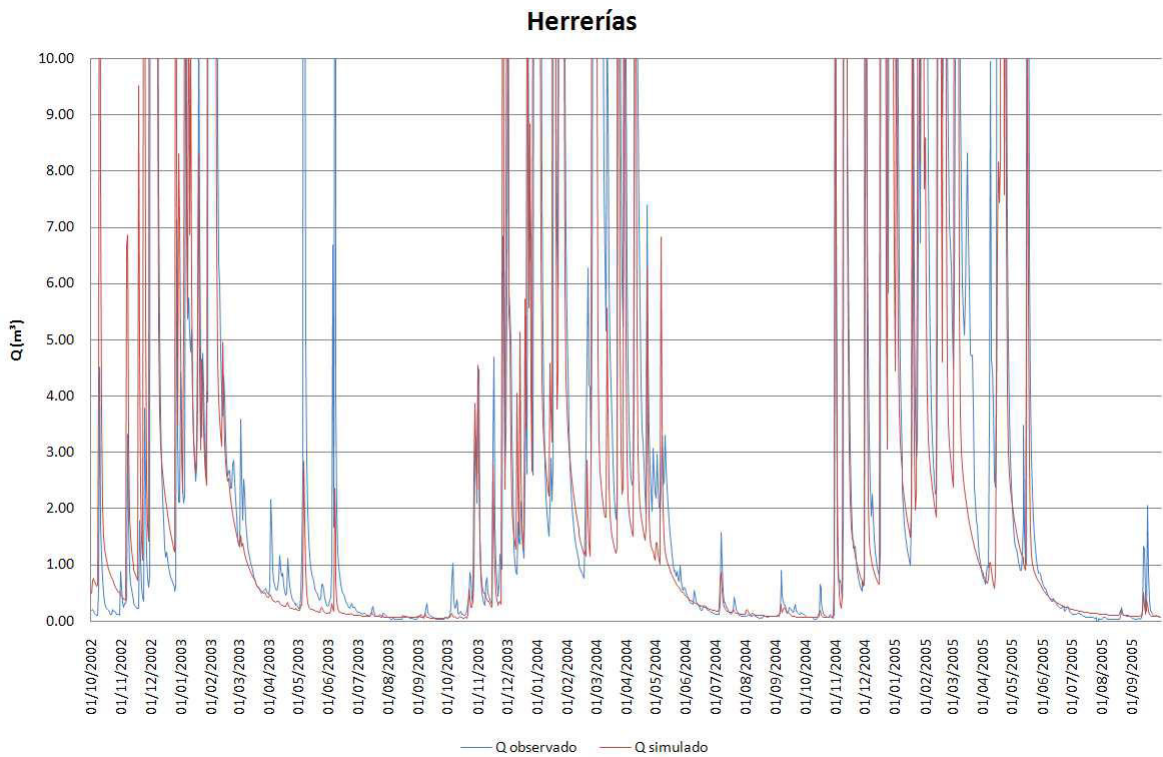


Fig. 33. Calibración de la estación de aforo Herrerías en el río Herrerías



Una vez calibrado el modelo para cada estación de referencia, se ha comprobado su validez en escenarios distintos al de calibración, de tal forma que se puede demostrar que se están simulando apropiadamente los procesos físicos dominantes. Los escenarios de validación utilizados han sido de tres tipos:

- Validación temporal: en otro período de tiempo del mismo punto de calibración.
- Validación espacial: en otro punto de la cuenca y mismo período de tiempo de calibración.
- Validación espacio-temporal: en otro punto de la cuenca y período de tiempo distinto al de calibración.

Partiendo de los factores correctores calibrados se ha procedido a su validación temporal y espacial, utilizando, en lo posible (una vez rechazadas las estaciones con mala calidad comprobada), tanto los datos temporales no empleados en la estación de calibración para la validación temporal como las del resto de las estaciones de aforo no empleadas en calibración para la validación espacio-temporal. Para este proceso se han empleado todas las estaciones pluviométricas disponibles. A continuación se muestran unos ejemplos de las validaciones realizadas

Tab. 26. Localización de las estaciones de aforo empleadas en la validación

Unidad Hidrológica	Estación	UTM X	UTM Y	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie GIS (km ²)	Superficie TETIS (km ²)
Urumea	D1W1 Añarbe	593537	4786631	593500	4786500	47.06	45.50
Artibai	AR02 Berriatua	542604	4794955	543000	4794500	90.00	95.25
Lea	LE01 Aulestia	535907	4794274	537000	4795000	39.06	40.25
Lea	LE11 Arbina	540832	4798154	540500	4798500	16.66	14.75
Oka	SA06 Olalde	528580	4799657	530000	4798500	5.50	14.25
Omecillo	OSM2 Osma-2	494844	4748960	494987	4750142	70.83	70.50
Omecillo	OSM1 Osma-1	494990	4750120	494844	4748956	77.39	72.75
Baia	APRI Aprikano	508520	4744470	508520	4744470	205.76	184.75
Baia	POBE Pobes	507896	4739960	508000	4740000	241.10	219.25
Zadorra	SA13 Elgea	539306	4754922	539500	4754000	12.10	10.50
Zadorra	CHE221 Larrinoa	521968	4757764	521968	4757764	21.56	18.25
Zadorra	SA04 Nanclares	515658	4740507	515000	4739500	34.00	18.75
Zadorra	CHE107 E. Ullibarri	531412	4753098	532500	4754000	272.36	267.75
Zadorra	CHE108 E. Urrúnaga	528220	4756420	528500	4757000	142.59	139.00
Inglares	OCIO Ocio	513576	4722500	513576	4722500	85.79	82.50
Ega	ANTO Antoñana	549500	4726000	549500	4726000	132.45	121.75
Ega	IZKI Bujanda	549000	4725000	549000	4725000	56.89	59.00
Ega	SA05 Zarpia	557562	4737400	558000	4737000	10.98	11.75
Ega	CHE6 Marañón	545859	4719917	547500	4720500	88.50	93.00

En la mayor parte de los casos, la validación se ha podido dar como satisfactoria. Los casos de mala validación, se han originado por alguno o combinación de los siguientes factores:

- Estaciones de aforo con errores de observación por un mal tarado de la curva de aforo, precisión en caudales de estiaje y/o de otro tipo.
- Errores en la medición de la lluvia, fundamentalmente por una insuficiente representación espacial.
- Cuencas muy pequeñas, en las que el error en los mapas de parámetros iniciales puede ser en ocasiones importante.

- Determinados acuíferos, como en el caso de Peñacerrada.

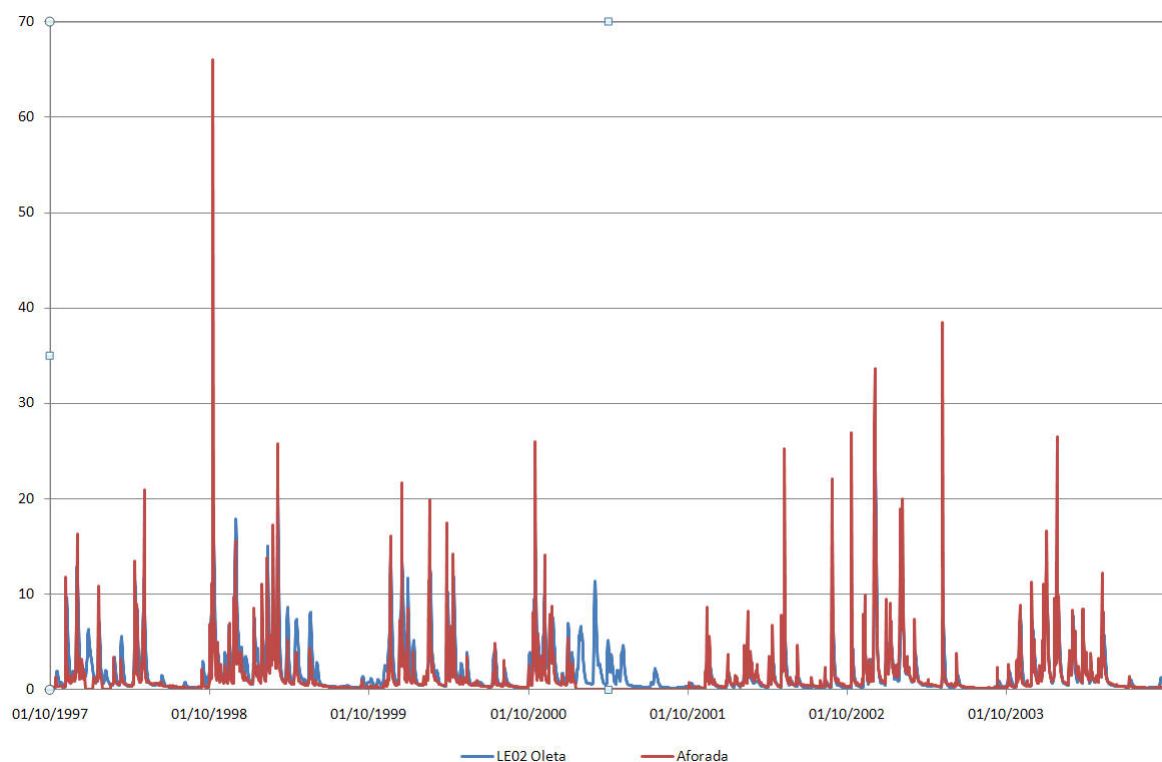
Por ello, se concluye que es posible realizar una simulación fiable teniendo, eso sí, en cuenta que su fiabilidad va a depender de las características de las cuencas, el tamaño de las mismas (por encima de los 100 km² el resultado esperable será siempre excelente) y de la representatividad de la precipitación espacial utilizada en la simulación.

A continuación se muestra una tabla y un gráfico que representan los resultados de eficiencia en la validación espacial y temporal.

Tab. 27. Resumen de los resultados de la validación espacial y temporal

UH	Estación	Estación de referencia	Volumen observado (Hm ³)	Volumen simulado (Hm ³)	Error de volumen (%)
Urumea	D1W1 Añarbe	D2Z1 Ereñozu	335.4	359.2	-7.10
Artibai	AR01 Iruzubieta	AR02 Berriatua	101.2	102.0	-0.79
Lea	LE01 Aulestia	LE02 Oleta	164.9	164.2	0.42
Lea	LE11 Arbina	LE02 Oleta	32.9	36.8	-11.85
Oka	SA06 Olalde	OK01 Muxika	36.7	39.9	-8.72
Omecillo	OSM2 Osma 2	A188 Berguenda	130.1	132.2	-0.85
Omecillo	OSM1 Osma 1	A188 Berguenda	123.7	120.3	2.75
Baia	APRI Aprikano	A165 Miranda	542.0	541.8	0.04
Baia	POBE Pobes	A165 Miranda	563.0	562.8	0.04
Zadorra	SA13 Elgea	CHE074 Arce	22.1	22.0	0.45
Zadorra	CHE 221 Larrinoa	CHE074 Arce	129.9	130.8	-0.69
Zadorra	SA04 Nanclares	CHE074 Arce	50.8	50.3	0.98
Zadorra	CHE 107 Ullibarri	CHE074 Arce	387.8	389.3	-0.39
Zadorra	CHE 108 Urrunaga	CHE074 Arce	442.6	435.4	1.63
Inglares	OCIO Ocio	SA01 Peñacerrada	18.4	21.6	-17.39
Ega	ANTO Antoñana	AN311 Arquijas	202.5	201.2	0.64
Ega	IZKI Bujanda	AN311 Arquijas	56.8	56.4	0.70
Ega	SA05 Zarpia	AN311 Arquijas	43.8	42.2	3.65
Ega	CHE6 Marañón	AN311 Arquijas	93.2	93.7	-0.54

Fig. 34. Validación temporal en la estación de aforo Oleta en el Lea



3.4. Simulación

Una vez establecido y calibrado el modelo se han construido y ejecutado las estructuras de simulación, lo que ha permitido obtener las series de recursos naturales en los puntos más bajos de las masas de agua superficial para el periodo de tiempo 1980-2010.

En la Tab. 28 se recogen los 142 puntos seleccionados para obtener los resultados de las simulaciones en todas las masas de agua de la CAPV

Tab. 28. Listado de puntos de simulación y su localización.

Unidad Hidrológica	Masa de agua	Estación de referencia	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie TETIS (km ²)
Bidasoa	Jaizubia-A	F1W1 Endara	596000	4799500	12.5
Bidasoa	Endara	F1W1 Endara	603000	4795000	20.25
Oiartzun	Oiartzun-A	E1W1 Oiartzun	590000	4796000	69.5
Urumea	Embalse Añarbe	D2Z1 Ereñozu	592000	4785000	48.25
Urumea	Urumea II	D2Z1 Ereñozu	585500	4789500	211.5
Urumea	Landarbaso	D2Z1 Ereñozu	586000	4789500	6
Urumea	Urumea III	D2Z1 Ereñozu	585000	4791500	220.75
Urumea	Igara-A	D2Z1 Ereñozu	581000	4796500	18.75
Oria	Embalse Arriaran	C1W3 Arriaran	562000	4768500	9.25
Oria	Estanda	C1Z2 Estanda	564000	4766500	55.75
Oria	Agautza I	C2Z1 Agautza	567500	4761500	70.5
Oria	Zaldibia	C3Z1 Amundarain	568000	4767500	40
Oria	Embalse Ibiur	C4Z1 Ibiur	571000	4771000	12
Oria	Oria I	C5Z1 Alegia	560500	4762000	46.25
Oria	Oria II	C5Z1 Alegia	562500	4763500	85.75

Tab. 28. Listado de puntos de simulación y su localización.

Unidad Hidrológica	Masa de agua	Estación de referencia	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie TETIS (km ²)
Oria	Oria III	C5Z1 Alegia	567500	4767500	246.25
Oria	Agauntza II	C5Z1 Alegia	566000	4766000	84.5
Oria	Oria IV	C5Z1 Alegia	569000	4770000	305.75
Oria	Oria V	C5Z1 Alegia	573000	4772500	337.5
Oria	Berastegi	C7Z1 Berastegi	575500	4776500	35.5
Oria	Amezqueta I	C9Z1 Lasarte	574500	4766500	18.25
Oria	Amezqueta II	C9Z1 Lasarte	574500	4771500	54.5
Oria	Oria VI	C9Z1 Lasarte	576000	4791500	803.5
Oria	Araxes I	C9Z1 Lasarte	580500	4769500	71.25
Oria	Araxes II	C9Z1 Lasarte	575000	4776000	106.5
Oria	Asteasu I	C9Z1 Lasarte	574000	4782500	17
Oria	Asteasu II	C9Z1 Lasarte	576500	4783000	29.25
Oria	Leizaran I	C9Z1 Lasarte	586000	4776500	71.5
Oria	Leizaran II	C9Z1 Lasarte	580000	4785000	122
Oria	Estuario Oria (Santiago)	C9Z1 Lasarte	571500	4791000	27.25
Oria	Estuario Oria (Altxerri)	C9Z1 Lasarte	570500	4792000	11.75
Oria	Iñurritza-A	C9Z1 Lasarte	567500	4792500	18.75
Oria	Salubita	SC17 Salubita	573500	4775000	13.75
Urola	Embalse Barrendiola	B1W1 Barrendiola	554000	4762500	6
Urola	Urola-A	B1Z1 Aitzu	554500	4765500	24.5
Urola	Urola-B	B1Z1 Aitzu	555500	4772500	47.75
Urola	Embalse Ibaieder	B1Z2 Ibai Eder	563000	4774000	18.25
Urola	Ibaieder-A	B1Z3 Matxinbenta	562000	4778000	99
Urola	Ibaieder-B	B1Z3 Matxinbenta	560500	4781500	40
Urola	Urola-C	B2Z1 Aizarnazabal	555000	4780000	88.75
Urola	Urola-D	B2Z1 Aizarnazabal	560500	4782500	227.75
Urola	Urola-E	B2Z1 Aizarnazabal	560000	4789000	269.5
Urola	Urola-F	B2Z1 Aizarnazabal	562500	4792500	312.5
Urola	Altzolaratz-A	B2Z1 Aizarnazabal	562500	4789500	30.25
Urola	Larraondo-A	B2Z1 Aizarnazabal	560000	4792500	19.25
Deba	Deba-A	A1Z1 San Prudentzio	539000	4763500	43.25
Deba	Aramaio-A	A1Z1 San Prudentzio	538000	4767500	26
Deba	Deba-B	A1Z1 San Prudentzio	544500	4770000	122
Deba	Oinati-A	A1Z2 Oñati	547500	4765500	38.25
Deba	Oinati-B	A1Z2 Oñati	545500	4769500	134
Deba	Arantzazu-A	A1Z2 Oñati	546500	4765500	52.5
Deba	Embalse Urkulu	A1Z3 Urkulu	543000	4763000	14.75
Deba	Embalse Aixola	A2Z1 Aixola	540000	4780500	8.5
Deba	Deba-C	A3Z1 Altzola	546500	4782000	370.5
Deba	Deba-D	A3Z1 Altzola	551000	4790500	487.75
Deba	Antzuola-A	A3Z1 Altzola	548500	4773000	26.5
Deba	Angiozar-A	A3Z1 Altzola	546500	4772500	13
Deba	Ubera-A	A3Z1 Altzola	546500	4775500	17
Deba	Ego-A	A3Z1 Altzola	545500	4782500	48.5
Deba	Kilimoi-A	A3Z1 Altzola	550000	4789000	14.25
Deba	Saturrarán-A	A3Z1 Altzola	548000	4795500	8

Tab. 28. Listado de puntos de simulación y su localización.

Unidad Hidrológica	Masa de agua	Estación de referencia	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie TETIS (km ²)
Artibai	Artibai-A	AR02 Berriatua	544500	4796500	105.25
Lea	Lea-A	LE02 Oleta	540500	4799500	73.25
Lea	Ea-A	LE02 Oleta	536500	4802500	11.5
Oka	Oka-A	OK01 Muxika	526500	4796000	63.75
Oka	Golako-A	OK01 Muxika	527000	4796500	34
Oka	Mape-A	OK01 Muxika	525000	4802000	19.5
Oka	Artigas-A	OK01 Muxika	522500	4807500	10.75
Butroe	Butroe-A	G057 Munguia	512000	4800000	92
Butroe	Butroe-B	G057 Munguia	504500	4802500	159.25
Butroe	Estepona-A	G057 Munguia	515000	4808000	19
Ibaizabal	Embalse Maroño	NB02 Gardea	495500	4766000	26
Ibaizabal	Izoria	NB02 Gardea	499500	4770000	46.5
Ibaizabal	Nerbioi I	NB02 Gardea	502000	4775000	201.75
Ibaizabal	Altube I	NB11 Orozko	507000	4764000	59.75
Ibaizabal	Altube II	NB11 Orozko	505000	4776500	192
Ibaizabal	Zeberio	NB04 Zarátamo	508000	4780500	48.75
Ibaizabal	Nerbioi II	NB04 Zarátamo	509000	4787500	520.25
Ibaizabal	Ibaizabal IV	NB05 Abusu	506000	4789500	1023.5
Ibaizabal	Indusi	IB32 Urkizu	518500	4779000	49.5
Ibaizabal	Arratia	IB32 Urkizu	518500	4783500	145.5
Ibaizabal	Aretxabalgane	NB05 Abusu	514500	4786500	32.25
Ibaizabal	Ibaizabal III	IB03 Amorebieta	518500	4784000	254.75
Ibaizabal	San Miguel	NB05 Abusu	521500	4786500	11.75
Ibaizabal	Ibaizabal II	IB03 Amorebieta	522000	4785000	225
Ibaizabal	Maguna	IB03 Amorebieta	526500	4782000	21
Ibaizabal	Ibaizabal I	IB03 Amorebieta	528000	4781000	172.75
Ibaizabal	Akelkorta	IB03 Amorebieta	532500	4780000	13
Ibaizabal	Elorrio II	IB03 Amorebieta	531500	4779500	86.75
Ibaizabal	Elorrio I	IB01 Elorrio	534500	4775500	32.75
Ibaizabal	Galindo-A	AS01 Sangroniz	500500	4793000	28.5
Ibaizabal	Asua-A	AS01 Sangroniz	504000	4794500	73.5
Ibaizabal	Larrainazubi-A	AS01 Sangroniz	501000	4799500	10.25
Ibaizabal	Gobelás-A	AS01 Sangroniz	500500	4799000	25
Ibaizabal	Cadagua II	KD01 Balmaseda	496000	4783000	277.5
Ibaizabal	Herrerías	KD12 Herrerías	496500	4782500	252.25
Ibaizabal	Cadagua III	KD01 Balmaseda	499500	4787000	559.75
Ibaizabal	Cadagua IV	KD01 Balmaseda	502500	4789500	579
Barbadun	Barbadun-A	BA01 Arenao	490500	4794500	85
Barbadun	Barbadun-B	BA01 Arenao	491000	4797500	104.5
Agüera	Agüera I	AG01 Pando	479500	4793500	53
Karrantza	Calera	KR02 Karrantza	464000	4786000	35.5
Karrantza	Karrantza	KR02 Karrantza	470500	4787500	91.5
Omecillo	Húmedo hasta Omecillo	A188 Berguenda	494500	4743500	108.75
Omecillo	Omecillo hasta Húmedo	A188 Berguenda	494000	4743000	143
Omecillo	Omecillo desde Húmedo hasta la Muera	A188 Berguenda	496500	4738500	308

Tab. 28. Listado de puntos de simulación y su localización.

Unidad Hidrológica	Masa de agua	Estación de referencia	UTM X TETIS	UTM Y TETIS	Superficie TETIS (km ²)
Omecillo	La Muera	A188 Berguenda	497500	4738000	20.75
Omecillo	Omecillo desde La Muera hasta Puentelarra	A188 Berguenda	496500	4737000	336.75
Baia	Padrobaso hasta Baia	A165 Miranda	514500	4764000	5.25
Baia	Baia hasta Subijana	A165 Miranda	509000	4741500	192
Baia	Baia desde Subijana hasta Ebro	A165 Miranda	507000	4730500	276.5
Zadorra	Urkiola hasta Embalse Urrunaga	CHE074 Arce	527500	4764500	49.25
Zadorra	Inola hasta Embalse Urrunaga	CHE074 Arce	529000	4764000	7.5
Zadorra	Albina hasta Embalse Albina	CHE074 Arce	532000	4762000	2.25
Zadorra	Embalse Albina	CHE074 Arce	530500	4760504	8.25
Zadorra	Albina desde Albina hasta Embalse Urrunaga	CHE074 Arce	529500	4759500	10
Zadorra	Santa Engracia hasta Embalse Urrunaga	CHE074 Arce	526500	4759500	49.5
Zadorra	Embalse Urrunaga	CHE074 Arce	528500	4756000	142
Zadorra	Zadorra desde Ullibarri hasta Alegría	CHE074 Arce	529000	4747500	471.5
Zadorra	Barrundia hasta Embalse Ullibarri	CHE074 Arce	540500	4750500	89.5
Zadorra	Embalse Ullibarri	CHE074 Arce	531500	4753000	271.25
Zadorra	Zadorra hasta Embalse Ullibarri	CHE074 Arce	540000	4749500	122.75
Zadorra	Alegría hasta Zadorra	CHE074 Arce	529000	4747000	192
Zadorra	Zalla hasta Larrinoa	CHE074 Arce	522000	4758000	18.25
Zadorra	Zalla desde Larrinoa hasta Zadorra	CHE074 Arce	520000	4745500	87.25
Zadorra	Zadorra desde Alegría hasta Zalla	CHE074 Arce	520500	4745000	730.5
Zadorra	Zadorra desde Zalla hasta Nanclares	CHE074 Arce	516000	4739500	938
Zadorra	Zadorra desde Nanclares hasta Ayuda	CHE074 Arce	509500	4726000	1048.25
Zadorra	Ayuda hasta Molinar	CHE075 Ayuda	533000	4727000	63
Zadorra	Ayuda desde Molinar hasta Saraso	CHE075 Ayuda	527000	4728000	134.75
Zadorra	Saraso desde nacimiento hasta Ayuda	CHE075 Ayuda	527500	4729000	24
Zadorra	Ayuda desde Saraso hasta Ríorrojo	CHE075 Ayuda	514500	4728000	261.25
Zadorra	Ríorrojo hasta Ayuda	CHE075 Ayuda	514500	4727500	33.5
Zadorra	Ayuda desde Ríorrojo hasta Zadorra	CHE075 Ayuda	510000	4725500	309
Zadorra	Zadorra desde Ayuda hasta Ebro	CHE074 Arce	508500	4724500	1359.25
Inglares	Inglares hasta Pipaon	SA01 Peñacerrada	529500	4719000	11.75
Inglares	Inglares desde Pipaon hasta Ebro	SA01 Peñacerrada	510800	4722500	84.75
Ega	Ega hasta Berron	AN311 Arquijas	552000	4724500	114.25
Ega	Berron hasta Sabando	AN311 Arquijas	549000	4727500	101.5
Ega	Berron desde Sabando hasta Ega	AN311 Arquijas	551500	4725000	186
Ega	Ega desde Berron hasta Istora	AN311 Arquijas	556000	4725500	365.75
Arakil	Altzania hasta Arakil	AN433 Etxarren	567000	4749500	48.75

Fig. 35. Puntos de simulación



4. Conclusiones. Análisis de resultados

4.1. Cálculo de aportaciones por unidad hidrológica

Adicionalmente a las series generadas, se han simulado puntos ficticios en determinadas zonas identificadas como estratégicas (en algunos casos en ámbito marino) que han permitido la elaboración del cálculo general del balance hídrico por Unidad Hidrológica. Para cada uno de estos puntos se ha determinado la precipitación media sobre la cuenca (PPT), la evapotranspiración real media sobre la cuenca (ETR) y la aportación superficial sobre el puntos considerado (Apo). En todos los casos, se ha explicado además el reparto porcentual de la aportación superficial, distinguiendo entre los diferentes componentes del flujo

- Escorrentía directa (ED)
- Flujo subsuperficial o interflujo (FS)
- Flujo base (FB)

A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados del balance hídrico para cada uno de estas localizaciones.

Tab. 29. Resumen del balance hídrico por simulación para el periodo 1980-2010

UH	Río	Área TETIS (km ²)	PPT (mm/año)	ETR (mm/año)	Apo (mm/año)	Apo (Hm ³ /año)	ED (% Q sim)	FS (% Q sim)	FB (% Q sim)
Bidasoa	Aldabe	13.75	1815	649	1117	15	43.83	24.90	31.27
Bidasoa	Endara	20.25	2195	752	1383	28	34.15	30.61	35.24
Bidasoa	Jaizubia	30.25	1703	610	1047	32	52.22	19.64	18.24
Oiartzun	Oiartzun	85.50	1769	691	1076	92	26.58	40.26	33.16

Tab. 29. Resumen del balance hídrico por simulación para el periodo 1980-2010

UH	Río	Área TETIS (km²)	PPT (mm/año)	ETR (mm/año)	Apo (mm/año)	Apo (Hm³/año)	ED (% Q sim)	FS % Q sim)	FB (% Q sim)
Urumea	Urumea	265.50	1954	516	1434	381	15.83	61.56	22.62
Urumea	Igara	18.75	1477	421	1046	20	32.55	44.97	22.49
Oria	Oria	864.50	1618	738	885	775	18.49	53.71	27.80
Oria	Iñurritza	18.75	1346	746	606	11	15.83	58.03	26.14
Urola	Urola	340.25	1477	724	761	259	28.82	37.85	33.33
Deba	Deba	516.75	1523	712	819	423	33.17	50.20	16.63
Deba	Saturranan	11.00	1576	687	900	10	50.23	30.14	19.64
Artibai	Artibai	110.25	1537	697	840	93	77.22	13.46	9.32
Lea	Lea	80.75	1454	723	740	60	76.83	11.89	11.28
Lea	Ea	11.5	1231	692	548	6	74.40	10.44	15.16
Oka	Oka	175.75	1392	682	719	126	66.37	11.57	22.06
Oka	Artigas	10.75	1465	703	773	8	63.25	16.76	19.99
Butroe	Butroe	174.75	1373	668	714	125	81.78	0.08	18.14
Butroe	Andraka	8.50	1359	704	663	6	83.22	0.28	16.50
Butroe	Arcega	3.50	1522	734	798	3	76.58	0.28	23.14
Butroe	Estepona	19.00	1499	714	794	15	76.95	0.06	22.99
Ibaizabal	Ibaizabal	1704.75	1307	657	651	1110	77.67	5.75	12.29
Barbadun	Barbadun	113.50	1333	671	677	77	87.87	0.03	12.10
Aguera	Aguera	135.00	1006	481	531	72	49.69	27.41	22.90
Karrantza	Karrantza	114.50	1219	624	605	69	89.49	8.56	1.95
Karrantza	Calera	35.50	1261	645	626	22	89.71	8.53	2.00
Omecillo	Omecillo	331.50	737	496	243	81	54.46	5.22	40.33
Baia	Baia	276.50	1129	593	536	148	27.23	72.53	0.24
Zadorra	Zadorra	1359.25	931	575	367	499	62.92	30.65	6.44
Inglares	Inglares	84.75	714	531	179	15	9.16	7.14	83.70
Ega	Ega	469.75	842	543	298	140	57.69	24.46	17.85
Ega	Larrondoia	30.25	963	505	456	14	56.76	30.39	12.86
Arakil	Arakil	72.75	1378	648	728	53	56.17	19.42	24.41

En general, los flujos en las cuencas que vierten al mar Cantábrico son proporcionalmente mayores, debido fundamentalmente a su mayor precipitación. En esta vertiente, la aportación específica media es de 830 mm/año frente a los 401 mm/año de la vertiente Mediterránea (los valores promedios no están ponderados en función de la superficie sino que son la media de todas las series obtenidas).

Partiendo de estas últimas simulaciones se ha confeccionado la tabla que a continuación se muestra, en la que se recoge toda la información relativa a recursos por unidad hidrológica.

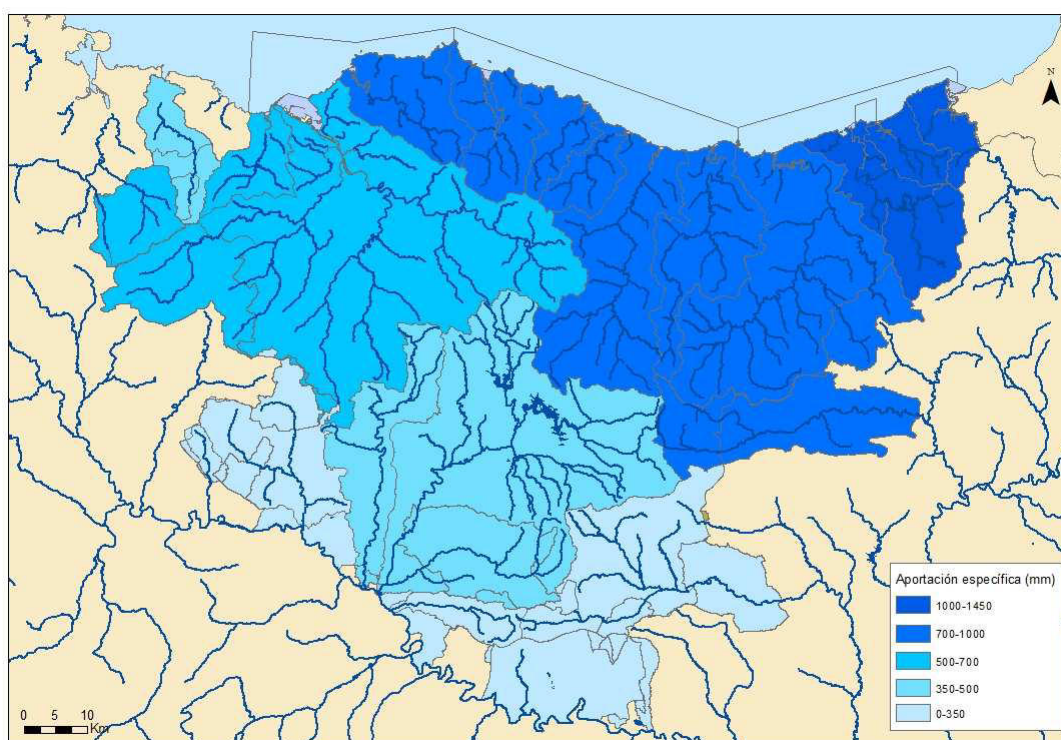
Tab. 30. Síntesis de las aportaciones totales en las unidades hidrológicas. Periodo 1980-2010

Unidad Hidrológica	Superficie (km²)	PP (mm)	ETR (mm)	Aportación anual (Hm³)	Aportación específica(mm)
Bidasoa	64.71	1895	668	75.5	1167
Oiartzun	85.78	1775	693	92.3	1076
Urumea	290.80	1967	521.5	410.2	1411
Oria	899.35	1642	751.6	800.3	890
Urola	342.21	1486	728.2	260.5	761
Deba	537.46	1552	724.6	441.0	821

Tab. 30. Síntesis de las aportaciones totales en las unidades hidrológicas. Periodo 1980-2010

Unidad Hidrológica	Superficie (km ²)	PP (mm)	ETR (mm)	Aportación anual (Hm ³)	Aportación específica(mm)
Artibai	104.46	1456	660.4	88.1	843
Lea	111.64	1726	870.3	79.9	716
Oka	208.82	1563	765	150.0	718
Butroe	211.51	1584	772.9	172.0	813
Ibaizabal	1798.94	1379	693.3	1171.3	651
Barbadun	123.25	1448	728.6	83.6	678
Agüera	149.85	1117	533.9	79.9	533
Karrantza	151.70	1243	636.1	92.0	606
Omecillo	351.95	798	526.6	86.0	244
Baia	324.34	1324	695.6	173.6	535
Zadorra	1358.16	930	574.5	498.6	367
Inglares	98.57	830	617.6	17.4	177
Ega	578.52	983	625.6	178.2	308
Arakil	72.75	1378	648.2	53.1	730
Ebro	300.19	716	525.3	48.7	162

Fig. 36. Aportación específica



4.2. Comparación con estudios previos

En la Tab. 31 se comparan los resultados de los estudios antecedentes con los actuales, analizando las aportaciones específicas. En términos generales, se puede observar que las aportaciones específicas actuales son ligeramente inferiores a las de los estudios antecedentes, a excepción de algunas unidades

donde la aportación específica ha aumentado debido probablemente a la mejora de la calidad de información de partida respecto del estudio anterior.

Tab. 31. Comparación de resultados. Aportación específica anual.

Unidad Hidrológica	Aportación específica(mm) Estudio actual	Aportación específica(mm) Estudio 2003	%
Bidasoa	1167	1154	101
Oiartzun	1076	1467	73
Urumea	1411	1221	116
Oria	890	890	100
Urola	761	884	86
Deba	821	852	96
Artibai	843	764	110
Lea	716	772	93
Oka	718	743	97
Butroe	813	625	130
Ibaizabal	651	665	98
Barbadun	678	--	--
Agüera	533	--	--
Karrantza	606	--	--
Omecillo	244	245	100
Baia	535	518	103
Zadorra	367	491	75
Inglares	177	110	161
Ega	308	267	115
Arakil	730	751	97
Ebro	162	206	79

Casi todas las cuencas se sitúan en un conjunto intermedio que, tiene una aportación específica entre el 73 y el 130% de la del estudio de 2003.

Si se considera el punto más bajo posible en cada cuenca en la que se dispone de información de estudios previos, la comparación de la aportación anual en hm³ es la siguiente:

Tab. 32. Comparación de resultados. Aportación anual.

Unidad Hidrológica	Aportación anual (Hm ³) Estudio actual	Aportación anual (Hm ³) Estudio 2003
Oiartzun	92.3	93.5
Urumea	410.2	393.6
Oria	800.3	789.4
Urola	260.5	294.9
Deba	441.0	452.9
Artibai	88.1	81.6
Lea	79.9	63.3
Oka	150.0	136.7
Butroe	172.0	109.4
Ibaizabal	1171.3	1226.5
Omecillo	86.0	86.8
Baia	173.6	158.8

Tab. 32. Comparación de resultados. Aportación anual.

Unidad Hidrológica	Aportación anual (Hm ³) Estudio actual	Aportación anual (Hm ³) Estudio 2003
Zadorra	498.6	667.0
Inglares	17.4	10.8
Ega	178.2	148.2

Teniendo en cuenta que la información de la tabla no cubre la totalidad del territorio se ha realizado un cálculo que permita aportar una idea de la comparación global. En el ámbito descrito en la tabla, la totalización de la aportación supone una cifra de 4600 hm³/año aproximadamente, un 98% del total del estudio antecedente, unos 4700 hm³/año.

4.3. Estimación de efectos de cambio climático

El apartado 2.4.6 de las Disposiciones de la Instrucción de Planificación Hidrológica establece que el Plan Hidrológico evaluará el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la demarcación. Por ello, estimará mediante modelos de simulación hidrológica, los recursos que corresponderían a los escenarios climáticos previstos.

En el ciclo de planificación anterior la Agencia Vasca del Agua utilizó como referencia el estudio “Infraestructuras de Agua y Cambio Climático en la CAPV”, que analizaba la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento ante escenarios de cambio del clima, utilizando las proyecciones climáticas realizadas por el Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente” y los resultados obtenidos del Proyecto K-Egokitzen “Cambio Climático: Impactos y Adaptación” proyecto ETORTEK de investigación financiado por el Gobierno Vasco que tenía por objetivo apoyar la investigación estratégica realizada por las entidades de investigación, desarrollo e innovación integradas en la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este estudio, tenía como área de interés la adaptación al cambio climático, siendo el principal objetivo analizar las evidencias del cambio climático y las medidas de adaptación más efectivas frente a los potenciales impactos en los recursos hídricos, las infraestructuras, los entornos urbanos, las costas o los ecosistemas marinos, terrestres y agrarios

Adicionalmente, en el año 2007 el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Centro de Estudios Hidrográficos suscribieron un acuerdo de encomienda de gestión para la realización del estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Una de las actividades derivadas de ese acuerdo era la determinación del efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural. A modo de resumen se indica a continuación las variaciones promedios anuales y por estación calculadas en este estudio para las Cuencas Internas del País Vasco, que se consideran representativas de toda la CAPV. Estas variaciones se han calculado como promedio de los escenarios de cambio climático A2 y B2 y como media de las aportaciones de las series 1940-2005 y 1980-2005.

Promedio variación de escorrentía anual (%) para 2027	Promedio variación de escorrentía otoño (%) para 2027	Promedio variación de escorrentía invierno (%) para 2027	Promedio variación de escorrentía primavera(%) para 2027	Promedio variación de escorrentía verano(%) para 2027
-4.4	-5.7	7.1	2.3	-8.8

A continuación se muestra una tabla en la que se calculan aplicando estas variaciones las aportaciones en 2027 por unidad hidrológica.

Tab. 33. Aportaciones totales a 2027 por unidad hidrológica

Unidad Hidrológica	Superficie (km ²)	Aportación anual (Hm ³)	Aportación específica(mm)
Bidasoa	64.71	72.2	1115
Oiartzun	85.78	88.2	1029
Urumea	290.80	392.2	1349
Oria	899.35	765.1	851
Urola	342.21	249.0	728
Deba	537.46	421.6	784
Artibai	104.46	84.2	806
Lea	111.64	76.4	684
Oka	208.82	143.4	687
Butroe	211.51	164.4	777
Ibaizabal	1798.94	1119.8	622
Barbadun	123.25	79.9	648
Agüera	149.85	76.4	510
Karrantza	151.70	88.0	580
Omecillo	351.95	82.2	234
Baia	324.34	166.0	512
Zadorra	1358.16	476.7	351
Inglares	98.57	16.6	169
Ega	578.52	170.4	294
Arakil	72.75	50.8	698
Ebro	300.19	46.6	155