

**ANEJO II**  
**INVENTARIO DE RECURSOS**  
**HÍDRICOS**

Versión 2.0  
Zaragoza, marzo de 2010

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>BASE NORMATIVA</b> .....	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES</b> .....	<b>4</b>
4.1.	ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES DE LA DEMARCACIÓN.....	4
4.1.1.	<i>Límites Administrativos y de Gestión. Red Hidrográfica Principal</i> .....	4
4.1.1.1.	Marco administrativo y de gestión: .....	4
4.1.1.2.	Red hidrográfica principal:.....	5
4.1.2.	<i>Recursos de agua subterránea en la Demarcación</i> .....	7
4.1.2.1.	Introducción .....	7
4.1.2.2.	Metodología de estimación de la recarga .....	9
4.1.2.2.1.	Antecedentes técnicos: el método del número de curva .....	9
4.1.2.2.2.	El mapa del número de curva de la cuenca del Ebro .....	11
4.1.2.2.3.	Algoritmo de cálculo de la recarga.....	16
4.1.2.2.4.	Evaluación de la infiltración .....	18
4.1.2.2.5.	Evaluación de la recarga .....	21
4.1.2.3.	Resultados .....	22
4.1.2.4.	Chequeo del método.....	26
4.1.2.4.1.	Balances hidrometeorológicos .....	26
4.1.2.5.	Conclusiones .....	32
4.1.3.	<i>Zonificación</i> .....	33
4.2.	DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS .....	39
4.2.1.	<i>Disponibilidad de Información</i> .....	39
4.2.2.	<i>Distribución Espacial de las Principales Variables Hidrológicas</i> .....	41
4.2.2.1.	Variables de la Fase atmosférica .....	41
4.2.2.1.1.	Precipitación .....	42
4.2.2.1.2.	Temperaturas.....	44
4.2.2.2.	Variables de la Fase Terrestre. ....	47
4.2.2.2.1.	Evapotranspiración.....	47
4.2.2.2.2.	Infiltración o recarga .....	50
4.2.2.2.3.	Escorrentía .....	55
4.3.	ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS EN LA DEMARCACIÓN .....	57
4.3.1.	<i>Series Anuales</i> .....	58
4.3.2.	<i>Series Mensuales</i> .....	61
4.4.	CONTRASTE DE APORTACIONES Y REGISTROS .....	82
4.4.1.	<i>Cuestiones previas</i> .....	82
4.4.1.1.	Completado de series en la parte internacional de la cuenca del Segre .....	82
4.4.1.2.	Drenaje de recintos no conectados a la red hidrográfica.....	83
4.4.2.	<i>Análisis del grado de alteración en las estaciones de aforo</i> .....	84
4.4.3.	<i>Análisis del ajuste de las series simpa a los caudales aforados</i> .....	86
4.4.4.	<i>Construcción de las series corregidas</i> .....	88
4.5.	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN CONDICIONES NATURALES .....	91
<b>5.</b>	<b>OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN</b> .....	<b>95</b>
5.1.	RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES .....	95
5.1.1.	<i>Desalación</i> .....	95
5.1.2.	<i>Reutilización</i> .....	95

5.2.	RECURSOS HÍDRICOS EXTERNOS.....	97
5.2.1.	Importación.....	97
5.2.2.	Exportación.....	97
5.3.	RECURSOS MEDIDOS EN LAS ESTACIONES DE AFORO .....	99
6.	EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	101

## APENDÍCES

### I. Tabla de valores de Número de Curva en función del código Corine Land Cover

### II. Calibración de piezómetros mediante balance hidrometeorológico

### III. Series de aportaciones estimadas en régimen natural en los puntos definidos

### IV. Series de aportaciones medidas en las estaciones de aforo

#### Índice de Tablas

Tabla 1.	Tipo de correcciones a aplicar para determinar las condiciones de humedad del suelo en el momento de la lluvia (TRAGSA, 1998). .....	11
Tabla 2.	Grupo hidrológico de suelo (USDA-SCS, 1964).....	12
Tabla 3.	Numero de Curva asignado (CEDEX, 2003) a los usos de suelo identificados en la cuenca del Ebro (CLC-2000) atendiendo a la pendiente y al grupo hidrogeológico al que pertenecen en condición tipo II.....	15
Tabla 4.	Correlación entre el método de Thornthwaite y Mather (1957) y el método del número de curva.....	16
Tabla 5.	Resultados de la evaluación de la recarga por lluvia en las masas de agua subterránea .....	22
Tabla 6.	Estimación de la recarga por BALAN en varias masas de la cuenca del Ebro. ....	26
Tabla 7.	Resumen de las entradas en Gallocanta (87) calculadas con el NC.....	30
Tabla 8.	Aportaciones a la masa de agua subterránea de Gallocanta (CHE, 1997) .....	30
Tabla 9.	Chequeo del algoritmo de recarga.....	31
Tabla 10.	Juntas de Explotación de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	34
Tabla 11.	Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro.....	35
Tabla 12.	Temperaturas medias por Junta de Explotación (1980/81-2005/076).....	45
Tabla 13.	Comparación de ETP y ETR (SIMPA) [1980/81 – 2005/06].....	49
Tabla 14.	Comparación del cálculo de la infiltración mediante el método del NC y el modelo SIMPA.....	53
Tabla 15.	Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1940/41-2005/06 .....	58
Tabla 16.	Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1980/81-2005/06 .....	58
Tabla 17.	Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año). Serie 1940/41-2005/06.....	59
Tabla 18.	Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año). Serie 1980/81-2005/06.....	59
Tabla 19.	Demarcación Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	62
Tabla 20.	Demarcación Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06.....	62
Tabla 21.	Cuenca Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	63
Tabla 22.	Cuenca Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06.....	63
Tabla 23.	Junta de Explotación nº1. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	64
Tabla 24.	Junta de Explotación nº1. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06.....	64
Tabla 25.	Junta de Explotación nº2. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	65
Tabla 26.	Junta de Explotación nº2. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06.....	65
Tabla 27.	Junta de Explotación nº3. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	66
Tabla 28.	Junta de Explotación nº3. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06.....	66
Tabla 29.	Junta de Explotación nº4. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06.....	67

Tabla 30.	Junta de Explotación nº4. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	67
Tabla 31.	Junta de Explotación nº5. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	68
Tabla 32.	Junta de Explotación nº5. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	68
Tabla 33.	Junta de Explotación nº6. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	69
Tabla 34.	Junta de Explotación nº6. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	69
Tabla 35.	Junta de Explotación nº7. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	70
Tabla 36.	Junta de Explotación nº7. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	70
Tabla 37.	Junta de Explotación nº8. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	71
Tabla 38.	Junta de Explotación nº8. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	71
Tabla 39.	Junta de Explotación nº9. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	72
Tabla 40.	Junta de Explotación nº9. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	72
Tabla 41.	Junta de Explotación nº10. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	73
Tabla 42.	Junta de Explotación nº10. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	73
Tabla 43.	Junta de explotación nº11. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	74
Tabla 44.	Junta de explotación nº11. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	74
Tabla 45.	Junta de explotación nº12. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	75
Tabla 46.	Junta de explotación nº12. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	75
Tabla 47.	Junta de explotación nº13. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	76
Tabla 48.	Junta de explotación nº13. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	76
Tabla 49.	Junta de explotación nº14. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	77
Tabla 50.	Junta de explotación nº14. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	77
Tabla 51.	Junta de explotación nº15. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	78
Tabla 52.	Junta de explotación nº15. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	78
Tabla 53.	Junta de explotación nº16. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	79
Tabla 54.	Junta de explotación nº16. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	79
Tabla 55.	Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	80
Tabla 56.	Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	80
Tabla 57.	Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06 .....	81
Tabla 58.	Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06 .....	81
Tabla 59.	Drenaje de zonas sin vertido según el modelo de direcciones .....	83
Tabla 60.	Estaciones de aforo de la CH Ebro con grado de alteración actual despreciable o muy bajo .....	84
Tabla 61.	Comparación de estadísticos de series SIMPA y registros .....	86
Tabla 62.	Aportaciones medias mensuales en regimen natural en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm <sup>3</sup> ) [1980/81-2005/06] .....	89
Tabla 63.	Estadísticos representativos de las aportaciones en régimen natural en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm <sup>3</sup> ) .....	91
Tabla 64.	Calidad natural de las aguas subterráneas .....	93
Tabla 65.	Estadísticos básicos de las series medidas en las principales estaciones de aforo (hm <sup>3</sup> ) .....	99
Tabla 66.	Aportaciones medias mensuales en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm <sup>3</sup> ). Serie 1980/81-2005/06 corregida por efecto del cambio climático (Horizonte 2027) .....	103
	Puntos de aportación incluidos en los modelos de simulación .....	109

## Indice de Figuras

Figura 1.	Mapa de límites administrativos (Comunidades Autónomas) y ámbitos de planificación (Demarcaciones Hidrográficas) .....	5
Figura 2.	Red Hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro .....	6
Figura 3.	Definición de masas de agua subterránea en la Demarcación Hidrográfica del Ebro .....	8
Figura 4.	Correcciones del número de curva en función de las condiciones de humedad del suelo .....	10
Figura 5.	Metodología para elaborar el mapa del Número de Curva. ....	11
Figura 6.	Mapa de permeabilidades. Reclasificación de permeabilidades en función de los grupos litológicos .....	13
Figura 7.	Mapas de entrada para asignar el NC .....	14

Figura 8.	Mapa del Número de Curva de la Cuenca del Ebro.....	16
Figura 9.	Metodología propuesta para evaluar la infiltración .....	17
Figura 10.	Esquema de la metodología seguida en la caracterización de la recarga. ....	18
Figura 11.	Intersección de las superficies de las masas de agua con las cuencas para obtener los recintos de cálculo de infiltración .....	19
Figura 12.	Mapas de recintos con el número de curva promedio y la precipitación media.....	20
Figura 13.	Ley de infiltración en función del número de curva.....	20
Figura 14.	Infiltración sobre las masas de agua subterránea.....	21
Figura 15.	Mapa de permeabilidad (Fte. IGME).....	22
Figura 16.	Mapa de infiltración en las masas de agua subterráneas de la cuenca del Ebro.....	25
Figura 17.	Recarga en la masa de agua subterránea Santo Domingo-Guara.....	27
Figura 18.	Resultados de la calibración de los piezómetros del Somontano del Moncayo .....	28
Figura 19.	Mapa de infiltración de lluvia en el Pliocuarenario de Alfamén y resultados de la calibración del balance. .	29
Figura 20.	Mapa de infiltración (mm) y de permeabilidad superficial de la masa de agua de Gallocanta (87) .....	30
Figura 21.	Mapa de los sistemas de explotación básicos existentes en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. ....	34
Figura 22.	Diagrama de flujo del modelo SIMPA .....	40
Figura 23.	Localización de la red de estaciones de control cuantitativo de las aguas superficiales en la DHE .....	40
Figura 24.	Mapa de puntos seleccionados de las redes de piezometría e hidrometría.....	41
Figura 25.	Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Período 1980/81-2005/06 [Fuente: SIMPA].....	42
Figura 26.	Distribución estacional de la precipitación (mm) [serie 1980/81-2005/06].....	43
Figura 27.	Mapa de Temperaturas medias anuales (1940/41-2005/06). ....	45
Figura 28.	Mapa de Temperaturas medias anuales (1940/41-2005/06). ....	46
Figura 29.	Mapa de clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO.....	46
Figura 30.	Mapa de clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO.....	47
Figura 31.	Distribución espacial de la evapotranspiración potencial total anual (mm/año) en la demarcación hidrográfica. Período 1980/81-2005/06 (serie SIMPA) .....	48
Figura 32.	Distribución espacial de la evapotranspiración potencial total anual (mm/año) en la cuenca del Ebro. Período 1900-2002 (OPH).....	49
Figura 33.	Distribución espacial de la evapotranspiración real total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06 (en régimen natural) .....	50
Figura 34.	Distribución temporal de la recarga total anual (hm <sup>3</sup> ) [periodo 1980/81-2005/06] .....	51
Figura 35.	Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06. [modelo SIMPA] .....	53
Figura 36.	Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.....	56
Figura 37.	Serie de precipitaciones anuales (mm) en la cuenca del Ebro (fuente SIMPA).....	60
Figura 38.	Serie de aportaciones anuales (hm <sup>3</sup> ) en la cuenca del Ebro (fuente SIMPA).....	61
Figura 39.	Demarcación Hidrográfica del Ebro. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06).....	62
Figura 40.	Cuenca Hidrográfica del Ebro. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06).....	63
Figura 41.	Junta de Explotación nº1. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	64
Figura 42.	Junta de Explotación nº2. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	65
Figura 43.	Junta de Explotación nº3. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	66
Figura 44.	Junta de Explotación nº4. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	67
Figura 45.	Junta de Explotación nº5. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	68
Figura 46.	Junta de Explotación nº6. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	69
Figura 47.	Junta de Explotación nº7. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	70

Figura 48. Junta de Explotación nº8. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	71
Figura 49. Junta de Explotación nº9. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	72
Figura 50. Junta de Explotación nº10. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	73
Figura 51. Junta de explotación nº11. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	74
Figura 52. Junta de explotación nº12. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	75
Figura 53. Junta de explotación nº13. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	76
Figura 54. Junta de explotación nº14. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	77
Figura 55. Junta de explotación nº15. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	78
Figura 56. Junta de explotación nº16. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	79
Figura 57. Junta de explotación nº17. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	80
Figura 58. Junta de explotación nº17. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06) .....	81
Figura 59. Estaciones de aforo empleadas para el completado de series en la parte internacional de la cuenca del Segre	82
Figura 60. Zonas sin vertido al Ebro tras aplicar el modelo de direcciones .....	83
Figura 61. Comparación de series de aportaciones en la EA 9027. Ebro en Tortosa .....	89
Figura 62. Comparación de series de aportaciones en la EA 9027. Ebro en Tortosa .....	90
Figura 63. Valoración de la aportación de sales de origen natural .....	92
Figura 64. Previsión de caudales de reutilización (hm <sup>3</sup> /año) a 2015 en España .....	96
Figura 65. Trasvase Zadorra-Arratiaión (hm <sup>3</sup> /año turbinados por IBERDROLA) .....	98
Figura 66. Evolución de las transferencias al Campo de Tarragona .....	99
Figura 67. Evolución de los vertidos del Ebro en el período 1980/81-2005/09 .....	101
Figura 68. Proyección de los modelos de cambio en la escorrentía para finales del siglo XXI (Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report. Climate Change 2007) .....	102
Figura 69. Evolución de las aportaciones del Ebro [hm <sup>3</sup> /año] (régimen natural) .....	102

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el inventario de recursos hídricos de la Demarcación Hidrográfica del Ebro (DHE). Los recursos hídricos disponibles en la demarcación están constituidos por los recursos hídricos propios, convencionales y no convencionales (naturales, reutilización, desalación, etc.), y los recursos hídricos externos (transferencias). La práctica totalidad de los recursos hídricos disponibles en la DHE están constituidos por los recursos hídricos naturales (RRHHNN).

El inventario de recursos hídricos naturales, está compuesto por su estimación cuantitativa, descripción cualitativa y la distribución temporal. Incluye las aportaciones de los ríos y las que alimentan los almacenamientos naturales de agua, superficiales y subterráneos. Esta evaluación se ha realizado en las zonas oportunas atendiendo, entre otros, a criterios hidrográficos, administrativos, socioeconómicos y ambientales. Con carácter general se ha de considerar la zonificación existente, tal como se indica en el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) y en la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), los datos estadísticos que muestran la evolución del régimen natural de flujos y almacenamientos a lo largo del ciclo hidrológico y las interrelaciones entre variables.

En este documento se han considerado los siguientes capítulos:

1. INTRODUCCIÓN
2. BASE NORMATIVA
3. ANTECEDENTES
4. INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES
5. OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN
6. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## 2. BASE NORMATIVA

El artículo 42 a) c'), sobre "El contenido de los planes hidrológicos de cuenca", del texto refundido de la Ley de Aguas, TRLA en adelante, aprobado por RD Legislativo 1/2001, de 20 de julio, hace referencia al inventario de recursos hídricos:

*1. Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente:*

*a) La descripción general de la demarcación hidrográfica, incluyendo:*

*a') Para las aguas superficiales tanto continentales como costeras y de transición, mapas con sus límites y localización, ecorregiones, tipos y condiciones de referencia (en el caso de aguas artificiales y muy modificadas, se incluirá asimismo la motivación conducente a tal calificación).*

*b') Para las aguas subterráneas, mapas con la localización y límites de las masas de agua.*

*c') El inventario de los recursos superficiales y subterráneos incluyendo sus regímenes hidrológicos y las características básicas de calidad de las aguas.*

El artículo 4 del Reglamento de Planificación Hidrológica, RPH en adelante, transcribe la referencia del artículo 42.a) c') referente al inventario de recursos hídricos dentro de la

descripción general de la demarcación hidrográfica (apartado a)) en el contenido obligatorio de los planes hidrológicos de la Demarcación.

El apartado 2.4 de la IPH aprobada por la Orden Ministerial ARM 2656/2008, desarrolla los contenidos mínimos que deberá abarcar el inventario de recursos hídricos naturales:

*El inventario de recursos incluirá las aguas que contribuyan a las aportaciones de los ríos y las que alimenten almacenamientos naturales de agua, superficiales o subterráneos.*

*El inventario contendrá, en la medida que sea posible:*

- a) Datos estadísticos que muestren la evolución del régimen natural de los flujos y almacenamientos a lo largo del año hidrológico.*
- b) Interrelaciones de las variables consideradas, especialmente entre las aguas superficiales y subterráneas, y entre las precipitaciones y las aportaciones de los ríos o recarga de acuíferos.*
- c) La zonificación y la esquematización de los recursos hídricos naturales en la demarcación hidrográfica.*
- d) Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.*

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro, parte de los recursos hídricos disponibles son transferidos a otras cuencas. Estas transferencias se encuentran regladas según lo dispuesto en la Ley 10/2001, de 5 de julio, por la que se aprueba el Plan Hidrológico Nacional, en los artículos del 12 al 23, ambos inclusive.

### *CAPÍTULO III. Previsión y condiciones de las transferencias*

#### *SECCIÓN 1ª. Principios generales y previsión de transferencias*

##### *Artículo 12. Principios generales*

- 1. Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos generales recogidos en el artículo 38.1 de la Ley de Aguas y en el artículo 2 de esta Ley, podrán llevarse a cabo transferencias de recursos hídricos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca. Dichas transferencias estarán en todo caso supeditadas al cumplimiento de las condiciones que se prevén en la presente Ley.*
- 2. Toda transferencia se basará en los principios de garantía de las demandas actuales y futuras de todos los usos y aprovechamientos de la cuenca cedente, incluidas las restricciones medioambientales, sin que pueda verse limitado el desarrollo de dicha cuenca amparándose en la previsión de transferencias. Se atenderá además a los principios de solidaridad, sostenibilidad, racionalidad económica y vertebración del territorio.*
- 3. Las transferencias previstas en esta Ley deberán someterse igualmente al principio de recuperación de costes, de acuerdo con los principios de la Ley de Aguas y de la normativa comunitaria.*

Respecto a los recursos hídricos propios procedentes de fuentes no convencionales: aguas reutilizadas y aguas procedentes de la desalación, el RD 1620/2007, de 7 de diciembre, establece el régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas y en el Capítulo V artículo 13 del TRLA, se establecen las condiciones de utilización de las aguas procedentes de desalación.

### 3. ANTECEDENTES

Según el Plan Hidrológico del Ebro de 1998, los recursos hídricos disponibles en la cuenca hidrográfica del Ebro eran de 18.216,9 hm<sup>3</sup>.

VALORES MEDIOS MENSUALES DE APORTACIONES DURANTE EL PERÍODO 1940-41 a 1985-86 (todos los valores están en hm <sup>3</sup> )												TOTAL AÑO MEDIO	ANUAL del período 1940-86		MENSUAL del período 1940-86	
OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP		MAX	MIN	MAX	MIN
999,2	1.416,0	1.731,1	1.950,5	1.853,9	1.922,3	1.948,3	2.366,2	1.852,3	893,0	609,5	674,8	18.216,9	29.725,7	8.393,3	5.283,8	211,4

De acuerdo el citado Plan, la Demarcación no recibía transferencias del exterior –con la salvedad de la que recibe estacionalmente mediante el bitrasvase Ebro-Besaya para su posterior “devolución” de manera que el balance neto anual es nulo– pero sí era origen de trasvases a cuencas vecinas, circunstancia que se mantiene en la actualidad (ver apartado 5.2)

Los recursos hídricos propios naturales o convencionales están constituidos por las aportaciones naturales en el territorio de la demarcación, considerando las infraestructuras de almacenamiento y regulación existentes. Los recursos propios no convencionales, suponen 14 hm<sup>3</sup> y proceden de la reutilización directa de aguas regeneradas. La procedencia exacta de estos recursos se describe de forma detallada en los apartados 5.2 y 5.3 de este documento.

Los antecedentes normativos de los recursos transferidos se encuentran en las disposiciones adicionales PRIMERA y SEGUNDA de la Ley 10/2001, de 5 de julio, por la que se aprueba el Plan Hidrológico Nacional (PHN):

*Transferencias existentes a la entrada en vigor de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.*

*1. Los aprovechamientos de aguas existentes en el momento de la entrada en vigor de esta Ley, que constituyan una transferencia de recursos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca, y estén amparados en títulos concesionales otorgados con anterioridad al 1 de enero de 1986, se regirán por lo dispuesto en el título concesional vigente. Cuando en aplicación de los títulos concesionales reviertan a la Administración General del Estado las obras e instalaciones, se dispondrá de ellas de acuerdo con la legislación de contratos de las Administraciones públicas.*

*2. Los aprovechamientos de aguas existentes en el momento de la entrada en vigor de esta Ley, que constituyan una transferencia de recursos entre ámbitos territoriales de distintos Planes Hidrológicos de cuenca, y estén amparados en títulos legales aprobados con anterioridad al 1 de enero de 1986, se regirán por lo dispuesto en el título legal actual vigente.*

*Modificación de la Ley 18/1981, de 1 de julio, sobre actuaciones en materia de aguas en Tarragona.*

*1. El artículo 1, párrafo 2, de la Ley 18/1981 queda redactado de la siguiente forma:*

*Dos. Podrá destinarse al abastecimiento urbano e industrial de los municipios de la provincia de Tarragona un caudal equivalente al recuperado, con el límite máximo de cuatro metros cúbicos por segundo, previa concesión administrativa, cuyo otorgamiento no comprometerá volúmenes de agua del Ebro adicionales a los actualmente otorgados para los regadíos del Delta; a cuyos efectos se realizarán, en su caso, los necesarios reajustes de las actuales concesiones.*

2. *Modificación del artículo 3, párrafo 2, de la Ley 18/1981, que queda redactado de la siguiente forma:*

*Dos. El importe total del canon se liquidará por la Confederación Hidrográfica del Ebro y se recaudará por la Generalitat de Catalunya. El canon se destinará, en primer lugar al Plan de Obras de Acondicionamiento y Mejora de las Infraestructuras Hidráulicas del Delta del Ebro, cuyo sistema de amortización será proporcional a la inversión efectivamente realizada por cada Administración y al volumen de recaudación; ello sin perjuicio de los recursos que en las Leyes de Presupuestos Generales del Estado puedan ser asignados al mencionado Plan.*

Una vez amortizadas las inversiones realizadas por el Estado y la Generalitat y completadas las obras y actuaciones en el Delta del Ebro, el 80 % del canon previsto en el artículo 3.1, revertirá a la Confederación Hidrográfica del Ebro, y el 20 % restante lo retendrá la Generalitat de Catalunya para aplicarlo a la ejecución de las obras que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos objeto de concesión, en la parte de la Cuenca del Ebro situada en su territorio.

#### 4. INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS NATURALES

El apartado 2.4 de la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), desarrolla los contenidos del inventario de recursos hídricos naturales:

*El inventario de recursos incluirá las aguas que contribuyan a las aportaciones de los ríos y las que alimenten almacenamientos naturales de agua, superficiales o subterráneos.*

*El inventario contendrá, en la medida que sea posible:*

- a) La zonificación y la esquematización de los recursos hídricos naturales en la demarcación hidrográfica.*
- b) Datos estadísticos que muestren la evolución del régimen natural de los flujos y almacenamientos a lo largo del año hidrológico.*
- c) Interrelaciones de las variables consideradas, especialmente entre las aguas superficiales y subterráneas, y entre las precipitaciones y las aportaciones de los ríos o recarga de acuíferos.*
- d) Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales.*

##### 4.1. ESQUEMATIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS NATURALES DE LA DEMARCACIÓN.

###### 4.1.1. LÍMITES ADMINISTRATIVOS Y DE GESTIÓN. RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL

###### 4.1.1.1. MARCO ADMINISTRATIVO Y DE GESTIÓN:

La parte española de la DHE, abarca territorio en 9 Comunidades Autónomas: Cantabria, País Vasco, Navarra, Castilla y León, La Rioja, Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha y Valencia. De los 85.570 km<sup>2</sup> que ocupa 42.111 km<sup>2</sup> pertenecen a la Comunidad Autónoma de Aragón (49,2%), 15.635 km<sup>2</sup> a Cataluña (18,3%), 9.229 km<sup>2</sup> a Navarra (10,8 %), 8.148 km<sup>2</sup> a Castilla y León (9,5 %), 5.023 km<sup>2</sup> a La Rioja (5,9 %), 2.678 km<sup>2</sup> a País Vasco (3,1 %), 1.119 km<sup>2</sup> a Castilla – La Mancha (1,3 %), 851 km<sup>2</sup> a la Comunidad Valenciana (1,0

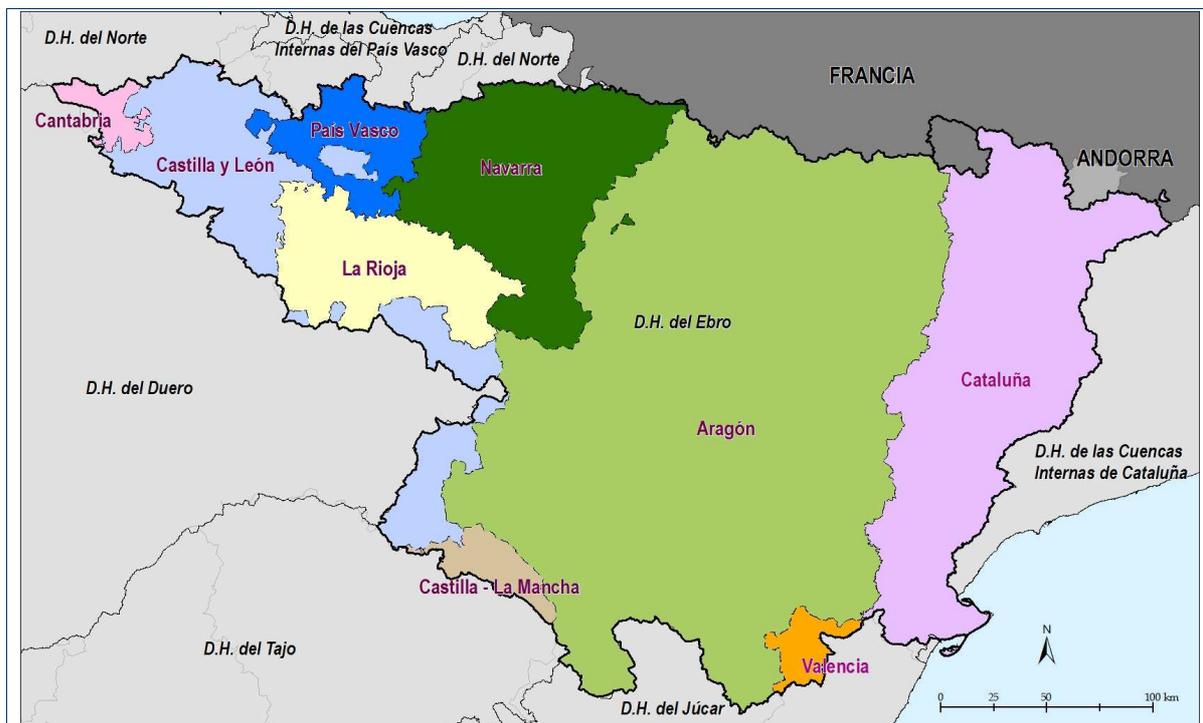
%) y 775 km<sup>2</sup> a Cantabria (0,9 %). Además de los 84.980 km<sup>2</sup> de la cuenca del Ebro, la demarcación incluye también 590 km<sup>2</sup>, pertenecientes al Garona (555 km<sup>2</sup>), al enclave de Llívia (13 km<sup>2</sup>) y pequeñas cabeceras españolas de cuencas ubicadas mayoritariamente en territorio francés –Gave d’Aspe (14 km<sup>2</sup>) y Gave de Sainte Engrace (7 km<sup>2</sup>) – y 389,73 km<sup>2</sup> de aguas costeras y de transición.

El ámbito de aplicación del nuevo Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, se describe en el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas. A diferencia del ámbito de planificación del anterior plan hidrológico, en éste son incluidas las aguas de transición y costeras, además de las aguas continentales (superficiales y subterráneas), en busca de la gestión y protección integrada de las aguas.

Según lo dispuesto en el artículo 2 del RD 125/2007 la DHE:

*“comprende el territorio español de la cuenca hidrográfica del río Ebro y sus aguas de transición, de la cuenca hidrográfica del río Garona y de las demás cuencas hidrográficas que vierten al océano Atlántico a través de la frontera con Francia, excepto las de los ríos Nive y Nivelles; además la cuenca endorreica de la Laguna de Gallocanta. Las aguas costeras tienen como límite sur la línea con orientación 122,5.º que pasa por el extremo meridional de la playa de Alcanar y como límite norte la línea con orientación 90.º que pasa por el Cabo de Roig.”*

En el siguiente mapa de la demarcación hidrográfica, se muestran los límites administrativos y de gestión de la demarcación, es decir, los límites de las Comunidades Autónomas y el de la Demarcación Hidrográfica del Ebro:



**Figura 1. Mapa de límites administrativos (Comunidades Autónomas) y ámbitos de planificación (Demarcaciones Hidrográficas).**

#### 4.1.1.2. RED HIDROGRÁFICA PRINCIPAL:

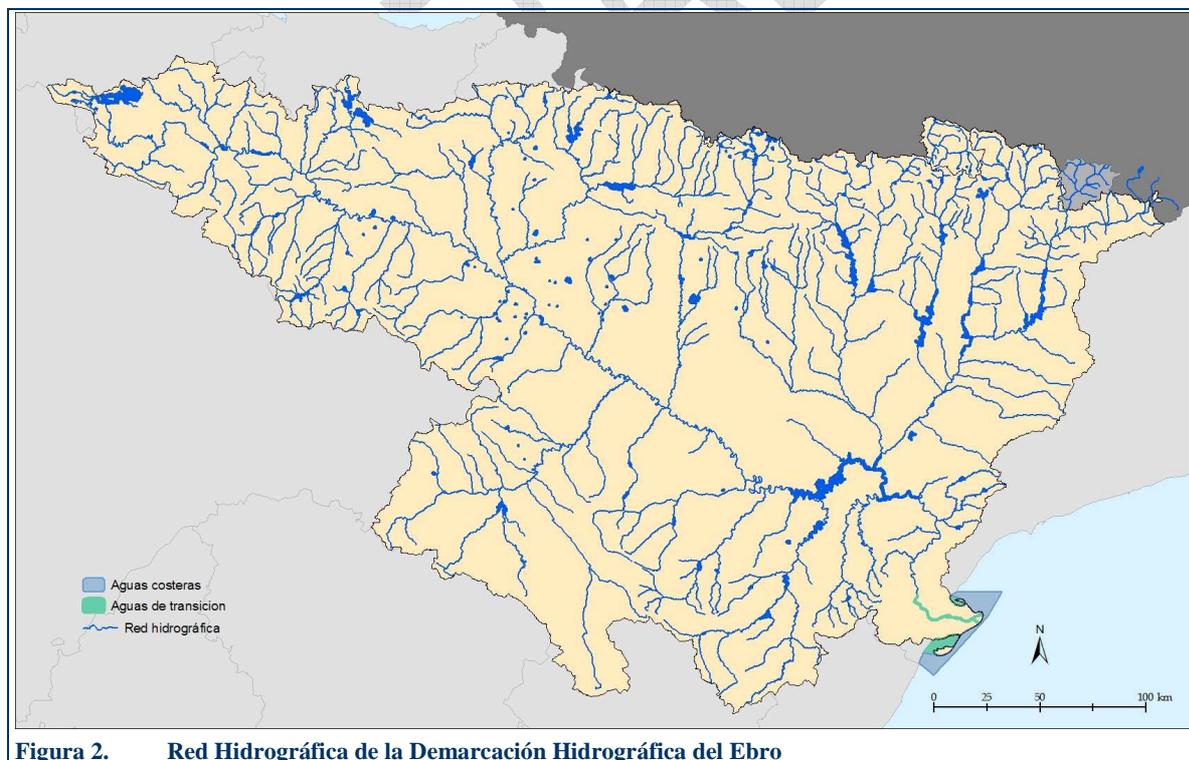
Desde el punto de vista fluvial, la red hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro está constituida por el cauce del río principal, el Ebro, y el conjunto de sus afluentes.

El río Ebro nace en la Hermandad de Campoo de Suso en Cantabria, discurre por la denominada Depresión Central entre la Cordillera Ibérica y los Pirineos y finalmente corta transversalmente la Cadena Costero Catalana por el Paso del Asno (en todo este recorrido, unos 970 km el río Ebro atraviesa las Comunidades Autónomas de Cantabria, Castilla y León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña).

De acuerdo con la clasificación realizada realizada por el Centro de Estudios Hidrográficos por encargo del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) de precisión 100x100 m –tras aplicar ciertas correcciones derivadas de otros trabajos de gabinete y de campo– la longitud total de los ríos significativos (cuena vertiente mayor a 10 km<sup>2</sup> y caudal circulante superior a 100 l/s) en la Demarcación Hidrográfica del Ebro se estableció en 12.760 km. El cauce principal es el río Ebro y los principales afluentes son los ríos Aragón, Gállego, Cinca y Segre por la margen izquierda y los ríos Jalón y Guadalupe por la derecha.

Se incluyen en la Demarcación del Ebro pequeñas cabeceras españolas de cuencas hidrográficas que se extienden mayoritariamente en territorio francés incluidos en la vecina demarcación Adur-Garona. Se trata del valle de Arán y otras cabeceras menores (ibón de Estanes-Gave d'Aspe- y macizo kárstico de Larra-Gave de Sainte Engrace). En cambio, no se incluyen en la demarcación las cuencas de ríos afluentes al Ebro fuera de territorio español, como Valira y La Llosa en Andorra, con un total de 468 km<sup>2</sup>, y alto Segre, con Rahur y Carol, e Irati, en Francia, que suman unos 480 km<sup>2</sup>, ni tampoco el Valcarlos-Col d'Orgambide, que es la cabecera del Nive de Arnéguy en España.

A continuación se muestra el mapa de la red hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro.



**Figura 2. Red Hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Por otra parte, no todas las escorrentías discurren hacia la red fluvial, ya que existen numerosas áreas cerradas de carácter endorréico o semiendorréico. Suelen ser áreas de extensión reducida y constituyen depresiones en terrenos de baja permeabilidad, donde se retienen y encharcan las aguas que posteriormente se pierden por infiltración o, en su

mayor parte, por evaporación. Destacan la laguna de Gallocanta en la junta de explotación nº 5 (provincias de Zaragoza y Teruel), Urbasa y Andía en la junta de explotación nº 16 (provincias de Álava y Navarra) y las lagunas de Monegros en las juntas de explotación 9 y 14 (provincias de Zaragoza, Huesca y Teruel).

#### 4.1.2. RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA DEMARCACIÓN

##### 4.1.2.1. INTRODUCCIÓN

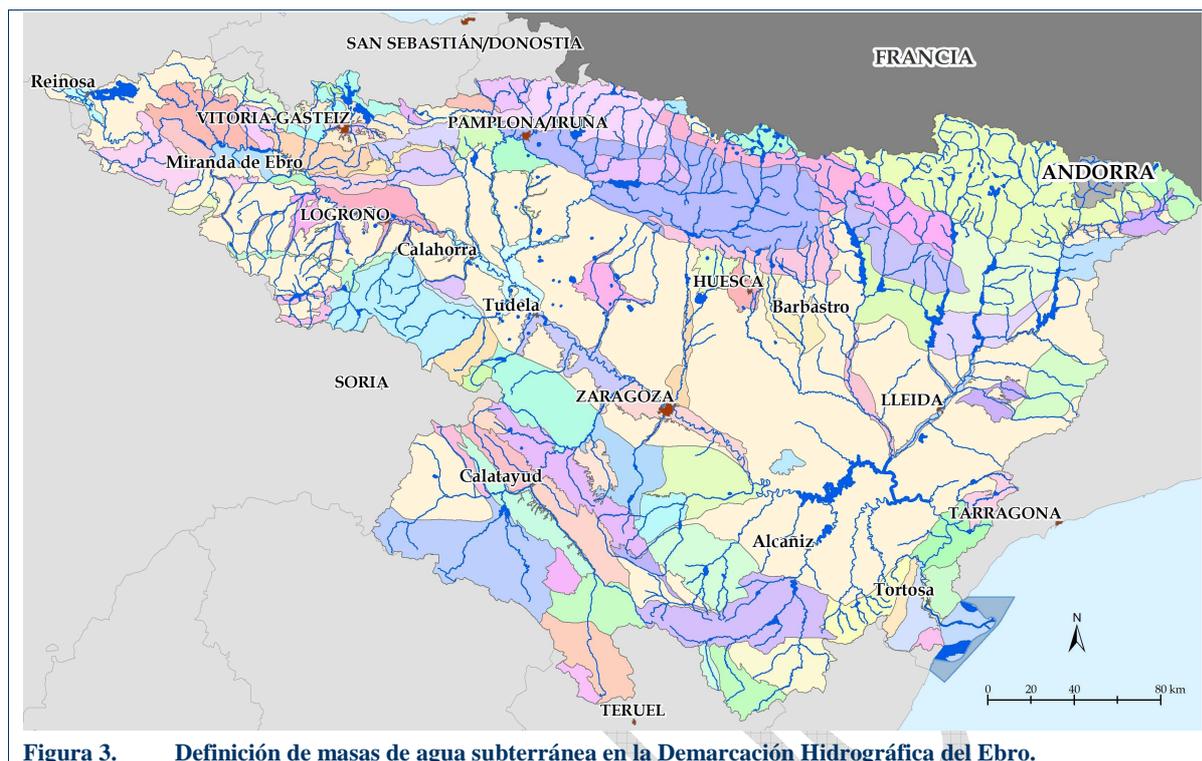
Los flujos totales en régimen natural constan, de una componente de escorrentía superficial directa, y de una componente de origen subterráneo. Esta componente subterránea de la escorrentía total, coincide básicamente -dejando a salvo los efectos de transferencias subterráneas externas- con la recarga natural de los acuíferos.

Pese a estas dificultades, el conocimiento de la recarga resulta de gran interés teórico y práctico, pues viene a acotar las posibilidades máximas de explotación sostenible a largo plazo de las aguas subterráneas de un acuífero.

Como se dijo, la mayor parte del agua que recarga los acuíferos se descarga diferida en el tiempo a la red fluvial, de forma difusa o a través de manantiales, y en muchas cuencas es uno de los constituyentes básicos de la aportación de los ríos. Otra parte de la recarga, en general mucho más reducida, se transfiere subterráneamente a otros acuíferos o, en el caso de los acuíferos costeros, descarga al mar.

Para estimar la recarga natural o infiltración a los acuíferos se necesita conocer su delimitación geométrica. Hasta ahora en España los acuíferos se han agrupado en distintas unidades hidrogeológicas, que con la implantación de la DMA pasan a ser masas de agua subterránea.

Es conveniente diferenciar aquí entre el concepto físico de acuífero, entendido como formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua, y el concepto administrativo de masa de agua subterránea, formada por uno o más acuíferos, que se agrupan a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua y cuyos límites pueden incluir también porciones del territorio donde no existen acuíferos.



**Figura 3. Definición de masas de agua subterránea en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.**

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro se han definido un total de 106 masas de agua subterránea según los últimos estudios de caracterización disponibles.

La caracterización de la recarga de los sistemas acuíferos, tanto en su cuantificación como en la manera en que se ve afectada por los usos del suelo en su zona de recarga, ha de ampliarse para adquirir un mayor conocimiento de las masas de agua y alcanzar los objetivos establecidos en el artículo 1 de la DMA 2000/60/CE.

Las observaciones de piezómetros y de estaciones de aforos aportan elementos de calibración para evaluar la recarga mediante balances hidrometeorológicos u otras herramientas de simulación hidrogeológica. No obstante, son muchas las masas de agua en la que no se dispone de estos elementos. Este problema es si cabe más relevante por cuanto esta carencia es usual en las zonas de cabecera, que albergan importantes recursos hídricos. Otro problema habitual es que los hidrogramas disponibles estén afectados (bombeos para el caso de pozos, regulaciones, usos eléctricos o agrícolas en el caso de ríos), de manera que las evaluaciones de la recarga han de recurrir a costosos modelos de simulación que, aun así, suelen mostrar rangos de incertidumbre notables.

Tales carencias de la información de partida conduce a una búsqueda de nuevas herramientas o metodologías de cálculo para conseguir estimaciones de recarga en áreas no aforadas.

El método del NÚMERO DE CURVA fue desarrollado por el Soil Conservation Service (U.S. Departament of Agricultura) en la década de los años sesenta del pasado siglo para evaluar la escorrentía generada sobre cuencas agrícolas. Desde entonces este método ha experimentado sucesivas ampliaciones para adaptarlo a nuevas condiciones hidrológicas y en la actualidad goza de una amplia difusión y aplicación, no ajena al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica que en la actualidad permiten un fácil manejo de variables espaciales. En esta línea, en España el CEDEX ha realizado un mapa de España del número de curva (con celdas de 1 km de lado).

Por su facilidad de aplicación y por su aplicabilidad a condiciones muy diferentes, en relación a otras herramientas de cálculo, este método ya ha sido propuesto para realizar valoraciones de la recarga de acuíferos (EPA, 1998; SCOZZAFAVA, M., TALLIN, M., 2001; ALCALÁ GARCÍA, F.J., 2005).

### **Objetivos**

El objetivo de este trabajo es realizar una caracterización espacial de la recarga en el ámbito de la cuenca hidrográfica del Ebro.

1. Elaboración de un mapa del número curva.
2. Diseñar un algoritmo de cálculo que, basado en los principios del método del número de curva, permita realizar estimaciones sobre la infiltración.
3. Elaborar un mapa de infiltración de la lluvia en la cuenca del Ebro.
4. Confrontar los resultados con los obtenidos mediante calibración de balances hidrometeorológicos.

### **Ámbito de estudio**

El ámbito de estudio abarcado se identifica con la cuenca del Ebro. La evaluación de la recarga se realiza sobre las masas de agua subterránea de la cuenca.

### **Información previa disponible**

#### **Cartografías digitales**

- 1 – Mapa de permeabilidad 1:200.000 (IGME)
- 2 – Cartografía geológica de la cuenca del Ebro (CHE)
- 3 – Corine Land Cover 2000 (MIMAM)
- 4 – Modelo digital del terreno de la cuenca del Ebro con celdas de 30 m (CHE)

#### **Información alfanumérica:**

- 1 – Datos de precipitación y temperatura en las Estaciones Meteorológicas sitas en el ámbito de planificación (Fte. CHE)
- 2 – Hidrogramas de los puntos de la red piezométrica (MIMAM)

#### **4.1.2.2. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LA RECARGA**

##### **4.1.2.2.1. Antecedentes técnicos: el método del número de curva**

La metodología propuesta para evaluar infiltraciones de recarga se basa en el del método empírico del Número de Curva elaborado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS, 1964).

Este método permite evaluar la escorrentía directa a partir de la serie diaria de precipitación para un intervalo de tiempo considerado. Para asignar el número de curva es preciso consultar unos ábacos en los cuales es necesario determinar otro tipo de información como la permeabilidad, pendiente, uso del suelo, porcentaje de superficie vegetal, etc.

La aplicación del método del número de curva se apoya en la cartografía geológica que determina la permeabilidad del sustrato y en el Corine Land Cover 2000 que aporta

información sobre el tipo de uso del suelo. Con ellos se va asignando a cada polígono un número de curva que toma valores comprendidos entre 0 (escorrentía mínima) y 100 (escorrentía máxima).

Un evento de precipitación (P) comienza a producir escorrentía (Q) cuando supera el valor umbral de precipitación (I0),

$$I0 = 0,2 \cdot S$$

La diferencia P-Q tiende a un valor constante, que representa la infiltración máxima (S), expresado en mm. Para la obtención del valor de S, se utiliza la siguiente expresión, donde NC es el número de curva:

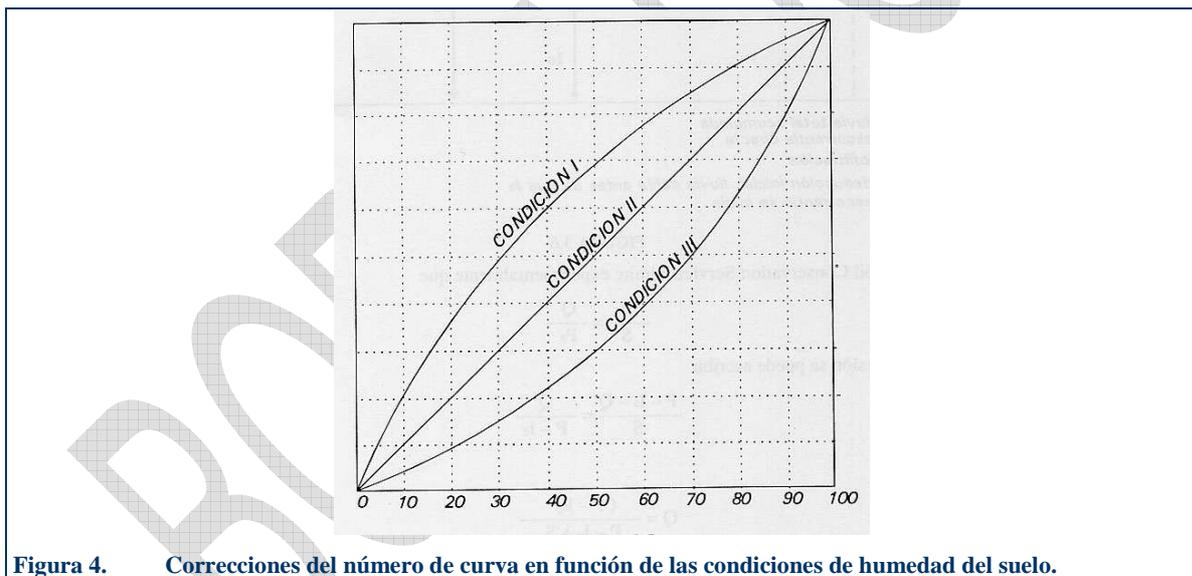
$$S = 254 [ (100/NC) - 1 ]$$

La escorrentía generada por un evento de precipitación P se calcula mediante:

$$Q = (P - 0,2 S)^2 / (P + 0,8 S)$$

Se obtiene así una serie diaria de escorrentía superficial generada en función de su número de curva.

El estado de humedad del suelo previo al episodio de lluvia condiciona la capacidad de infiltración de este y, por tanto, hay que aplicar una corrección al número de curva en función de estas condiciones de humedad precedentes.



**Figura 4. Correcciones del número de curva en función de las condiciones de humedad del suelo.**

Se establecen así tres situaciones (ver Figura 4): si durante la precipitación el suelo se encuentra seco la escorrentía será menor (Condición I). Si por el contrario el suelo se encuentra saturado debido a las lluvias precedentes la escorrentía será mayor (Condición III); las condiciones de humedad media quedan incluidas en la Condición II.

A este respecto, para determinar las condiciones de humedad del suelo en el momento de la lluvia y el tipo de corrección a aplicar, se considera la precipitación acumulada los cinco días precedentes (P5 ) según se indica en el cuadro siguiente (TRAGSA, 1998):

<b>Tabla 1. Tipo de correcciones a aplicar para determinar las condiciones de humedad del suelo en el momento de la lluvia (TRAGSA, 1998).</b>		
<b>Condición</b>	<b>Período húmedo: oct-mar</b>	<b>Período seco: abr-sep</b>
Tipo I	$P5 < 12.5 \text{ mm}$	$P5 < 35.5 \text{ mm}$
Tipo II	$12.5 < P5 < 28 \text{ mm}$	$35.5 < P5 < 53 \text{ mm}$
Tipo III	$P5 > 28 \text{ mm}$	$P5 > 53 \text{ mm}$

#### 4.1.2.2.2.El mapa del número de curva de la cuenca del Ebro

La metodología aplicada para obtener el mapa del número de curva en la Cuenca del Ebro incorpora las adaptaciones realizadas por el CEDEX (2003) que relacionan el uso del suelo según la clasificación del CORINE LAND COVER 2000 con el número de curva (Figura 5).

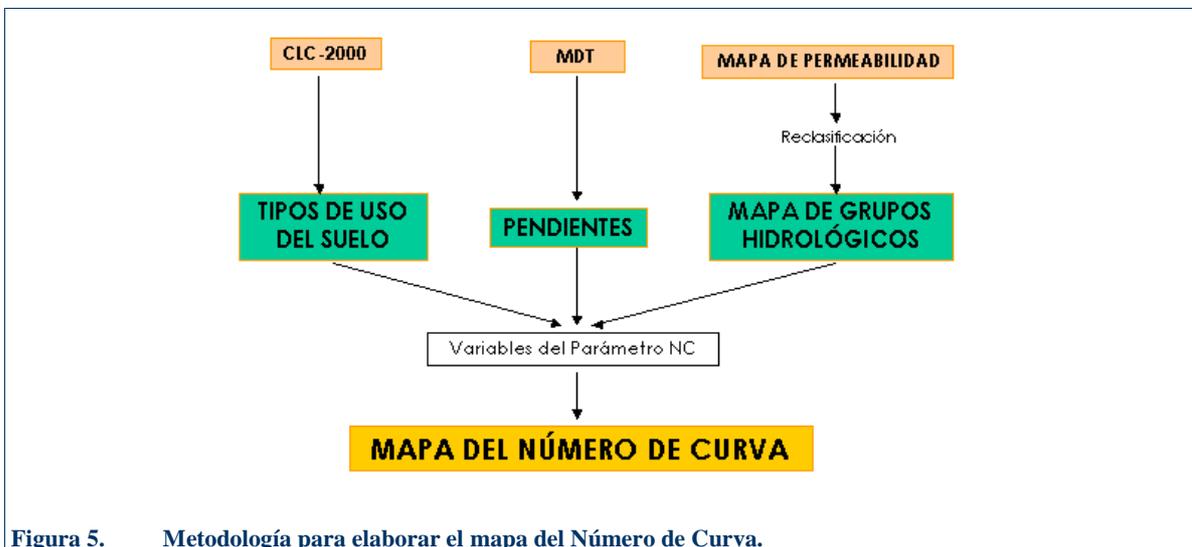


Figura 5. Metodología para elaborar el mapa del Número de Curva.

El primer paso es identificar los usos de suelo presentes en la Cuenca del Ebro a partir de la información recogida en el Corine Land Cover 2000.

A partir del modelo digital terrestre (MDT) se genera el mapa de pendientes clasificadas en superior o inferior a 3%.

El siguiente paso es determinar el grupo hidrológico del suelo. En el método del número de Curva se diferencian 4:

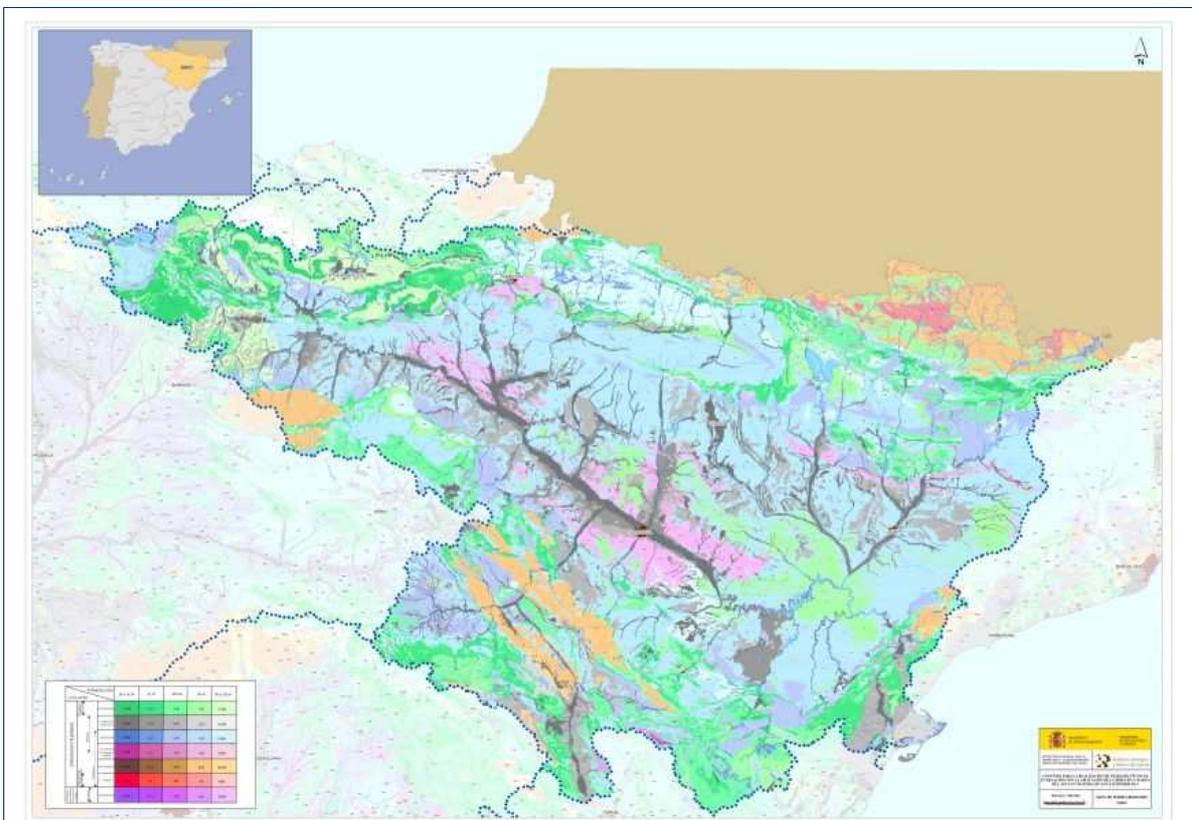
- Grupo A: es el que genera menos escorrentía. Son suelos sueltos, con predominio de arena y grava, de gran permeabilidad.
- Grupo B: suelos de moderada permeabilidad, con textura franco-arenosa.
- Grupo C: suelos arcillosos o franco-arcillosos de poca permeabilidad.
- Grupo D: suelos muy poco permeables, muy arcillosos.

La caracterización de los grupos hidrológicos (USDA-SCS, 1964) se basa en el concepto de infiltración. La velocidad de infiltración, junto con otros parámetros, determina la cantidad de agua que se infiltra en el suelo estableciendo una relación directa con la permeabilidad del sustrato.

**Tabla 2. Grupo hidrológico de suelo (USDA-SCS, 1964) □**

<b>Grupo hidrológico</b>	<b>Potencial de Escorrentía</b>	<b>Infiltración cuando el suelo está húmedo</b>	<b>Suelos típicos</b>
Grupo A	Escaso	Alta	Arenas y gravas excesivamente drenadas
Grupo B	Moderado	Moderada	Texturas medias
Grupo C	Medio	Lenta	Textura fina o suelos con una capa que impide el drenaje hacia abajo
Grupo D	Elevado	Muy lenta	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables

Para identificar los grupos hidrológicos se ha partido del mapa de permeabilidad, escala 1:200.000, del I.G.M.E. Se reclasifican los grupos litológicos para adscribirlos a cada una de las categorías que propone el método del número de curva. Se obtiene así un mapa de grupos hidrológicos en formato ráster con un tamaño de celda de 350 m (Figura 6).



### LEYENDA MAPA DE PERMEABILIDAD 1:200.000

- GRUPO HIDROLÓGICO A
- GRUPO HIDROLÓGICO B
- GRUPO HIDROLÓGICO C
- GRUPO HIDROLÓGICO D

LITOLOGÍAS		PERMEABILIDAD				
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
CON AGUAS UTILIZABLES	FRAGMENTOS DE GRANITO	C-MA	C-A	C-M	C-B	C-MB
	DETRÍTICAS (Guarnidos)	Q-MA	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
	DETRÍTICAS	D-MA	D-A	D-M	D-B	D-MB
	VOLCÁNICAS (Provinciales y locales)	V-MA	V-A	V-M	V-B	V-MB
	METACRISTALINAS	M-MA	M-A	M-M	M-B	M-MB
	IGNEAS	I-MA	I-A	I-M	I-B	I-MB
	EVAPORÍTICAS	E-MA	E-A	E-M	E-B	E-MB

Figura 6. Mapa de permeabilidades. Reclasificación de permeabilidades en función de los grupos litológicos

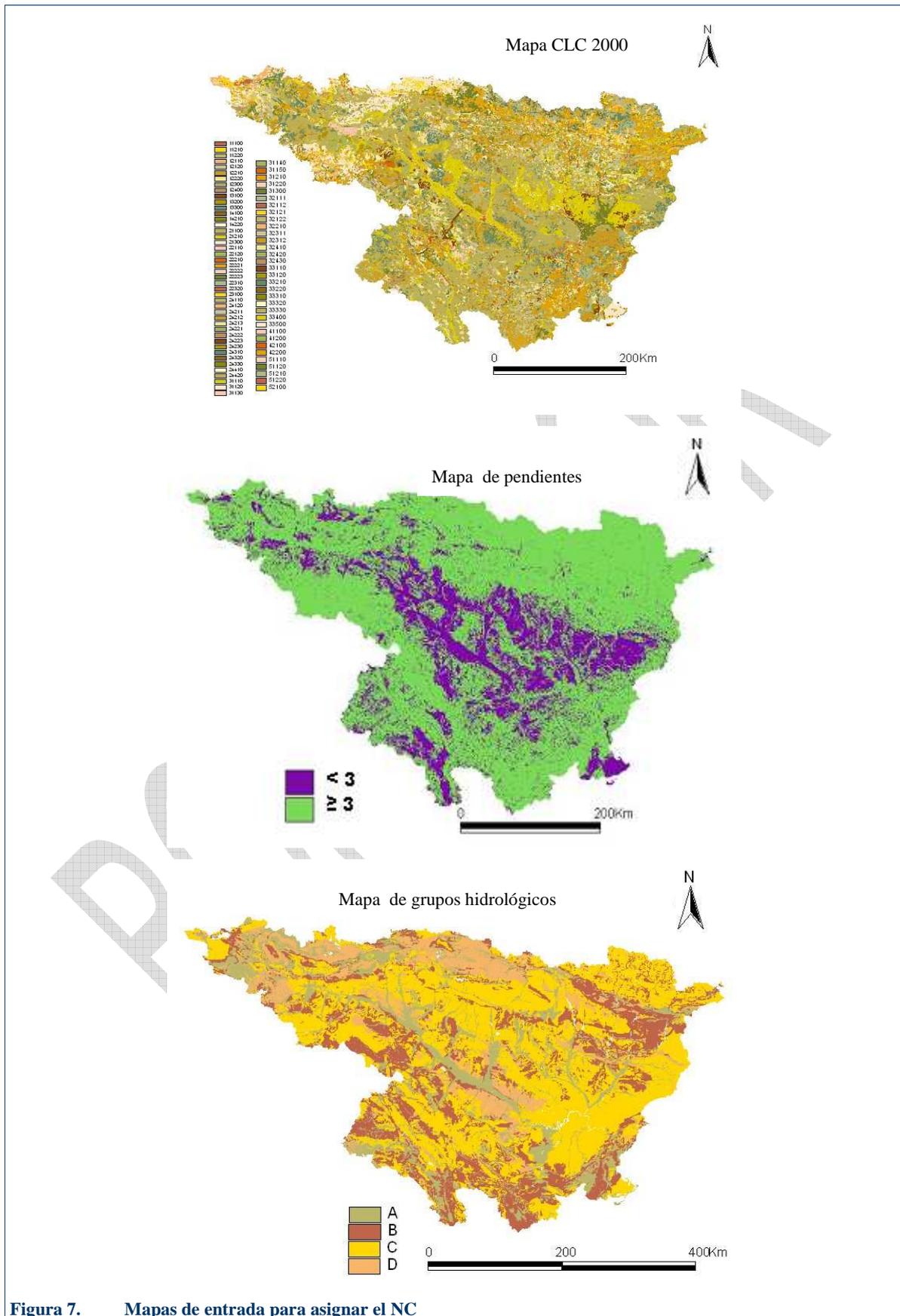


Figura 7. Mapas de entrada para asignar el NC

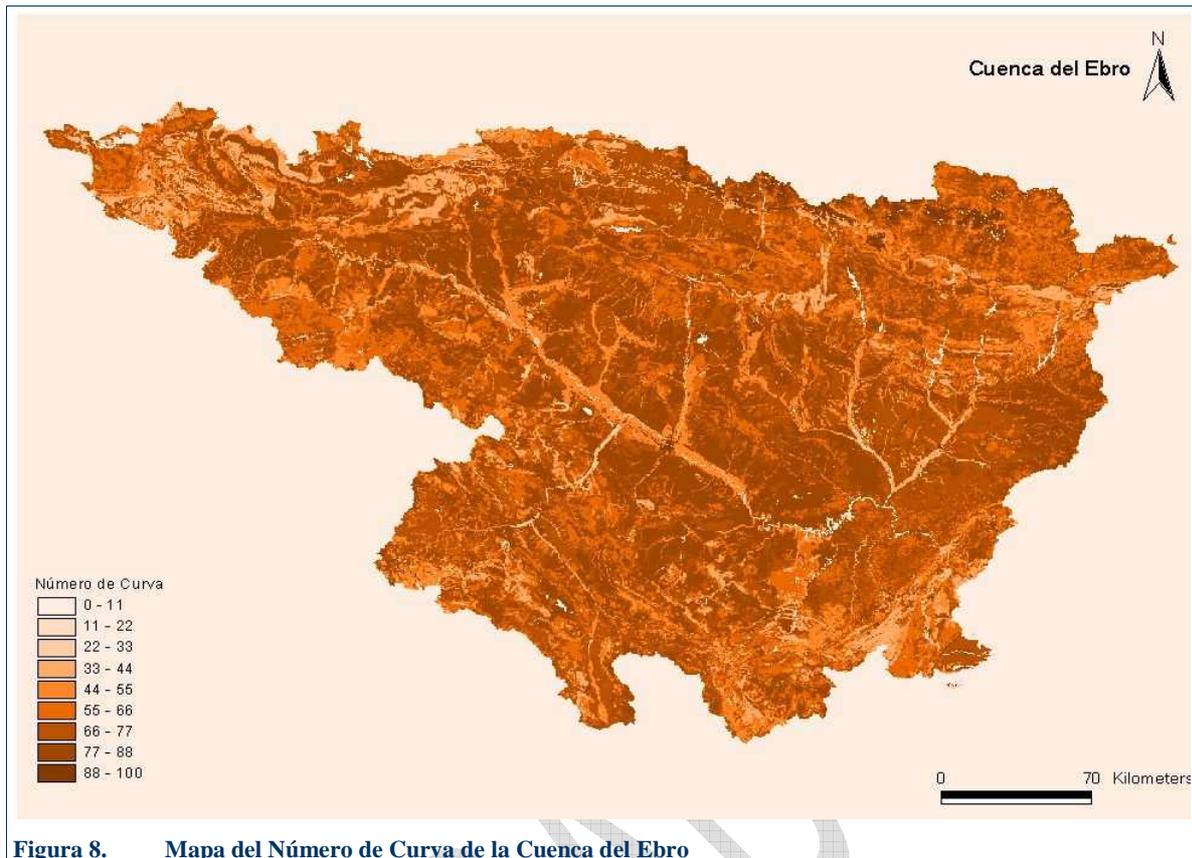
El mapa del Número de Curva se elabora mediante una reclasificación ráster que tiene como entrada los tres mostrados en la Figura 7.

Para asignar el número de curva a cada una de las celdas se utiliza la clasificación elaborada por el CEDEX (2003) en función de los usos del suelo del CLC-2000 y del grupo hidrogeológico.

<b>Tabla 3. Numero de Curva asignado (CEDEX, 2003) a los usos de suelo identificados en la cuenca del Ebro (CLC-2000) atendiendo a la pendiente y al grupo hidrogeológico al que pertenecen en condición tipo II.</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>USO DEL SUELO CLC-2000</b>	<b>PEN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
11100	Tejido urbano continuo		98	98	98	98
12110	Zonas industriales		81	88	91	93
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	$\geq 3$	61	73	81	84
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	$< 3$	60	71	78	81
31200	Bosque de coníferas		36	52	62	69
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos	$\geq 3$	68	78	86	89
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos	$< 3$	47	67	81	88
33220	Afloramientos rocosos y canchales	$\geq 3$	96	96	96	96
33220	Afloramientos rocosos y canchales	$< 3$	93	93	93	93
41100	Humedales y zonas pantanosas		96	96	96	96
42200	Salinas		25	25	25	25
52100	Lagunas costeras		100	100	100	100

En el Apéndice se incluye la tabla completa.

El resultado de combinar toda esta información es el mapa del Número de Curva de la Cuenca del Ebro en formato ráster con un tamaño de celda de 350 m (Figura 8). Los valores del Número de Curva representados en el mapa corresponden a la condición II del estado de humedad precedente del sustrato.



**Figura 8. Mapa del Número de Curva de la Cuenca del Ebro**

#### 4.1.2.2.3. Algoritmo de cálculo de la recarga

El método del número de curva ha sido adaptado por diferentes autores (ALCALÁ GARCÍA, F.J., 2005; SCOZZFAVA, M., 2001; EPA, 1998) para obtener estimaciones de la recarga, especialmente en zonas sin información hidrológica.

La propuesta metodológica para evaluar la infiltración a partir del mapa del número de curva se basa en las premisas utilizadas por Thornthwaite y Mather (1957) para realizar balances hidrometeorológicos del suelo.

Se ha establecido una correlación con el método del número de curva:

**Tabla 4. Correlación entre el método de Thornthwaite y Mather (1957) y el método del número de curva**

<b>Thornthwaite y Mather (1957)</b>		<b>Método del Número de Curva</b>	
Caso 1	$P > ETP$ ; $w = ST$ ; $Inf = P - ETP - Esc$	Condición III	$Inf = P - Esc$
	$P > ETP$ ; $w < ST$ ; $Inf = P - ETR - Esc$	Condición II	$0 < Inf < P - Esc$
Caso 2	$P < ETP$	Condición I	$Inf = 0$

Donde:

P Precipitación

Inf Infiltración

Esc Escorrentía

ETP Evapotranspiración potencial

ETR Evapotranspiración real

ST Contenido máximo de agua en el suelo

W Contenido de agua en el suelo

La infiltración se evalúa como el exceso de precipitación sobre la escorrentía (ambas diarias), en función de las condiciones de humedad previa en el suelo, tal y como se conciben en el método del número de curva:

- Para condiciones de saturación, o próximas, del suelo, la infiltración se calcula como la diferencia entre precipitación y escorrentía. Estas condiciones se identifican con la condición III del método del NC. ( $Inf = P - Esc$ )
- En condiciones de sequedad del suelo (condición I) se asume que no se produce infiltración ( $inf=0$ )
- Para condiciones intermedias de humedad (condición II) la infiltración toma un valor intermedio entre los anteriores. ( $0 < infiltración < P - Esc$ ).

A tenor de la indeterminación de la infiltración para condiciones intermedias de humedad en el suelo, se han elaborado dos algoritmos de cálculo con el objeto de acotar la infiltración entre un valor mínimo, que supone que no hay infiltración cuando el suelo está en la condición II, y un máximo que prevé infiltración en condiciones de saturación intermedia.

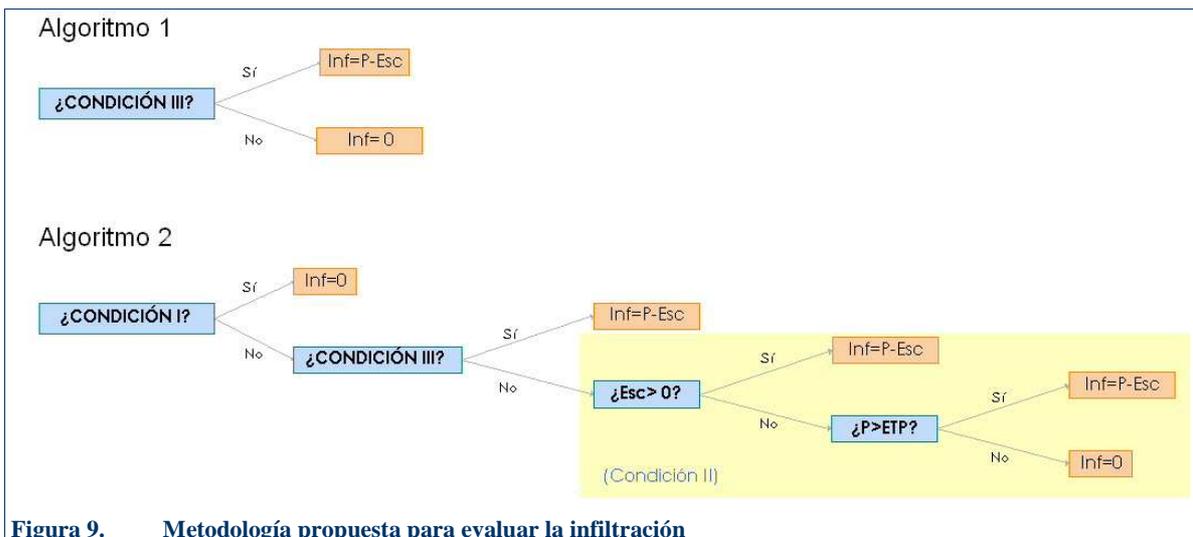


Figura 9. Metodología propuesta para evaluar la infiltración

El algoritmo 1 simplifica los cálculos considerando únicamente si el suelo está saturado o no. En caso afirmativo la infiltración se evalúa como la diferencia entre la precipitación y la escorrentía. Si por el contrario el suelo no está saturado no se registra infiltración.

Con el algoritmo II se considera que hay infiltración en condición III y en algunas situaciones de la condición II. Estas situaciones incluyen los días en los que existe escorrentía directa o, en su defecto, los casos en que la precipitación diaria sea superior a la evapotranspiración potencial, estimado por el método de Thonthwaite (Figura 9).

La evaluación de la infiltración sigue el siguiente procedimiento. Se parte de una serie diaria de precipitación (y mensual de temperatura) y de un número de curva promedio para la zona. Para cada día se calcula la precipitación acumulada los cinco días anteriores, se identifica el periodo climático del año (húmedo de octubre a marzo y seco de abril a septiembre) y a partir de este y de la precipitación acumulada se establece el tipo de corrección a aplicar en el número de curva según se indica en la Tabla 1. Después se evalúa la escorrentía directa y por último la infiltración según los algoritmos 1 y 2 citados.

#### 4.1.2.2.4. Evaluación de la infiltración

Como paso previo a la evaluación de la infiltración por masa de agua, se ha realizado una segmentación previa de la cuenca para caracterizar la precipitación. El objeto es disponer de una serie de recintos, homogéneos en cuanto a características climáticas, para los que se va a generar una serie diaria de precipitación. Estos recintos se han obtenido mediante la intersección entre las masas de agua subterránea y las cuencas hidrográficas (Figura 11). En cada uno de ellos se aplicarán los valores diarios de precipitación de la estación meteorológica más próxima. Para ello se han seleccionado 119 estaciones meteorológicas y se han completado las series de precipitación diaria para el intervalo temporal de 1970 a 2002.

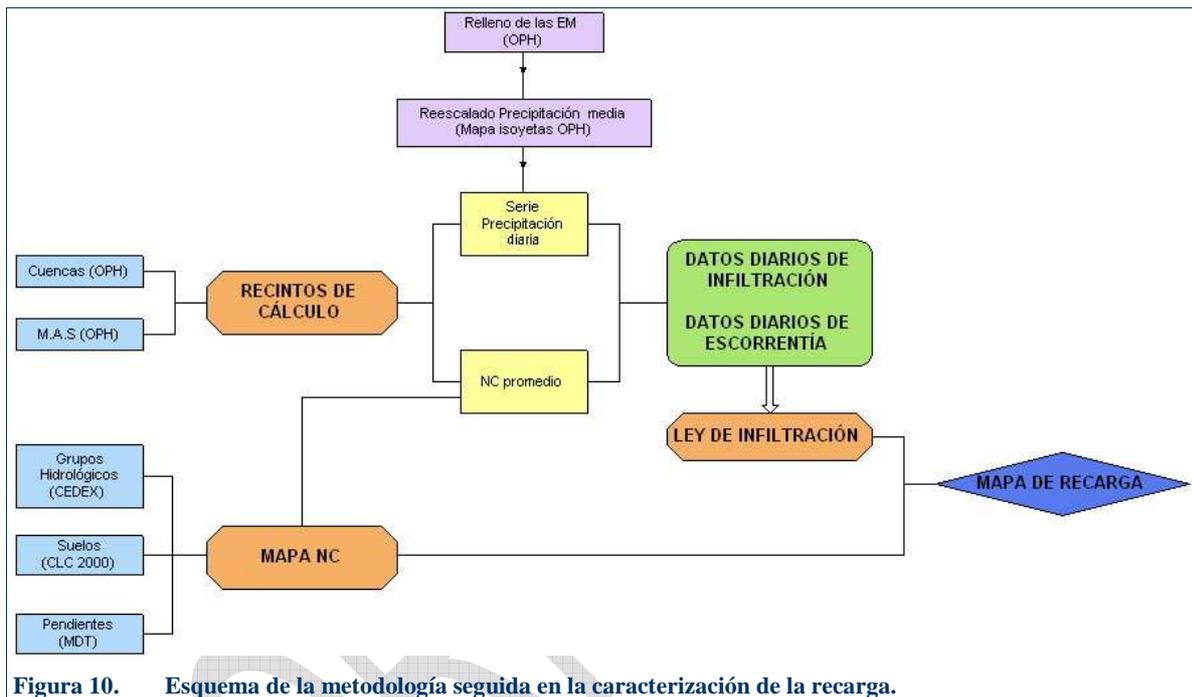
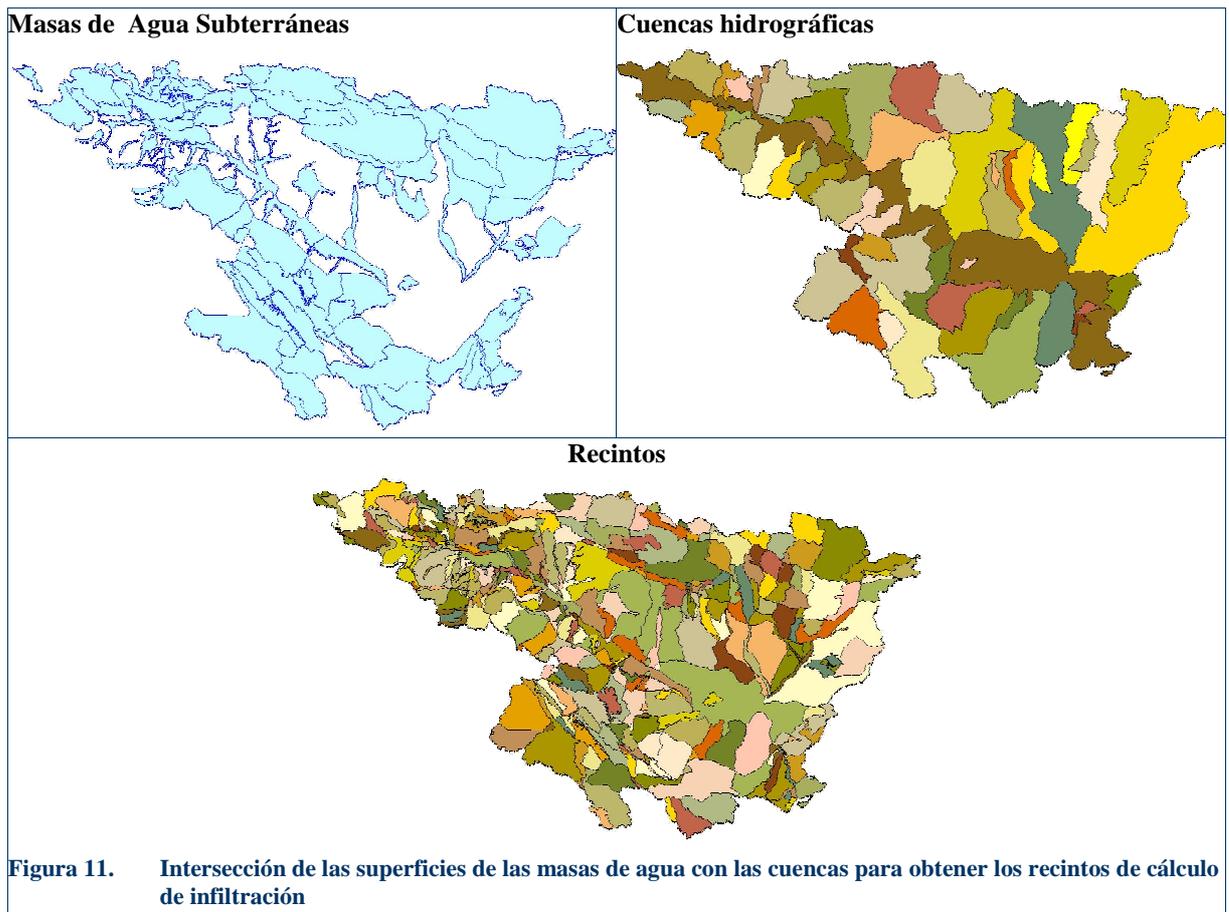


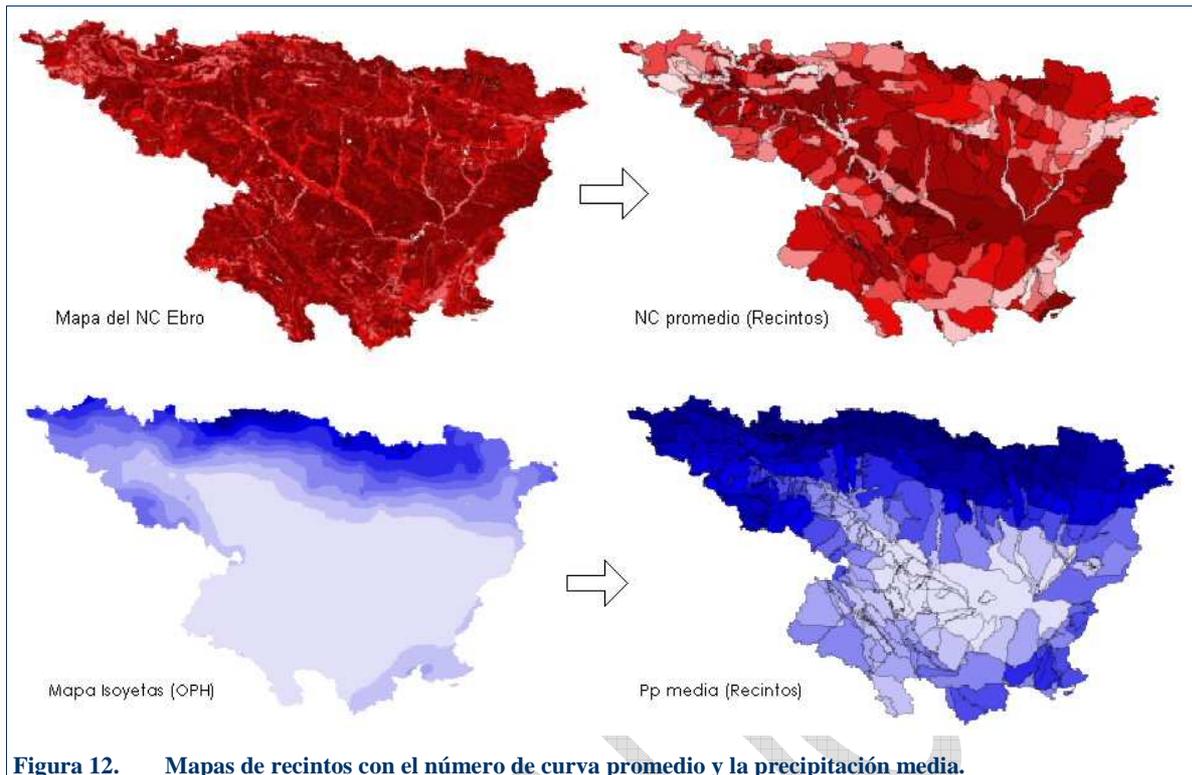
Figura 10. Esquema de la metodología seguida en la caracterización de la recarga.

El proceso de relleno diario de los datos consiste en buscar la estación meteorológica más próxima con dato y aplicarle una corrección en función de la relación entre la precipitación media de ambas estaciones. Una vez rellena la serie de la estación meteorológica de referencia se crea otra virtual reescalando la serie de precipitación diaria a la precipitación media del recinto calculada con el mapa de isoyetas de la OPH. Se obtiene así una serie diaria cuya precipitación media se corresponde con la calculada para todo el recinto.



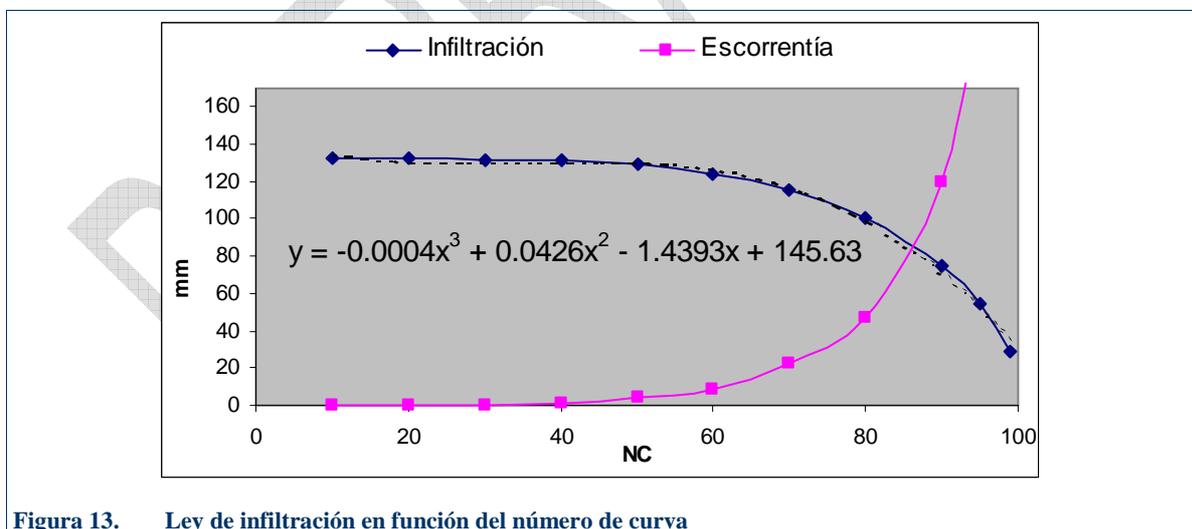
El último paso es la evaluación de la infiltración en cada masa de agua subterránea. Para ello, a los recintos que la integran se les asigna el número de curva promedio que se obtiene del mapa del número de curva (Figura 12) y se calcula la infiltración promedio a partir de la serie diaria de precipitación reescalada.

La infiltración promedio en la masa de agua subterránea se calcula a partir de la media ponderada de todos los recintos que la integran.



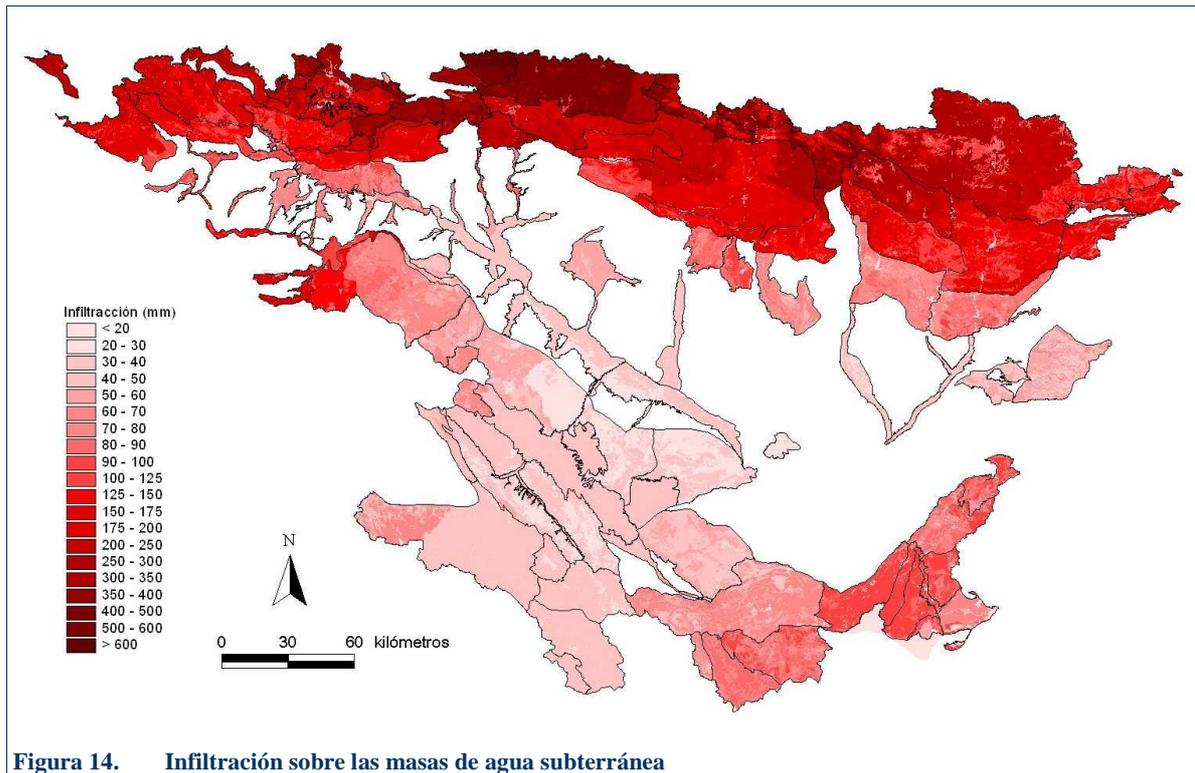
**Figura 12.** Mapas de recintos con el número de curva promedio y la precipitación media.

Una vez determinada la serie diaria de precipitación, la infiltración depende sólo del número de curva. Se puede calcular así la relación entre el número de curva e infiltración para cada uno de los recintos. Para ello se ha ajustado la infiltración a una función polinómica de tercer grado (Figura 13). Esta ley de infiltración es homogénea para cada uno de los recintos.



**Figura 13.** Ley de infiltración en función del número de curva

Al aplicar la ley de infiltración al mapa ráster del número de curva de la cuenca del Ebro, se obtiene un mapa ráster de la infiltración en la cuenca (Figura 14).

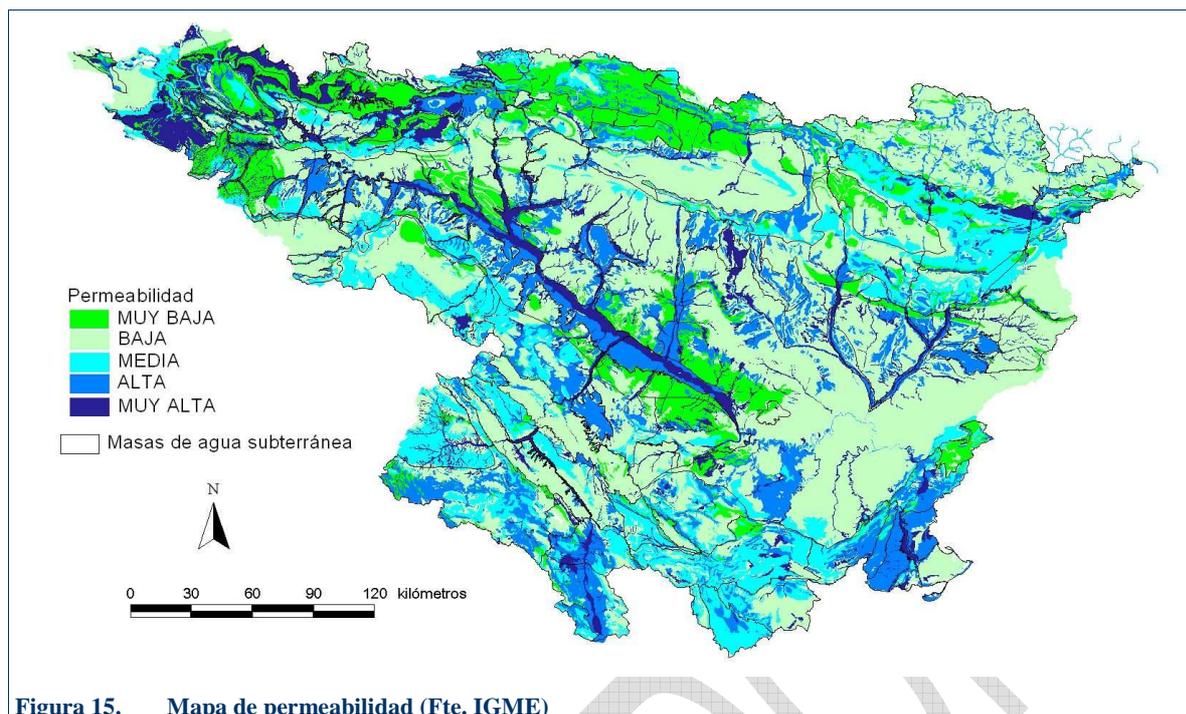


**Figura 14. Infiltración sobre las masas de agua subterránea**

#### 4.1.2.2.5. Evaluación de la recarga

No toda la infiltración evaluada con este método se convierte en recarga. Sólo aquella que se sucede sobre las áreas permeables da lugar a una infiltración profunda y, por tanto, se puede considerar como recarga. Una parte significativa de la superficie de las masas de agua subterránea está integrada por materiales de permeabilidad baja o muy baja. La infiltración que se genera en estas áreas tiene escasa capacidad de penetración en el suelo, limitada a la zona de alteración superficial, y da lugar a una escorrentía subsuperficial que vuelve con más o menos rapidez a la red superficial.

Para desglosar ambas componentes de la escorrentía subterránea se han identificado los afloramientos de materiales permeables y poco permeables tomando como referencia el mapa de permeabilidad del IGME (1:200.000) (Figura 15). Los grupos que en él aparecen clasificados como de permeabilidad baja o muy baja, se les agrupa en materiales poco permeables, y el resto, los denominados de permeabilidad media, alta y muy alta, se consideran como permeables.



**Figura 15. Mapa de permeabilidad (Fte. IGME)**

De esta manera, para cada masa de agua subterránea se evalúa la escorrentía directa, la infiltración subsuperficial que da lugar a la escorrentía hipodérmica (generada por la infiltración sobre materiales poco permeables), y la infiltración profunda (que sucede sobre materiales permeables) que se asimila a la recarga de esa masa de agua.

#### 4.1.2.3. RESULTADOS

La evaluación de la recarga para las masas de agua subterránea de la cuenca se detalla en la Tabla 5. Se indica la escorrentía subsuperficial así como la recarga. El algoritmo de cálculo empleado ha sido el sencillo (1) excepto en aquellas en las que presentan áreas de recarga muy carstificadas que incluyen: Calizas de Losa (10), Calizas de Subijana (11), Gorbea (14), Sierra de Aizkorri (16), Sierra de Urbasa (17), Sierra de Andía (18), Aralar (19), Basaburua – Ulzama (20), Larra (26), Ezcaurre – Telera (27), Tendeñera - Monte Perdido (32), Cotiella Turbón (37), Tremp – Isona (38), Cadí Port del Compte (39) y Pozondón (90).

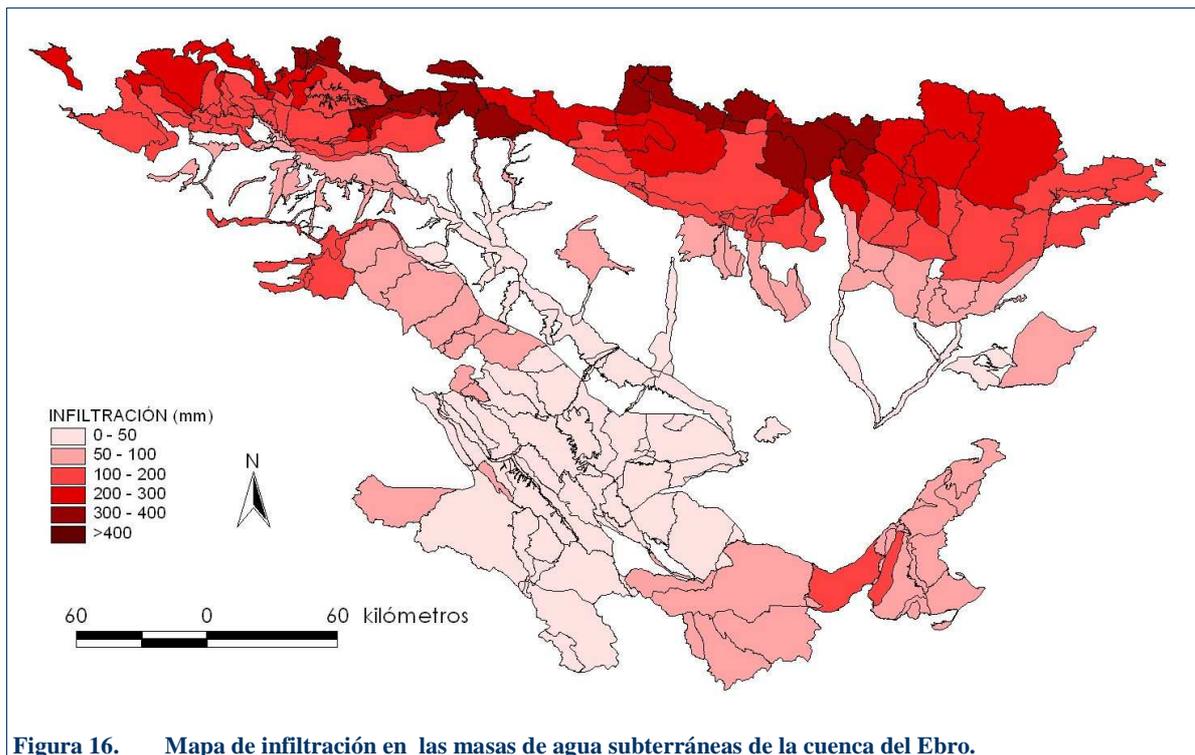
**Tabla 5. Resultados de la evaluación de la recarga por lluvia en las masas de agua subterránea**

ID	MASA DE AGUA Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )		Precip (mm)	Infiltración (hm <sup>3</sup> )			
		Perm. Baja	Perm. media-alta		1980/81 - 2005/06		1970/71 - 2005/06	
					Sub-superficial	Profunda	Sub-superficial	Profunda
1	Fontibre	86	63	561	11.4	17.3	15.0	23.0
2	Páramo de Sedano y lora	114	627	973	12	76.5	13.8	86.3
3	Sinclinal de Villarcayo	366	511	793	51	74.8	48.9	72.2
4	Manzanedo-Oña	78	154	811	7.4	17.4	8.5	19.7
5	Montes Obarenes	93	176	756	6.9	12.6	7.3	13.5
6	Pancorbo-Conchas de Haro	21	52	701	0.8	4.4	0.8	4.0
7	Valderejo-Sobrón	65	186	603	7.6	20.3	7.3	19.7
8	Sinclinal de Treviño	309	269	792	32.3	27.9	32.2	27.8
9	Aluvial de Miranda de Ebro	4	43	751	0.1	0.9	0.1	1.0
10	Calizas de Losa	88	194	623	31.4	64.3	31.9	65.1
11	Calizas de Subijana	96	99	938	61.1	52	61.4	52.6

MASA DE AGUA		Superficie (km <sup>2</sup> )		Precip (mm)	Infiltración (hm <sup>3</sup> )			
ID	Nombre	Perm. Baja	Perm media-alta		1980/81 - 2005/06		1970/71 - 2005/06	
					Sub-superficial	Profunda	Sub-superficial	Profunda
12	Aluvial de Vitoria	33	70	873	4.2	7.7	4.2	7.6
13	Cuartango-Salvatierra	504	67	855	85.6	15.4	83.6	15.0
14	Gorbea	12	22	992	8.9	15.9	8.8	15.8
15	Altube-Urkilla	235	29	1,106	109.2	13.4	108.7	13.5
16	Sierra de Aizkorri	30	21	1,110	27.9	15	27.9	15.1
17	Sierra de Urbasa	47	312	1,480	36.6	245.3	36.6	245.2
18	Sierra de Andía	98	202	1,084	41.7	85.9	44.1	90.8
19	Sierra de Aralar	18	121	1,137	15.2	94.9	15.8	98.7
20	Basaburúa-Ulzama	132	152	1,096	98.6	112.7	102.5	117.0
21	Izki-Zudaire	145	13	1,480	16.5	1.5	15.7	1.4
22	Sierra de Cantabria	96	156	882	10.8	18	10.0	16.6
23	Sierra de Lóquiz	158	290	729	19.7	36.4	18.6	34.3
24	Bureba	26	54	797	1.7	2.8	1.9	3.4
25	Alto Arga-alto Irati	1,078	488	640	455.1	220.7	465.3	225.7
26	Larra	23	39	1,274	6.9	11.7	6.9	11.8
27	Ezcaurre-peña Telera	205	171	1,234	62	51.5	62.5	52.0
28	Alto Gállego	233	57	1,263	32	7.4	32.1	7.5
29	Sierra de Alaiz	190	88	1,363	42.2	19.6	44.0	20.4
30	Sinclinal de Jaca-Pamplona	3,482	572	1,096	408.3	72	422.3	74.8
31	Sierra de Leyre	291	187	849	45.6	27.1	46.4	27.9
32	Sierra Tendeñera-Monte Perdido	321	248	847	126.2	97.5	126.6	97.8
33	Santo Domingo-Guara	364	473	1,223	33	46.2	34.2	47.4
34	Macizo axial pirenaico	3,441	633	763	461.6	85.7	491.3	94.5
35	Alto Urgell	37	64	1,016	2.5	4.3	2.1	3.5
36	La Cerdanya	147	105	730	9.6	6.7	8.0	5.6
37	Cotiella-Turbón	187	638	832	54.2	189.6	61.5	208.9
38	Tremp-Isona	280	1,300	995	34.9	153.3	40.4	164.4
39	Cadí-port del Comte	120	271	723	15.1	33.6	12.8	28.6
40	Sinclinal de Graus	905	144	729	70.8	8.5	85.0	10.9
41	Litera alta	389	485	732	15.8	15.7	18.8	16.6
42	Sierras marginales catalanas	269	478	550	14.3	29	13.6	25.2
43	Aluvial del Oca	20	73	524	1	3.8	1.2	4.5
44	Aluvial del Tirón	1	28	640	0.1	1.3	0.1	1.5
45	Aluvial del Oja	15	197	600	0.8	10.4	0.7	9.3
46	Laguardia	417	55	559	12.2	1.6	13.8	1.9
47	Aluvial del Najerilla-Ebro	14	103	632	0.4	3.2	0.5	3.7
48	Aluvial de la rioja-Mendavia	15	173	559	0.6	9.1	0.6	9.8
49	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	38	605	514	1.1	15.8	1.1	17.0
50	Aluvial del Arga medio	2	28	444	0.7	7.2	0.7	7.5
51	Aluvial del Cidacos	19	41	584	1.2	2.6	1.6	3.4
52	Aluvial del Ebro:Tudela-Alagón	24	615	598	0.5	10.6	0.6	13.1
53	Arbas	61	328	397	1.5	8.1	1.7	9.3
54	Saso de Bolea-Ayerbe	114	178	491	6.3	9.7	6.5	10.1
55	Hoya de Huesca	84	127	633	5.1	7.8	5.1	7.9
56	Sasos de Alcanadre	261	227	606	12.5	10.6	12.3	10.5
57	Aluvial del Gállego	24	248	532	0.4	3.3	0.4	3.9
58	Aluvial del Ebro: Zaragoza	40	591	402	0.6	9.2	0.7	10.7

**Tabla 5. Resultados de la evaluación de la recarga por lluvia en las masas de agua subterránea**

MASA DE AGUA		Superficie (km <sup>2</sup> )		Precip (mm)	Infiltración (hm <sup>3</sup> )			
ID	Nombre	Perm. Baja	Perm media-alta		1980/81 - 2005/06		1970/71 - 2005/06	
					Sub-superficial	Profunda	Sub-superficial	Profunda
59	Lagunas de los monegros	99	2	356	1.4	0	1.5	0.0
60	Aluvial del Cinca	92	179	376	2.4	4.5	2.4	4.6
61	Aluvial del bajo Segre	17	164	400	0.9	7.8	0.9	7.6
62	Aluvial del medio Segre	2	15	404	0.1	0.7	0.1	0.7
63	Aluvial de Urgell	44	232	567	2.1	10.5	2.0	10.5
64	Calizas de Tárrega	720	73	423	26.7	2.7	30.7	3.1
65	Pradoluengo-Anguiano	97	151	483	4.3	6.3	4.8	7.2
66	Fitero-Arnedillo	35	62	677	1.2	2	1.1	1.9
67	Detritico de Arnedo	0	124	495	0	2.4	0.0	2.7
68	Mansilla-Neila	109	87	476	16.3	12.7	16.7	13.1
69	Cameros	1,139	669	786	45.5	24.9	44.6	24.7
70	Añavieja-Valdegutur	83	332	652	3.1	12.2	2.8	10.6
71	Araviano-Vozmediano	43	69	521	1.9	3.1	1.8	2.8
72	Somontano del Moncayo	411	898	547	11.6	24.8	11.5	24.7
73	Borobia-aranda de Moncayo	43	121	438	1.6	4.5	1.5	4.1
74	Sierras paleozicas de La Virgen y Vicort	1,088	110	493	20.3	2.1	22.8	2.3
75	Campo de Variñena	563	237	437	8.2	3.4	10.1	4.3
76	Pliocuatrnario de Alfamén	40	235	406	0.7	4.1	0.8	4.6
78	Mioceno de Alfamén	92	360	403	1.2	4.8	1.4	5.3
79	Manubles-Ribota	731	306	436	12	5.7	13.2	6.4
80	Campo de Belchite	338	43	377	7.5	0.9	8.3	1.1
81	Cubeta de Azuara	1	81	416	0.03	1	0.0	1.3
82	Aluvial jalón-Jiloca	432	330	408	5.4	4.5	6.7	5.5
83	Huerva-Perejiles	635	112	438	7.8	1.3	10.0	1.8
84	Sierra paleozoica de Ateca	44	119	433	1	2.6	1.1	3.0
85	Oriche-Anadón	78	119	462	1.5	2.6	1.6	2.5
86	Sierra de Miñana	835	1,436	461	15.6	26.5	14.7	24.7
87	Páramos del alto Jalón	139	73	451	3	1.4	2.9	1.4
88	Gallocanta	131	613	437	2.3	10.7	2.8	13.0
89	Monreal-Calamocha	215	646	436	4.3	12.6	4.0	11.6
90	Cella-ojos de Monreal	10	140	433	0.7	8.6	0.8	8.4
91	Pozondón	620	592	433	11.8	11.1	15.7	14.9
92	Cubeta de Olite	520	1,331	432	16	40.3	16.3	41.3
93	Aliaga-Calanda	52	64	462	2.9	3.5	2.3	2.8
94	Alto Guadalupe	0	523	487	0.4	34.6	0.3	27.5
95	Pitarque	425	435	534	25.4	25.9	20.3	20.6
96	Alto Maestrazgo	108	534	554	8.4	40.8	7.8	38.0
97	Puertos de Beceite	101	478	546	5.5	21.5	5.8	23.5
98	Fosa de Mora	253	45	484	11.5	2	16.5	2.9
99	Priorato	19	184	518	1.6	14.2	1.4	13.2
100	Puertos de Tortosa	44	247	556	1.6	8.2	1.8	9.6
101	Boix-Cardó	1	66	538	0.1	4.9	0.0	4.6
102	Aluvial de Tortosa	0	356	551	0.1	24.6	0.1	22.6
104	Plana de La Galera	30	59	573	2.4	4	2.2	3.6
105	Mesozoico de La Galera	250	60	531	16.7	3.6	16.6	3.5



**Figura 16. Mapa de infiltración en las masas de agua subterráneas de la cuenca del Ebro.**

La recarga total generada sobre la superficie permeable de las masas de agua para el periodo 1980/81-2005/06 es de 2.679 hm<sup>3</sup>/año. Otros 2.950 hm<sup>3</sup>/año se traducen en escorrentía hipodérmica generada sobre los materiales de menor permeabilidad que afloran en las masas de agua subterránea.

No se ha tenido en cuenta la infiltración sobre materiales permeables que no están adscritos a ninguna masa de agua subterránea. Se trata generalmente de depósitos cuaternarios muy superficiales y de pequeña extensión que tapizan de forma muy dispersa materiales de baja permeabilidad. Esta escorrentía frecuentemente se incorpora a los cursos fluviales en cortos plazos de tiempo.

La evaluación de los recursos subterráneos realizada para todas las masas de agua subterránea responde únicamente a los procedentes de la recarga directa de las precipitaciones. No incluye por lo tanto otros mecanismos de alimentación de los acuíferos como son los retornos de riego, la infiltración desde la red superficial, o de las escorrentías laterales procedentes de áreas laterales. Estas circunstancias son relativamente frecuentes en muchas de las masas de agua de la cuenca.

De hecho es muy frecuente que descargas significativas localizadas muy próximas a la red fluvial tengan una componente importante de flujos locales relacionados con recirculaciones desde el propio río. Es el caso, por citar algunos conocidos, del manantial del Restauero en el río Leza, los manantiales de la Tamara y Mascún en el Alcanadre, los Ojos de Monreal, así como una buena parte de las surgencias asociadas a sistemas cársticos de montaña.

También la infiltración de escorrentías laterales pueden llegar a integrar una parte significativa de los recursos subterráneos en los aluviales del eje de la cuenca, o en algunos sistemas cársticos cuya cuenca vertiente está dominada por materiales de baja permeabilidad (el acuífero jurásico de Mansilla-Neila, el devónico del alto Ésera, etc).

Cada mecanismo de recarga implica una inercia diferente, que es necesario caracterizar para poder acometer con éxito la integración de los flujos subterráneos en la gestión de la

cuenca. En este sentido, el conocimiento actual de la cuantificación de la relación río-acuífero, está en términos generales en una fase cualitativa. Su conocimiento requiere de un importante esfuerzo de trabajos de caracterización de campo.

#### 4.1.2.4. CHEQUEO DEL MÉTODO

##### 4.1.2.4.1. Balances hidrometeorológicos

Como valoración del método de evaluación de la recarga propuesto se han llevado a cabo varias estimaciones de la recarga en diferentes masas de la cuenca del Ebro realizando un balance hidrometeorológico con el programa BALAN.

El intervalo temporal ha variado en función de la disponibilidad de los datos para la calibración, por lo que la serie simulada puede diferir de la considerada al aplicar el método de curva para calcular la recarga.

**Tabla 6. Estimación de la recarga por BALAN en varias masas de la cuenca del Ebro.**

ID	Masa de agua subterránea	Piezómetro	Serie temporal (piezómetro)	Serie PT	Precipitación (mm)	Recarga balan (mm)	Inf NC (mm)
5	Montes Obarenes	2109-2-07	1995-2007	1990-02	484	63	126
6	Pancorbo-Conchas de Haro	2109-4-10	1995-2006	1990-02	510	260	89
10	Calizas de Losa	2107-6-25	1992-2006	1987-01	734	434	257
33	Santo Domingo-Guara	2911-7-13	1993-2007	1990-02	598	289	154
33	Santo Domingo-Guara	3011-5-10	1995-2007	1990-02	598	37	154
64	Calizas de Tárrega	3414-2-117	1995-2007	1989-05	397	47	55
72	Somontano del Moncayo	2513-6-23	1990-2002	1984-02	385	39	41
72	Somontano del Moncayo	2514-3-9	1988-1994	1984-94	384	45	41
72	Somontano del Moncayo	2514-4-52	1988-2007	1984-02	385	25	41
72	Somontano del Moncayo	2515-4-2	1989-2007	1993-01	385	58	41
72	Somontano del Moncayo	2614-5-7	1988-2007	1984-02	385	18	41
76	Pliocuatrnario de Alfamén	2616-3-251	1988-2007	CHAC	494	211	36
76	Pliocuatrnario de Alfamén	2616-4-80	1988-2007	CHAC	494	150	36
76	Pliocuatrnario de Alfamén	2616-8-105	1988-2007	CHAC	494	91	36
76	Pliocuatrnario de Alfamén	2616-8-108	1988-2007	CHAC	494	45	36
87	Gallocanta	2519-4-11	1995-2007	1970-02	449	181	41
87	Gallocanta	2519-4-17	1996-2007	1992-02	332	82	41
89	Cella-Ojos de Monreal	2620-7-68	1990-2007	1985-02	411	37	39
89	Cella-Ojos de Monreal	2621-3-73	1986-2007	1980-02	400	194	39
90	Pozondón	2622-3-1	1970-2007	1970-02	377	142	47
90	Pozondón	2622-3-55	1995-2007	1990-02	360	72	47

Los balances hidrometeorológicos realizados reflejan una notable heterogeneidad para una misma masa de agua como consecuencia de la diferente representatividad de cada piezómetro.

Para la masa de agua de Santo Domingo-Guara, partiendo de la misma serie de precipitación, se obtienen valores de recarga muy dispares: 37 y 289 mm, ambos casos con calibraciones (acuerdo entre los valores medidos y los calculados) buenas. Ambos casos son perfectamente justificables por el contexto hidrogeológico inmediato al pozo. En el primer caso (37 mm) el piezómetro de Yaso se emplaza sobre unos materiales terciarios del borde de la masa que son de permeabilidad media - baja. El piezómetro de 2911-7-13 está asociado al sistema cárstico del manantial de Fuenmayor, cuya área de recarga se sabe

que tiene una gran capacidad de recarga (polje de Ciano). Evidentemente, los valores obtenidos en ambos no son extrapolables al resto de la masa de agua de Guara, y representan situaciones bastante extremas. La recarga obtenida con el NC es de 154 mm, valor aproximadamente promedio entre los anteriores. Para la superficie permeable en esta masa de agua, el volumen de recarga por lluvia asciende a 73 hm<sup>3</sup>/año. Esta cifra es coherente con la evaluación realizada en CHE (2000) que cifra los recursos de la unidad de Guara (con la misma delimitación) en 104 hm<sup>3</sup>/año, con un valor de desviación típica de 70 hm<sup>3</sup>/año.

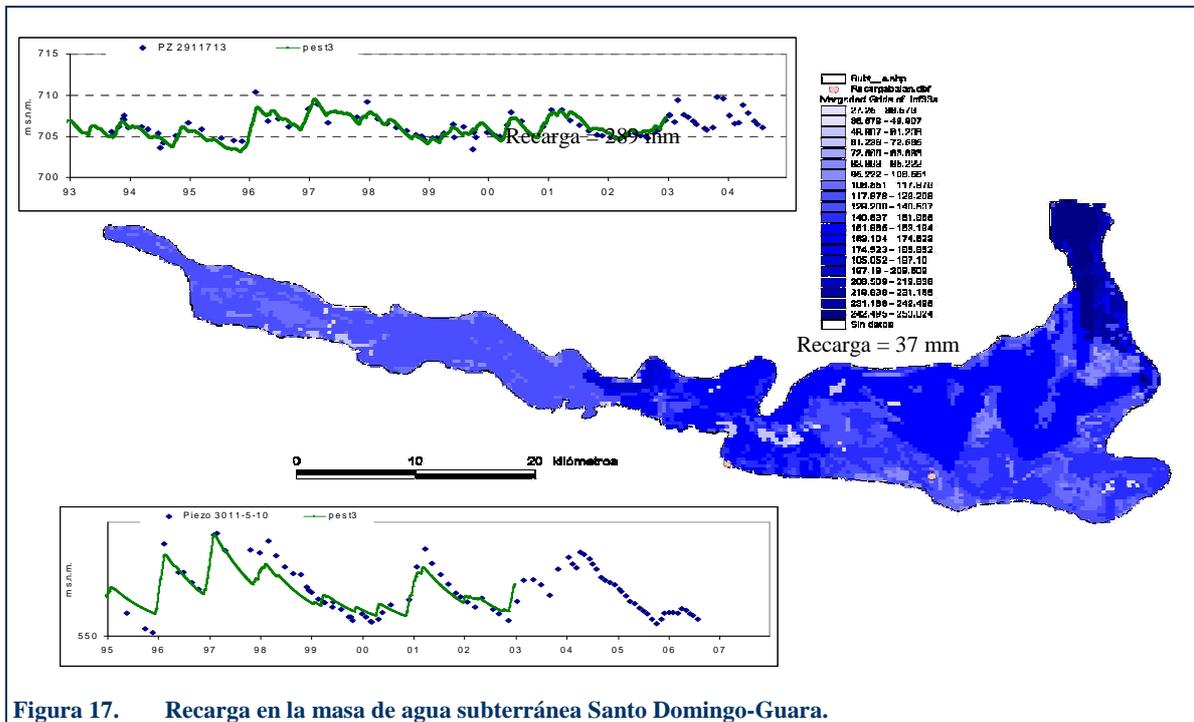


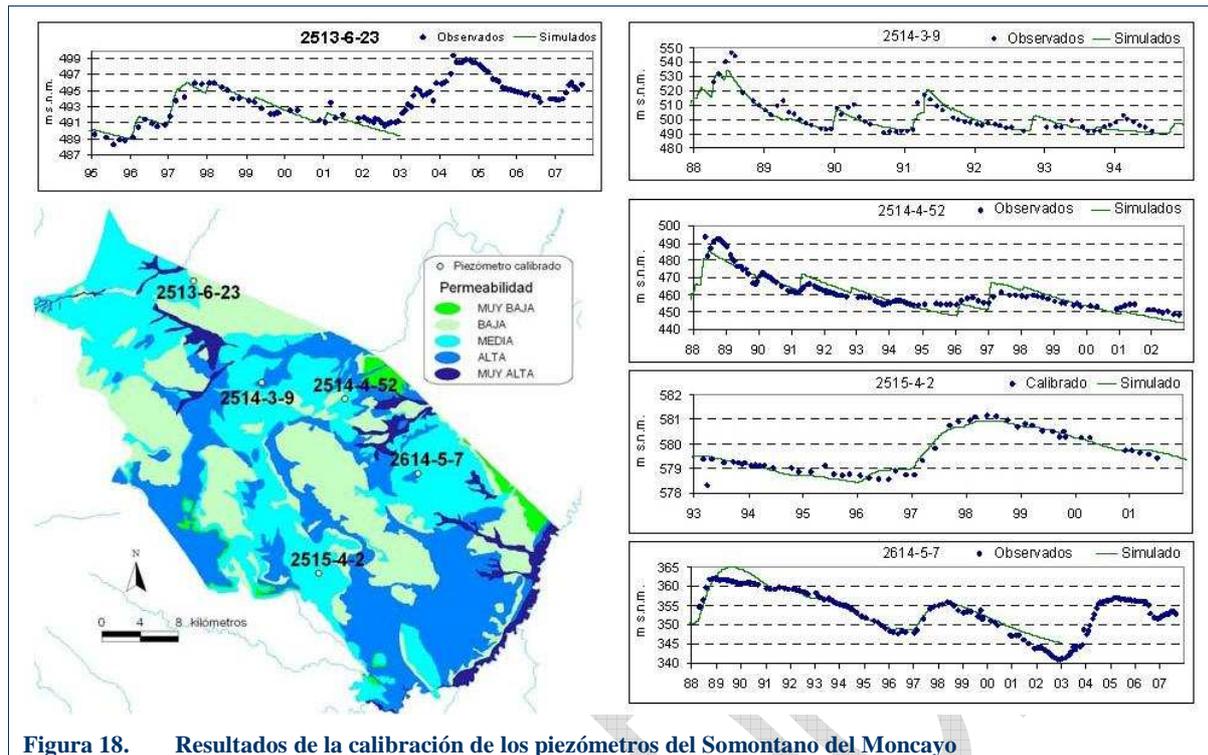
Figura 17. Recarga en la masa de agua subterránea Santo Domingo-Guara.

En el resto de las masas de agua la situación es muy similar, si bien la presencia en algunas de ellas de importantes retornos de riego, no evaluados en este sistema, distorsiona la comparación de resultados.

Para la masa de aguas de Pancorvo-Conchas de Haro, no afectada por retornos de riego, el recurso calculado es de 90 mm. Los resultados del balance arrojan valores de 260 mm. También en este caso, el piezómetro empleado en la calibración está en un contexto muy favorable a la recarga no extrapolable al resto de la masa de agua subterránea. De hecho, la recarga por lluvia obtenido con el método del NC asciende a 5 hm<sup>3</sup>/año. En CHE (2003), partiendo de balances realizados por el IGME con anterioridad, los recursos asignados a esta zona se evalúan entre 7 y 9 hm<sup>3</sup>/año.

Otra masa de agua sin retornos de riego apreciables son las Calizas de Tàrrega. En este caso la valoración con el método del NC, 55 mm, y la obtenida mediante balance hidrometeorológico, 47 mm, arrojan resultados muy similares.

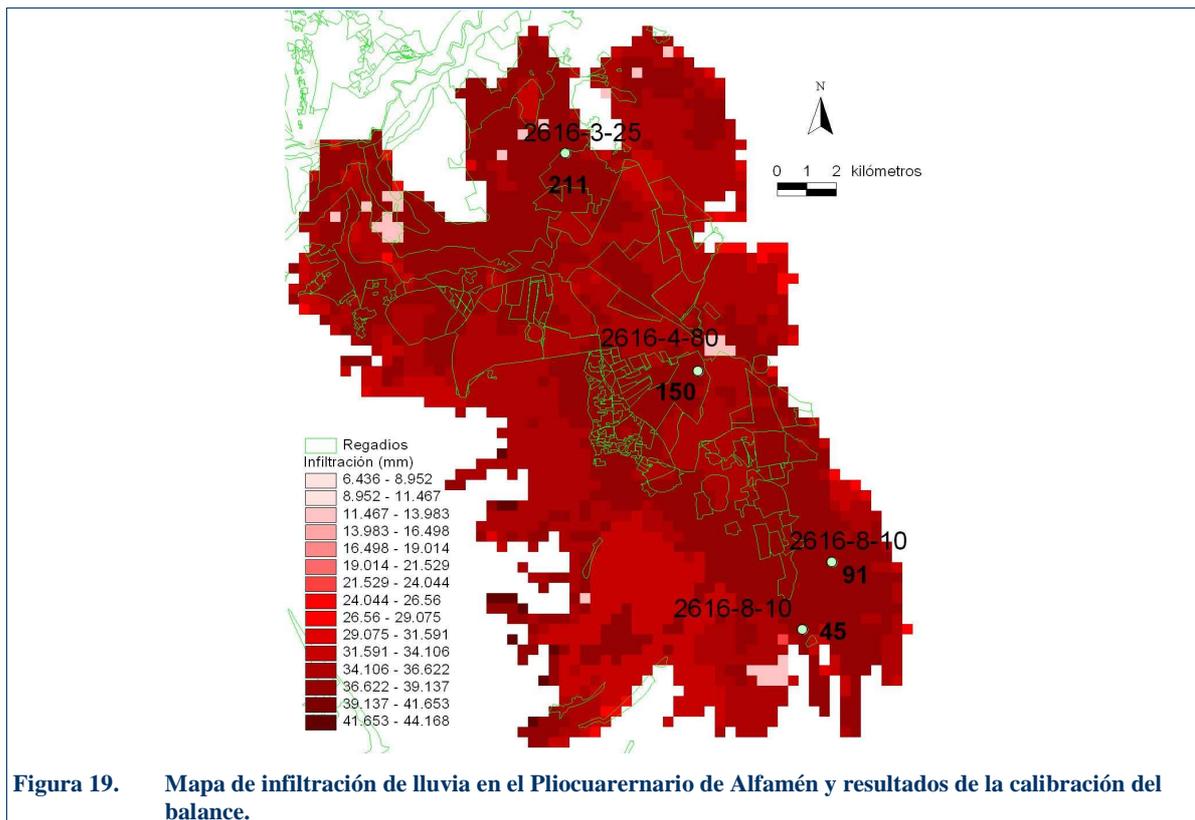
En la masa de agua del Somontano del Moncayo se han calibrado cinco piezómetros en circunstancias hidrológicas diferentes: incluyen las cuencas del Huecha, Queiles y Jalón y atraviesan materiales de permeabilidad media a muy alta. La calibración con estos piezómetros arroja valores entre 18 y 58 mm, con un promedio de 37 mm. Estos resultados son coherentes con el valor de infiltración promedio para toda la masa calculada con el método del número de curva, evaluada en 41 mm (con valores extremos entre 6 y 73 mm).



**Figura 18. Resultados de la calibración de los piezómetros del Somontano del Moncayo**

En el caso del Pliocuaternario de Alfamén, los resultados son más dispares debido a la importancia que en esta masa de agua tienen otros mecanismos de recarga diferentes que la infiltración de lluvia, especialmente los retornos de riego y la infiltración de escorrentías laterales procedentes de la sierra de Algairén. Los resultados de la calibración del balance hidrometeorológico muestran con claridad estos efectos: los valores máximos de recarga, del orden de 200 mm, se corresponden con la zona dominada por los riegos con aguas superficiales. Hacia el sur, los regadíos con acequias se van reemplazando por otros atendidos con aguas subterráneas en los que los retornos son mucho menores y finalmente por cultivos en secano. Esta organización se evidencia en los valores de recarga calibrados que van descendiendo desde 210 mm al norte hasta 45 mm en el extremo sur.

La infiltración de lluvia calculada por el método de número de curva da valores relativamente homogéneos, con máximos del orden de 45 mm en zonas de cultivo y mínimos en torno a 6 mm para las zonas urbanas. El valor promedio para toda la masa es de 36 mm. Estos valores son del mismo orden de magnitud que los calibrados para las zonas de secano.



En la Figura 19 se muestran los piezómetros calibrados (puntos en verde), con los valores de recarga estimados mediante el balance hidrometeorológico (en mm).

En la masa de agua de Gallocanta (87), se han calibrado dos piezómetros. El 2519-4-11, con 260 m de profundidad, atraviesa los acuíferos Jurásico y Cretácico. La recarga calibrada en este punto es de 180 mm. El piezómetro 2519-4-17, con 35 m de profundidad, sólo atraviesa el acuífero Cretácico. En este caso la recarga se estima en 80 mm. Como se muestra a continuación, ambos casos parecen dar valoraciones sobreestimadas en relación a la recarga promedio sobre esta masa de agua subterránea.

Los valores de infiltración obtenidos con el NC suponen un promedio de 41 mm. En la Tabla 4 2 se resumen las entradas evaluadas con este método: la escorrentía directa (que en este caso incluye la precipitación sobre la laguna), la escorrentía hipodérmica (calculada como la infiltración en los 139 km<sup>2</sup> de afloramientos de menor permeabilidad) y la recarga (infiltración sobre los 73 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables). En conjunto supone una entrada total de 11,1 hm<sup>3</sup>/año.

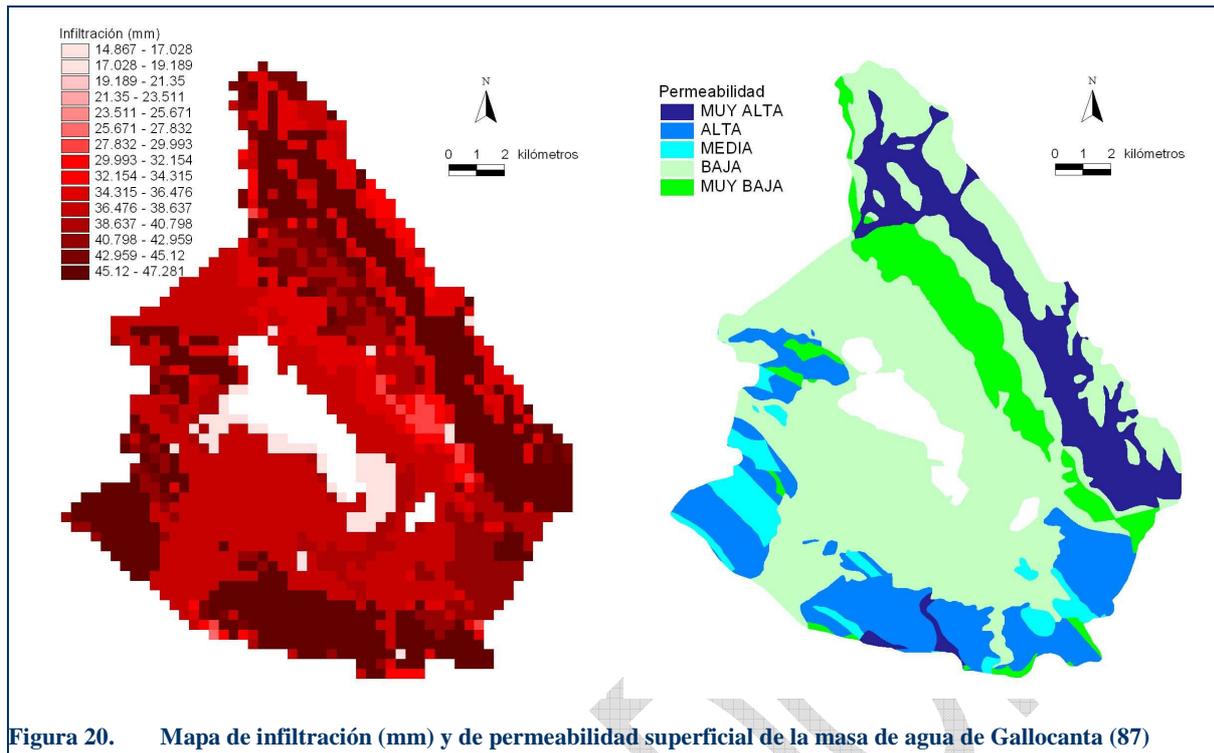


Figura 20. Mapa de infiltración (mm) y de permeabilidad superficial de la masa de agua de Gallocanta (87)

**Tabla 7. Resumen de las entradas en Gallocanta (87) calculadas con el NC**

Entrada	mm	Superficie (km <sup>2</sup> )	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)
Escorrentía directa	12	212	2.5
Escorrentía hipodérmica	38	139	5.3
Recarga	45	73	3.3
Total entradas			11.1

Las valoraciones de recurso en régimen natural evaluadas mediante modelización en CHE (1997) apuntan un valor promedio de 11,4 hm<sup>3</sup>/año (Tabla 4 3). Según este modelo, la recarga por infiltración de las precipitaciones es de 2,2 hm<sup>3</sup>, en tanto que la evaluada con el sistema del NC es de 3,3 hm<sup>3</sup>.

**Tabla 8. Aportaciones a la masa de agua subterránea de Gallocanta (CHE, 1997)**

Entrada	hm <sup>3</sup> /año
Infiltración de las precipitaciones	2.2
Infiltración de aportaciones externas	2.1
Escorrentía superficial e hipodérmica	0.4
Precipitación directa en la laguna	6.7
Total entradas	11.4

También en este caso parece que las estimaciones de la infiltración unitaria calculadas mediante el balance hidrometeorológico arroja valores por encima de los promedios para toda la masa de agua subterránea. La cuantificación de los recursos realizada a partir del método del número de curva ofrece cifras equivalentes a las estimaciones promedio mediante modelización para el régimen natural (sin bombeos).

En la masa de agua de Cella-Ojos de Monreal (89), se ha conseguido una buena calibración en el piezómetro de Bueña (2620-7-68), con un valor estimado de recarga de 37 mm. Para el piezómetro de Alba (2621-3-73) no se ha conseguido una buena calibración. Los resultados obtenidos en el método del NC arrojan un valor de infiltración promedio para toda la masa de agua subterránea de 39 mm.

La masa de agua subterránea de Pozondón drena por el manantial de Cella, con un área de alimentación de 192 km<sup>2</sup> (90 en la cuenca del Ebro y 102 en la del Tajo). El balance hidrometeorológico calibrado con el hidrograma de este manantial arroja un valor de recarga de 142 mm, lo que supone un recurso medio del manantial de 27 hm<sup>3</sup>/año. La infiltración calculada con el NC es bastante más bajo, de 62 mm, lo que supone un recurso de 9 hm<sup>3</sup>/año. Téngase en cuenta que este recurso se corresponde exclusivamente con el generado en el ámbito de la cuenca del Ebro. La diferencia hasta los 22 hm<sup>3</sup>/año de drenaje promedio en el manantial de Cella se debe atribuir a la transferencia subterránea desde la cuenca del Tajo.

Esta misma circunstancia se da en otras masas de agua para las que, aunque apenas se dispone de elementos de calibración fiables, las características favorables a la infiltración de sus zonas de recarga sugieren valores de infiltración mayores que los calculados con el Algoritmo 1. En la tabla siguiente se muestra un resumen de los resultados para estas masas de agua subterránea según los dos algoritmos empleados:

**Tabla 9. Chequeo del algoritmo de recarga**

N	Masa de agua subterránea	Sup permeable (km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm)	Alg. 1		Alg. 2		Observaciones
				mm	(hm <sup>3</sup> )	mm	(hm <sup>3</sup> )	
10	Calizas de Losa	194	623	257	50	473	92	
11	Calizas de Subijana	99	938	223	22	430	43	450 mm (EVE, 1996)
14	Gorbea	22	992	362	8	611	13	19 hm <sup>3</sup> (EVE, 1996)
16	Sierra de Aizkorri	21	1110	572	12	865	18	900 - 1000 mm (EVE, 1996)
17	Sierra de Urbasa	312	1480	365	114	615	192	344 hm <sup>3</sup> (Gna,1982)
18	Sierra de Andía	202	1084	360	73	598	121	
19	Aralar	121	1137	312	38	543	66	127 hm <sup>3</sup> (Gna, 1999)
20	Basaburua - Ulzama	152	1096	596	91	912	139	
26	Larra	39	1274	358	14	726	28	90% de la lluvia: 1.100 mm (CHE, 2000)
27	Ezcaurre - Telera	171	1234	387	66	645	110	112 hm <sup>3</sup> (CHE, 2000)
32	Tendeñera - Monte Perdido	248	847	338	84	587	146	217 hm <sup>3</sup> (CHE, 2000)
37	Cotiella Turbón	638	832	260	166	475	303	236 hm <sup>3</sup> (CHE, 2000)
38	Tremp - Isona	1300	995	140	182	265	345	260 hm <sup>3</sup> (CHE, 2000)
39	Cadí Port del Compte	271	723	136	37	265	72	68 hm <sup>3</sup> (CHE, 2000)
90	Pozondón	192	433	47	3	62	8,6	SIMPA 9 hm <sup>3</sup> /año

Todas estas masas de agua subterránea presentan unas características especiales en sus mecanismos de infiltración que favorecen la recarga, formadas por afloramientos muy carstificados en los que apenas hay desarrollo de suelo, ni vegetación. Para estos casos se comprueba que el algoritmo 2 ofrece resultados más ajustados de la estimación de la recarga.

#### 4.1.2.5. CONCLUSIONES

Se ha ensayado un sistema de evaluación de la recarga basado en el método del número de curva para la cuenca del Ebro. El método propuesto realiza una valoración de la infiltración calculada como el exceso de precipitación sobre la escorrentía generada, planteando para ello distintas situaciones en función del estado de humedad del suelo tal y como se realiza en un balance hidrometeorológico clásico.

Una de las mayores ventajas del método del número de curva respecto a otros modelos de infiltración es su gran operatividad, basada en la simplificación del proceso de infiltración en un único parámetro fácilmente obtenible, realizando una estimación razonable de la escorrentía que genera cada evento de lluvia. De ahí su gran éxito, especialmente en aplicaciones de ingeniería.

En relación con los balances hidrometeorológicos realizados cabe mencionar que los calibrados con valores de piezometría muestran una gran sensibilidad a las circunstancias hidrogeológicas locales, de manera que pueden arrojar valores muy dispares para una misma masa de agua subterránea. En cambio los balances calibrados con caudales, en ríos o manantiales, promedian todo el ámbito de la recarga, lo que no es necesariamente cierto para las calibraciones con piezometría. En algunas masas de agua subterránea se ha comprobado como calibraciones buenas de piezómetros arrojan valores dispares de recarga. Por ello, su extrapolación a ámbitos geográficos más amplios ha de hacerse con mucha precaución.

La información foronómica es escasa, son muy pocos los manantiales integrados en alguna red foronómica y la cadencia de medidas rara vez tiene mayor frecuencia que la mensual. Cabe resaltar en este sentido la gran ventaja que supondría disponer de sistemas automáticos de registro de caudal en los principales manantiales de cabecera en la cuenca.

Entre las principales limitaciones del método ensayado cabe mencionar:

- No simula distribuciones multimodales de lluvia, sino que las trata como diferentes episodios en los que varía el estado de humedad del suelo precedente. Esta debilidad está atenuada a aquellas áreas en las que el mecanismo de infiltración de tipo Horton es el más relevante, como sucede en las zonas áridas y semiáridas que dominan la mayor parte del ámbito de la cuenca del Ebro.
- El modelo se concibió como un modelo agregado. No obstante, los avances en herramientas de información geográfica ha permitido su aplicación distribuida. En este sentido en CEDEX (1991) se apunta la posible distorsión de la relación entre la abstracción inicial y la capacidad de retención de los suelos por el llamado efecto escala.

#### **Bibliografía del apartado 4.1.2. Recursos de agua subterránea en la Demarcación**

ALCALÁ GARCÍA, F.J. (2005). *Tesis Doctoral Recarga de los acuíferos españoles mediante balance hidrogeológico*. Universitat Politècnica de Catalunya.

AGUILO ALONSO, M. et al. (1993). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Monografías de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Pp. 809.

CHE (1997): *Establecimiento de las normas de explotación de la Unidad Hidrogeológica “Gallocanta” y delimitación de los perímetros de protección de la Laguna*.

CHE (2000): *Estudio de Recursos Hídricos Subterráneos de los Acuíferos de la margen Izda de la Cuenca del Ebro. Zona Oriental*

CHE (2003): *Perímetro de protección de los Montes Obarenes.*

EVE (1996): *Mapa Hidrogeológico del País Vasco*

FERRER I JULIÀ, M. (2003). *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro de curva: perfiles de suelos y teledetección.* Ministerio de Medio Ambiente, CEDEX, Monografía C48. Pp. 346.

Gobierno de Navarra (1982): *Las aguas subterráneas en Navarra.*

Gobierno de Navarra (1999): *Ampliación y actualización de los estudios hidrogeológicos de la unidad Aralar-Ultzama.*

SCOZZAFAVA, M., TALLIN, M. (2001). *Net infiltration in the Gran Sasso Massif of central Italy using the Thornthwaite water budget and curve-number method.* *Hidrogeology Journal*, vol 9, nº 5, Oct 2001.

TRAGSA-TRAGSATEC, (1998). *Restauración Hidrológico-Forestal de cuencas y Control de la erosión.* Ministerio de Medio Ambiente, Tragsa y Tragsatec, Ediciones Mundi Prensa, Madrid. Pp. 929.

EPA (1998). *Estimation of Infiltration Rate in the Vadose Zone: Compilation of Simple Mathematical Models*, vol 1.

Mapa Proyecto Corine Land Cover-2000, escala 1:100.000.

Mapa de Permeabilidad I.G.M.E, escala 1:200.000.

#### 4.1.3. ZONIFICACIÓN

Desde el punto de vista de la funcionalidad en la explotación de los recursos hídricos en la cuenca, la DH Ebro está dividida en 17 Juntas de Explotación (a los que habría que añadir, la parte española de la cuenca del Garona y el enclave de Llivia en Gerona), según se muestra en la Figura 15. Estas Juntas responden a criterios hidrográficos, administrativos, socioeconómicos y/o medioambientales.

En la Tabla 10 se detallan algunos rasgos básicos, incluyendo las cuencas vertientes que agrupan. En general, cada Junta incorpora las cuencas de uno o más afluentes del Ebro, salvo las cuencas del propio Ebro, el Aragón y el Segre que se adscriben a más de una Junta en función de criterios de gestión.

La siguiente figura muestra estas zonas de la DHE:



**Figura 21. Mapa de los sistemas de explotación básicos existentes en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.**

Las siguientes tablas muestran la información de superficie y datos básicos de las distintas juntas de explotación que conforman la zonificación del territorio de la demarcación hidrográfica, tanto para aguas superficiales como subterráneas:

**Tabla 10. Juntas de Explotación de la Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Nº Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )	Principales cuencas vertientes	Principales usos
1. Cabecera del Ebro	6.788	Rudrón, Oca, Oroncillo, Nela, Jerea, Omecillo y Eje del Ebro hasta la cola del embalse de Mequinenza	Canales de Lodosa, Tauste e Imperial (incluye el abastecimiento de Zaragoza), abastecimiento de Calahorra, central nuclear de Garoña y centrales de ciclo combinado de Arríbal (La Rioja), Castejón (Navarra) y Escatrón (Zaragoza)
2. Najerilla y Tirón	2.567	Tirón-Oja y Najerilla	Canales del Najerilla (margen derecha e izquierda).
3. Iregua	931	Iregua	Abastecimiento de Logroño y regadíos del bajo Iregua.
4. Afluentes Ebro de Leza a Huecha	4.418	Leza, Cidacos, Alhama, Queiles y Huecha	Regadíos y abastecimientos locales.
5. Jalón	10.567	Jalón (y su afluente, Jiloca)	Regadíos del medio-bajo Jalón y abastecimiento de Calatayud. Significativos aprovechamientos de aguas subterráneas en la cuenca del Jiloca y en la zona de Alfamén.
6. Huerva	1.339	Huerva	Regadíos y abastecimientos locales.
7. Aguas Vivas	2.350	Aguasvivas y Ginel	Regadíos y abastecimientos locales.
8. Martín	1.859	Martín	Regadíos y abastecimientos locales.
9. Guadalupe	4.324	Guadalupe y Regallo	Regadíos del medio y bajo Guadalupe y las centrales térmicas de Teruel, Escucha y Castellnou.
10. Matarraña	1.736	Matarraña (y su afluente, Algás)	Regadíos y abastecimientos locales.
11. Bajo Ebro	3.869	Eje del Ebro desde Mequinenza (incluso Delta y aguas costeras) y río Ciarana.	Canales de la Margen Derecha e Izquierda del Ebro y zona regable, trasvases al campo de Tarragona y la comarca de Reus y Central nuclear de Ascó.
12. Segre	9.473	Segre (afluente Noguera Pallaresa)	Canales principal y auxiliar de Urgel y Canal Segarra-Garrigues, este último en ejecución.
13. Ésera y Noguera Ribagorzana	5.553	Esera (afluente del Cinca) y Noguera Ribagorzana (afluentes del Segre)	Zonas regables de los Canales de Aragón y Cataluña y Piñana y abastecimiento de Lérida y comarca.
14. Gallego y Cinca	12.768	Gállego y Conca (afluente del Segre)	Riegos del Alto Aragón, con las zonas regables de Monegros y del Cinca, abastecimiento de Huesca y acequias del bajo Gállego

**Tabla 10. Juntas de Explotación de la Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Nº Nombre	Superficie (km <sup>2</sup> )	Principales cuencas vertientes	Principales usos
15. Aragón y Arba	7.035	Aragón y Arbas	Zona regable de Bardenas y los regadíos del Aragón bajo, próximamente el abastecimiento a Zaragoza,
16. Irati. Arga y Ega	7.641	Ega, e Iratí y Arga (afuentes del Aragón)	Canal de Navarra (zona regable en transformación) y abastecimiento a la Comarca de Pamplona
17. Bayas, Zadorra e Inglares	1.762	Zadorra, bayasa e Inglares	Abastecimiento de Vitoria y trasvase Zadorra-Arratia, para aprovechamiento hidroeléctrico y abastecimiento urbano e industrial del Gran Bilbao.
<b>Cuenca del Ebro</b>	<b>84.980</b>		
Garona	555		
Llivia, Gave de Ste Engrâce y Gave D'Aspe	35		

**Tabla 11. Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Código y nombre de masa	Junta de Explotación	Cuenca vertiente	Área de la masa en cada Junta (miles m <sup>2</sup> )	Área total (miles m <sup>2</sup> )
30206. Mioceno de Alfamén	05	Ebro	275.544,8	275.544,8
30207. Mesozoico de la Galera	11	Ebro	358.069,3	358.069,3
30208. Aluvial del Najerilla-Ebro	01	Ebro	18.505,7	116.883,1
	16		2.164,2	
	02		80.844,3	
	03		15.368,8	
30209. Sierra de Aralar	16	Ebro	140.242,4	140.242,4
30210. Sierra de Alaiz	16	Ebro	278.545,2	278.545,2
30211. Páramos del Alto Jalón	05	Ebro	2.294.603,9	2.294.603,9
30212. Aluvial de Vitoria	17	Ebro	108.268,2	108.268,2
30213. Cuartango-Salvatierra	16	Ebro	41.364,5	593.985,9
	17		552.621,3	
30214. Calizas de Losa	01	Ebro	265.643,5	287.164,1
	17		21.520,6	
30215. Aluvial del Oja	01	Ebro	155,0	212.862,3
	02		212.707,4	
30216. Laguardia	01	Ebro	15.837,8	473.336,7
	16		457.245,6	
	02		253,3	
30217. Altube-Urkillia	16	Ebro	1.171,2	272.991,9
	17		271.820,8	
30218. Gorbea	17	Ebro	34.388,1	34.388,1
30219. Sierra de Lóquiz	16	Ebro	448.077,8	448.077,8
30220. Izki-Zudaire	16	Ebro	142.058,0	157.533,3
	17		15.475,3	
30221. Sinclinal de Jaca-Pamplona	14	Ebro	1.911.252,5	4.066.287,2
	15		1.410.575,7	
	16		744.458,9	
30222. Sierra de Cantabria	01	Ebro	790,9	251.944,9
	16		156.186,5	
	17		94.967,5	
30223. Plana de la Galera	11	Ebro	358.069,3	358.069,3
30224. Aluvial de Tortosa	11	Ebro	66.989,6	66.989,6
30225. Campo de Cariñena	05	Ebro	343.499,9	801.043,9
	06		413.216,9	
	07		44.327,0	

**Tabla 11. Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Código y nombre de masa	Junta de Explotación	Cuenca vertiente	Área de la masa en cada Junta (miles m <sup>2</sup> )	Área total (miles m <sup>2</sup> )
30226. Sinclinal de Treviño	01	Ebro	118.914,8	578.526,7
	16		344,3	
	17		459.267,7	
30227. Aluvial de Miranda de Ebro	01	Ebro	42.916,6	47.363,9
	17		4.420,2	
	02		27,1	
30228. Campo de Belchite	01	Ebro	17.663,3	1.037.847,2
	06		77.673,2	
	07		942.510,7	
30229. Cubeta de Azuara	06	Ebro	31,2	381.179,1
	07		381.147,8	
30230. Pliocuatenario de Alfamén	05	Ebro	275.544,8	275.544,8
30231. Boix-Cardó	11	Ebro	293.796,8	293.796,8
30232. Manubles-Ribota	05	Ebro	451.132,5	451.132,5
30233. Sinclinal de Graus	12	Ebro	2.624,3	1.054.592,8
	13		778.020,7	
	14		273.947,9	
30234. Sierra Tendeñera-Monte Perdido	14	Ebro	571.477,9	571.477,9
30235. Sierra Paleozoica de Ateca	05	Ebro	748.981,1	748.981,1
30236. Sierra de Urbasa	16	Ebro	346.093,5	358.423,4
	17		12.329,9	
30237. Sierra de Andía	16	Ebro	300.168,4	300.168,4
30238. Basaburúa-Ulzama	16	Ebro	284.387,1	284.387,1
30239. Alto Arga-Alto Irati	15	Ebro	243.286,2	1.573.684,2
	16		1.330.398,0	
30240. Sierra de Aizkorri	16	Ebro	57.357,0	59.775,6
	17		2.418,6	
30241. Sierra de Miñana	05	Ebro	198.161,0	198.161,0
30242. Lagunas de Los Monegros	14	Ebro	104.408,8	104.408,8
30243. Priorato	11	Ebro	299.884,9	299.884,9
30244. Huerva-Perejiles	05	Ebro	533.641,4	762.151,1
	06		228.509,7	
30245. Aluvial Jalón-Jiloca	05	Ebro	81.697,0	81.697,0
30246. Fosa de Mora	11	Ebro	582.274,2	582.274,2
30247. Cubeta de Olite	07	Ebro	395.001,9	1.214.587,1
	08		730.899,1	
	09		88.686,1	
30248. Oriche-Anadón	05	Ebro	8,2	162.495,5
	06		30.936,5	
	07		101.044,3	
	08		30.506,5	
30249. Puertos de Beceite	10	Ebro	536.346,7	642.709,4
	11		104.676,8	
	09		1.685,9	
30250. Aliaga-Calanda	10	Ebro	24.880,0	1.860.715,3
	05		27.707,7	
	08		285.397,0	
	09		1.522.730,7	
30251. Delta del Ebro	11	Ebro	334.879,1	334.879,1
30252. Cella-Ojos de Monreal	05	Ebro	866.736,4	866.736,4
30253. Alto Maestrazgo	10	Ebro	171,3	860.662,4
	09		860.491,2	

**Tabla 11. Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Código y nombre de masa	Junta de Explotación	Cuenca vertiente	Área de la masa en cada Junta (miles m <sup>2</sup> )	Área total (miles m <sup>2</sup> )
30254. Pitarque	09	Ebro	529.597,5	529.597,5
30255. Alto Guadalope	09	Ebro	116.449,6	116.449,6
30256. Pozondón	05	Ebro	152.722,4	152.722,4
30257. Puertos de Tortosa	10	Ebro	14,5	202.267,3
	11		202.252,8	
30258. Sierra del Montsia	11	Ebro	94.550,0	94.550,0
30259. Saso de Bolea-Ayerbe	14	Ebro	291.720,3	291.720,3
30260. Alto Urgell	12	Ebro	100.829,8	100.829,8
30261. Sasos de Alcanadre	14	Ebro	488.089,6	488.089,6
30262. Aluvial de la Rioja-Mendavia	01	Ebro	79.540,3	188.078,2
	16		38.145,1	
	03		41.879,9	
	04		28.513,0	
30263. Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	01	Ebro	249.332,5	642.920,9
	15		134.312,2	
	16		124.337,4	
	04		134.938,7	
30264. Aluvial del Ebro:Tudela-Alagón	01	Ebro	360.179,2	641.885,3
	15		36.020,1	
	04		157.059,9	
	05		88.626,2	
30265. Aluvial del Ebro: Zaragoza	01	Ebro	408.963,9	632.273,9
	14		38.698,3	
	15		889,4	
	05		94.183,8	
	06		79.115,7	
	07		10.422,8	
30266. Gallocanta	05	Ebro	222.903,8	222.903,8
30267. Monreal-Calamocha	05	Ebro	746.511,0	746.511,0
30268. Macizo Axial Pirenaico	12	Ebro	2.309.541,6	3.528.058,5
	13		968.157,7	
	14		250.359,1	
	12	Garona	0,1	
30269. Sierras Paleozicas de la Virgen y Vicort	05	Ebro	869.947,5	1.198.512,1
	06		171.140,2	
	07		157.424,4	
30270. Aluvial del Bajo Segre	11	Ebro	0,3	181.667,1
	12		146.041,8	
	13		35.624,9	
30271. Araviano-Vozmediano	04	Ebro	113.250,5	113.250,5
30272. Aluvial de Urgell	12	Ebro	275.665,1	275.665,1
30273. Borobia-Aranda de Moncayo	05	Ebro	165.690,0	165.690,0
30274. Aluvial del Gállego	01	Ebro	1.722,6	271.297,1
	14		206.043,3	
	15		63.531,1	
30275. Añavieja-Valdegutur	04	Ebro	415.775,8	415.775,8
30276. Aluvial del Cinca	11	Ebro	68,1	271.073,9
	12		1.123,0	
	13		128.954,4	
	14		140.928,4	
30277. Aluvial del Medio Segre	12	Ebro	17.839,4	17.839,4
30278. Sierras Marginales Catalanas	12	Ebro	511.572,5	761.539,0

**Tabla 11. Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro**

Código y nombre de masa	Junta de Explotación	Cuenca vertiente	Área de la masa en cada Junta (miles m <sup>2</sup> )	Área total (miles m <sup>2</sup> )
	13		249.966,5	
30279. Somontano del Moncayo	04	Ebro	522.600,9	1.310.672,4
	05		788.071,5	
30280. Calizas de Tárrega	12	Ebro	794.665,6	794.665,6
30281. Arbas	15	Ebro	389.636,9	389.636,9
30282. Fitero-Armedillo	04	Ebro	97.468,4	97.468,4
30283. Cameros	02	Ebro	1.832,0	1.811.675,8
	03		366.683,8	
	04		1.443.160,0	
30284. Hoya de Huesca	14	Ebro	210.981,8	210.981,8
30285. Detritico de Arnedo	04	Ebro	124.306,8	124.306,8
30286. Mansilla-Neila	02	Ebro	167.361,8	198.749,7
	03		31.387,9	
30287. Bureba	01	Ebro	84.369,8	84.369,8
30289. La Cerdanya	12	Ebro	242.913,6	1.541.228,5
	Llivia	Llivia	12.983,1	
30290. Aluvial del Tirón	02	Ebro	29.513,2	29.513,2
30291. Santo Domingo-Guara	14	Ebro	827.378,3	838.237,8
	15		10.859,5	
30292. Pancorbo-Conchas de Haro	01	Ebro	54.249,3	72.934,7
	02		18.685,4	
30293. Tremp-Isona	12	Ebro	1.362.168,0	1.598.138,5
	13		235.970,6	
30294. Cadí-Port del Comte	12	Ebro	393.055,0	393.055,0
30295. Litera Alta	13	Ebro	766.576,9	904.759,0
	14		138.182,1	
30296. Pradoluengo-Anguiano	01	Ebro	18.299,6	248.621,9
	02		94.723,0	
	03		113.377,8	
	04		22.221,5	
30297. Fontibre	01	Ebro	150.269,3	150.269,3
30298. Sinclinal de Villarcayo	01	Ebro	878.730,0	878.730,0
30299. Larra	15	Ebro	62.416,3	62.416,3
30300. Calizas de Subijana	01	Ebro	11.809,1	194.629,2
	17		182.820,1	
30301. Valderejo-Sobrón	01	Ebro	251.187,3	251.187,3
30302. Ezcaurre-Peña Telera	14	Ebro	58.250,6	376.100,7
	15		317.850,0	
	15	Gave d'Aspe	0,1	
30303. Páramo de Sedano y Lora	01	Ebro	743.858,0	743.858,0
30304. Manzanedo-Oña	01	Ebro	232.055,8	232.055,8
30305. Alto Gállego	14	Ebro	260.277,9	295.193,8
	15		34.915,9	
30306. Montes Obarenes	01	Ebro	270.294,4	270.294,4
30307. Sierra de Leyre	15	Ebro	364.050,5	490.508,7
	16		126.458,2	
30308. Aluvial del Oca	01	Ebro	92.156,6	92.156,6
30309. Aluvial del Cidacos	16	Ebro	60.698,5	60.698,5
30310. Aluvial del Arga Medio	16	Ebro	30.435,0	30.435,0
30311. Cotiella-Turbón	13	Ebro	654.133,8	827.629,9
	14		173.496,1	

<b>Tabla 11. Superficie definida como masas de agua subterránea en cada Junta de Explotación de la cuenca Demarcación Hidrográfica del Ebro</b>				
<b>Código y nombre de masa</b>	<b>Junta de Explotación</b>	<b>Cuenca vertiente</b>	<b>Área de la masa en cada Junta (miles m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área total (miles m<sup>2</sup>)</b>
30312. Domaine Pliss'py'n'es Axiales et alluvions vaires dans le by du Segre (District Ebro)	12	Ebro	14,3	14,3
<b>Total general</b>				<b>55.441.438</b>

## 4.2. DESCRIPCIÓN E INTERRELACIÓN DE LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS

### 4.2.1. DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Estas variables se han estimado para el periodo temporal 1940/41 a 2005/06, con datos mensuales. Los análisis estadísticos y balances corresponden a dos periodos temporales: una serie larga para el período completo 1940/41-2005/06, y otra corta limitada al período 1980/81-2005/06. Los datos corresponden, en general, a valores del registro de la red foronómica de la DHE en masas no alteradas completándose las carencias de datos con valores procedentes de la restitución al régimen natural, manteniendo la coherencia interna de las series.

El modelo de simulación utilizado para la restitución al régimen natural ha sido el modelo conceptual y cuasi-distribuido SIMPA (Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación)<sup>1</sup> de precipitación-aportación, actualizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. SIMPA reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico. Es un modelo hidrológico conceptual y cuasi-distribuido que permite obtener caudales medios mensuales en régimen natural en puntos de la red hidrográfica de una cuenca.

En cada una de las celdas en que se discretiza el territorio plantea el principio de continuidad y leyes de reparto y transferencia entre los distintos almacenamientos. La resolución temporal que utiliza es el mes, por lo que puede obviarse la simulación de un gran número de almacenamientos intermedios y la propagación del flujo en la cuenca.

La información de partida del modelo está constituida por los datos de precipitaciones y temperaturas mensuales en las estaciones meteorológicas y los datos de caudales históricos en los puntos de contraste. Toda esta información se gestiona en la base de datos HIDRO (Quintas, 1996) del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Se han utilizado como variables de la fase atmosférica: la temperatura, la precipitación, la evapotranspiración potencial, y como variables de la fase terrestre: la infiltración o recarga, la evapotranspiración real, y las escorrentías: superficial, subterránea y total. El terreno se ha discretizado en celdas de 1.000 x 1.000 m<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Cabezas et al., 2000; Ruiz, 2000; Estrela y Quintas, 1996

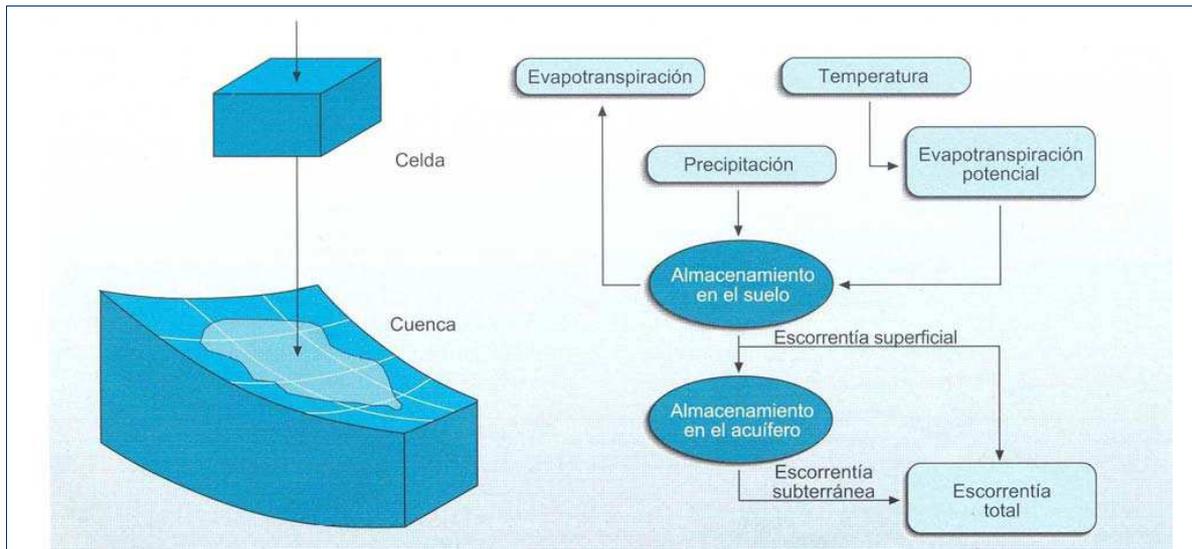


Figura 22. Diagrama de flujo del modelo SIMPA

A continuación se muestra el mapa de la demarcación hidrográfica con la localización de los puntos de la red hidrográfica donde se toman los registros de datos de caudales y volúmenes para la restitución al régimen natural de las series hidrológicas:

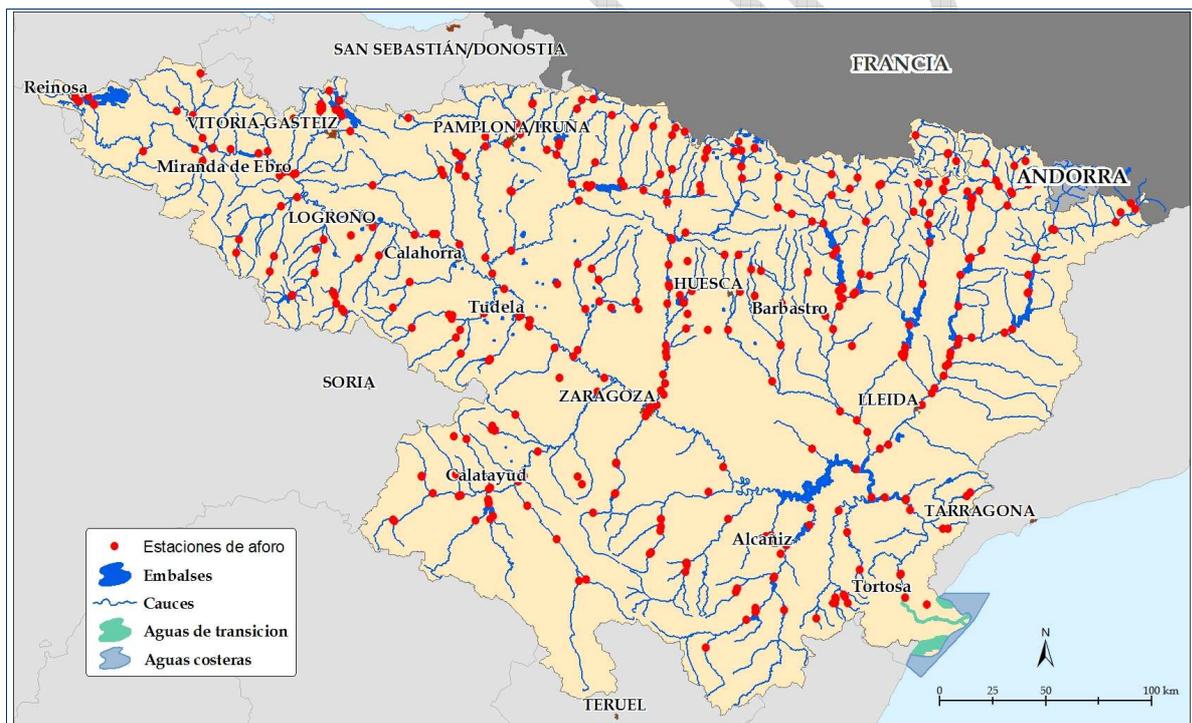


Figura 23. Localización de la red de estaciones de control cuantitativo de las aguas superficiales en la DHE

Respecto a la información de recursos de aguas subterráneas (niveles piezométricos en los acuíferos), la información se obtiene de la red de piezometría e hidrometría de la demarcación hidrográfica, como se muestra en el siguiente mapa de la demarcación.

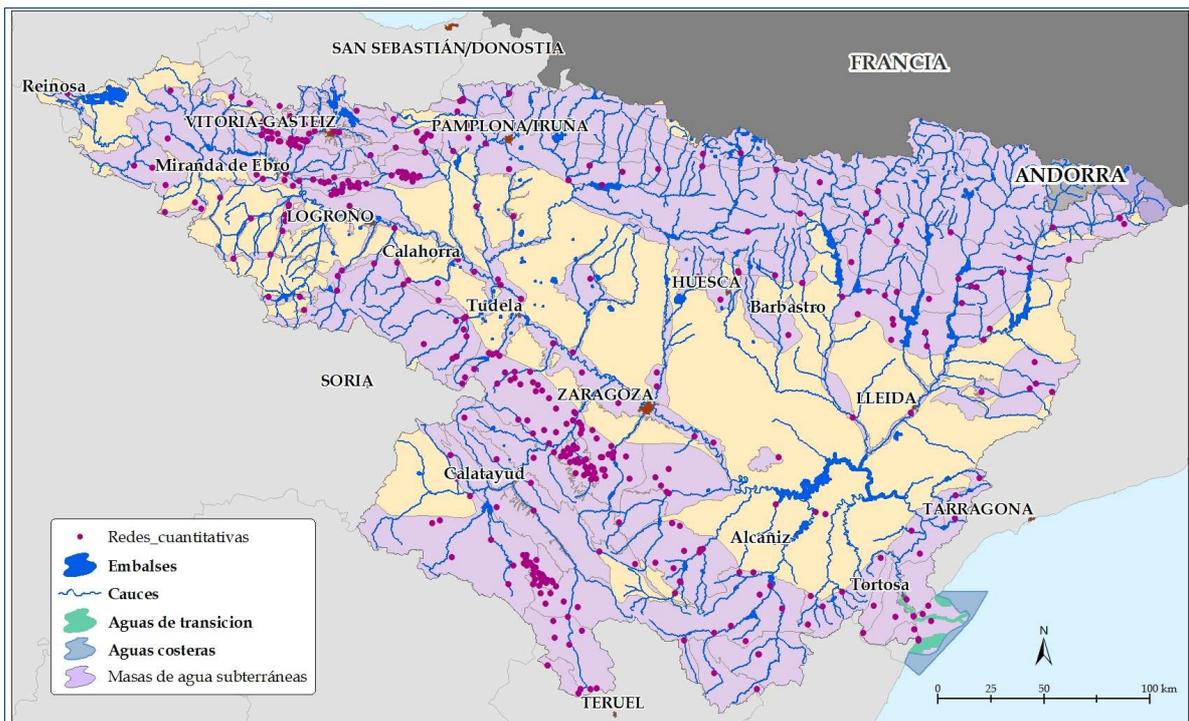


Figura 24. Mapa de puntos seleccionados de las redes de piezometría e hidrometría.

#### 4.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES HIDROLÓGICAS

El siguiente apartado trata de mostrar la distribución espacial de las variables hidrológicas consideradas para todo el territorio de la DHE y para el periodo de evaluación definido. Los mapas anuales de las variables indicadas en la IPH se han obtenido como el promedio de los sumatorios de las secuencias mensuales de cada año hidrológico.

##### 4.2.2.1. VARIABLES DE LA FASE ATMOSFÉRICA

Según el apartado 2.4.2 de la IPH, el inventario de recursos hídricos naturales contendrá:

*El inventario incluirá series hidrológicas de, al menos, las siguientes variables: precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, recarga a los acuíferos, escorrentía superficial, escorrentía subterránea y escorrentía o aportación total (en aquellas zonas en que la nieve sea un fenómeno característico se añadirá información sobre esta variable. (...))*

Las series meteorológicas proceden de la Agencia Española de Meteorología, AEMET. Se ha utilizado el histórico de la red de medida de lluvia, temperatura máxima y mínima y, en un número limitado de estaciones, datos de velocidad de viento, número de horas de sol y humedad relativa.

A todas estas series se les han aplicado pruebas de homogeneidad, dobles acumulaciones y test de la elipse, principalmente para identificar errores en las medidas. Posteriormente se aplicó un procedimiento de completado de las carencias de información utilizando un procedimiento de correlación bivariada con estacionarización mensual previa.

Los mapas de lluvia se han interpolado usando patrones de precipitación que permitieran descomponer cada dato en un residuo y una tendencia media. La interpolación consideraba únicamente el residuo de precipitaciones. Y sobre el patrón de precipitaciones se realizaron

los estudios que permitieran corregir los problemas derivados de la escasa densidad de datos en altura o la de las aglomeraciones y redundancias de información.

En la interpolación de temperaturas máximas y mínimas se ha seguido el mismo procedimiento. La evapotranspiración potencial se ha obtenido utilizando el método de Hargreaves, corregido en función de coeficientes mensuales procedentes de la comparación de resultados entre los métodos de Penman Monteith y Hargreaves.

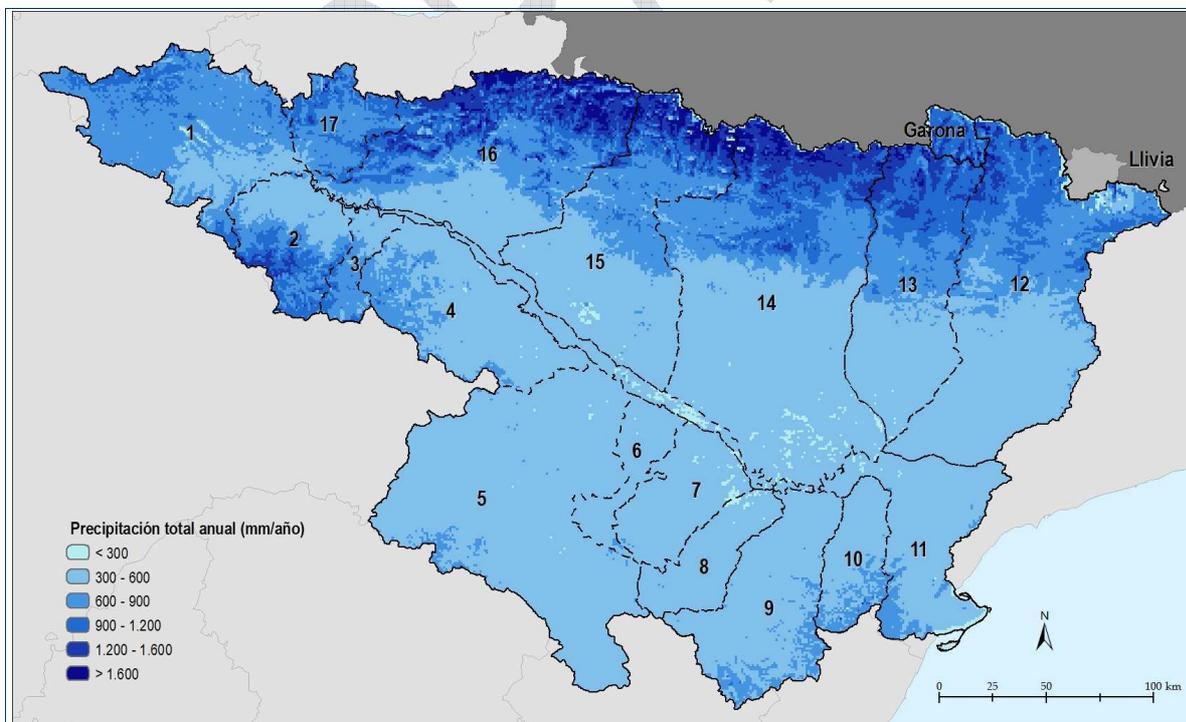
A continuación se describen los valores característicos de las distintas variables hidrológicas utilizadas y se muestra su distribución espacial.

#### 4.2.2.1.1. Precipitación

Las condiciones topográficas del ámbito de la demarcación condicionan un clima mediterráneo continentalizado en gran parte de la cuenca del Ebro, con una clara degradación semiárida en el centro de la depresión. El extremo noroeste, la mitad oeste del ámbito pirenaico y la parte septentrional de la Ibérica, son zonas con clima oceánico, pero hay que tener en cuenta que la transición entre éste y el clima mediterráneo es progresiva.

La disposición topográfica aísla al sector central de la cuenca de las influencias oceánicas, que quedan retenidas en gran medida por las cordilleras periféricas, aumentando así la continentalización en el resto de la cuenca y disminuyendo notablemente la precipitación. Por ello, la aridez es uno de los principales rasgos que definen el clima del centro de la cubeta. Las condiciones áridas alcanzan su máximo exponente en el triángulo que definen Zaragoza, Alcañiz y Lleida, y van desdibujándose progresivamente al alejarse.

En la Figura 25, se muestra la distribución espacial de los valores medios anuales totales de precipitación en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.



**Figura 25.** Distribución espacial de la precipitación total anual (mm/año) en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Período 1980/81-2005/06 [Fuente: SIMPA]

En el sector occidental de la cuenca domina un régimen oceánico con precipitaciones bien repartidas durante todos los meses con un único máximo en diciembre y enero y mínimo

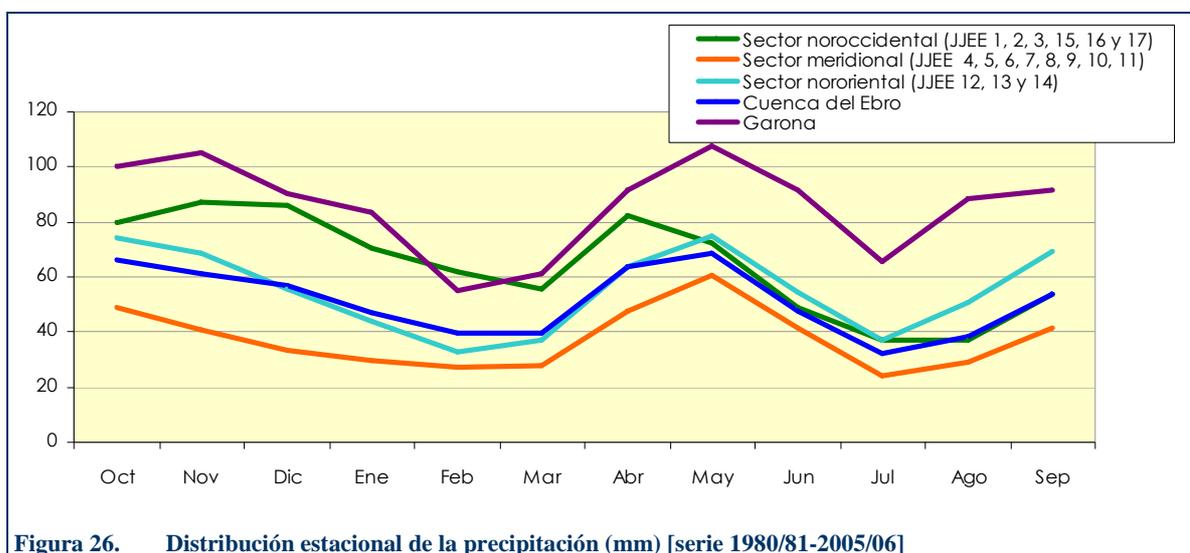
en el mes de julio. La influencia atlántica afecta a los Pirineos siendo muy clara en la mitad occidental (hasta el río Gállego). También afecta a la zona septentrional de la Ibérica (Demanda), debilitándose bruscamente desde el Moncayo hacia el este. Ello provoca que en el sector ibérico central y meridional las precipitaciones sean bastante escasas e irregulares.

El régimen mediterráneo se circunscribe a la zona oriental, afectando a la Cordillera Costero Catalana y al extremo sudeste de la Ibérica (Maestrazgo), sierra que impide su penetración hacia el interior. La cercanía del Mediterráneo permite una abundancia relativa de las precipitaciones, especialmente en otoño. El régimen general viene caracterizado por dos máximos equinociales, en otoño y primavera, y mínimos solsticiales en invierno y verano. La parte oriental de los Pirineos, cuencas del Cinca y del Segre, presenta un régimen algo más continentalizado que el mediterráneo con un yetograma bastante regular, con máximo en primavera y mínimo en invierno.

La precipitación total anual en la Cuenca Hidrográfica del Ebro se encuentra en torno a los 52.848 hm<sup>3</sup> (618 mm) en el periodo 1980/81-2005/06, oscilando entre un valor máximo de 817 mm en el año más húmedos (1986/87) y mínimo de 452 mm en el más seco (2004/05). En el Garona, la precipitación media anual en el periodo asciende a 574 hm<sup>3</sup> (1.031 mm).

La diversidad pluviométrica encuentra sus extremos en la citada cuenca del Garona, asimilable a otras cabeceras pirenaicas, y la depresión del Ebro, área en la que las medias anuales pueden ser, localmente, inferiores a los 300 mm. Las juntas de explotación 6 (Huerva), 7 (Aguasvivas) y 8 (Martín) presentan valores medios anuales del orden de los 400 mm.

Por otra parte, la distribución intraanual se caracteriza por la heterogeneidad, habiendo meses bastante lluviosos (fundamentalmente los meses de otoño y primavera) y meses secos (verano e invierno), con los matices que pueden apreciarse en la Figura 26. Resulta llamativo que el mínimo invernal es bastante acusado, salvo en el sector noroccidental.



En lo que respecta a la incidencia del régimen de sequías, que fueron analizados en el marco del Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la

cuenca hidrográfica del Ebro<sup>2</sup>, a nivel de cuenca se manifiesta una alternancia entre periodos húmedos y secos. Así, entre 1950/51 y 1978/79 la alternancia de periodos de precipitaciones por encima de la media, de duración de uno y dos años, y por debajo de la misma de un año de duración, se han sucedido cíclicamente. El ciclo “seco” de mayor duración (8 años) es el comprendido entre 1979/80-86/87 (precipitación media de 556 mm, frente a una precipitación media de 599 mm) y el de menor precipitación media (465 mm) y un año de duración, se ha dado en 2001/02 (entre 1991/92 y 2000/01 se han producido seis años “secos” con precipitación media anual inferior a 538 mm separados solo por dos años de precipitación superior a la media 1995/96-96/97).

#### 4.2.2.1.2. Temperaturas

La disposición en cubeta de la cuenca repercute también en las condiciones térmicas. El efecto suavizador que ejercen los océanos sobre las temperaturas se limita a la mitad occidental de la orla montañosa septentrional. En el resto, especialmente en la depresión, se observa una fuerte continentalización que se traduce en elevadas temperaturas estivales, con máximas sofocantes y fríos intensos en invierno.

Es muy frecuente que la depresión se vea ocupada en invierno por una masa de aire frío y estable, con la consiguiente aparición de nieblas, que afectan con especial frecuencia e intensidad al corredor central del Ebro, Hoya de Huesca, norte de Monegros, bajo Cinca, bajo Segre, área de Caspe y cuenca de Calatayud. Entre los veranos cálidos y los fríos inviernos, las estaciones equinocciales suelen ser breves y con bruscos cambios de temperatura.

El viento es otro elemento destacado especialmente en el corredor central del Ebro. El sentido más frecuente es noroeste-sureste. Se trata del llamado "cierzo", viento frío y seco que aparece cuando en el Mediterráneo occidental se forma una borrasca, mientras el Atlántico oriental está ocupado por altas presiones. Puede presentarse en cualquier época del año, pero su mayor ocurrencia es en primavera. Otro viento característico es el llamado "bochorno", de sentido opuesto. Es menos frecuente y mucho más suave. Se trata de un viento seco y muy cálido si sopla en verano (estación en la que es bastante frecuente) y templado y húmedo si lo hace en el resto del año. Está relacionado con la formación de un área de bajas presiones en el interior de la Península o al oeste de la misma.

En definitiva, el territorio de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, cuenta con una notable diversidad de condiciones climáticas que se traducen en diversas variantes de climas de tipo mediterráneo y continental. Al igual que ocurre con el régimen pluviométrico, el térmico, está también muy influenciado por la orografía. En la depresión del Ebro predomina los tipos continental cálido y templado orlados por una amplia franja de tipo templado cálido que se convierte en patagoniano y marítimo fresco en las estribaciones del Sistema Ibérico y en el Prepirineo<sup>3</sup>. En las alturas pirenaicas aparecen regímenes térmicos fríos (templado frío, patagoniano frío e incluso polar). Otras

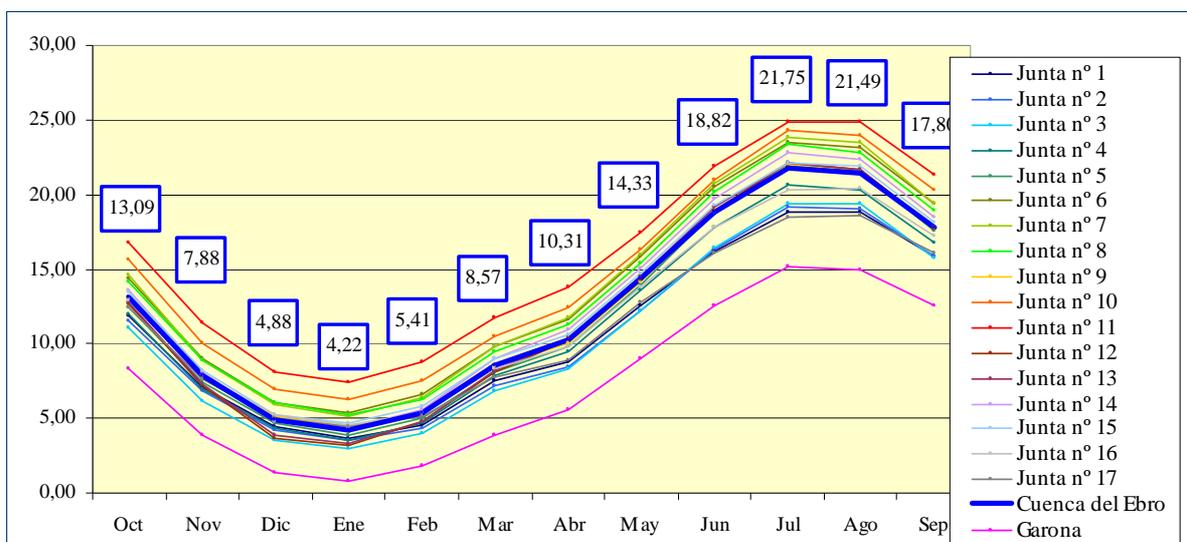
---

<sup>2</sup> Las series de precipitación generadas, (recopiladas en el anejo nº1) abarcaron desde 1901/02-2004/05. La procedencia de los datos utilizados para generar las series fue la siguiente: estaciones pluviométricas del Instituto Nacional de Meteorología en la demarcación; estaciones pluviométricas del SAIH gestionadas por la propia Confederación con toma de datos automática. A partir de estas series artificiales generó la distribución areal de las lluvias por el “Método de los polígonos de Thiessen” a través una aplicación del Sistema de Información Geográfica (GIS).

<sup>3</sup> Tipos climáticos de J. Papadakis según el SIGA (Sistema de Información Geográfico Agrario) del MARM.

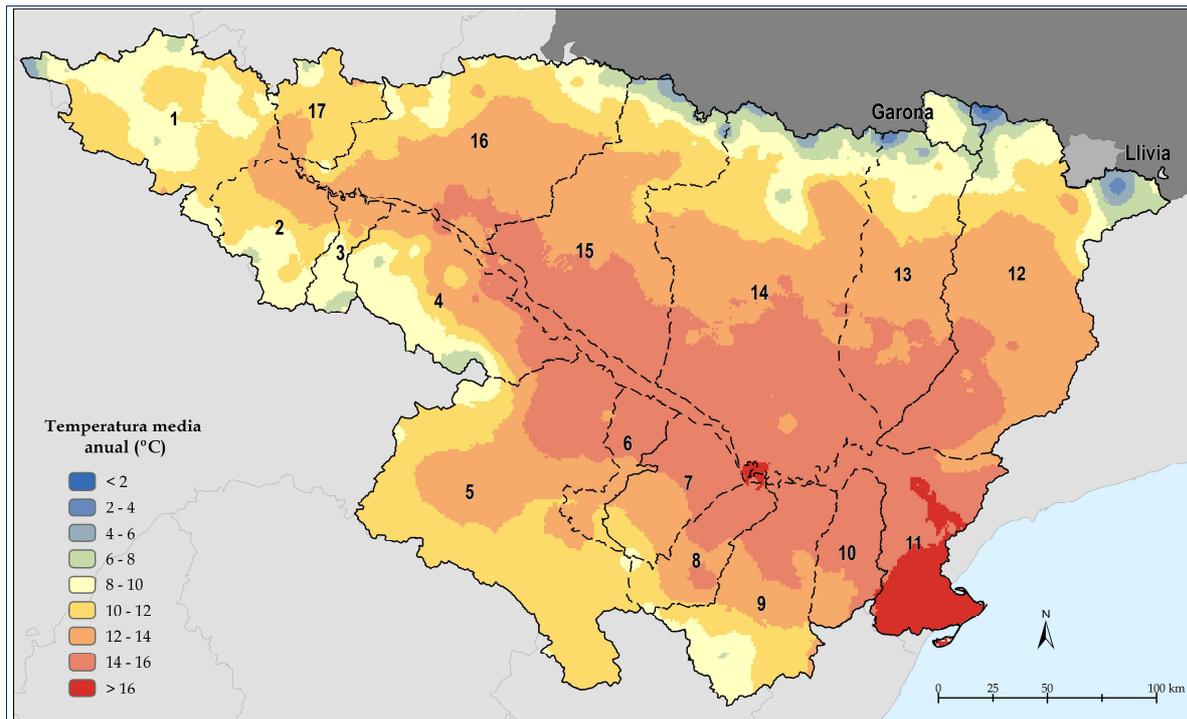
singularidades son el marítimo cálido en el delta, y unas pequeñas franjas de clima subtropical cálido en el eje del Ebro entre los ríos Huecha y Martín.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Año
Junta nº 1	11,87	7,08	4,42	3,68	4,55	7,48	8,73	12,56	16,24	18,79	18,77	15,89	10,87
Junta nº 2	11,54	6,82	4,24	3,48	4,30	7,19	8,50	12,26	16,37	19,12	19,10	15,91	10,77
Junta nº 3	11,05	6,14	3,51	3,01	3,96	6,80	8,29	12,21	16,46	19,38	19,36	15,78	10,53
Junta nº 4	12,01	6,90	4,37	3,57	4,63	7,86	9,48	13,59	17,84	20,59	20,33	16,74	11,53
Junta nº 5	12,47	7,37	4,65	3,83	5,05	8,15	9,83	13,87	18,84	21,95	21,58	17,51	12,13
Junta nº 6	14,38	8,97	6,00	5,34	6,64	9,79	11,64	15,91	20,49	23,45	23,16	19,35	13,80
Junta nº 7	14,54	8,88	5,91	5,12	6,41	9,86	11,71	16,02	20,74	23,83	23,46	19,39	13,86
Junta nº 8	14,20	8,95	6,06	5,22	6,31	9,45	11,28	15,43	20,17	23,34	22,83	18,98	13,56
Junta nº 9	13,04	7,88	5,15	4,42	5,35	8,43	10,08	14,15	18,78	21,98	21,62	17,79	12,43
Junta nº 10	15,59	10,08	6,97	6,29	7,50	10,52	12,44	16,29	21,02	24,31	24,00	20,31	14,65
Junta nº 11	16,77	11,40	8,13	7,38	8,79	11,71	13,79	17,48	21,90	24,90	24,92	21,30	15,74
Junta nº 12	12,70	7,18	3,68	3,18	4,76	8,12	10,21	14,30	18,97	22,09	21,62	17,65	12,08
Junta nº 13	12,82	7,35	3,85	3,35	4,81	8,21	10,35	14,43	19,11	22,09	21,68	17,76	12,19
Junta nº 14	13,52	8,10	4,84	4,29	5,63	8,98	10,92	15,00	19,74	22,77	22,40	18,43	12,92
Junta nº 15	13,43	8,24	5,20	4,66	5,79	8,96	10,59	14,77	19,27	22,14	21,87	18,19	12,80
Junta nº 16	12,89	7,92	5,21	4,52	5,39	8,34	9,81	13,78	17,76	20,32	20,39	17,19	12,00
Junta nº 17	12,45	7,65	5,04	4,43	5,13	7,76	8,95	12,75	16,11	18,46	18,57	16,05	11,15
<b>C.H. Ebro</b>	<b>13,09</b>	<b>7,88</b>	<b>4,88</b>	<b>4,22</b>	<b>5,41</b>	<b>8,57</b>	<b>10,31</b>	<b>14,33</b>	<b>18,82</b>	<b>21,75</b>	<b>21,49</b>	<b>17,80</b>	<b>12,42</b>
Garona	8,35	3,92	1,32	0,84	1,78	3,93	5,60	9,05	12,55	15,21	14,91	12,54	7,53



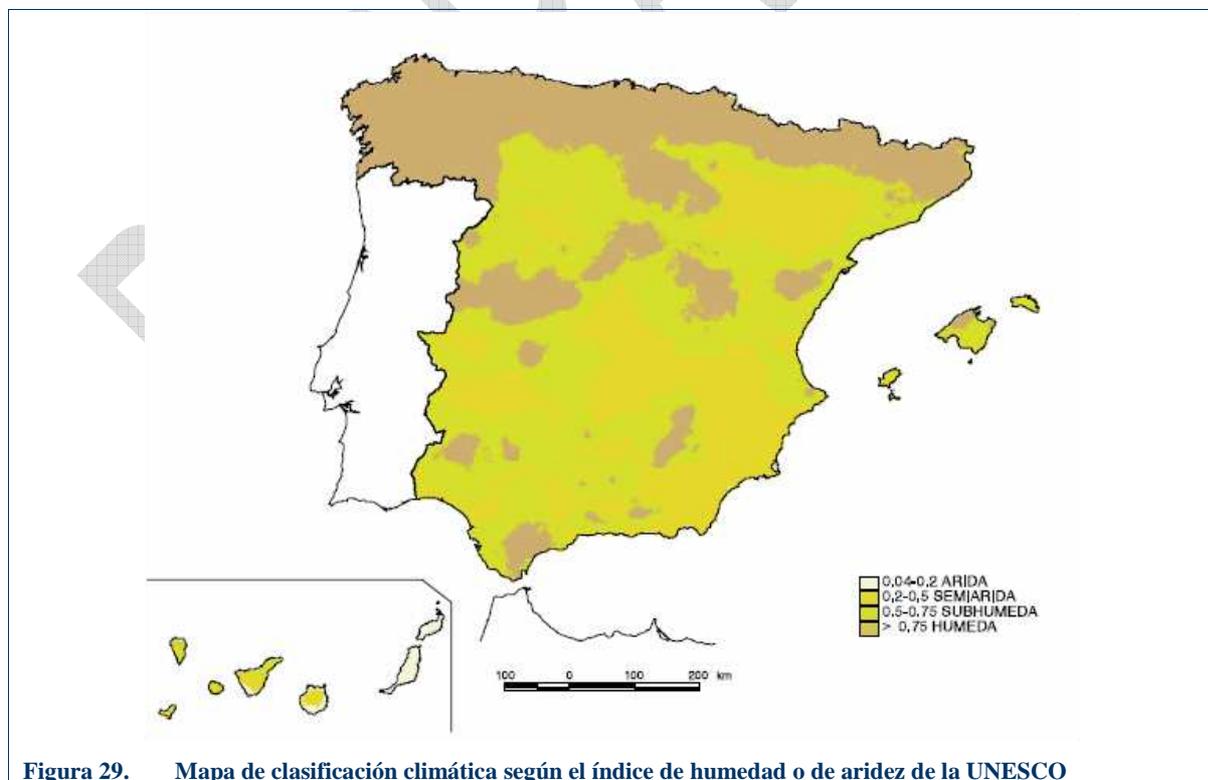
**Figura 27. Mapa de Temperaturas medias anuales (1940/41-2005/06).**

Aunque estas temperaturas medias ocultan notables variaciones dentro de cada Junta (ver Figura 28) se aprecia un gradiente térmico en dirección noroeste-sureste, de manera que los regímenes más templados se identifican con el bajo Ebro y la cuenca del Matarraña. Para el conjunto de la demarcación, la temperatura media se sitúa en torno a los 12,5°C.



**Figura 28. Mapa de Temperaturas medias anuales (1940/41-2005/06).**

Según el índice de humedad o índice de aridez, definido (UNESCO, 1979) como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual según Penman, en España existen regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas, tal y como se muestra en la.

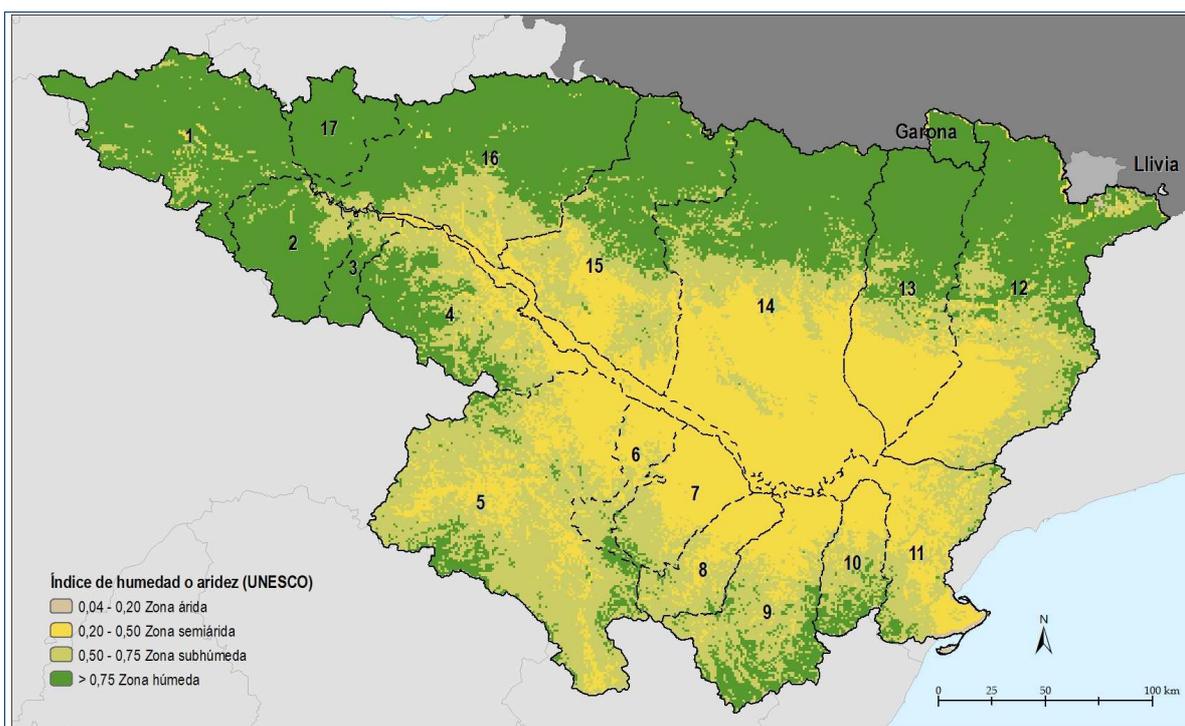


**Figura 29. Mapa de clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO**

Las regiones áridas ocupan una extensión reducida y se localizan en parte de las islas Canarias y en el área del desierto de Tabernas (Almería). Las zonas semiáridas afectan principalmente a la Depresión del Ebro, Almería, Murcia, sur de la cuenca del Júcar,

cabecera del Guadiana y parte de Canarias. Las zonas subhúmedas se sitúan básicamente en la cuenca del Duero, sur de las Cuencas Internas de Cataluña, Baleares, Guadalquivir y a lo largo de las cordilleras de menor altitud. Finalmente, la zona húmeda afecta al resto del país.

Por lo tanto, y como se aprecia en la Figura 30, en la demarcación hidrográfica encontramos que las juntas de explotación 1, 2 y 17 son zonas húmedas. Lo mismo ocurre con las cabeceras de las juntas 3, 4, 12, 13, 14, 15 y 16. Gran parte de las juntas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se consideran subhúmedas, mientras que la Depresión del Ebro es, como ya se ha comentado, semiárida.



**Figura 30. Mapa de clasificación climática según el índice de humedad o de aridez de la UNESCO.**

#### 4.2.2.2. VARIABLES DE LA FASE TERRESTRE.

##### 4.2.2.2.1. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la consideración conjunta de dos fenómenos físicos diferenciados: la evaporación y la transpiración. Por tanto, la evapotranspiración evalúa la cantidad de agua que pasa a la atmósfera en forma de vapor de agua a través de la evaporación y de la transpiración de la vegetación.

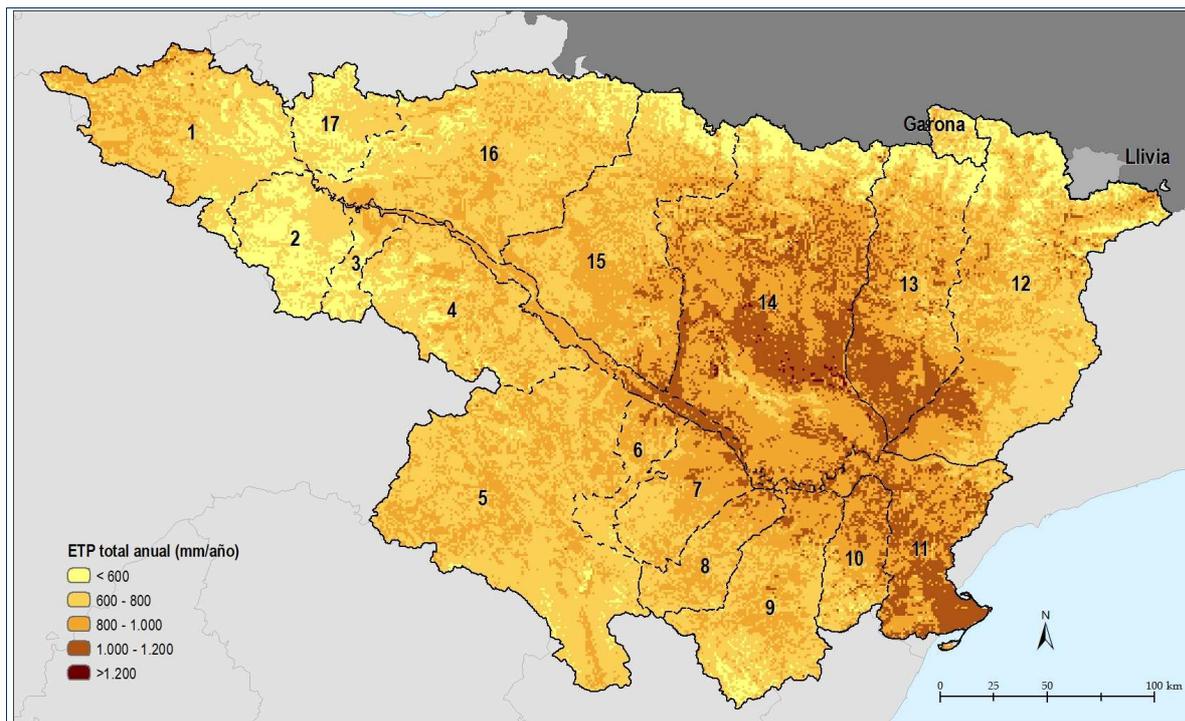
En la España peninsular, las pérdidas totales por evapotranspiración son unas 3 veces superiores a las pérdidas al mar por los ríos.

La evapotranspiración depende, entre otros, de dos factores muy variables y difíciles de medir: el contenido de humedad de suelo y el desarrollo vegetal de la planta. Por esta razón Thornthwaite (1948) introdujo el término de evapotranspiración potencial o pérdidas por evapotranspiración, en el doble supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa.

La evapotranspiración es un componente fundamental del balance hidrológico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Su cuantificación se hace

necesaria para evaluar los recursos hídricos disponibles en el territorio. La unidad más usual para expresar las pérdidas por evapotranspiración es, el mm de altura de agua, lo que equivale a  $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ . La medida siempre se refiere a un determinado intervalo de tiempo.

Es muy importante diferenciar entre evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR). La ETP sería la evapotranspiración que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. La ETR es la evapotranspiración real que se produce en las condiciones reales existentes, dependiendo por tanto, de la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo y del aire, del tipo de cobertura vegetal del suelo y del estado de desarrollo de la misma. Las estimaciones de ETR que se incluyen son en régimen natural, es decir, sin considerar el riego de cultivos.

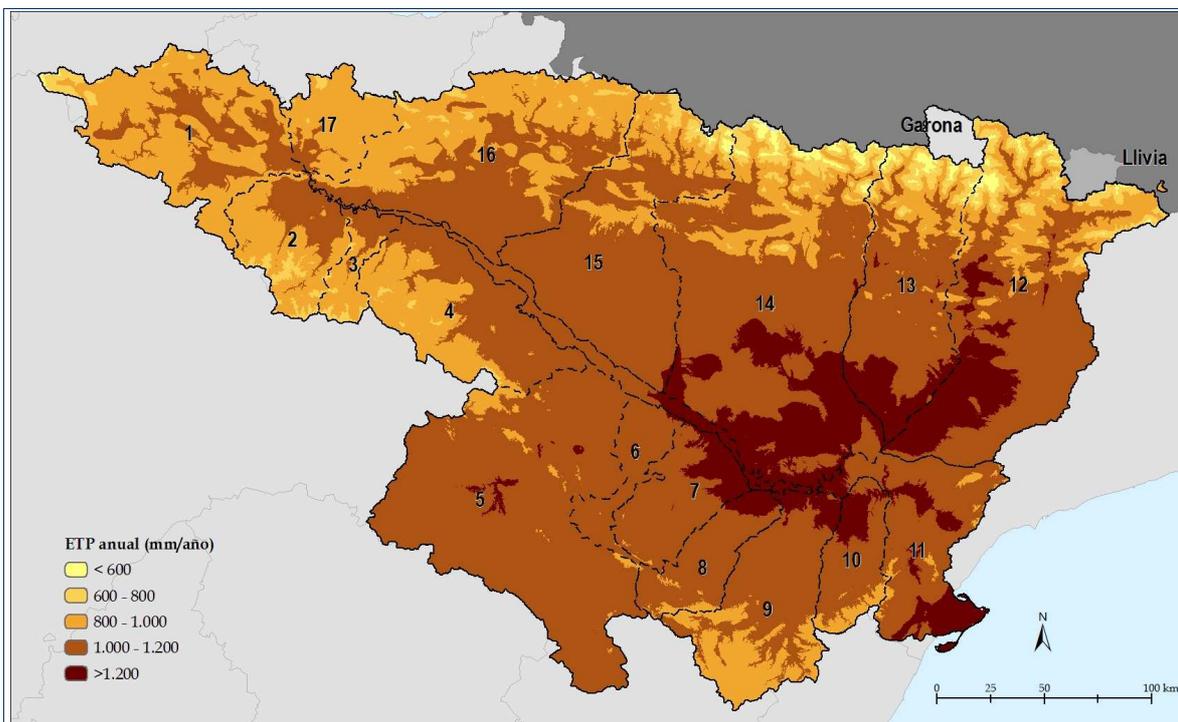


**Figura 31. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial total anual (mm/año) en la demarcación hidrográfica. Período 1980/81-2005/06 (serie SIMPA)**

Así, en la Cuenca Hidrográfica del Ebro, mientras que la ETP media anual (serie SIMPA) asciende a 792 mm/año, la ETR media anual está en torno a los 448 mm/año ( $4.480 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ), con valores de los últimos 26 años. En la parte española de la cuenca del Garona estos valores son de 615 y 444 mm/año, respectivamente.

Para el cálculo de la ETP, SIMPA utiliza una combinación de los métodos de Thornthwaite y Penman-Monteith, a los que se les aplica un coeficiente reductor que tiene en cuenta el efecto de la vegetación. El método de Thornthwaite, empleado con frecuencia en España, debido a que básicamente sólo necesita datos de temperatura, solo es válido en zonas húmedas y subhúmedas con precipitaciones estivales. En climas distintos a los anteriores, suele infravalorar las evapotranspiraciones potenciales. En concreto, es conocido que en zonas áridas y semiáridas infravalora la evapotranspiración potencial. El método de Penman-Monteith, recomendado por la FAO, define físicamente mejor el fenómeno aunque necesitan de un mayor número de variables que solo facilitan un número reducido de estaciones en España. De ahí la combinación de ambas metodologías.

La OPH cuenta con estudios propios que arrojan mapas sensiblemente diferentes, en los que se aprecia una mejor correspondencia de la distribución de la ETP con las variables climáticas, fundamentalmente, con la temperatura.

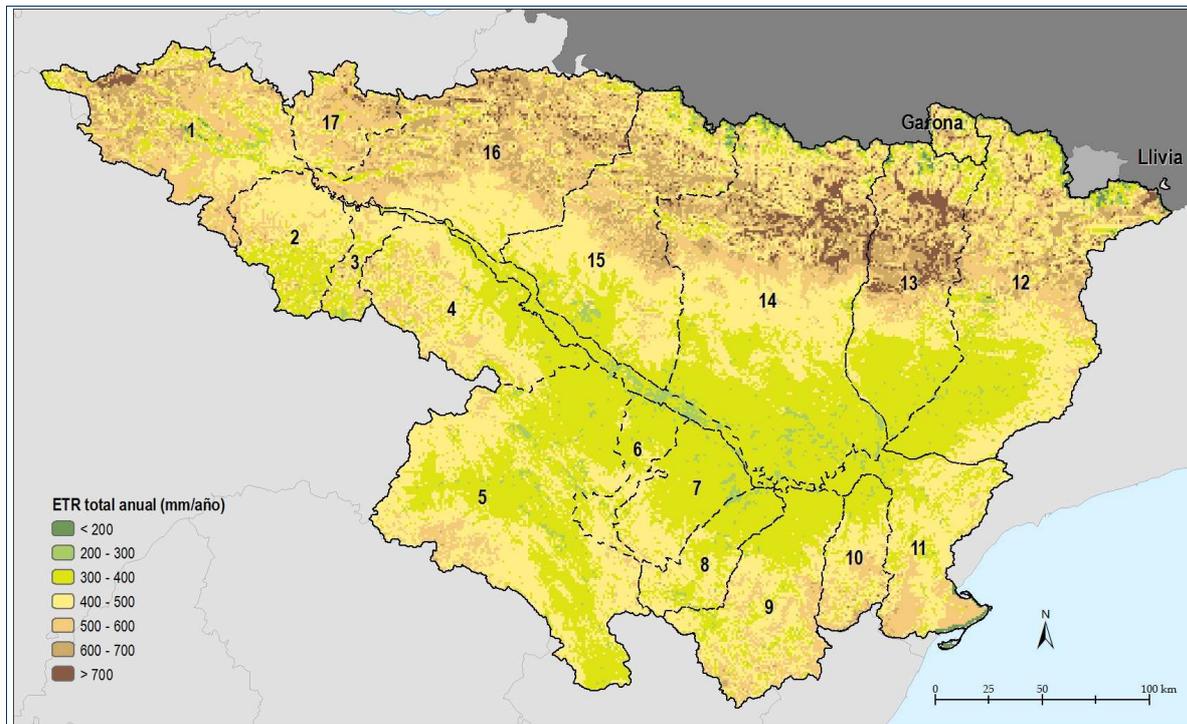


**Figura 32. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial total anual (mm/año) en la cuenca del Ebro. Período 1900-2002 (OPH)**

	<b>ETP media (mm/año)</b>	<b>ETR media (mm/año)</b>	<b>ETR/ETP (%)</b>
Junta nº 1	753	477	63,3%
Junta nº 2	597	440	73,7%
Junta nº 3	663	439	66,2%
Junta nº 4	730	430	58,9%
Junta nº 5	758	403	53,1%
Junta nº 6	808	379	46,9%
Junta nº 7	829	367	44,3%
Junta nº 8	806	383	47,6%
Junta nº 9	782	433	55,3%
Junta nº 10	850	444	52,2%
Junta nº 11	959	421	43,9%
Junta nº 12	772	449	58,1%
Junta nº 13	868	492	56,7%
Junta nº 14	919	458	49,8%
Junta nº 15	802	466	58,1%
Junta nº 16	729	528	72,5%
Junta nº 17	617	520	84,3%
<b>C.H. Ebro</b>	<b>792</b>	<b>448</b>	<b>56,6%</b>
Garona	615	444	72,1%

Los valores máximos de ETR media, en torno a los 528 mm/año, se dan en: la Junta de explotación 16 (Irati. Arga y Ega), donde abundan los terrenos agrícolas intercalados con vegetación seminatural y las zonas boscosas, y en general, en las juntas de la margen izquierda. Los valores mínimos de ETR están ligeramente por encima de los 360 mm/año y se dan en las juntas 7 y 8. Aunque los valores de ETP son elevados, la ausencia de cubierta vegetal y cultivos de regadío comportan que el potencial no se realice.

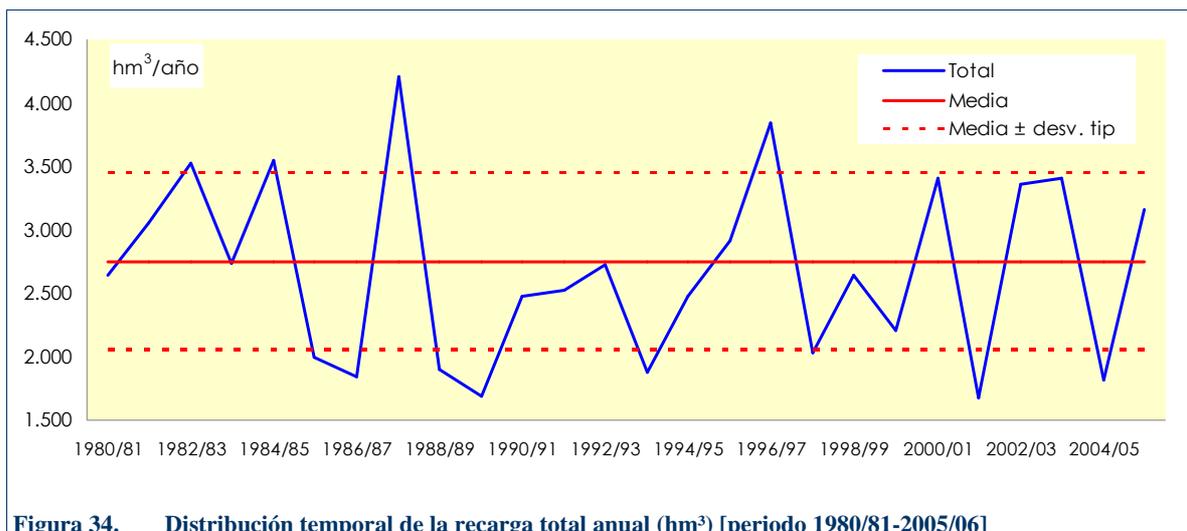
En el siguiente mapa se aprecia la distribución de esta variable en la demarcación hidrográfica:



**Figura 33. Distribución espacial de la evapotranspiración real total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06 (en régimen natural)**

#### 4.2.2.2. Infiltración o recarga

La infiltración o recarga es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo (en una primera etapa, satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie y posteriormente, superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos (escorrentía subterránea)). La recarga puede incluso a generar escorrentía superficial cuando el suelo está saturado y se sobrepasa el umbral de escorrentía del suelo.



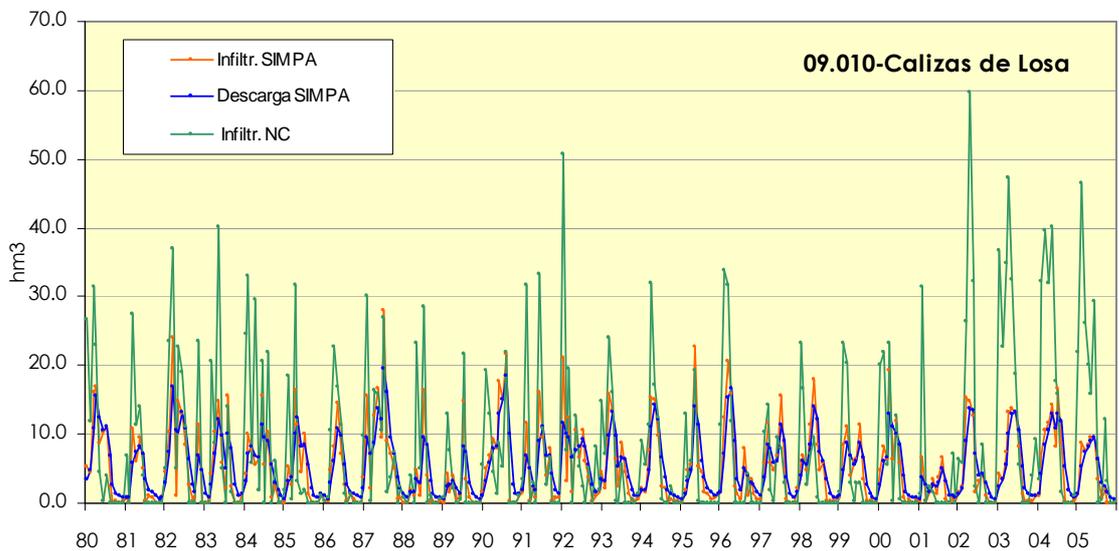
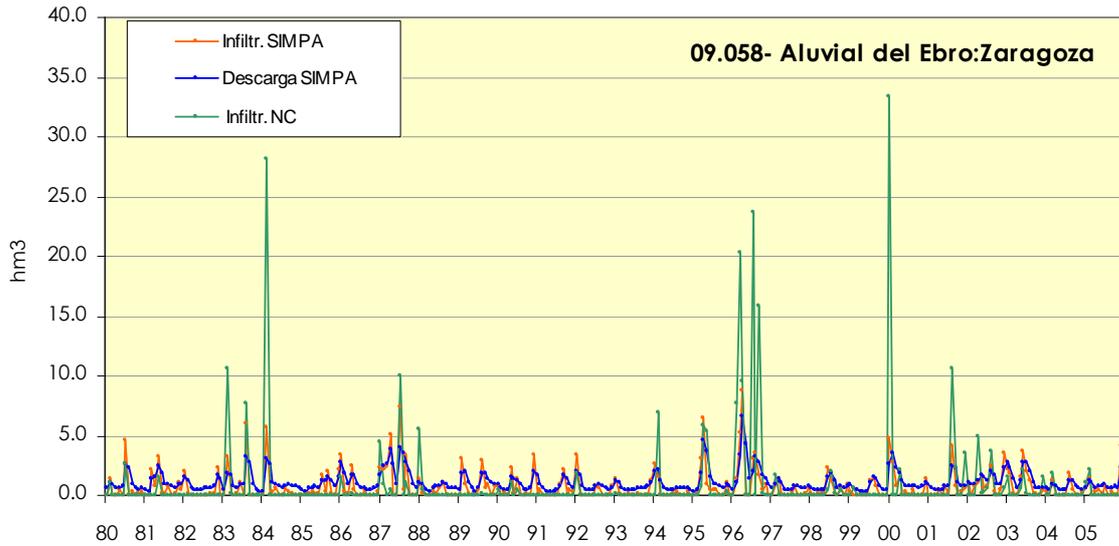
**Figura 34. Distribución temporal de la recarga total anual (hm<sup>3</sup>) [periodo 1980/81-2005/06]**

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro, la infiltración total anual media se ha estimado, mediante el método del NC (ver epígrafe 4.1.2) en 2.692 hm<sup>3</sup>/año, si bien con una importante variación interanual (el coeficiente de variación anual es de casi el 30%), con valores máximos de 4.210 hm<sup>3</sup> en años lluviosos y mínimos de 1.674 hm<sup>3</sup> en años secos. En la Figura 34 se muestra la evolución temporal de esta variable en el territorio de la demarcación.

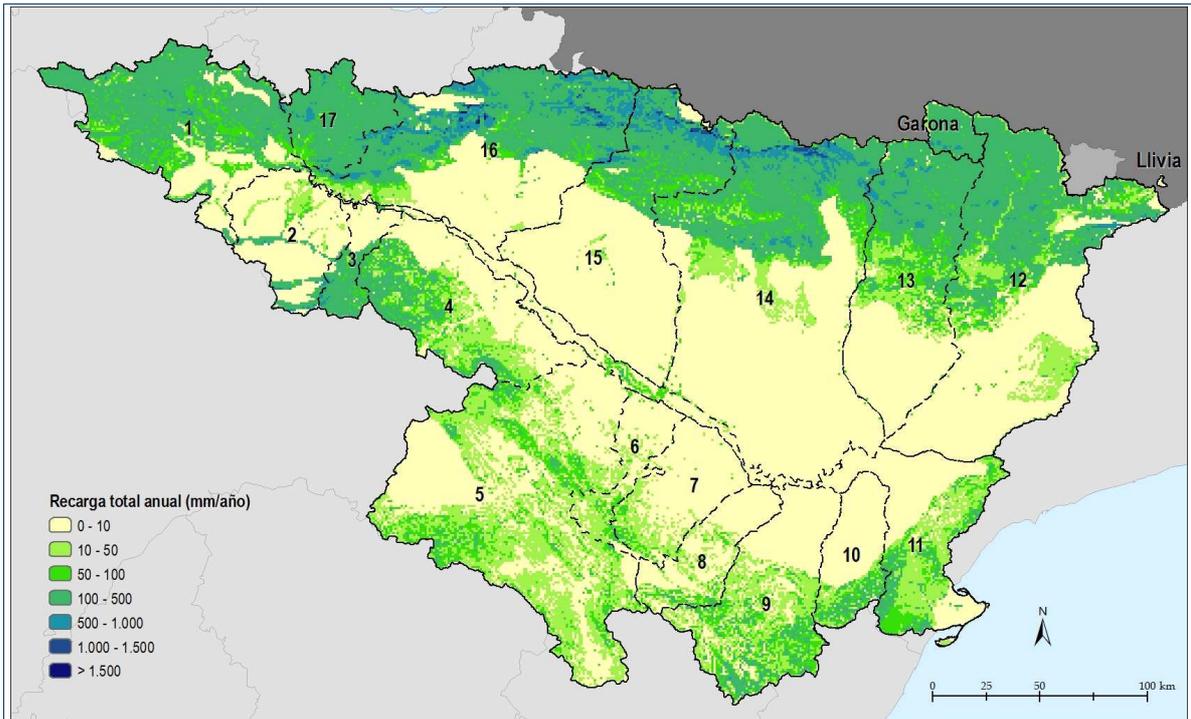
Se han contrastado los resultados de recarga obtenidos con el método del Número de Curva con los del modelo hidrológico SIMPA (Estrela y Quintas, 1996a y 1996b, Ruiz, 1998) aplicado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino para valorar los recursos hídricos de España.

Los datos de partida del método del Número de Curva, aunque diarios, son los mismos que los utilizados por el SIMPA. La valoración de la recarga por el método de curva considera únicamente la parte de las precipitaciones que se infiltra sobre las superficies permeables de las masas de agua subterránea. El SIMPA no establece distinciones entre la facilidad que tiene el suelo para generar escorrentía o infiltración al considerar toda la superficie de las masas de agua subterránea como posible generadora de ambos fenómenos.

Se han confrontado los resultados de la infiltración valorada por ambas metodologías aplicadas a las masas de agua subterránea de la cuenca. Se aprecia una buena correlación temporal entre las series mensuales de infiltración del SIMPA y las del Número de Curva. Destacan pulsos en el registro de la infiltración calculada por el Número de Curva debidos a importantes episodios de precipitación que en el SIMPA aparecen suavizados.



Para toda la superficie ocupada por masas de agua subterránea el modelo SIMPA evalúa una infiltración de  $7.095 \text{ hm}^3$ . Ciertamente no se puede considerar esta cifra como recarga profunda en acuíferos. La cantidad de infiltración que se convierte en recarga depende en primer lugar de las condiciones hidrológicas del suelo (permeabilidad, pendiente, vegetación, etc), que pueden ser muy variables en el ámbito geográfico de cada masa de agua subterránea. De esta manera, una parte muy significativa de la infiltración da lugar a una escorrentía subsuperficial (hipodérmica) que es devuelta a la red superficial con rapidez.



**Figura 35. Distribución espacial de la infiltración/recarga total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06. [modelo SIMPA]**

La metodología que se ha aplicado con el Número de Curva considera la heterogeneidad del comportamiento frente a la infiltración y se diferencia entre la infiltración profunda sobre afloramientos permeables, que va a dar lugar a recarga, e infiltración subsuperficial que genera escorrentía hipodérmica. Para contrastar ambas estimaciones hay que tener por lo tanto en cuenta ambas componentes, evaluadas con este método en a 5.600 hm<sup>3</sup>/año.

**Tabla 14. Comparación del cálculo de la infiltración mediante el método del NC y el modelo SIMPA**

N	Masa de agua subterránea	Recarga promedio anual NC			Recarga + infiltración hipodérmica promedio anual NC			Infiltración SIMPA		
		hm3	DT	CV	hm3	DT	CV	hm3	DT	CV
1	Fontibre	17.3	8.1	0.5	28.7	10.7	0.4	30.4	9.9	0.3
2	Páramo de Sedano y lora	76.5	38.1	0.5	88.5	33.7	0.4	108.1	44.2	0.4
3	Sinclinal de Villarcayo	74.8	51.6	0.7	125.8	96.0	0.8	153.7	53.6	0.3
4	Manzanedo-Oña	17.4	8.5	0.5	24.8	10.0	0.4	42.8	13.7	0.3
5	Montes Obarenes	12.6	7.9	0.6	19.5	13.5	0.7	35.3	12.0	0.3
6	Pancorbo-Conchas de Haro	4.4	3.9	0.9	5.2	5.0	1.0	7.0	2.8	0.4
7	Valderejo-Sobrón	20.3	10.1	0.5	27.9	15.8	0.6	58.4	18.5	0.3
8	Sinclinal de Treviño	27.9	14.3	0.5	60.2	31.6	0.5	106.6	34.4	0.3
9	Aluvial de Miranda de Ebro	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9	3.2	2.0	0.6
10	Calizas de Losa	64.3	31.4	0.5	95.7	52.7	0.6	60.4	19.5	0.3
11	Calizas de Subijana	52.0	13.2	0.3	113.1	27.6	0.2	55.3	15.7	0.3
12	Aluvial de Vitoria	7.7	4.3	0.6	11.9	6.6	0.6	23.6	8.2	0.3
13	Cuartango-Salvaterra	15.4	5.6	0.4	101.0	37.6	0.4	128.1	38.6	0.3
14	Gorbea	15.9	3.8	0.2	24.8	5.7	0.2	10.5	2.5	0.2
15	Altube-Urkilla	13.4	4.4	0.3	122.6	37.8	0.3	65.8	18.2	0.3
16	Sierra de Aizkorri	15.0	3.5	0.2	42.9	10.0	0.2	23.5	5.3	0.2
17	Sierra de Urbasa	245.3	61.6	0.3	281.9	69.6	0.2	166.7	48.2	0.3
18	Sierra de Andía	85.9	42.0	0.5	127.6	41.6	0.3	169.5	44.2	0.3

**Tabla 14. Comparación del cálculo de la infiltración mediante el método del NC y el modelo SIMPA**

		Recarga promedio anual NC			Recarga + infiltración hipodérmica promedio anual NC			Infiltración SIMPA		
19	Sierra de Aralar	94.9	25.1	0.3	110.1	23.8	0.2	80.1	16.7	0.2
20	Basaburúa-Ulzama	112.7	29.7	0.3	211.3	45.8	0.2	117.7	24.7	0.2
21	Izki-Zudaire	1.5	0.8	0.6	18.0	9.4	0.5	45.6	13.1	0.3
22	Sierra de Cantabria	18.0	13.6	0.8	28.8	24.6	0.9	83.2	22.6	0.3
23	Sierra de Lóquiz	36.4	20.9	0.6	56.1	30.6	0.5	123.6	42.3	0.3
24	Bureba	2.8	2.1	0.7	4.5	3.6	0.8	7.6	4.3	0.6
25	Alto Arga-alto Irati	220.7	72.5	0.3	675.8	181.8	0.3	693.7	123.7	0.2
26	Larra	11.7	5.0	0.4	18.6	8.6	0.5	24.2	3.8	0.2
27	Ezcaurre-peña Telera	51.5	21.9	0.4	113.5	52.8	0.5	212.6	23.3	0.1
28	Alto Gállego	7.4	3.6	0.5	39.4	19.0	0.5	62.5	7.0	0.1
29	Sierra de Alaiz	19.6	12.1	0.6	61.8	29.5	0.5	52.3	16.9	0.3
30	Sinclinal de Jaca-Pamplona	72.0	34.7	0.5	480.3	204.6	0.4	874.9	211.2	0.2
31	Sierra de Leyre	27.1	14.1	0.5	72.7	36.1	0.5	144.6	41.2	0.3
32	Sierra Tendeñera-Monte Perdido	97.5	33.1	0.3	223.7	77.8	0.3	285.2	58.0	0.2
33	Santo Domingo-Guara	46.2	25.2	0.5	79.2	39.8	0.5	184.2	69.8	0.4
34	Macizo axial pirenaico	85.7	38.7	0.5	547.3	201.3	0.4	810.8	113.8	0.1
35	Alto Urgell	4.3	8.6	2.0	6.8	16.5	2.4	9.8	3.9	0.4
36	La Cerdanya	6.7	13.4	2.0	16.3	39.1	2.4	38.6	18.3	0.5
37	Cotiella-Turbón	189.6	55.7	0.3	243.8	74.6	0.3	275.8	59.3	0.2
38	Tremp-Isona	153.3	81.1	0.5	188.2	94.6	0.5	253.0	80.7	0.3
39	Cadí-port del Comte	33.6	51.6	1.5	48.7	90.5	1.9	96.0	29.7	0.3
40	Sinclinal de Graus	8.5	4.8	0.6	79.3	32.5	0.4	127.4	48.3	0.4
41	Litera alta	15.7	12.8	0.8	31.5	27.6	0.9	45.5	26.5	0.6
42	Sierras marginales catalanas	29.0	49.4	1.7	43.3	79.5	1.8	40.1	19.8	0.5
43	Aluvial del Oca	3.8	2.7	0.7	4.8	3.9	0.8	4.5	2.7	0.6
44	Aluvial del Tirón	1.3	1.3	1.0	1.4	1.3	1.0	0.7	0.6	0.8
45	Aluvial del Oja	10.4	8.8	0.8	11.2	7.5	0.7	7.0	5.8	0.8
46	Laguardia	1.6	1.6	1.0	13.8	14.8	1.1	32.7	16.8	0.5
47	Aluvial del Najerilla-Ebro	3.2	3.0	0.9	3.6	3.6	1.0	1.2	0.9	0.7
48	Aluvial de la rioja-Mendavia	9.1	6.5	0.7	9.7	7.2	0.7	2.8	1.6	0.6
49	Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela	15.8	16.3	1.0	16.9	17.1	1.0	3.1	4.2	1.3
50	Aluvial del Arga medio	7.2	4.8	0.7	7.9	3.8	0.5	0.1	0.1	1.5
51	Aluvial del Cidacos	2.6	2.1	0.8	3.8	2.5	0.7	2.1	1.1	0.5
52	Aluvial del Ebro:Tudela-Alagón	10.6	13.5	1.3	11.1	12.5	1.1	5.1	5.4	1.1
53	Arbas	8.1	7.7	1.0	9.6	8.5	0.9	2.5	2.4	1.0
54	Saso de Bolea-Ayerbe	9.7	8.2	0.8	16.0	8.2	0.5	13.4	11.1	0.8
55	Hoya de Huesca	7.8	5.4	0.7	12.9	8.0	0.6	4.0	3.9	1.0
56	Sasos de Alcanadre	10.6	8.0	0.7	23.1	20.8	0.9	7.4	8.2	1.1
57	Aluvial del Gállego	3.3	4.0	1.2	3.7	4.2	1.1	2.7	2.0	0.7
58	Aluvial del Ebro: Zaragoza	9.2	15.5	1.7	9.8	19.3	2.0	8.8	5.4	0.6
59	Lagunas de los monegros	0.0	0.0	1.0	1.4	1.0	0.7	0.2	0.5	2.4
60	Aluvial del Cinca	4.5	4.4	1.0	6.9	6.2	0.9	1.1	0.8	0.7
61	Aluvial del bajo Segre	7.8	6.4	0.8	8.7	7.6	0.9	0.6	0.3	0.5
62	Aluvial del medio Segre	0.7	0.5	0.8	0.8	0.7	0.8	0.1	0.1	1.0
63	Aluvial de Urgell	10.5	8.3	0.8	12.6	10.3	0.8	1.0	0.8	0.8
64	Calizas de Tárrega	2.7	1.9	0.7	29.4	22.8	0.8	13.3	14.1	1.1
65	Pradoluengo-Anguiano	6.3	4.4	0.7	10.6	7.3	0.7	52.9	14.8	0.3
66	Fitero-Arnedillo	2.0	2.1	1.0	3.2	3.4	1.1	7.6	4.6	0.6

**Tabla 14. Comparación del cálculo de la infiltración mediante el método del NC y el modelo SIMPA**

		Recarga promedio anual NC			Recarga + infiltración hipodérmica promedio anual NC			Infiltración SIMPA		
67	Detritico de Arnedo	2.4	3.1	1.3	2.4	2.6	1.1	5.3	4.8	0.9
68	Mansilla-Neila	12.7	9.0	0.7	29.0	17.4	0.6	54.5	11.6	0.2
69	Cameros	24.9	20.7	0.8	70.4	55.2	0.8	230.1	84.4	0.4
70	Añaveja-Valdegutur	12.2	15.3	1.3	15.3	19.9	1.3	15.0	14.6	1.0
71	Araviano-Vozmediano	3.1	3.9	1.3	5.0	7.3	1.5	10.9	6.9	0.6
72	Somontano del Moncayo	24.8	27.9	1.1	36.4	41.5	1.1	39.2	38.2	1.0
73	Borobia-aranda de Moncayo	4.5	3.1	0.7	6.1	4.0	0.6	6.4	7.9	1.2
74	Sierras paleozicas de La Virgen y Vicort	2.1	1.9	0.9	22.4	19.9	0.9	54.1	29.3	0.5
75	Campo de Variñena	3.4	3.6	1.1	11.6	11.5	1.0	8.2	13.1	1.6
76	Pliocuatenario de Alfamén	4.1	4.3	1.1	4.8	5.1	1.1	2.7	3.8	1.4
78	Mioceno de Alfamén	4.8	5.6	1.2	6.0	3.5	0.6	6.8	8.7	1.3
79	Manubles-Ribota	5.7	5.5	0.9	17.7	12.4	0.7	3.4	5.4	1.6
80	Campo de Belchite	0.9	1.2	1.3	8.4	7.0	0.8	3.4	5.4	1.6
81	Cubeta de Azuara	1.0	1.4	1.3	1.03	1.3	1.2	1.3	1.0	0.8
82	Aluvial jalón-Jiloca	4.5	4.3	1.0	9.9	10.1	1.0	19.0	17.6	0.9
83	Huerva-Perejiles	1.3	1.5	1.1	9.1	9.2	1.0	13.0	10.3	0.8
84	Sierra paleozoica de Ateca	2.6	1.7	0.7	3.6	2.5	0.7	8.2	5.1	0.6
85	Oriche-Anadón	2.6	1.8	0.7	4.1	3.0	0.7	8.8	7.1	0.8
86	Sierra de Miñana	26.5	22.2	0.8	42.1	35.4	0.8	79.6	69.6	0.9
87	Páramos del alto Jalón	1.4	1.7	1.2	4.4	3.3	0.8	4.6	4.5	1.0
88	Gallocanta	10.7	11.8	1.1	13.0	10.7	0.8	17.0	13.7	0.8
89	Monreal-Calamocha	12.6	15.5	1.2	16.9	10.5	0.6	19.3	17.8	0.9
90	Cella-ojos de Monreal	8.6	5.7	0.7	9.3	5.4	0.6	3.6	3.8	1.1
91	Pozondón	11.1	11.8	1.1	22.9	20.8	0.9	17.2	18.4	1.1
92	Cubeta de Olite	40.3	30.9	0.8	56.3	39.0	0.7	66.8	34.9	0.5
93	Aliaga-Calanda	3.5	2.3	0.7	6.4	4.3	0.7	3.8	1.9	0.5
94	Alto Guadalope	34.6	24.1	0.7	35.0	25.5	0.7	43.3	23.1	0.5
95	Pitarque	25.9	17.3	0.7	51.3	35.5	0.7	62.2	33.5	0.5
96	Alto Maestrazgo	40.8	24.8	0.6	49.2	30.7	0.6	63.9	30.4	0.5
97	Puertos de Beceite	21.5	13.3	0.6	27.0	17.1	0.6	22.8	12.9	0.6
98	Fosa de Mora	2.0	1.8	0.9	13.5	9.9	0.7	13.2	6.6	0.5
99	Priorato	14.2	8.8	0.6	15.8	9.8	0.6	25.8	15.1	0.6
100	Puertos de Tortosa	8.2	7.0	0.9	9.8	8.1	0.8	15.4	11.2	0.7
101	Boix-Cardó	4.9	3.0	0.6	5.0	3.1	0.6	2.3	1.6	0.7
102	Aluvial de Tortosa	24.6	14.6	0.6	24.7	15.2	0.6	18.1	16.5	0.9
104	Plana de La Galera	4.0	2.4	0.6	6.4	3.9	0.6	10.5	6.5	0.6
105	Mesozoico de La Galera	3.6	2.4	0.7	20.3	15.4	0.8	2.3	1.6	0.7

En relación al modelo SIMPA, el método del NC es más verosímil en cuanto a la valoración de los recursos subterráneos, dado que se reconoce la heterogeneidad dentro de las masas de agua subterránea en cuanto a las condiciones de recarga. Este aspecto podría constituir una vía de mejora del tratamiento en SIMPA de los recursos subterráneos

#### 4.2.2.2.3. Escorrentía

La escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida dependiendo la pendiente del terreno. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real

y la infiltración del sistema suelo - cobertura vegetal. Según la teoría de Horton se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo.

La escorrentía superficial está formada por la precipitación que alimenta los cursos superficiales. Se trata del agua que alcanza la red de drenaje y se desplaza sobre la superficie del terreno bajo la acción de la gravedad. Es el único término del balance hidrológico de una cuenca que se puede medir en su conjunto con precisión.

Por tanto, se considera que la escorrentía total ( $E_T$ ) está formada por:

$$E_T = ES + EH + PS + PD$$

- Escorrentía superficial (ES): fracción de la precipitación que no se infiltra y discurre libremente sobre la superficie del terreno hasta alcanzar los cursos de agua superficiales.
- Escorrentía hipodérmica (EH) parte del agua infiltrada puede quedar a escasa profundidad y volver a la superficie, alcanzando un curso de agua.
- Escorrentía subterránea (PS) parte del agua que se infiltra y alcanza la zona saturada y que, eventualmente, puede llegar a un curso de agua superficial.
- PD: precipitación que cae directamente sobre la superficie de agua libre del cauce.

Según la estimación del modelo SIMPA, en la cuenca del Ebro la escorrentía total interanual media, tiene un valor medio de 173 mm/año (periodo 1980/81-2005/06), valor que, por juntas de explotación varía entre los 23 mm de la JE nº 7 (Aguasvivas) y los 412 mm de la JE nº16 (Irati, Ega y Arga). Dentro de la distribución temporal intraanual y para el conjunto de la cuenca del Ebro, los valores máximos en torno a los 18 mm/mes se producen en los meses de diciembre, enero, abril y mayo, y los valores mínimos, en torno a los 8 mm entre julio y septiembre.

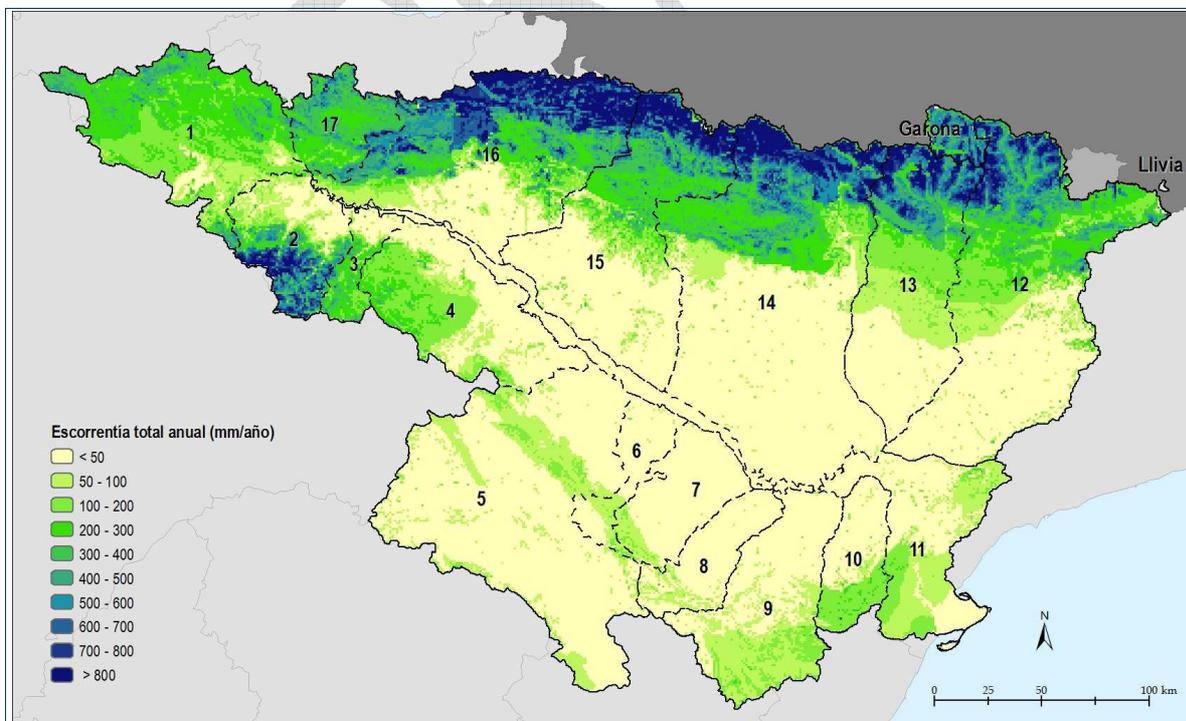


Figura 36. Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm/año). Período 1980/81-2005/06.

#### 4.3. ESTADÍSTICOS DE LAS SERIES HIDROLÓGICAS EN LA DEMARCACIÓN

Como indica el apartado 2.4.4 de la IPH, se han recogido de forma sintética las principales características de las series de variables hidrológicas en los sistemas de explotación, así como en el conjunto de la demarcación hidrográfica. Para las series de precipitaciones y aportaciones anuales se han indicado los valores mínimo, medio y máximo, los coeficientes de variación y de sesgo y el primer coeficiente de autocorrelación.

Asimismo, y con objeto de conocer la distribución intraanual de los principales flujos, se han indicado los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema de explotación y en el conjunto de la demarcación.

Además de la media aritmética, máximo y mínimo de la serie, se han determinado la desviación típica, el coeficiente de variación, el coeficiente de sesgo y el 1<sup>er</sup> coeficiente de autocorrelación, parámetros estadísticos cuyos conceptos se definen a continuación:

Desviación típica ( $\sigma$ ). Representa el alejamiento promedio de los registros sobre la media aritmética del conjunto de la serie. Se define como la raíz cuadrada de la media aritmética de las desviaciones con respecto a la media elevadas al cuadrado:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Coefficiente de variación (Cv). Se define como cociente entre la desviación típica y la media aritmética, de tal modo que cuanto más se acerca el valor del Cv a 0 más regular es la serie:

$$Cv = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

Coefficiente de sesgo. El coeficiente de asimetría de Fisher, representado por  $\gamma_1$ , se define como  $\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$  donde  $\mu_3$  es el tercer momento en torno a la media y  $\sigma$  es la desviación estándar.

Determina el grado de asimetría, de manera que si el  $\gamma_1$  tiene un valor positivo se dice que la distribución es sesgada a derecha o que tiene sesgo positivo y, a la inversa, si tiene un valor negativo que es sesgada a izquierda o que tiene sesgo negativo.

1<sup>er</sup> coeficiente de autocorrelación ( $r_1$ ). Dada una secuencia temporal de n datos  $x_1 \dots x_n$ , es el coeficiente de correlación de n-1 parejas de datos contiguos ( $x_1, x_2$ ), ( $x_2, x_3$ ), ... ( $x_{n-1}, x_n$ ). En el caso de las aportaciones, un valor alto se asocia a un nivel significativo de regulación natural.

Todas estas variables se han calculado tanto para la serie completa o histórica 1940/41-2005/06 como para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1980/81-2005/06. En las cuatro tablas siguientes (14 a 17), se muestran los estadísticos de las series de precipitación (mm/año) y aportación total (hm<sup>3</sup>/año) de la demarcación, por Juntas de Explotación.

## 4.3.1. SERIES ANUALES

A continuación se muestran los estadísticos de las series de precipitación (mm/año) y aportación total (hm<sup>3</sup>/año) de la demarcación, por zonas.

**Tabla 15. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1940/41-2005/06**

Zona	Media aritmética (mm/año)	Máximo (mm/año)	Mínimo (mm/año)	Desv. típica (mm/año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 1	685,2	877,1	478,9	93,617	0,137	0,003	0,083
Junta nº 2	759,2	1.015,5	541,1	123,411	0,163	0,074	0,070
Junta nº 3	661,4	963,0	472,5	107,799	0,163	0,283	-0,008
Junta nº 4	515,8	787,5	364,5	98,570	0,191	0,792	-0,045
Junta nº 5	447,2	648,9	289,2	88,440	0,198	0,421	-0,090
Junta nº 6	423,0	695,6	268,1	95,654	0,226	0,722	-0,064
Junta nº 7	405,1	596,2	260,1	85,108	0,210	0,463	-0,046
Junta nº 8	434,8	672,4	268,0	99,072	0,228	0,696	0,051
Junta nº 9	487,4	740,2	340,4	93,775	0,192	0,755	-0,001
Junta nº 10	504,6	813,6	311,8	114,301	0,226	0,505	-0,071
Junta nº 11	488,3	860,5	320,6	118,452	0,243	0,753	-0,105
Junta nº 12	668,4	921,8	397,4	112,857	0,169	0,083	-0,025
Junta nº 13	757,7	1.045,9	464,8	129,497	0,171	0,143	0,043
Junta nº 14	688,7	995,9	426,9	127,228	0,185	0,280	0,057
Junta nº 15	723,3	998,1	470,1	117,199	0,162	0,241	-0,007
Junta nº 16	971,0	1.361,8	693,9	145,187	0,150	0,251	0,049
Junta nº 17	902,9	1.170,6	599,3	136,945	0,152	-0,038	-0,028
<b>C.H. Ebro</b>	<b>641,2</b>	<b>817,1</b>	<b>451,5</b>	<b>91,645</b>	<b>0,143</b>	<b>0,354</b>	<b>-0,009</b>
Garona	1.023,7	1.624,6	686,7	169,126	0,165	0,751	0,385
Llivia	669,2	936,4	395,5	119,579	0,179	-0,033	0,463

**Tabla 16. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1980/81-2005/06**

Zona	Media aritmética (mm/año)	Máximo (mm/año)	Mínimo (mm/año)	Desv. típica (mm/año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 1	656,1	877,1	478,9	93,597	0,143	0,416	-0,291
Junta nº 2	753,3	959,3	541,1	118,187	0,157	-0,112	-0,196
Junta nº 3	667,5	867,8	472,5	116,333	0,174	0,149	-0,188
Junta nº 4	508,2	782,7	364,5	110,464	0,217	1,174	-0,029
Junta nº 5	434,6	645,3	296,2	91,328	0,210	0,885	0,095
Junta nº 6	402,6	622,2	268,1	96,256	0,239	0,993	0,054
Junta nº 7	382,2	565,5	260,1	82,148	0,215	0,759	0,097
Junta nº 8	406,9	578,0	282,8	81,960	0,201	0,757	0,170
Junta nº 9	480,9	645,1	344,8	85,128	0,177	0,306	0,184
Junta nº 10	501,8	709,5	311,8	99,227	0,198	-0,010	0,064
Junta nº 11	468,0	665,1	327,5	97,440	0,208	0,299	-0,052
Junta nº 12	637,4	853,1	397,4	101,452	0,159	0,287	0,102
Junta nº 13	727,1	960,9	464,8	105,598	0,145	0,208	0,066
Junta nº 14	653,3	868,8	426,9	111,381	0,170	0,459	-0,194
Junta nº 15	698,0	932,2	470,1	111,693	0,160	0,128	-0,295
Junta nº 16	940,4	1.263,8	693,9	146,750	0,156	0,153	-0,283

**Tabla 16. Estadísticos básicos de las series anuales de precipitación (mm/año). Serie 1980/81-2005/06**

Zona	Media aritmética (mm/año)	Máximo (mm/año)	Mínimo (mm/año)	Desv. típica (mm/año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 17	873,0	1.146,9	599,3	137,926	0,158	0,185	-0,245
<b>C.H. Ebro</b>	<b>617,8</b>	<b>817,1</b>	<b>451,5</b>	<b>84,791</b>	<b>0,137</b>	<b>0,661</b>	<b>-0,149</b>
Garona	1.031,3	1.624,6	686,7	207,907	0,202	1,025	0,624
Llivia	659,1	820,6	434,6	95,025	0,144	-0,442	0,636

**Tabla 17. Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año). Serie 1940/41-2005/06**

Zona	Media aritmética (hm <sup>3</sup> /año)	Máximo (hm <sup>3</sup> /año)	Mínimo (hm <sup>3</sup> /año)	Desv. típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 1	1.758,2	3.166,0	686,8	538,3	0,306	0,355	0,160
Junta nº 2	724,4	1.267,1	269,3	236,6	0,327	0,370	0,091
Junta nº 3	180,1	325,2	85,6	63,0	0,350	0,607	0,135
Junta nº 4	322,9	842,8	119,0	156,9	0,486	1,222	0,094
Junta nº 5	509,2	1.209,6	230,3	214,4	0,421	1,004	0,213
Junta nº 6	41,5	102,2	17,6	20,6	0,496	1,468	0,091
Junta nº 7	37,7	114,9	17,4	20,7	0,549	1,831	0,024
Junta nº 8	65,4	268,3	27,7	38,6	0,590	2,748	0,081
Junta nº 9	167,8	472,4	57,9	82,1	0,489	1,186	-0,006
Junta nº 10	118,5	312,7	27,2	73,2	0,618	0,890	-0,008
Junta nº 11	197,9	636,0	60,3	114,4	0,578	1,492	0,096
Junta nº 12	2.409,3	4.129,5	1.049,3	707,3	0,294	0,247	0,197
Junta nº 13	1.405,8	2.447,3	639,4	429,8	0,306	0,417	0,280
Junta nº 14	2.835,6	4.981,9	1.081,0	947,9	0,334	0,369	0,141
Junta nº 15	1.748,3	3.121,6	727,0	575,5	0,329	0,310	0,228
Junta nº 16	3.095,6	5.772,3	1.100,7	969,9	0,313	0,301	0,381
Junta nº 17	829,7	1.343,9	372,2	242,1	0,292	0,152	0,103
<b>C.H. Ebro</b>	<b>16.448,1</b>	<b>27.486,3</b>	<b>8.175,3</b>	<b>4.361,7</b>	<b>0,265</b>	<b>0,285</b>	<b>0,262</b>
Garona	324,5	605,4	176,1	79,6	0,245	0,657	0,405

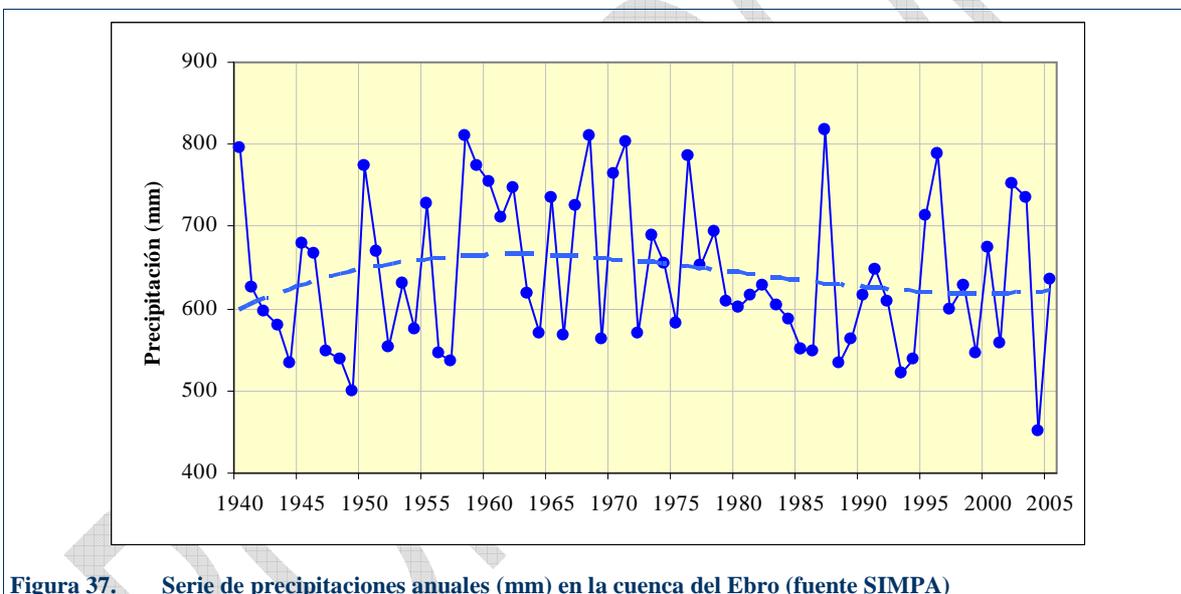
**Tabla 18. Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año). Serie 1980/81-2005/06**

Zona	Media aritmética (hm <sup>3</sup> /año)	Máximo (hm <sup>3</sup> /año)	Mínimo (hm <sup>3</sup> /año)	Desv. típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 1	1.553,6	2.398,4	686,8	455,9	0,293	-0,094	-0,319
Junta nº 2	680,6	1.062,7	269,3	215,2	0,316	0,169	-0,263
Junta nº 3	178,0	309,2	93,7	60,5	0,340	0,562	-0,233
Junta nº 4	291,6	842,8	119,0	180,1	0,617	1,684	0,056
Junta nº 5	457,6	1.209,6	230,3	238,8	0,522	1,823	0,248
Junta nº 6	37,8	102,2	17,6	22,8	0,603	1,807	0,205
Junta nº 7	34,4	88,4	17,4	20,5	0,595	1,872	0,094
Junta nº 8	53,9	133,4	27,7	28,0	0,519	1,749	0,175
Junta nº 9	146,2	307,4	57,9	72,9	0,499	0,720	0,125
Junta nº 10	106,5	259,3	31,0	63,0	0,592	0,851	0,020
Junta nº 11	169,7	355,2	60,3	85,7	0,505	0,768	-0,080
Junta nº 12	2.210,3	3.932,9	1.124,8	657,3	0,297	0,838	0,306

**Tabla 18. Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año). Serie 1980/81-2005/06**

Zona	Media aritmética (hm <sup>3</sup> /año)	Máximo (hm <sup>3</sup> /año)	Mínimo (hm <sup>3</sup> /año)	Desv. típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coef. variación	Coef. sesgo	1 <sup>er</sup> coef. autocorr.
Junta nº 13	1.203,9	1.715,8	797,3	290,5	0,241	0,665	0,083
Junta nº 14	2.561,7	4.463,9	1.224,2	866,9	0,338	0,741	-0,206
Junta nº 15	1.599,8	2.693,0	728,4	566,6	0,354	0,359	-0,256
Junta nº 16	2.569,1	3.789,8	1.100,7	726,8	0,283	-0,171	-0,101
Junta nº 17	768,4	1.170,5	372,2	217,5	0,283	0,095	-0,338
<b>C.H. Ebro</b>	<b>14.623,3</b>	<b>24.019,0</b>	<b>8.402,5</b>	<b>3.833,1</b>	<b>0,262</b>	<b>0,592</b>	<b>-0,236</b>
Garona	323,0	605,4	186,5	97,4	0,302	1,042	0,550

Los coeficientes de variación denotan la mayor irregularidad de las precipitaciones y aportaciones en las cuencas medias y bajas de la margen derecha. Los coeficientes de sesgo, marcadamente positivos en estas cuencas, indican una mayor frecuencia de años secos que húmedos. Por otra parte, la comparación de ambas series muestra descensos de la desviación típica proporcionales a los de las medias, de manera que el coeficiente de variación se mantiene en niveles similares.



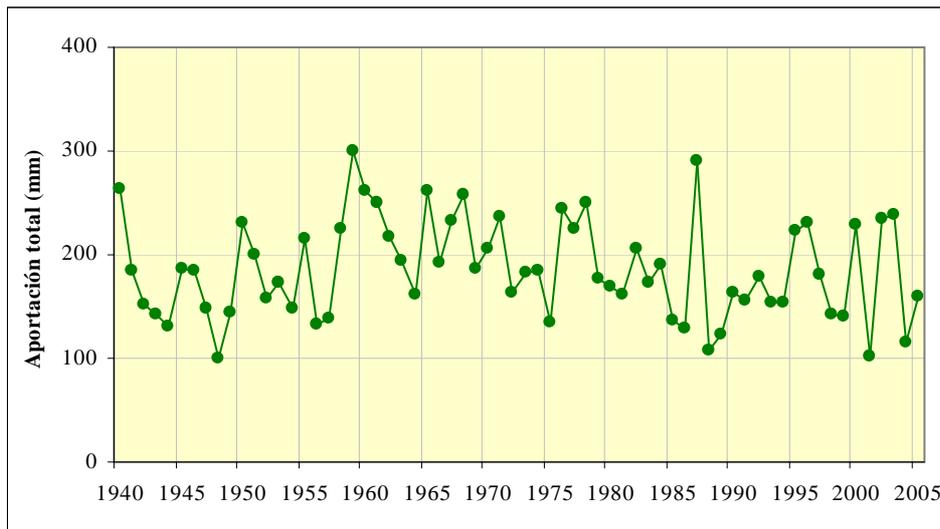


Figura 38. Serie de aportaciones anuales (mm) en la cuenca del Ebro (fuente SIMPA)

#### 4.3.2. SERIES MENSUALES

A continuación se indica la distribución intraanual de los principales flujos, indicándose los valores medios de precipitación, evapotranspiración potencial y real, recarga a los acuíferos y escorrentía total para cada mes del año en cada sistema de explotación y en el conjunto de la demarcación.

## Demarcación Hidrográfica del Ebro

Tabla 19. Demarcación Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía sub.	Escorrentía total
Oct	63,99	45,46	32,77	7,60	6,39	14,17
Nov	61,71	23,15	20,45	8,93	7,55	17,16
Dic	60,33	15,05	14,27	9,90	8,54	19,25
Ene	52,02	17,19	16,07	9,41	9,04	19,14
Feb	43,86	29,63	26,65	8,44	8,96	16,92
Mar	47,61	50,49	41,91	9,13	8,95	18,05
Abr	62,40	70,38	54,12	10,46	9,40	19,95
May	71,56	91,90	66,16	10,30	9,66	20,41
Jun	53,60	117,47	63,27	6,08	8,64	15,65
Jul	33,00	132,83	43,05	2,90	6,82	9,87
Ago	41,00	116,43	39,17	3,45	5,69	8,86
Sep	56,85	79,76	43,52	5,26	5,61	10,15
<b>Año</b>	<b>647,92</b>	<b>789,74</b>	<b>461,41</b>	<b>91,87</b>	<b>95,25</b>	<b>189,58</b>

Tabla 20. Demarcación Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía sub.	Escorrentía total
Oct	67,15	45,43	32,99	7,86	6,03	14,62
Nov	61,98	23,03	20,64	9,30	7,42	17,53
Dic	57,65	15,17	14,37	9,72	8,54	19,37
Ene	47,34	17,31	16,04	8,92	8,77	18,52
Feb	39,95	29,79	26,59	7,49	8,47	14,74
Mar	39,71	51,39	40,85	7,50	8,12	14,83
Abr	64,04	70,53	53,85	10,29	8,69	18,70
May	69,19	92,37	65,50	9,36	8,98	17,94
Jun	48,28	119,74	59,37	5,15	7,86	13,91
Jul	32,58	134,19	40,76	2,73	6,22	8,93
Ago	38,97	117,38	36,98	3,19	5,22	8,03
Sep	54,71	79,96	43,09	4,75	5,13	9,26
<b>Año</b>	<b>621,55</b>	<b>796,29</b>	<b>451,03</b>	<b>86,25</b>	<b>89,45</b>	<b>176,39</b>

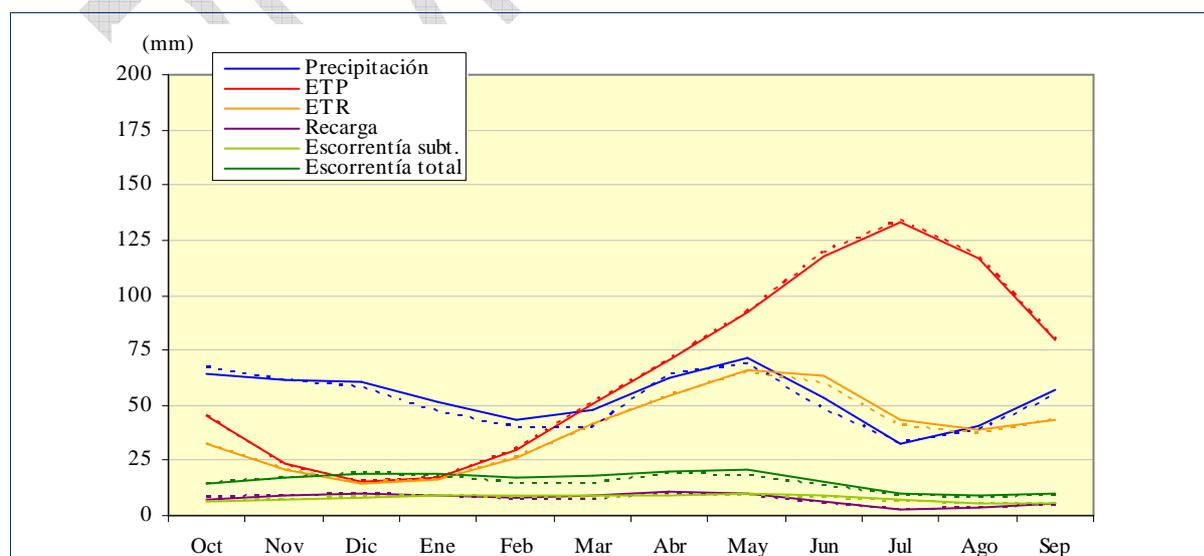


Figura 39. Demarcación Hidrográfica del Ebro. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06)

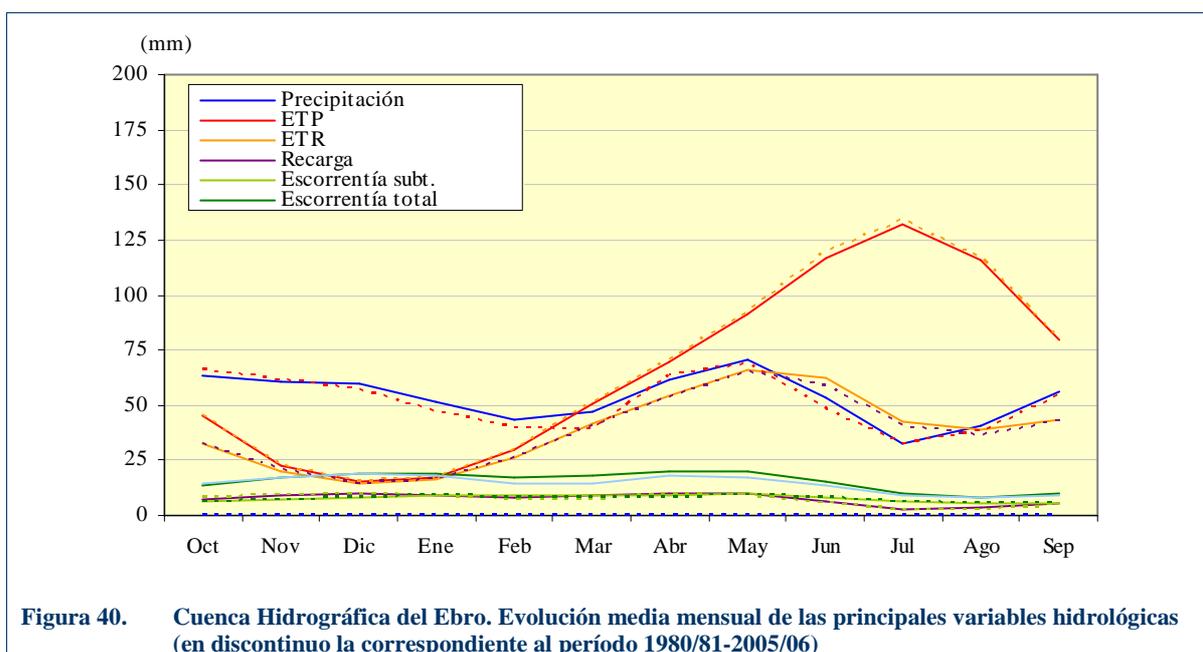
## Cuenca Hidrográfica del Ebro

**Tabla 21. Cuenca Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	63,39	45,23	32,58	7,47	6,27	13,85
Nov	61,06	23,03	20,35	8,82	7,42	16,81
Dic	59,73	14,96	14,20	9,83	8,43	18,99
Ene	51,52	17,09	16,00	9,36	8,94	18,95
Feb	43,47	29,48	26,54	8,39	8,87	16,76
Mar	47,20	50,25	41,73	9,05	8,85	17,80
Abr	61,80	70,06	53,86	10,33	9,30	19,60
May	70,83	91,46	65,80	10,12	9,55	19,84
Jun	52,98	116,88	62,84	5,92	8,52	15,19
Jul	32,54	132,16	42,65	2,80	6,70	9,59
Ago	40,39	115,86	38,79	3,33	5,57	8,56
Sep	56,25	79,36	43,21	5,14	5,49	9,85
<b>Año</b>	<b>641,17</b>	<b>785,83</b>	<b>458,54</b>	<b>90,56</b>	<b>93,91</b>	<b>185,79</b>

**Tabla 22. Cuenca Hidrográfica del Ebro. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	66,49	45,20	32,79	7,73	5,92	14,28
Nov	61,34	22,91	20,53	9,17	7,30	17,12
Dic	57,05	15,08	14,30	9,64	8,43	19,08
Ene	46,79	17,21	15,97	8,87	8,66	18,30
Feb	39,59	29,64	26,48	7,44	8,37	14,58
Mar	39,31	51,15	40,67	7,41	8,03	14,58
Abr	63,44	70,20	53,59	10,15	8,59	18,34
May	68,49	91,91	65,13	9,19	8,88	17,43
Jun	47,68	119,13	58,93	5,00	7,74	13,50
Jul	32,14	133,49	40,36	2,63	6,10	8,68
Ago	38,38	116,80	36,61	3,07	5,11	7,76
Sep	54,10	79,55	42,78	4,63	5,02	8,97
<b>Año</b>	<b>614,80</b>	<b>792,28</b>	<b>448,14</b>	<b>84,91</b>	<b>88,14</b>	<b>172,62</b>



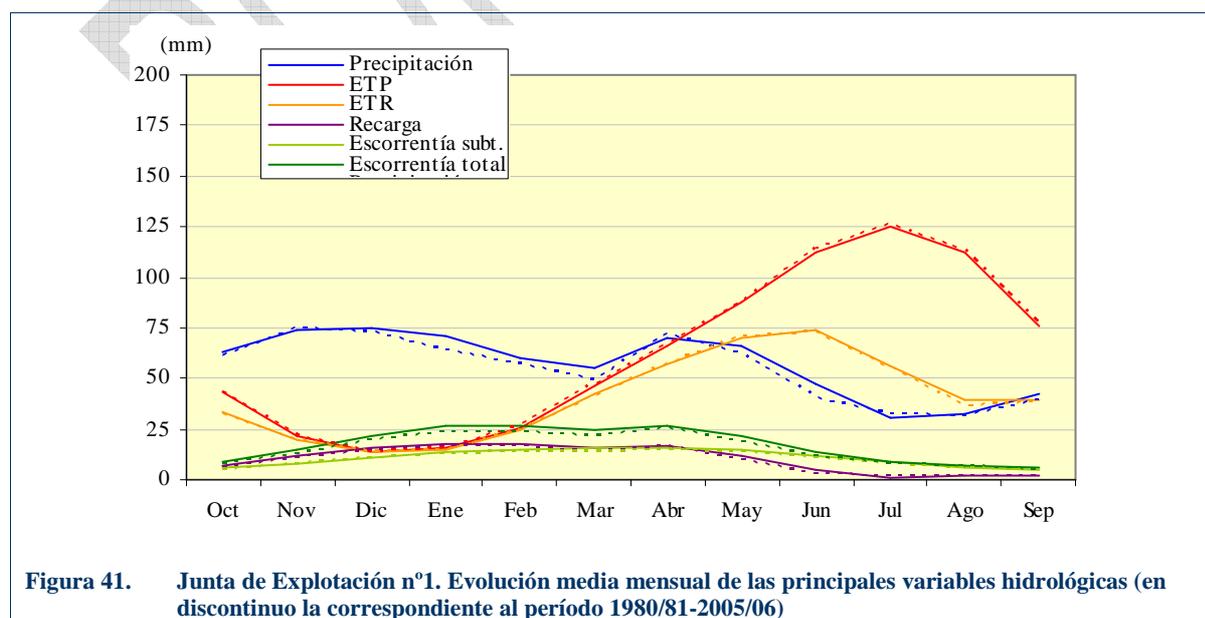
**Junta de explotación n°1**

**Tabla 23. Junta de Explotación n°1. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	63,35	43,18	33,64	7,01	5,80	9,27
Nov	73,68	21,20	19,81	11,58	7,96	14,69
Dic	74,81	13,95	13,57	15,83	10,88	21,66
Ene	70,49	15,42	14,84	18,22	13,59	26,51
Feb	59,72	25,98	24,48	17,59	15,25	26,71
Mar	55,36	46,80	42,11	15,88	15,59	24,92
Abr	70,25	66,37	57,05	16,70	15,82	26,32
May	65,86	87,21	70,31	11,65	14,86	21,59
Jun	46,93	112,13	73,98	4,74	11,80	13,89
Jul	30,35	125,23	56,22	1,46	8,39	8,80
Ago	32,33	112,29	39,78	1,57	6,22	6,74
Sep	42,09	76,27	38,97	2,34	5,18	5,88
<b>Año</b>	<b>685,23</b>	<b>746,03</b>	<b>484,76</b>	<b>124,58</b>	<b>131,33</b>	<b>206,99</b>

**Tabla 24. Junta de Explotación n°1. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	60,97	43,12	32,79	6,21	5,24	8,16
Nov	74,73	21,21	19,57	11,30	7,46	13,25
Dic	72,69	14,08	13,61	15,18	10,37	20,03
Ene	63,83	15,54	14,77	16,51	12,74	23,66
Feb	56,81	26,22	24,42	16,35	14,17	24,03
Mar	48,82	47,59	41,64	13,42	14,14	21,20
Abr	71,78	66,64	56,69	16,51	14,71	25,47
May	62,47	87,79	70,64	10,15	13,85	18,97
Jun	40,46	114,64	72,42	3,31	10,58	12,20
Jul	32,56	126,35	55,15	1,49	7,50	7,91
Ago	31,42	113,22	36,34	1,73	5,75	6,59
Sep	39,52	76,62	38,56	1,78	4,72	5,09
<b>Año</b>	<b>656,06</b>	<b>753,02</b>	<b>476,60</b>	<b>113,94</b>	<b>121,22</b>	<b>186,56</b>



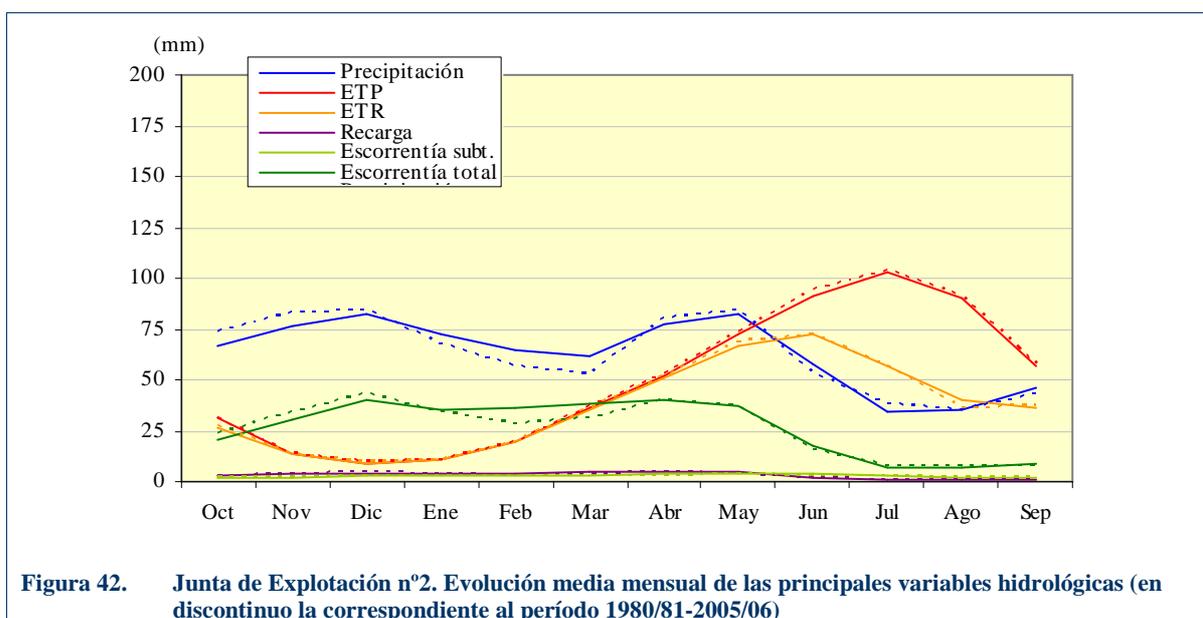
## Junta de explotación nº2

**Tabla 25. Junta de Explotación nº2. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	67,01	31,04	26,52	2,46	2,02	20,68
Nov	76,49	14,08	13,76	3,60	2,27	30,76
Dic	82,00	9,28	9,25	4,19	2,66	39,98
Ene	72,56	10,52	10,45	3,86	2,98	35,19
Feb	64,56	19,60	19,38	3,93	3,17	36,24
Mar	62,23	36,33	35,56	4,42	3,35	38,65
Abr	77,50	52,42	51,05	4,78	3,57	39,99
May	82,72	72,24	66,69	4,41	3,74	37,19
Jun	58,10	91,28	72,18	2,25	3,54	17,97
Jul	34,56	102,73	56,78	0,70	2,98	7,31
Ago	35,61	90,13	39,72	0,61	2,42	6,78
Sep	45,89	57,28	36,58	1,09	2,06	9,02
<b>Año</b>	<b>759,21</b>	<b>586,91</b>	<b>437,92</b>	<b>36,29</b>	<b>34,77</b>	<b>319,76</b>

**Tabla 26. Junta de Explotación nº2. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

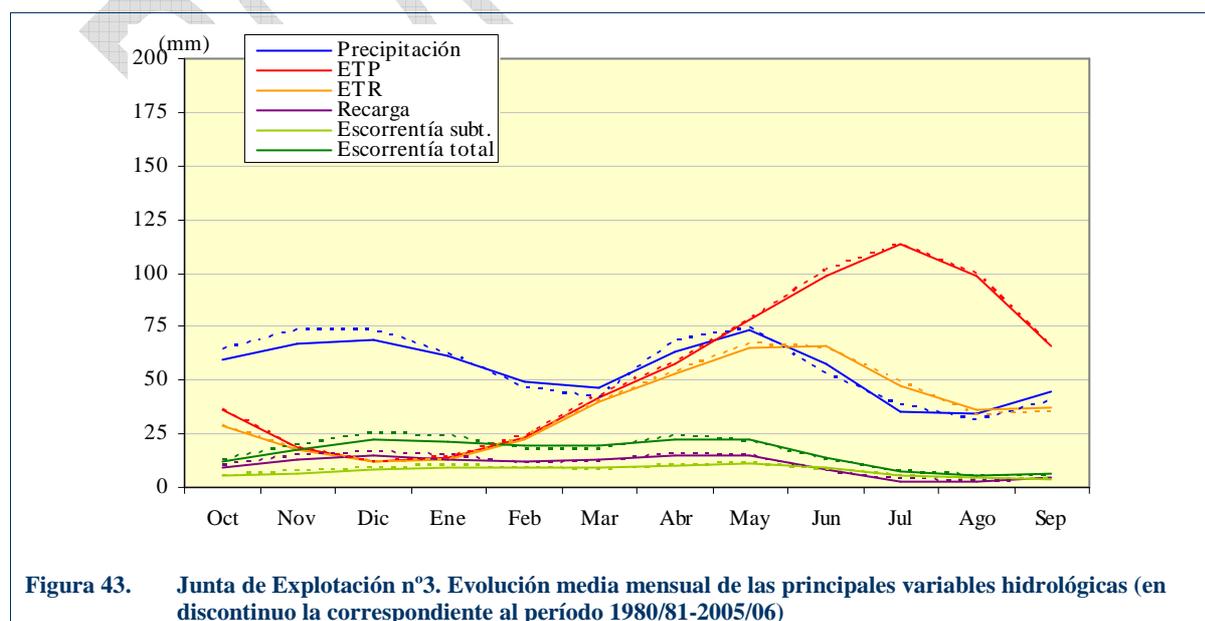
1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	73,78	31,37	26,97	2,86	1,98	24,00
Nov	83,14	14,15	13,55	3,93	2,33	34,37
Dic	84,60	9,38	9,35	4,52	2,79	43,32
Ene	68,07	10,64	10,57	3,95	3,13	34,52
Feb	56,97	20,03	19,82	3,30	3,22	28,50
Mar	52,76	37,63	36,40	3,55	3,21	30,90
Abr	80,10	53,26	51,90	4,73	3,40	40,58
May	84,73	73,34	68,59	4,32	3,61	37,02
Jun	53,02	94,16	72,62	1,90	3,40	15,85
Jul	37,80	104,16	56,87	0,75	2,85	7,48
Ago	34,85	91,24	36,23	0,69	2,34	7,47
Sep	43,44	57,62	37,18	0,93	1,98	7,85
<b>Año</b>	<b>753,25</b>	<b>596,99</b>	<b>440,05</b>	<b>35,44</b>	<b>34,22</b>	<b>311,87</b>



**Junta de explotación n°3**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	59,65	35,98	28,85	9,16	5,16	11,76
Nov	66,84	18,35	17,50	13,15	6,89	17,47
Dic	68,81	12,41	12,26	14,53	8,58	21,91
Ene	61,64	13,50	13,29	13,05	9,33	21,60
Feb	49,26	23,39	22,70	12,25	9,40	19,40
Mar	46,30	41,91	39,64	13,38	9,49	19,98
Abr	63,40	57,83	52,60	14,97	10,40	22,70
May	73,07	78,07	65,00	14,84	11,00	22,46
Jun	57,59	99,03	66,12	8,31	9,10	14,15
Jul	35,46	113,03	47,87	3,24	6,01	7,39
Ago	34,59	98,93	36,43	2,74	4,26	5,61
Sep	44,76	65,61	36,99	4,65	4,14	6,39
<b>Año</b>	<b>661,37</b>	<b>658,04</b>	<b>439,25</b>	<b>124,27</b>	<b>93,77</b>	<b>190,82</b>

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	64,24	35,94	29,16	10,33	5,12	12,85
Nov	73,37	18,16	17,23	14,88	7,29	19,86
Dic	73,64	12,34	12,27	16,83	9,25	25,35
Ene	62,23	13,54	13,43	14,68	10,06	24,16
Feb	46,64	23,74	23,22	11,11	9,35	17,36
Mar	42,23	42,85	40,21	11,99	8,71	17,23
Abr	68,38	58,20	53,59	15,78	10,05	23,75
May	74,33	78,58	67,27	15,27	10,89	21,80
Jun	53,45	100,95	64,83	7,33	8,78	13,19
Jul	37,69	113,92	49,14	3,30	5,75	7,12
Ago	31,71	99,59	33,51	2,55	4,17	5,76
Sep	39,60	65,19	35,16	3,71	3,75	5,20
<b>Año</b>	<b>667,51</b>	<b>662,98</b>	<b>439,03</b>	<b>127,76</b>	<b>93,18</b>	<b>193,64</b>



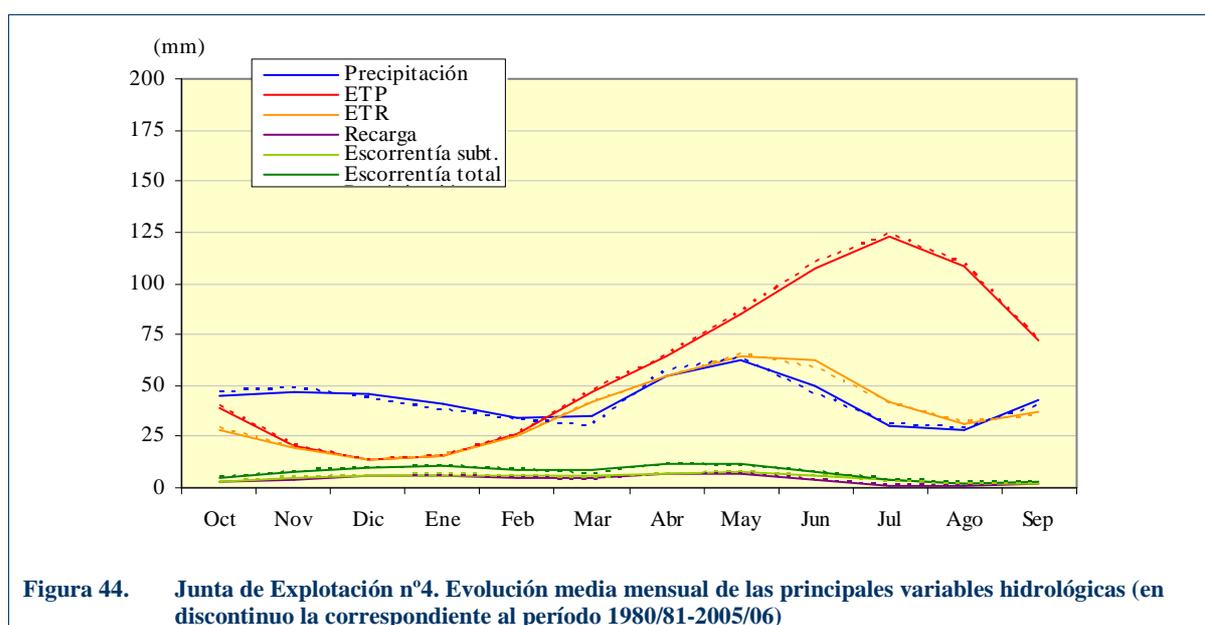
## Junta de explotación n°4

**Tabla 29. Junta de Explotación n°4. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	44,53	39,51	28,33	2,99	3,38	5,10
Nov	47,02	20,75	19,28	4,34	4,72	7,66
Dic	45,66	13,66	13,38	5,43	5,87	9,44
Ene	40,55	15,67	15,36	5,89	6,31	10,32
Feb	34,60	26,55	25,46	5,14	6,16	9,12
Mar	35,14	46,97	42,02	4,91	6,03	8,61
Abr	54,72	64,11	54,22	6,93	6,92	11,60
May	62,36	85,13	64,70	6,92	7,55	11,77
Jun	49,66	107,70	62,17	3,84	5,95	8,00
Jul	30,44	122,56	41,96	1,18	3,42	3,81
Ago	28,69	108,44	31,61	0,83	2,16	2,40
Sep	42,46	72,19	36,62	2,05	2,38	3,33
<b>Año</b>	<b>515,83</b>	<b>723,24</b>	<b>435,12</b>	<b>50,44</b>	<b>60,84</b>	<b>91,16</b>

**Tabla 30. Junta de Explotación n°4. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

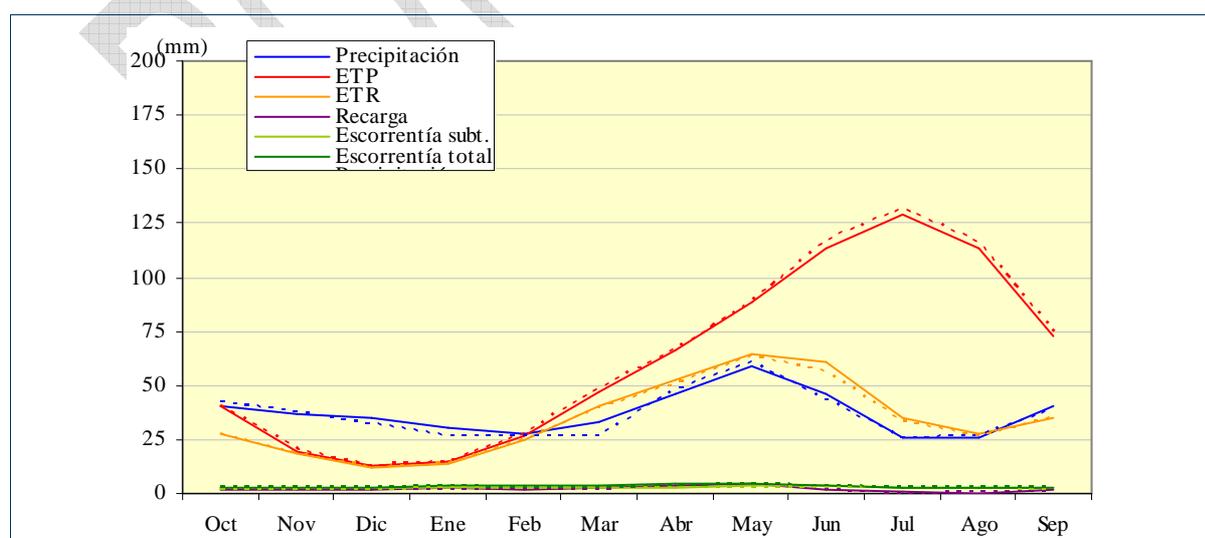
1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	46,67	39,73	29,12	3,10	3,30	4,86
Nov	48,94	20,70	19,53	4,46	4,96	7,62
Dic	44,18	13,78	13,54	5,60	6,25	10,00
Ene	38,25	15,78	15,43	6,01	6,67	11,00
Feb	33,06	26,78	25,50	4,64	5,96	8,41
Mar	30,10	48,03	41,70	3,74	5,27	6,96
Abr	57,84	64,69	53,49	7,22	6,64	12,15
May	63,09	85,53	65,28	6,70	7,49	11,08
Jun	45,80	109,95	58,10	3,55	5,73	7,85
Jul	31,27	123,50	41,16	1,10	3,25	3,61
Ago	29,39	109,09	31,77	0,96	2,13	2,45
Sep	39,61	72,53	35,56	1,60	2,10	2,86
<b>Año</b>	<b>508,20</b>	<b>730,08</b>	<b>430,16</b>	<b>48,67</b>	<b>59,75</b>	<b>88,87</b>



**Junta de explotación n°5**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	40,28	40,26	27,63	1,51	2,41	2,99
Nov	36,74	19,76	17,99	1,48	2,40	3,05
Dic	34,82	12,55	12,12	1,87	2,43	3,21
Ene	30,50	14,45	14,12	2,42	2,53	3,65
Feb	27,52	26,72	25,04	2,08	2,60	3,35
Mar	32,83	46,94	40,33	2,73	2,68	3,73
Abr	46,01	66,14	52,72	3,68	2,92	4,41
May	59,27	88,29	64,07	4,63	3,26	5,03
Jun	46,36	113,59	60,50	2,22	3,28	4,08
Jul	26,15	128,90	35,40	0,47	2,91	3,02
Ago	26,21	113,13	27,24	0,44	2,57	2,67
Sep	40,51	73,00	35,22	1,45	2,44	2,92
<b>Año</b>	<b>447,20</b>	<b>743,73</b>	<b>412,38</b>	<b>24,99</b>	<b>32,42</b>	<b>42,11</b>

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	42,14	40,49	27,55	1,52	2,22	2,77
Nov	37,90	19,98	18,34	1,41	2,22	2,77
Dic	32,44	12,76	12,14	1,72	2,24	2,89
Ene	26,85	14,91	14,22	2,24	2,32	3,31
Feb	26,27	27,65	25,00	1,74	2,38	3,00
Mar	26,55	48,45	39,54	1,69	2,35	2,93
Abr	47,92	66,79	51,12	3,71	2,57	4,15
May	60,58	88,78	63,33	4,52	2,97	4,60
Jun	43,32	116,71	56,40	2,16	3,03	3,99
Jul	25,51	131,67	33,14	0,44	2,71	2,82
Ago	26,31	115,73	26,83	0,55	2,40	2,53
Sep	38,76	74,41	35,01	1,21	2,26	2,63
<b>Año</b>	<b>434,57</b>	<b>758,32</b>	<b>402,62</b>	<b>22,92</b>	<b>29,66</b>	<b>38,38</b>



**Figura 45. Junta de Explotación n°5. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06)**

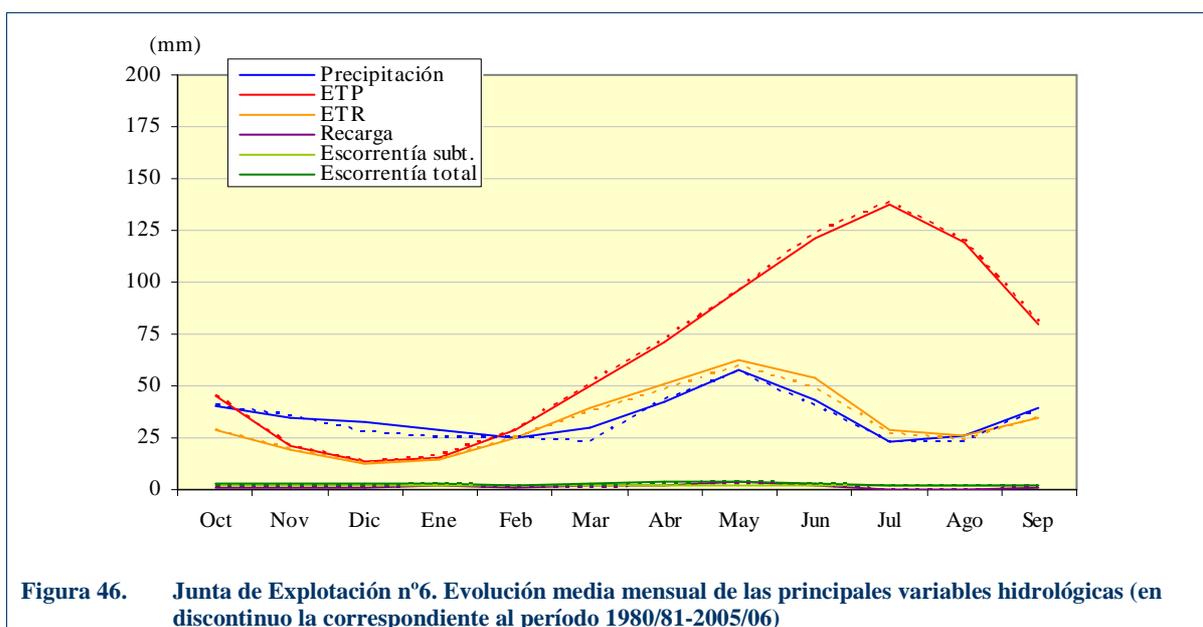
## Junta de explotación nº6

**Tabla 33. Junta de Explotación nº6. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	40,04	45,09	28,67	1,24	1,70	2,44
Nov	34,20	21,60	18,94	0,99	1,72	2,41
Dic	32,86	13,59	12,90	1,24	1,74	2,54
Ene	28,68	15,83	14,71	1,56	1,79	2,84
Feb	25,10	28,38	25,16	1,07	1,80	2,35
Mar	29,84	50,15	39,45	1,53	1,87	2,73
Abr	42,57	71,51	50,71	2,39	2,06	3,48
May	58,08	96,16	62,49	3,46	2,40	4,29
Jun	43,35	121,32	53,68	1,59	2,37	3,17
Jul	23,34	137,13	29,17	0,29	1,95	2,10
Ago	25,89	119,20	26,16	0,34	1,67	1,81
Sep	39,09	79,59	34,68	1,08	1,66	2,21
<b>Año</b>	<b>423,03</b>	<b>799,54</b>	<b>396,73</b>	<b>16,79</b>	<b>22,74</b>	<b>32,37</b>

**Tabla 34. Junta de Explotación nº6. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

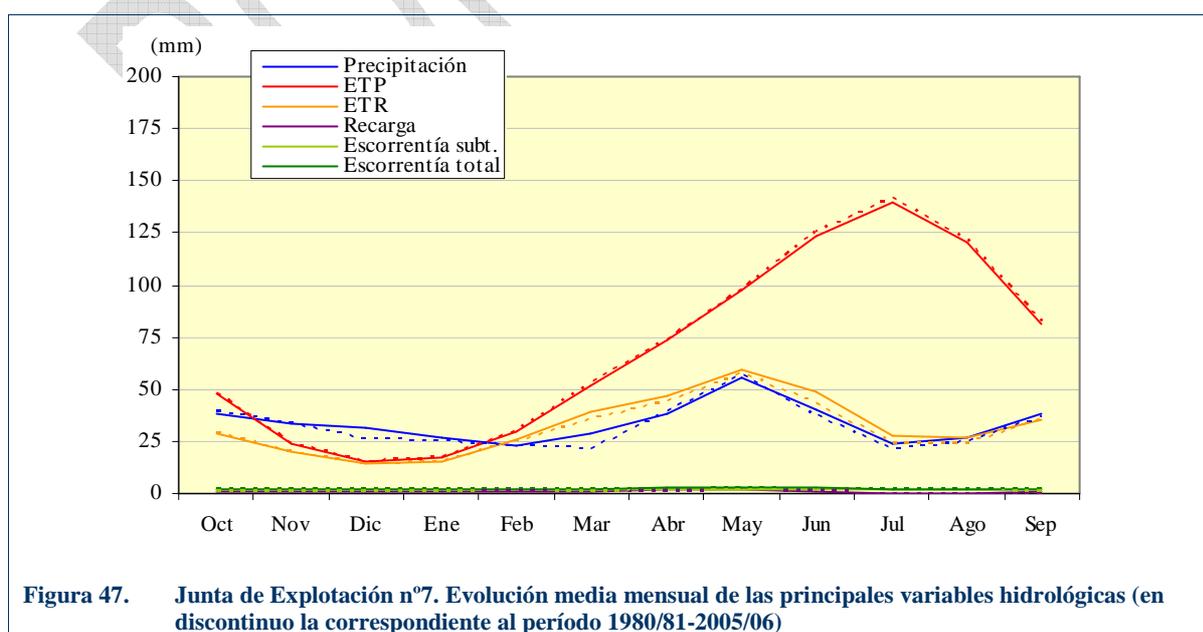
1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	40,65	45,53	28,38	1,20	1,57	2,30
Nov	35,41	21,60	19,25	0,96	1,59	2,19
Dic	28,30	13,83	12,96	1,03	1,58	2,24
Ene	24,66	15,96	14,49	1,50	1,61	2,66
Feb	25,10	28,59	24,59	0,99	1,64	2,21
Mar	23,56	51,11	37,35	0,79	1,60	2,04
Abr	42,85	71,70	48,01	2,35	1,78	3,06
May	56,97	96,26	59,21	3,29	2,17	3,88
Jun	40,55	124,23	48,72	1,51	2,20	2,92
Jul	22,67	138,82	27,14	0,29	1,84	1,98
Ago	23,52	120,00	23,74	0,31	1,58	1,71
Sep	38,37	80,45	34,95	0,97	1,55	2,04
<b>Año</b>	<b>402,61</b>	<b>808,08</b>	<b>378,80</b>	<b>15,20</b>	<b>20,70</b>	<b>29,23</b>



**Junta de explotación nº7**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	38,38	47,54	28,32	0,94	1,54	2,02
Nov	33,34	23,61	19,90	0,73	1,53	1,93
Dic	31,59	15,28	14,19	0,91	1,50	1,93
Ene	26,91	17,30	15,69	1,18	1,54	2,21
Feb	22,84	29,97	25,88	0,56	1,53	1,75
Mar	28,81	51,97	39,03	1,09	1,53	2,01
Abr	38,37	73,54	47,01	1,70	1,66	2,61
May	55,42	97,31	59,02	2,34	1,89	3,16
Jun	40,49	123,38	48,68	1,08	1,95	2,41
Jul	23,61	139,38	27,82	0,19	1,79	1,86
Ago	26,91	120,36	26,92	0,26	1,63	1,72
Sep	38,38	81,73	35,15	0,68	1,54	1,85
<b>Año</b>	<b>405,06</b>	<b>821,39</b>	<b>387,61</b>	<b>11,67</b>	<b>19,63</b>	<b>25,45</b>

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	38,92	48,08	28,64	0,95	1,39	1,87
Nov	33,51	23,67	19,81	0,65	1,39	1,74
Dic	26,09	15,48	14,19	0,71	1,36	1,72
Ene	24,83	17,28	15,18	1,34	1,42	2,19
Feb	22,63	30,01	24,83	0,49	1,44	1,66
Mar	21,47	52,96	35,72	0,50	1,38	1,59
Abr	39,23	73,58	44,50	1,43	1,47	2,19
May	56,24	97,33	57,60	2,15	1,69	2,87
Jun	37,15	125,81	43,25	0,97	1,77	2,19
Jul	21,05	141,15	24,00	0,18	1,64	1,70
Ago	24,41	121,25	24,23	0,28	1,50	1,60
Sep	36,68	82,76	35,06	0,48	1,40	1,59
<b>Año</b>	<b>382,21</b>	<b>829,36</b>	<b>367,02</b>	<b>10,11</b>	<b>17,86</b>	<b>22,92</b>



**Figura 47. Junta de Explotación nº7. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06)**

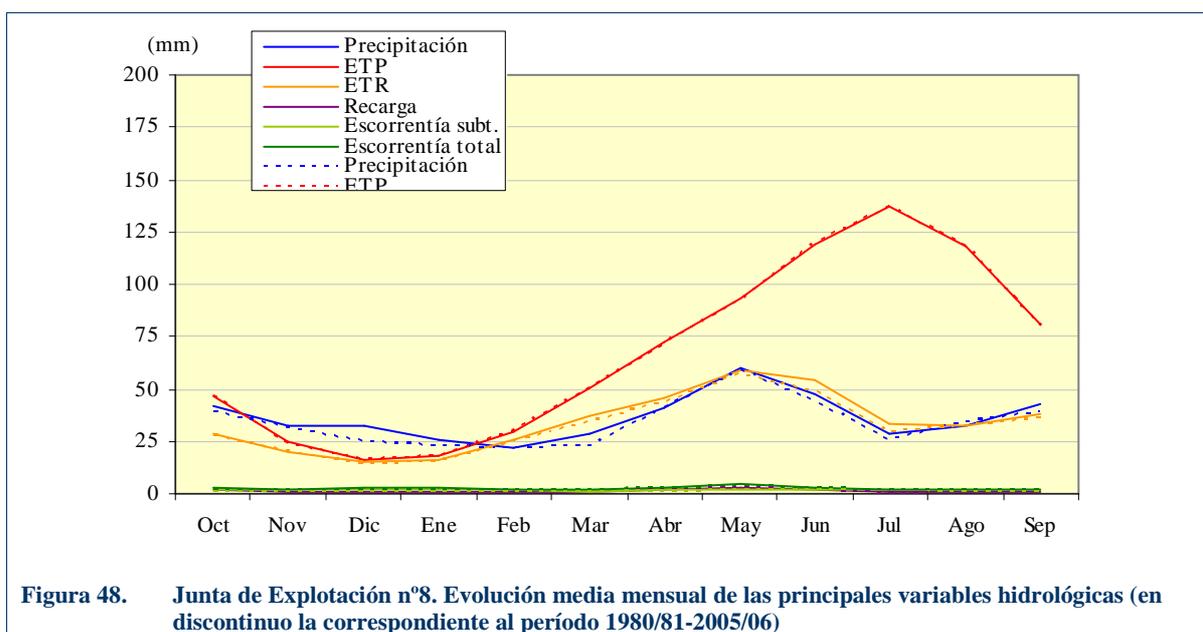
## Junta de explotación n°8

**Tabla 37. Junta de Explotación n°8. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	41,75	46,69	28,99	1,75	1,51	2,64
Nov	32,34	24,40	20,02	1,02	1,51	2,26
Dic	32,62	16,36	14,94	1,40	1,49	2,56
Ene	25,42	17,95	16,16	1,14	1,49	2,42
Feb	21,79	29,94	25,72	0,76	1,44	1,85
Mar	28,90	50,51	37,50	1,20	1,41	2,32
Abr	40,83	72,08	45,95	2,06	1,50	3,28
May	59,98	93,74	58,65	3,16	1,75	4,68
Jun	47,61	119,20	53,83	1,81	1,88	3,21
Jul	28,45	137,02	33,11	0,61	1,76	2,06
Ago	32,57	118,48	32,25	0,68	1,59	1,94
Sep	42,55	80,58	37,82	1,36	1,50	2,25
<b>Año</b>	<b>434,84</b>	<b>806,94</b>	<b>404,94</b>	<b>16,94</b>	<b>18,82</b>	<b>31,46</b>

**Tabla 38. Junta de Explotación n°8. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

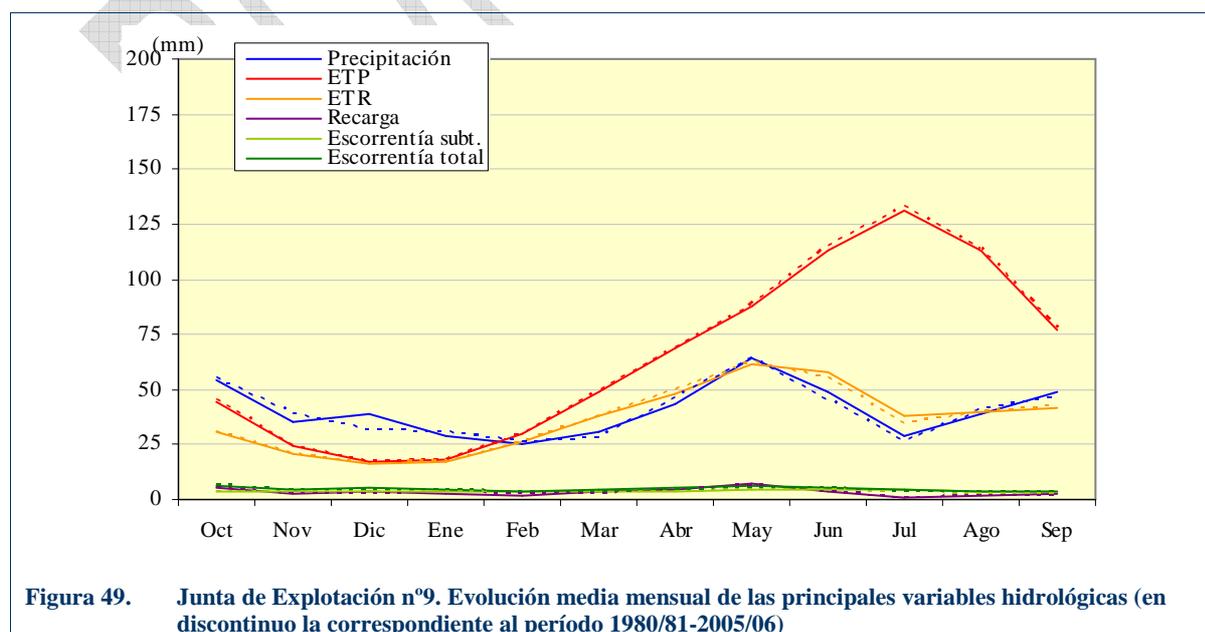
1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	39,19	46,58	27,93	1,42	1,32	2,25
Nov	31,37	24,17	19,67	0,85	1,33	1,94
Dic	25,09	16,52	14,49	0,77	1,28	1,82
Ene	23,02	17,74	15,21	1,09	1,29	2,20
Feb	22,03	29,67	24,29	0,62	1,28	1,58
Mar	23,31	50,93	34,14	0,72	1,23	1,73
Abr	41,16	71,29	43,79	1,69	1,29	2,64
May	59,03	92,50	56,98	2,61	1,51	3,76
Jun	44,07	120,30	48,76	1,58	1,63	2,70
Jul	25,93	137,54	29,10	0,44	1,54	1,73
Ago	34,01	118,39	32,84	0,88	1,42	1,91
Sep	38,69	80,46	36,13	0,96	1,33	1,90
<b>Año</b>	<b>406,89</b>	<b>806,10</b>	<b>383,33</b>	<b>13,63</b>	<b>16,46</b>	<b>26,15</b>



**Junta de explotación n<sup>o</sup>9**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	54,58	44,23	30,44	5,18	3,64	6,19
Nov	35,52	24,52	20,45	2,69	3,83	4,63
Dic	38,64	17,24	16,10	4,05	3,87	5,15
Ene	28,74	18,34	17,07	2,65	3,83	4,57
Feb	24,90	29,73	26,28	2,26	3,56	3,97
Mar	31,14	48,42	37,92	3,49	3,59	4,40
Abr	43,29	68,54	48,01	4,44	3,93	5,22
May	64,62	87,98	61,51	6,79	4,63	6,46
Jun	48,66	112,91	57,88	3,59	4,85	5,52
Jul	29,07	131,36	38,35	1,11	4,15	4,27
Ago	38,98	112,83	39,45	1,58	3,47	3,68
Sep	49,27	76,93	42,07	2,73	3,27	3,84
<b>Año</b>	<b>487,42</b>	<b>773,01</b>	<b>435,53</b>	<b>40,57</b>	<b>46,62</b>	<b>57,91</b>

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	55,59	44,95	30,46	5,29	3,30	6,44
Nov	38,97	24,59	20,74	2,87	3,61	4,42
Dic	31,44	17,55	16,45	2,48	3,47	4,10
Ene	30,86	18,48	17,19	3,25	3,43	4,61
Feb	26,69	29,83	26,29	2,38	3,36	3,79
Mar	28,35	49,65	37,70	2,86	3,33	4,02
Abr	45,96	69,02	49,65	4,42	3,64	4,83
May	64,48	88,29	62,29	6,16	4,33	5,87
Jun	45,54	115,15	55,07	3,17	4,49	5,16
Jul	25,98	133,33	34,77	0,68	3,75	3,81
Ago	40,33	114,17	40,02	1,56	3,12	3,34
Sep	46,75	77,42	42,12	2,17	2,92	3,27
<b>Año</b>	<b>480,94</b>	<b>782,43</b>	<b>432,74</b>	<b>37,28</b>	<b>42,76</b>	<b>53,65</b>



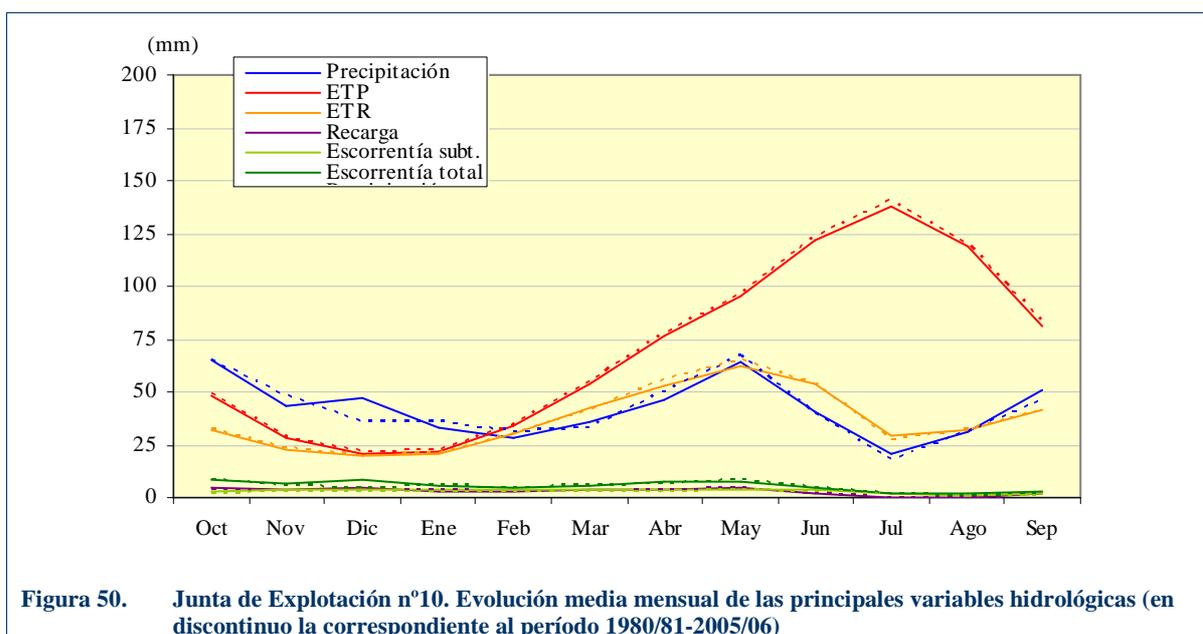
## Junta de explotación nº10

**Tabla 41. Junta de Explotación nº10. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	64,84	48,08	32,49	5,04	2,94	8,62
Nov	43,38	28,49	22,87	3,36	3,71	6,48
Dic	47,09	20,90	19,51	4,71	4,01	8,04
Ene	33,17	22,14	20,38	2,94	3,90	5,98
Feb	28,02	34,00	30,01	2,76	3,37	4,68
Mar	35,50	53,72	42,19	3,58	3,35	5,55
Abr	46,39	76,80	52,96	3,68	3,54	7,67
May	64,03	95,52	62,50	4,55	3,90	7,91
Jun	40,38	121,37	53,91	1,84	3,39	4,41
Jul	20,57	137,84	29,59	0,38	2,10	2,23
Ago	30,82	118,43	32,31	0,46	1,30	1,42
Sep	50,47	81,53	41,19	2,06	1,50	3,06
<b>Año</b>	<b>504,65</b>	<b>838,82</b>	<b>439,90</b>	<b>35,37</b>	<b>37,00</b>	<b>66,05</b>

**Tabla 42. Junta de Explotación nº10. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	65,03	49,11	32,12	4,21	2,32	8,60
Nov	48,15	28,39	23,52	3,07	3,20	5,90
Dic	35,93	21,27	20,06	2,70	3,11	4,50
Ene	36,20	22,35	20,62	3,36	3,17	5,95
Feb	30,81	33,93	30,24	2,86	3,19	4,71
Mar	32,78	54,49	41,20	2,97	3,09	5,43
Abr	50,42	77,11	55,42	3,52	3,25	6,79
May	67,26	96,34	64,89	4,43	3,71	8,12
Jun	39,27	123,87	53,90	1,85	3,29	4,61
Jul	18,36	140,81	27,73	0,18	2,01	2,05
Ago	31,04	120,06	32,13	0,38	1,18	1,27
Sep	46,52	82,71	41,68	1,23	1,15	1,71
<b>Año</b>	<b>501,77</b>	<b>850,44</b>	<b>443,52</b>	<b>30,75</b>	<b>32,67</b>	<b>59,65</b>



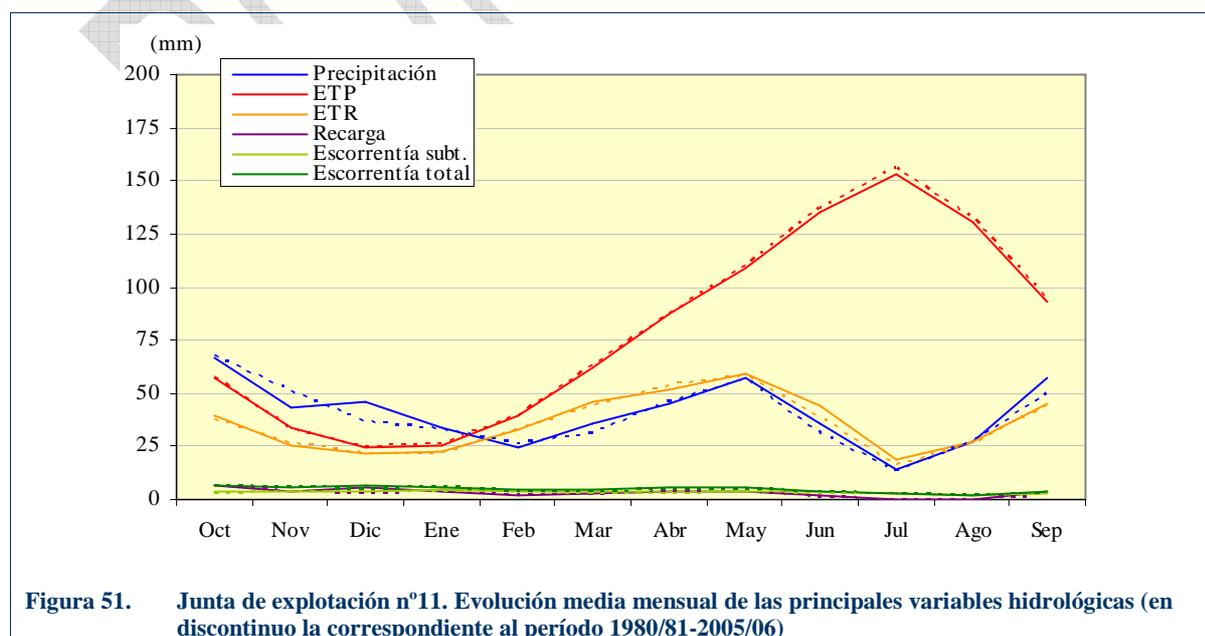
**Junta de explotación nº11**

**Tabla 43. Junta de explotación nº11. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	66,55	56,97	39,04	6,55	3,45	6,46
Nov	43,22	33,64	25,76	3,58	3,95	5,86
Dic	46,04	24,16	21,52	5,33	4,20	6,44
Ene	33,82	25,76	22,48	3,62	4,29	5,75
Feb	24,85	39,90	33,14	1,84	3,86	4,30
Mar	36,13	62,23	45,79	3,05	3,59	4,75
Abr	45,21	87,17	52,00	3,82	3,66	5,79
May	57,65	108,51	59,48	3,97	3,83	5,54
Jun	36,08	135,31	44,27	1,46	3,54	4,10
Jul	14,40	153,52	18,57	0,15	2,81	2,83
Ago	27,28	130,25	27,10	0,41	2,24	2,32
Sep	57,03	93,20	44,63	4,10	2,48	4,04
<b>Año</b>	<b>488,26</b>	<b>950,63</b>	<b>433,77</b>	<b>37,89</b>	<b>41,88</b>	<b>58,17</b>

**Tabla 44. Junta de explotación nº11. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	67,47	57,16	37,29	6,35	2,63	6,21
Nov	50,50	33,29	26,46	4,13	3,43	5,17
Dic	36,43	24,30	21,75	3,06	3,50	4,75
Ene	32,67	25,91	21,98	3,95	3,54	5,36
Feb	26,37	39,82	33,31	1,68	3,37	3,84
Mar	31,32	63,00	44,02	2,21	3,07	3,93
Abr	46,02	87,68	53,33	3,32	3,11	4,49
May	56,62	109,44	58,47	3,56	3,33	4,94
Jun	30,80	137,14	38,51	1,18	3,09	3,70
Jul	12,84	155,42	15,55	0,11	2,44	2,45
Ago	27,01	131,95	26,48	0,44	1,96	2,04
Sep	49,90	93,86	44,23	1,87	1,89	2,57
<b>Año</b>	<b>467,96</b>	<b>958,97</b>	<b>421,37</b>	<b>31,84</b>	<b>35,36</b>	<b>49,46</b>



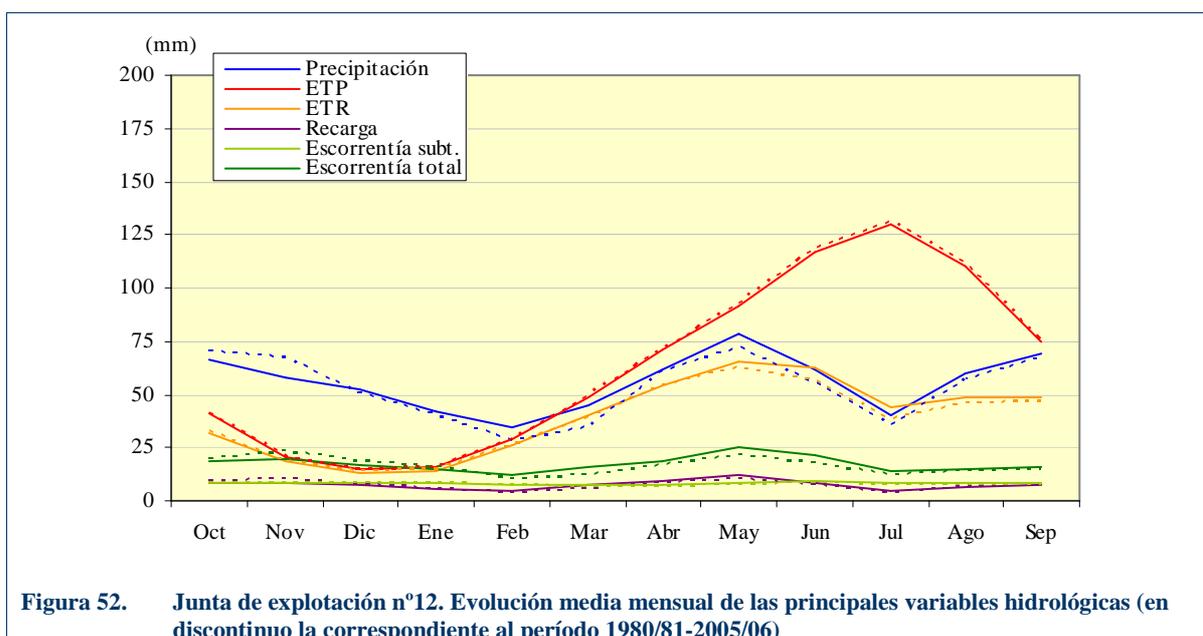
## Junta de explotación nº12

**Tabla 45. Junta de explotación nº12. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	66,34	41,35	32,17	8,53	8,47	18,92
Nov	58,06	20,86	18,54	8,48	8,69	19,57
Dic	52,06	14,49	13,48	7,12	8,60	16,84
Ene	41,78	15,96	14,48	5,43	8,10	14,50
Feb	34,38	29,30	25,72	4,53	7,36	11,75
Mar	45,21	48,88	39,93	7,13	7,13	15,70
Abr	61,68	70,98	54,67	9,12	7,60	19,05
May	78,64	91,64	65,74	11,74	8,61	25,65
Jun	61,75	116,56	62,15	8,25	9,12	21,17
Jul	39,87	129,54	43,58	4,98	8,57	14,05
Ago	59,47	110,43	48,87	6,98	8,13	15,22
Sep	69,18	75,09	48,85	7,82	8,20	16,20
<b>Año</b>	<b>668,43</b>	<b>765,08</b>	<b>468,19</b>	<b>90,11</b>	<b>98,58</b>	<b>208,61</b>

**Tabla 46. Junta de explotación nº12. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	70,12	41,24	32,81	9,03	7,98	19,83
Nov	67,66	20,68	18,52	10,45	8,66	23,03
Dic	50,24	14,59	13,70	7,78	8,81	18,48
Ene	39,92	16,15	14,65	5,68	8,31	16,14
Feb	27,73	29,32	25,73	3,29	7,32	9,84
Mar	34,21	49,81	39,23	5,15	6,62	12,08
Abr	61,01	70,97	54,33	8,66	6,90	16,85
May	72,23	92,25	62,74	10,31	7,82	21,30
Jun	54,84	118,89	55,61	7,21	8,25	17,76
Jul	35,59	131,25	38,27	4,13	7,72	11,77
Ago	56,60	111,85	46,01	6,49	7,34	13,65
Sep	67,27	75,08	47,08	7,46	7,52	15,28
<b>Año</b>	<b>637,43</b>	<b>772,08</b>	<b>448,66</b>	<b>85,63</b>	<b>93,26</b>	<b>196,02</b>



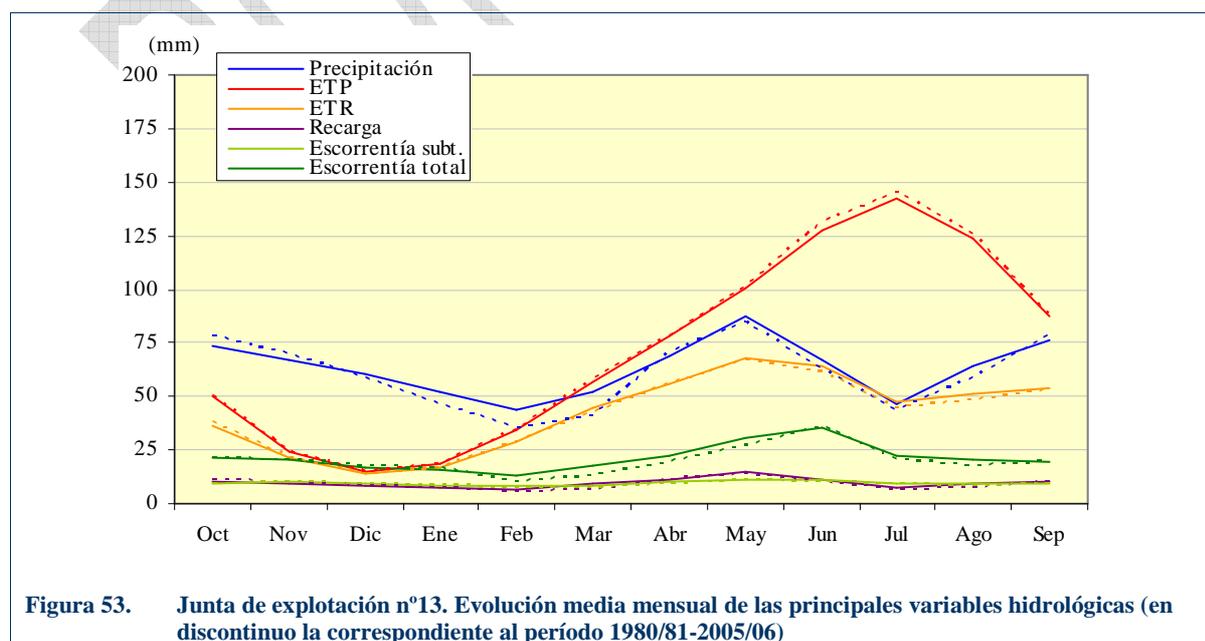
**Junta de explotación nº13**

**Tabla 47. Junta de explotación nº13. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	73,11	50,38	36,55	10,07	9,71	20,96
Nov	66,54	24,21	21,08	9,45	9,80	20,67
Dic	60,31	15,12	14,15	7,96	9,02	16,41
Ene	52,29	18,27	16,57	7,78	8,57	15,99
Feb	44,05	34,09	29,22	6,86	8,13	13,39
Mar	51,89	57,01	44,48	9,06	8,71	17,85
Abr	68,67	77,85	55,64	11,58	9,89	21,88
May	87,04	100,55	68,11	14,79	11,58	30,81
Jun	67,14	127,46	64,56	11,10	11,34	35,29
Jul	46,37	142,69	47,52	7,06	9,57	22,32
Ago	64,07	123,55	50,86	8,97	9,16	20,38
Sep	76,25	87,28	53,67	9,81	9,44	19,51
<b>Año</b>	<b>757,73</b>	<b>858,45</b>	<b>502,40</b>	<b>114,50</b>	<b>114,91</b>	<b>255,46</b>

**Tabla 48. Junta de explotación nº13. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	78,19	50,11	37,83	10,89	9,61	21,46
Nov	69,91	23,93	21,19	10,15	9,99	20,73
Dic	58,59	15,16	14,31	8,46	9,30	17,22
Ene	46,95	18,41	16,66	7,49	8,63	16,30
Feb	35,42	34,09	28,99	5,36	7,58	10,64
Mar	40,72	57,93	42,69	6,86	7,56	12,96
Abr	70,40	77,85	55,51	11,30	9,11	19,18
May	84,31	101,39	67,11	13,87	10,88	27,07
Jun	61,86	131,10	61,70	10,13	10,46	35,96
Jul	43,84	145,27	44,91	6,50	8,84	20,77
Ago	58,77	125,51	48,03	7,87	8,26	17,79
Sep	78,14	87,65	53,47	10,26	8,94	19,26
<b>Año</b>	<b>727,10</b>	<b>868,40</b>	<b>492,42</b>	<b>109,13</b>	<b>109,16</b>	<b>239,35</b>



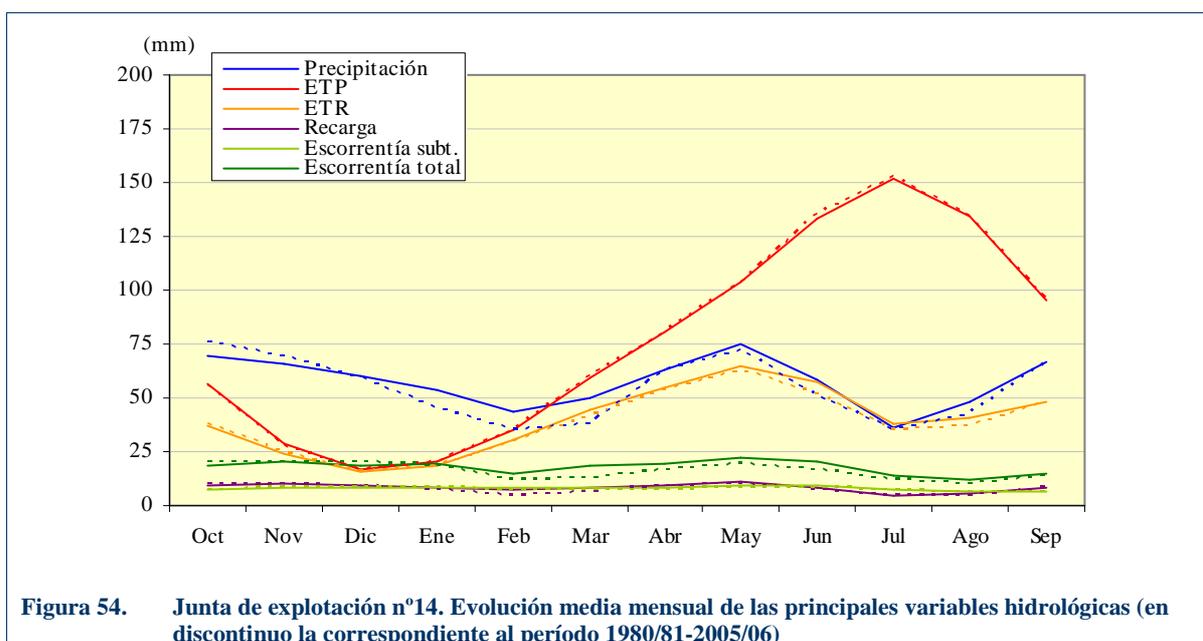
## Junta de explotación nº14

**Tabla 49. Junta de explotación nº14. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	69,78	56,28	36,83	9,50	7,32	18,88
Nov	65,63	28,36	23,90	9,97	8,07	20,09
Dic	60,41	17,01	15,82	8,83	8,43	18,84
Ene	53,35	20,34	18,40	8,29	8,57	19,05
Feb	43,20	35,57	30,09	6,96	8,34	15,26
Mar	49,60	59,40	44,42	8,45	8,37	18,19
Abr	62,52	80,83	54,40	9,35	8,77	18,99
May	75,18	103,64	64,70	11,36	9,38	22,30
Jun	58,50	133,19	57,04	8,75	9,15	20,28
Jul	35,68	151,63	37,52	5,07	7,79	13,62
Ago	47,79	133,84	40,96	5,95	6,76	12,43
Sep	67,11	95,50	48,29	8,19	6,73	14,86
<b>Año</b>	<b>688,75</b>	<b>915,60</b>	<b>472,35</b>	<b>100,66</b>	<b>97,68</b>	<b>212,79</b>

**Tabla 50. Junta de explotación nº14. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	75,98	55,89	38,09	10,31	7,06	20,05
Nov	69,49	28,09	24,56	10,34	8,16	20,82
Dic	58,88	17,04	15,85	9,08	8,65	20,59
Ene	45,23	20,41	18,20	7,38	8,57	18,24
Feb	35,12	35,48	29,75	5,03	7,80	11,63
Mar	37,73	59,97	41,52	6,23	7,30	13,30
Abr	63,27	80,45	54,01	8,90	7,75	16,53
May	72,11	103,72	63,00	10,43	8,51	19,02
Jun	50,93	135,32	51,94	7,18	8,18	16,59
Jul	35,49	152,49	35,46	4,88	6,97	12,13
Ago	42,59	134,36	36,78	5,09	6,06	10,53
Sep	66,46	95,50	48,48	7,87	6,18	13,67
<b>Año</b>	<b>653,30</b>	<b>918,73</b>	<b>457,65</b>	<b>92,72</b>	<b>91,19</b>	<b>193,11</b>



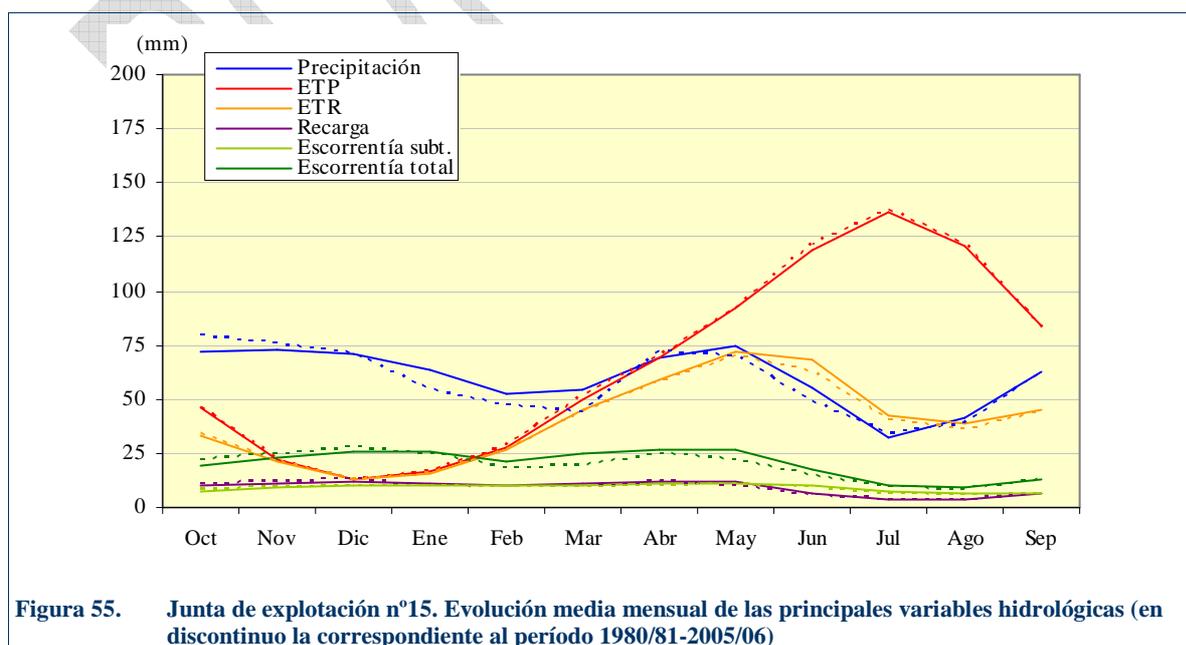
**Junta de explotación nº15**

**Tabla 51. Junta de explotación nº15. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	71,88	46,12	33,62	9,71	7,69	19,51
Nov	73,20	22,51	20,77	11,43	9,17	23,49
Dic	70,93	13,09	12,81	12,01	9,97	25,67
Ene	63,45	16,23	15,77	11,07	10,10	25,43
Feb	52,58	27,88	26,47	9,75	9,77	21,11
Mar	54,80	50,06	44,95	10,88	10,14	24,75
Abr	69,08	69,42	59,28	11,68	10,93	26,29
May	74,97	91,73	71,79	11,65	11,49	26,57
Jun	55,64	119,25	68,54	6,79	10,05	17,95
Jul	32,19	136,18	42,54	3,26	7,48	10,33
Ago	41,53	121,15	38,60	3,82	6,00	8,95
Sep	63,02	83,46	44,74	6,85	6,34	13,17
<b>Año</b>	<b>723,27</b>	<b>797,07</b>	<b>479,88</b>	<b>108,89</b>	<b>109,15</b>	<b>243,22</b>

**Tabla 52. Junta de explotación nº15. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	79,40	45,65	33,67	11,02	7,89	22,22
Nov	75,26	22,31	20,82	12,29	9,67	25,20
Dic	71,12	13,16	12,79	12,77	10,56	27,92
Ene	54,02	16,26	15,72	10,41	10,21	24,49
Feb	47,13	28,15	26,46	8,80	9,37	18,39
Mar	44,55	51,16	44,17	9,12	9,29	19,47
Abr	72,21	69,63	58,48	12,05	10,39	24,86
May	69,99	92,23	70,26	10,43	10,81	22,30
Jun	48,72	121,30	62,26	5,58	9,10	15,05
Jul	33,82	136,87	40,67	3,39	6,88	9,60
Ago	38,82	122,01	35,83	3,59	5,60	8,21
Sep	63,00	83,13	44,56	6,86	6,03	12,93
<b>Año</b>	<b>698,05</b>	<b>801,87</b>	<b>465,70</b>	<b>106,33</b>	<b>105,80</b>	<b>230,64</b>



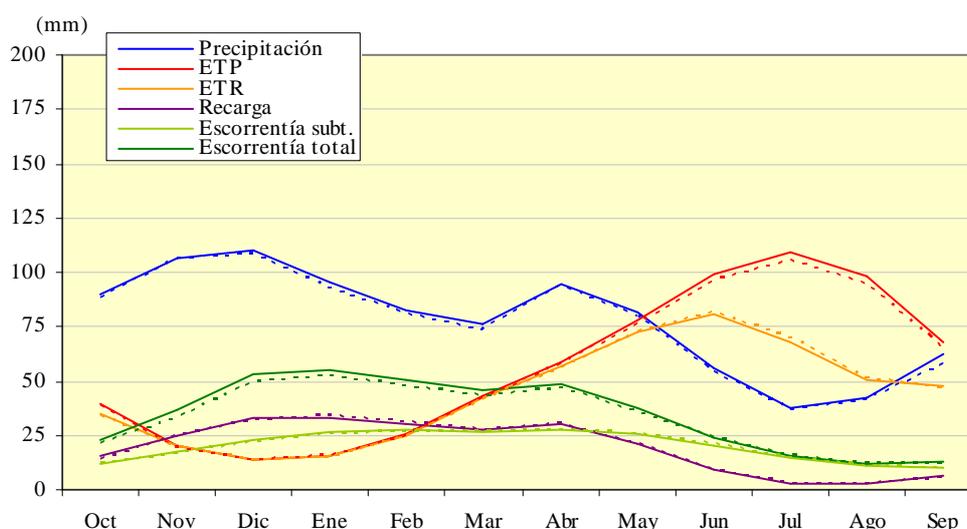
## Junta de explotación nº16

**Tabla 53. Junta de explotación nº16. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	90,05	39,56	34,68	15,20	12,32	23,22
Nov	106,87	20,30	19,91	25,15	17,11	36,97
Dic	110,27	13,94	13,87	32,65	22,67	52,80
Ene	95,87	15,67	15,60	32,69	26,19	54,59
Feb	82,50	25,32	25,08	30,12	27,07	50,13
Mar	75,88	42,92	41,79	27,66	26,66	45,69
Abr	94,49	58,42	56,44	29,84	27,07	48,43
May	82,02	77,93	72,52	21,40	25,48	37,71
Jun	56,41	98,75	81,04	9,44	20,42	24,15
Jul	37,78	109,09	67,88	3,00	14,62	15,44
Ago	42,21	98,60	50,66	3,02	10,91	12,02
Sep	62,62	67,76	47,35	6,50	10,03	13,20
<b>Año</b>	<b>936,97</b>	<b>668,25</b>	<b>526,82</b>	<b>236,67</b>	<b>240,57</b>	<b>414,34</b>

**Tabla 54. Junta de explotación nº16. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	88,34	38,24	34,12	14,05	11,53	20,66
Nov	106,06	19,35	19,07	24,45	16,10	33,30
Dic	108,26	13,51	13,47	32,53	21,67	49,16
Ene	92,81	15,15	15,11	33,52	25,59	52,19
Feb	80,63	24,78	24,65	30,80	27,04	48,04
Mar	73,36	41,86	40,92	27,77	26,82	43,20
Abr	93,79	57,38	55,96	30,36	27,29	46,71
May	79,74	76,60	72,42	21,32	25,74	36,18
Jun	54,09	96,48	81,26	9,01	20,69	23,71
Jul	37,14	105,39	69,83	2,74	15,00	15,64
Ago	41,17	94,76	51,52	2,69	11,22	12,12
Sep	58,11	64,89	46,69	5,10	9,78	11,71
<b>Año</b>	<b>913,49</b>	<b>648,38</b>	<b>525,02</b>	<b>234,34</b>	<b>238,47</b>	<b>392,62</b>



**Figura 56. Junta de explotación nº16. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al período 1980/81-2005/06)**

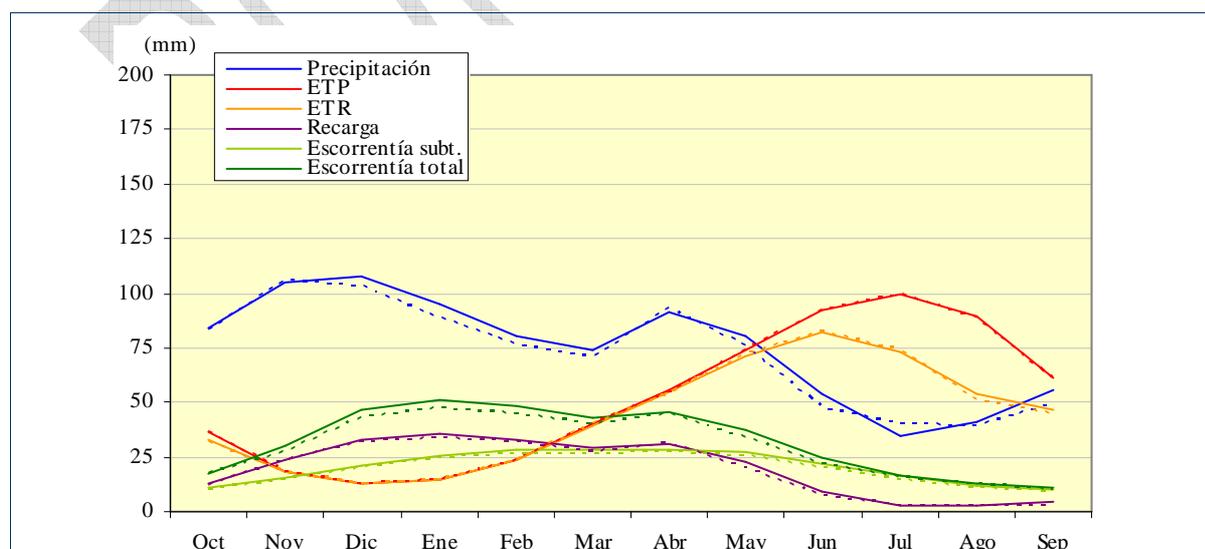
**Junta de explotación nº17**

**Tabla 55. Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	83,63	36,53	33,29	12,64	11,23	17,74
Nov	104,88	18,15	18,02	24,06	15,32	29,92
Dic	107,40	12,86	12,85	33,17	21,04	46,54
Ene	94,60	14,41	14,40	36,02	25,91	51,36
Feb	80,74	23,79	23,76	32,67	28,08	48,00
Mar	73,99	39,76	39,44	29,45	28,28	43,14
Abr	91,02	55,48	54,67	31,38	28,62	45,62
May	80,37	73,88	71,31	22,76	27,18	37,02
Jun	54,16	91,93	82,51	9,51	22,23	24,86
Jul	35,01	99,63	73,20	2,32	16,19	16,57
Ago	41,43	89,22	54,21	2,49	12,03	12,71
Sep	55,68	61,06	46,16	4,34	10,17	11,36
<b>Año</b>	<b>902,90</b>	<b>616,70</b>	<b>523,83</b>	<b>240,82</b>	<b>246,29</b>	<b>384,85</b>

**Tabla 56. Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	83,44	36,29	32,23	12,08	10,32	17,05
Nov	106,10	18,17	17,84	24,19	14,65	27,55
Dic	102,83	13,07	13,07	32,27	20,34	42,95
Ene	88,58	14,62	14,61	33,86	24,73	47,14
Feb	77,06	24,13	24,09	31,83	26,83	44,59
Mar	70,01	40,34	39,96	27,37	26,86	39,86
Abr	92,91	55,07	54,26	31,31	27,40	44,41
May	76,00	74,33	71,80	20,47	25,93	33,96
Jun	47,07	92,21	82,25	6,88	20,52	22,34
Jul	39,80	99,41	74,14	2,71	14,85	15,26
Ago	39,50	88,87	51,06	2,78	11,28	12,36
Sep	49,73	60,67	44,81	3,03	9,28	9,86
<b>Año</b>	<b>873,03</b>	<b>617,18</b>	<b>520,11</b>	<b>228,80</b>	<b>232,98</b>	<b>357,33</b>



**Figura 57. Junta de explotación nº17. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al periodo 1980/81-2005/06)**

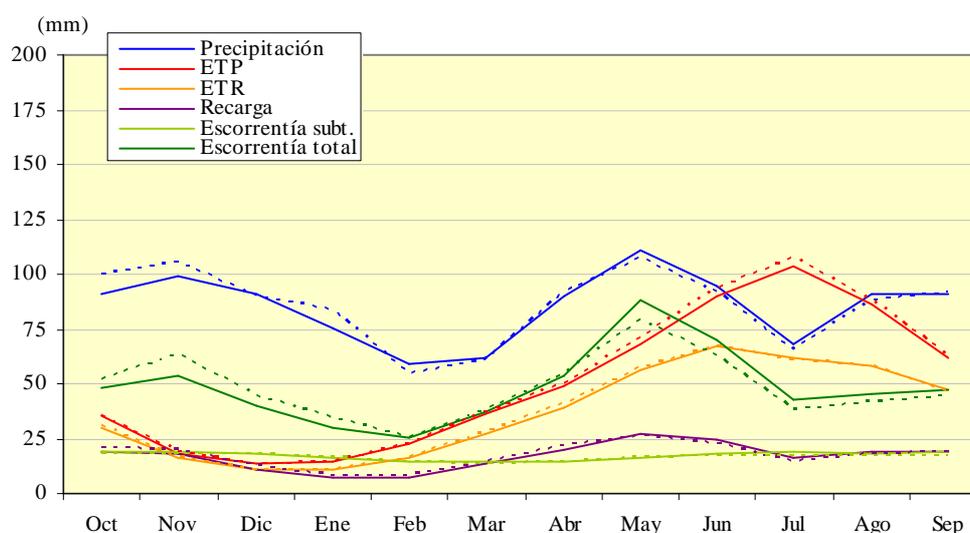
## Garona

**Tabla 57. Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1940/41-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	90,61	35,21	29,88	18,88	18,83	48,41
Nov	98,78	18,54	16,21	17,74	18,79	53,97
Dic	90,91	13,47	11,10	11,19	18,06	39,82
Ene	75,60	14,93	11,29	7,32	16,49	30,09
Feb	59,24	22,28	16,07	7,54	14,81	25,68
Mar	62,02	36,35	27,06	13,50	14,12	37,59
Abr	90,21	48,66	38,87	19,93	14,81	54,07
May	110,87	68,41	56,32	27,39	16,66	87,74
Jun	94,77	89,90	67,14	24,13	18,47	70,22
Jul	68,57	103,88	61,79	16,13	18,70	42,51
Ago	90,84	86,38	58,38	19,20	18,50	45,39
Sep	91,23	62,02	46,84	19,09	18,70	47,00
<b>Año</b>	<b>1.023,65</b>	<b>600,03</b>	<b>440,93</b>	<b>202,04</b>	<b>206,94</b>	<b>582,51</b>

**Tabla 58. Junta de explotación nº17. Promedios mensuales (mm). Serie 1980/81-2005/06**

1940/41 a 2005/06 (mm)	Precipitación	ETP	ETR	Recarga	Escorrentía subt.	Escorrentía total
Oct	100,11	35,30	30,67	20,63	17,92	51,72
Nov	105,02	18,75	16,36	19,70	18,45	63,40
Dic	90,37	13,74	11,35	13,00	18,13	44,86
Ene	83,49	14,87	11,13	7,79	16,77	34,18
Feb	54,93	22,80	16,44	7,89	14,90	25,62
Mar	61,26	37,37	28,03	14,19	13,74	38,35
Abr	91,50	49,56	40,49	21,37	14,30	54,92
May	107,40	70,83	57,06	26,37	16,11	78,72
Jun	91,52	93,66	67,23	22,57	17,64	63,08
Jul	65,62	107,37	60,55	14,64	17,63	38,45
Ago	88,60	88,25	57,98	18,14	17,29	41,79
Sep	91,53	62,47	46,28	18,64	17,52	44,74
<b>Año</b>	<b>1.031,33</b>	<b>614,97</b>	<b>443,56</b>	<b>204,93</b>	<b>200,41</b>	<b>579,83</b>



**Figura 58. Junta de explotación nº17. Evolución media mensual de las principales variables hidrológicas (en discontinuo la correspondiente al periodo 1980/81-2005/06)**

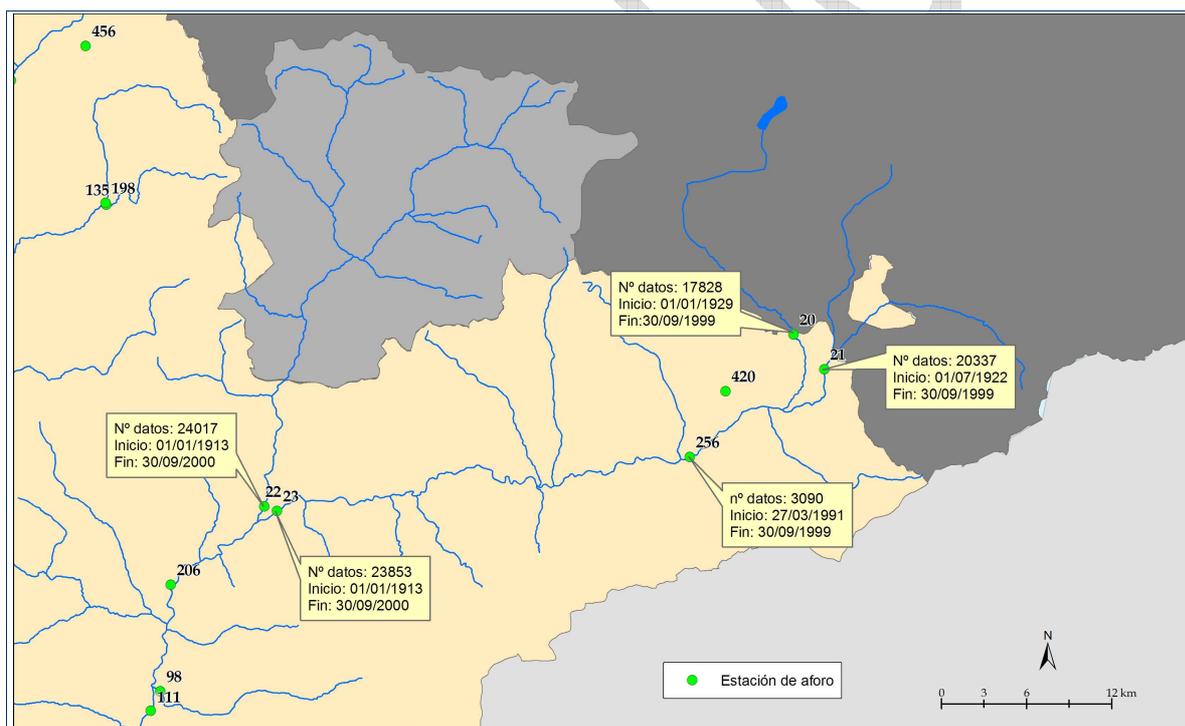
#### 4.4. CONTRASTE DE APORTACIONES Y REGISTROS

##### 4.4.1. CUESTIONES PREVIAS

Las coberturas de variables hidrológicas SIMPA y el modelo de direcciones (suministrado por el CEDEX) empleado para la acumulación de aportaciones presentaban algunas limitaciones:

##### 4.4.1.1. COMPLETADO DE SERIES EN LA PARTE INTERNACIONAL DE LA CUENCA DEL SEGRE

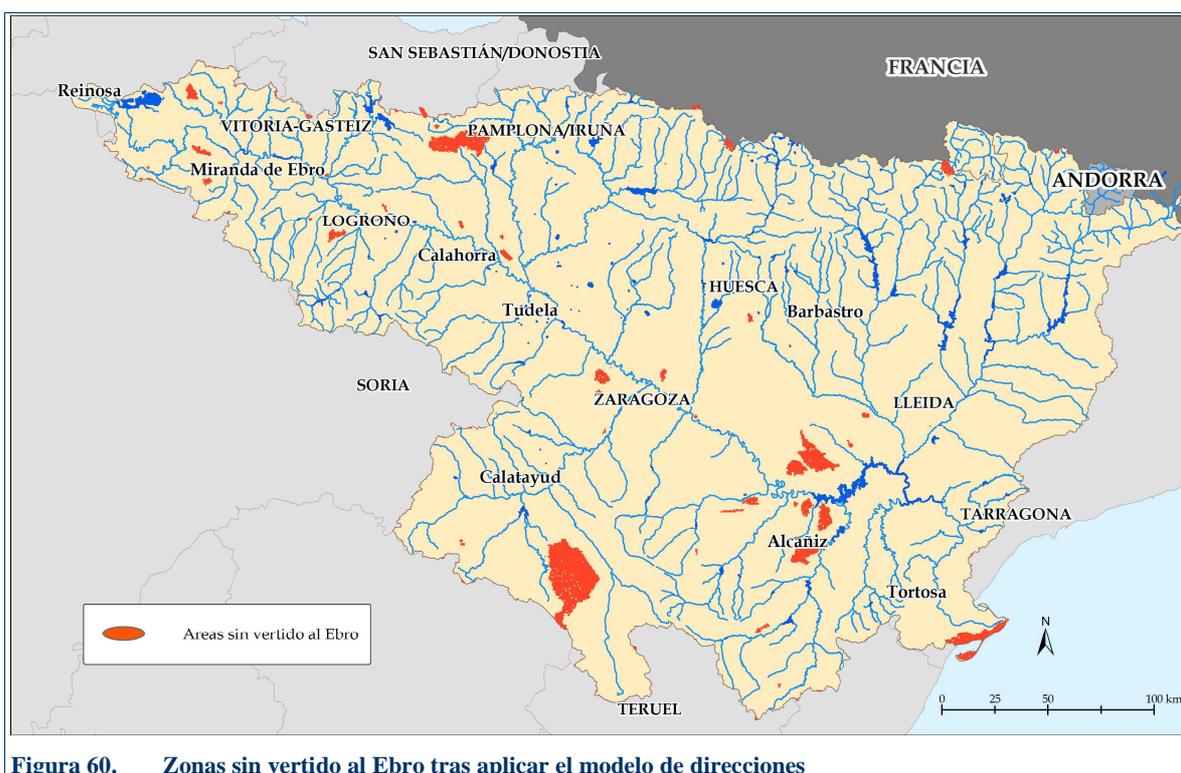
La ausencia de datos de aportaciones procedentes del SIMPA para el territorio de la Demarcación Hidrográfica del Ebro perteneciente a Andorra y a Francia ha hecho necesaria su obtención a partir de otras fuentes. Se han empleado datos de las estaciones de aforo próximas a la frontera que son: EA 20. Carol en Puigcerda, EA 21. Segre en Puigcerda, EA 22. Valira en Seo de Urgell, EA 23. Segre en Seo de Urgell (la serie es corta e incompleta) y EA 256. Segre en Isobol. Para ampliar el periodo de datos de las series de aforo se han incorporado otros obtenidos mediante restitución al régimen natural, si bien no ha sido posible cubrir todo el periodo SIMPA y por lo que se ha abordado un completado de las series.



**Figura 59. Estaciones de aforo empleadas para el completado de series en la parte internacional de la cuenca del Segre**

El completado se ha realizado mediante la aplicación CHAC, desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Ésta ha sido desarrollada en Visual Basic para MS WINDOWS, con subrutinas de cálculo en Fortran 77 y es de libre distribución. Si bien el programa está pensado para el cálculo hidrometeorológico de aportaciones y por tanto, para trabajar principalmente con datos pluviométricos, con las debidas precauciones se ha hecho uso de la aplicación para completar las series de aportación mediante el modelo de regresión bivariado con estacionarización previa mensual del que dispone.

#### 4.4.1.2. DRENAJE DE RECINTOS NO CONECTADOS A LA RED HIDROGRÁFICA



**Figura 60. Zonas sin vertido al Ebro tras aplicar el modelo de direcciones**

Al llevar a cabo el cálculo de aportaciones acumuladas se pudo constatar que una serie de recintos no drenaban a la red hidrográfica (ver Figura 60). Algunas de estos recintos coincidían con zonas endorreicas (caso de las lagunas de Gallocanta y Monegros, por ejemplo), pero en otros casos, sí que se producía un drenaje.

En la se relacionan estos recintos, su aportación media y los puntos en los que se han incorporado al sistema.

**Tabla 59. Drenaje de zonas sin vertido según el modelo de direcciones**

Recinto	Afloramiento (X, Y)	Masa de agua	Río	Escorrentía total (media 1040/41-2005/06)
Urbasa	Manantial Urederra: 570846, 4739676	508	Urederra	110,105
Andia	Manantial de Riezu: 584882, 4735786	557	Inaroz	38,534
Aigualluts	Manantial de Joeu: 803878, 4732303	787	Garona	28,158
Ojo Guareña	El drenaje del cárstico, aguas abajo de Cornejo, entre Hornillayuso y Torme, hacia el río Trema	435	Trema	9,640
Aitzgorri	Manantial de Araia: 556602, 4751054	549	Araquil	9,300
Estarrón	Cabecera del Estarrón	514	Estarron - Aragón	8,847
Larra	Vierte a Francia, como toda la MA subterránea de Larra		Veral y Belagua	4,731
Torca de la Nava	Ebro, embalse de Remolinos	473	Ebro	3,865
Certescans	Cabecera Noguera de Cardos	1041	Noguera de Cardos	2,696
Osma – Omecillo	Manantial de Osma (Omecillo): 459044, 4748796	482	Húmedo	2,054
Moradillo	Cabecera del Moradillo	218	Moradillo	1,949
Tuerto	Río Tuerto	271	Tuerto	1,810

#### 4.4.2. ANÁLISIS DEL GRADO DE ALTERACIÓN EN LAS ESTACIONES DE AFORO

Para conocer el grado de alteración de los aforos registrados se ha contado con un estudio específico de la OPH, resultado de la consulta de toda la información disponible al respecto, básicamente: a) la fecha de construcción de las infraestructuras hidráulicas; b) la puesta en funcionamiento de los principales regadíos de la cuenca; c) las aportaciones estimadas en régimen natural para las estaciones de aforos (series del PH Ebro de 1998); y, sobre todo, d) la observación de los hidrogramas diarios, mensuales y anuales de cada una de las estaciones de aforos. Aunque el resultado de este trabajo tiene un carácter preliminar, constituye una buena base para conocer hasta qué grado la información de cada estación de aforos está afectada por los usos del agua.

El análisis del grado de alteración es especialmente relevante para identificar aquéllas que, por su bajo grado de alteración, pueden servir para validar las series de aportaciones obtenidas mediante el modelo SIMPA (ver Tabla 60).

**Tabla 60. Estaciones de aforo de la CH Ebro con grado de alteración actual despreciable o muy bajo**

Estación de Aforo	Q medio (hm <sup>3</sup> /a)	Q régimen natural (hm <sup>3</sup> /a)	Tipología de la alteración	Clase de alteración		Magnitud alteración	Infraestructura relacionada
				Magnitud	Modulación		
8 Piedra en Nuevalos	53	47				Despreciable	
20 Carol en Puigcerda	106	69	canal en derivación regadíos			Despreciable	Acequia la Solana (10 hm <sup>3</sup> /a)
21 Segre en Puigcerda	109	98				Despreciable	
23 Segre en Seo de Urgell	419	480	regadíos			Despreciable	Consumo de 30 hm <sup>3</sup> /a
30 Guadalope en Santolea-CE	104	110				Despreciable	
31 Bergantes en Zorita	67	126				Despreciable	
33 Alcanadre en Peralta de Alcofea	150	183				Despreciable	
40 Ara en Boltaña	531	467				Despreciable	
43 Linares en San Pedro Manrique	19	25		X	X	Despreciable	
44 Cidacos en Yanguas	52	63				Despreciable	
46 Vero en Lecina de Barcabo	53	41				Despreciable	
47 Isabena en Capella	168	196				Despreciable	
56 Mesa en Jaraba	58	50				Despreciable	
57 Deza en Embid de Ariza	7	13				Despreciable	
58 Jalon en Jubera	22	16				Despreciable	
61 Subordan en Javierregay	377	363				Despreciable	
62 Veral en Binies	131	164				Despreciable	
63 Esca en Sigues	340	369				Despreciable	
64 Salazar en Aspurz	286	290				Despreciable	
65 Irati en Liédena	1.075	1.199				Despreciable	
67 Ulzama en Olave	213	221				Despreciable	
71 Ega en Estella	384	435	regadíos + usos hidroeléctricos	X	X	Despreciable	
78 Cemborain en Garinoain	14	9				Despreciable	Embalse de Mairaga (1991 con 2.3 m <sup>3</sup> /s)
79 Erro en Urroz Villa	171	142				Despreciable	
80 Veral en Zuriza	59	44				Despreciable	
85 Ubagua en Riezu	71					Despreciable	
86 Zidacos en Barasoain	12	16				Despreciable	
88 Fortanete en Pitarque	54	44				Despreciable	

**Tabla 60. Estaciones de aforo de la CH Ebro con grado de alteración actual despreciable o muy bajo**

Estación de Aforo	Q medio (hm <sup>3</sup> /a)	Q régimen natural (hm <sup>3</sup> /a)	Tipología de la alteración	Clase de alteración		Magnitud alteración	Infraestructura relacionada
				Magnitud	Modulación		
91 Alcanadre en Lascellas	135	142				Despreciable	
93 Oca en Oña	156	148				Despreciable	
100 Guadalopillo en Berge	5	9				Despreciable	
110 Pena en Beceite	4	9				Despreciable	
113 Figuerales en Valderrobres	2	1				Despreciable	
127 Martin en Alcaine	30	44				Despreciable	
135 Tor en Alins	42	28				Despreciable	
148 Sellent en Coll de Nargo	17	22				Despreciable	
150 Salado en Estenoz	7	13				Despreciable	
151 Ubagua en Muez	90	44				Despreciable	
153 Algas en Horta de San Juan	26	13				Despreciable	
154 Tastavins en Peñarroya	8	16				Despreciable	
155 Arba de Luesia en Biota	18	28				Despreciable	
157 Glera u Oja en Azarrulla	67	57				Despreciable	
158 Tiron en San Miguel de Pedroso	88	95				Despreciable	
170 Aragon en Yesa-CE	928	1.022				Despreciable	
177 Algas en Batea	19	35				Despreciable	
178 Ebro en Reinosa	65	13				Despreciable	
190 Flumen en Quicena	23	57				Despreciable	
197 Leza en Leza del rio Leza	57	57				Despreciable	
203 Hajar en Reinosa	98	144				Despreciable	
221 Subialde en Larrinoa	19	25				Despreciable	
234 Subordan en Oza	107	82				Despreciable	
236 Aranda en Maidevera-CE	10	13				Despreciable	
253 Cidacos en Arnedillo	47	79				Despreciable	
255 Soton en Ortila	19	25				Despreciable	
256 Segre en Isobol	276	252				Despreciable	
257 Susia en Escanilla	19					Despreciable	
259 Salazar en Izalzu	44	44				Despreciable	
261 Isuela en Trasobares	16	16				Despreciable	
267 Flamisell en Capdella	56	63				Despreciable	
268 Esca en Isaba	85					Despreciable	
269 Osia en Aragues del Puerto	45	79				Despreciable	
3 Ega en Andosilla	429	492	regadíos + usos hidroeléctricos	X	X	Muy baja	Consumos cuenca 22 hm <sup>3</sup> /a
4 Arga en Funes	1.621	1.695	regadíos	X	X	Muy baja	
6 Ega en Marañón	23	32	regadíos			Muy baja	
7 Jalon en Cetina	80	98	regadíos			Muy baja	
41 Pancrudo en Navarrete	18	28	regadíos			Muy baja	regadíos tradicionales
50 Tiron en Cuzcurrita	157	142	regadíos			Muy baja	
69 Arga en Echauri	1.334	1.502				Muy baja	
70 Urederra en Eraul	221	214	usos hidroeléctricos		X	Muy baja	CH San Fausto (1929 con 4.5 m <sup>3</sup> /s)
75 Ayuda en Berantevilla	97	91	regadíos			Muy baja	Regadíos tradicionales (4 hm <sup>3</sup> /a)
95 Vero en Barbastro	66	76	regadíos			Muy baja	

**Tabla 60. Estaciones de aforo de la CH Ebro con grado de alteración actual despreciable o muy bajo**

Estación de Aforo	Q medio (hm <sup>3</sup> /a)	Q régimen natural (hm <sup>3</sup> /a)	Tipología de la alteración	Clase de alteración		Magnitud alteración	Infraestructura relacionada
				Magnitud	Modulación		
111 Segre en Orgaña	885	950	usos hidroeléctricos + regadíos			Muy baja	
120 Ebro en Mendavia	3.386	4.136	embalse regadíos + usos hidroeléctricos + regadíos	X	X	Muy baja	Embalse del Ebro (1945 con 540 hm <sup>3</sup> )
123 Gallego en Anzanigo	838	830	usos hidroeléctricos		X	Muy baja	Regulación hidroeléctrica cabecera
129 Ortiz en Tranquera	4	6	regadíos	X	X	Muy baja	Demanda de regadío (0.5 hm <sup>3</sup> /a)
149 Ebro en El Cortijo	3.152	4.136	embalse regadíos + regadíos + usos hidroeléctricos	X	X	Muy baja	Regulación y usos cabecera Ebro
165 Bayas en Miranda	189	164	regadíos	X	X	Muy baja	Regadíos tradicionales cuenca
167 Blanco en Barrio Blanco	11	9	usos hidroeléctricos		X	Muy baja	CH río Blanco (1950 a 0.55 m <sup>3</sup> /s) + CH Chorroneja (0.6 m <sup>3</sup> /s)
187 Arba de Biel en Erla	17	41	regadíos + retorno regadíos			Muy baja	Retornos Canal de Bárdenas
189 Oroncillo en Oron	31	19	regadíos			Muy baja	Consumo total: 1 hm <sup>3</sup> /a
215 Huerva en Cerveruela	14	19	regadíos			Muy baja	Consumo total: 1.6 hm <sup>3</sup> /a
254 Trueba en Medina de Pomar	168	237	Canal en derivación urbano	X	X	Muy baja	Trasvase Cerneja-Ordunte (100 l/s)

También se han contrastado las series SIMPA con los registros de entrada a embalse, cuando la alteración del régimen aguas arriba es despreciable.

#### 4.4.3. ANÁLISIS DEL AJUSTE DE LAS SERIES SIMPA A LOS CAUDALES AFORADOS

Posteriormente, se llevó a cabo un contraste de las aportaciones SIMPA con los registros de las estaciones de aforo no alteradas, series de entradas a embalse (también en régimen no alterado) y con las series hidrológicas del plan anterior. También se realizó un contraste ulterior con la evaluación de la recarga por infiltración basado en el método del número de curva que se explica más adelante (aguas subterráneas).

Los resultados de este análisis (ver Tabla 61), con el aval del criterio experto de los técnicos de la OPH, han aconsejado una corrección de las series SIMPA en algunos puntos de la red, fundamentalmente en aquellos para los que se disponía de buenos registros de control.

**Tabla 61. Comparación de estadísticos de series SIMPA y registros**

Nombre	Serie Aforo					Serie SIMPA					Aforo - SIMPA	
	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrelación	Número de datos	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrelación	Número de datos	Error medio absoluto	Error medio relativo
Entradas al embalse del Ebro	333,580	101,642	0,607	0,388	54	181,909	48,872	0,171	0,194	66	152,486	-43,9%
Oca en Oña (EA9093)	151,744	70,255	0,578	0,303	44	152,181	80,368	0,738	0,212	66	36,762	21,0%
Nela en Trespaderne (EA9092)	526,556	201,732	-0,366	0,097	32	341,875	100,324	0,071	0,090	66	211,605	-37,0%
Jerea en Palazuelos (EA9166)	187,807	73,791	0,344	0,109	24	81,344	28,206	0,158	0,129	66	102,671	-51,9%
Ebro en Palazuelos (EA9161)	1.492,590	434,115	0,439	0,172	30	1.137,072	350,775	0,381	0,075	66	346,899	-23,1%

**Tabla 61. Comparación de estadísticos de series SIMPA y registros**

Nombre	Serie Aforo					Serie SIMPA					Aforo - SIMPA	
	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrelación	Número de datos	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrelación	Número de datos	Error medio absoluto	Error medio relativo
Omeçillo en Bergueda (EA9188)	79,968	32,374	0,218	-0,037	20	117,594	39,297	0,438	0,136	66	31,320	39,7%
Oroncillo en Orón (EA9189)	30,208	15,809	1,090	0,227	30	24,672	13,119	0,774	0,285	66	6,124	1,5%
Ebro en Miranda (EA9001)	1.565,762	600,104	0,361	0,385	63	1.350,953	419,721	0,401	0,086	66	396,721	-20,7%
Bayas en Miranda (EA9165)	187,036	63,437	0,661	0,309	25	131,957	40,694	0,207	0,081	66	62,257	-29,5%
Entradas al embalse de Ullibarri	161,474	48,375	-0,008	-0,067	30	112,378	30,753	0,010	0,137	66	46,776	-27,0%
Entradas al embalse de Urrunaga	115,344	33,727	0,143	-0,264	30	69,476	22,017	0,077	0,190	66	47,230	-40,0%
Glera en Azarrulla (EA9157)	67,568	29,418	1,589	0,254	28	53,882	14,773	0,926	-0,017	66	17,530	-6,0%
Tirón en San Miguel Pedroso (EA9158)	91,404	35,622	-0,107	-0,165	29	108,683	34,973	0,131	0,282	66	30,728	44,1%
Entradas al embalse de Mansilla	173,603	78,250	0,689	0,197	40	149,343	43,809	0,408	-0,024	66	40,514	-6,2%
Entradas al embalse de Pajares	43,506	14,955	0,400	0,299	8	24,195	9,947	0,675	0,025	66	16,957	-40,3%
Entradas al embalse de González Lacasa	17,978	6,391	-0,247	-0,939	5	13,383	4,026	0,446	0,089	66	6,033	-22,6%
Leza en Leza del río Leza (EA9197)	51,417	36,077	1,457	0,546	29	58,177	23,316	0,904	0,069	66	27,740	50,9%
Urederra en Eraul (EA9070)	222,769	69,213	-0,019	0,068	29	200,690	75,106	0,691	0,572	66	51,974	10,3%
Ega en Estella (EA9071)	392,017	154,557	0,913	0,333	58	399,306	126,839	0,457	0,249	66	68,297	6,8%
Cidacos en Yanguas (EA9044)	53,599	29,624	1,062	0,252	57	53,631	22,675	0,828	0,061	66	17,306	21,5%
Entradas al embalse de Yesa	1.406,723	392,673	0,041	0,373	40	1.379,473	328,182	0,212	0,092	66	136,388	5,4%
Irati en Liédena (EA9065)	1.065,009	374,370	1,007	0,565	58	1.107,239	262,289	0,071	0,187	66	195,750	9,3%
Arga en Funes (EA9004)	1.613,479	499,796	-0,122	0,413	52	1.380,563	362,111	0,395	0,137	66	257,270	-9,8%
Linares en Igea (EA9139)	38,124	28,044	1,118	0,204	43	65,930	28,635	1,047	0,103	66	36,320	195,2%
Alhama en Aguilar (EA9140)	40,631	27,379	1,123	0,008	16	34,832	16,548	1,368	0,006	66	17,840	14,8%
Añamaza en Dévanos (EA 9049)	6,568	4,630	1,739	0,373	48	8,176	6,122	2,175	-0,020	66	3,845	49,7%
Queiles en Los Fayos (EA9174)	16,306	9,620	2,104	0,188	11	16,671	9,300	1,656	-0,006	66	4,574	22,5%
Barranco Val en Los Fayos (EA9090)	6,223	2,476	1,130	0,191	44	12,797	7,157	1,697	-0,002	66	5,923	101,0%
Arba de Riguel en Sádaba (EA9186)	11,395	6,858	0,663	-0,114	27	30,019	18,659	0,761	0,143	66	20,168	253,2%
Arba de Luesia en Biota (EA9155)	18,329	12,953	1,754	0,218	35	28,363	12,525	0,743	0,003	66	17,362	145,2%
Arba de Biel en Erla (EA9187)	19,610	12,989	0,853	-0,185	24	41,995	24,675	0,897	0,003	66	25,344	158,7%
Jalón en Jubera (EA9042)	22,493	11,964	0,877	0,425	55	12,229	5,740	0,766	0,286	66	10,445	-39,3%
Jiloca en Calamocha (EA9058)	99,546	72,781	1,592	0,862	54	58,385	25,081	1,308	0,304	66	53,238	-20,7%
Entradas al embalse de La Tranquera	110,237	39,814	0,667	0,693	40	76,851	31,163	0,625	0,435	66	31,760	-29,0%
Pancrudo en Navarrete (EA9041)	16,889	12,537	0,659	0,595	56	17,919	9,862	1,575	0,118	66	8,440	74,9%
Entradas al embalse de Maidevera	13,139	9,196	1,334	0,189	19	5,424	3,145	2,207	0,148	66	7,290	-55,0%
Entradas al embalse de las Torcas	29,138	20,771	0,978	0,249	54	26,978	12,460	1,344	0,046	66	10,369	19,7%
Entradas al embalse de Búbal	404,123	95,409	0,177	0,001	31	368,674	88,794	0,082	0,178	66	53,781	-11,4%

**Tabla 61. Comparación de estadísticos de series SIMPA y registros**

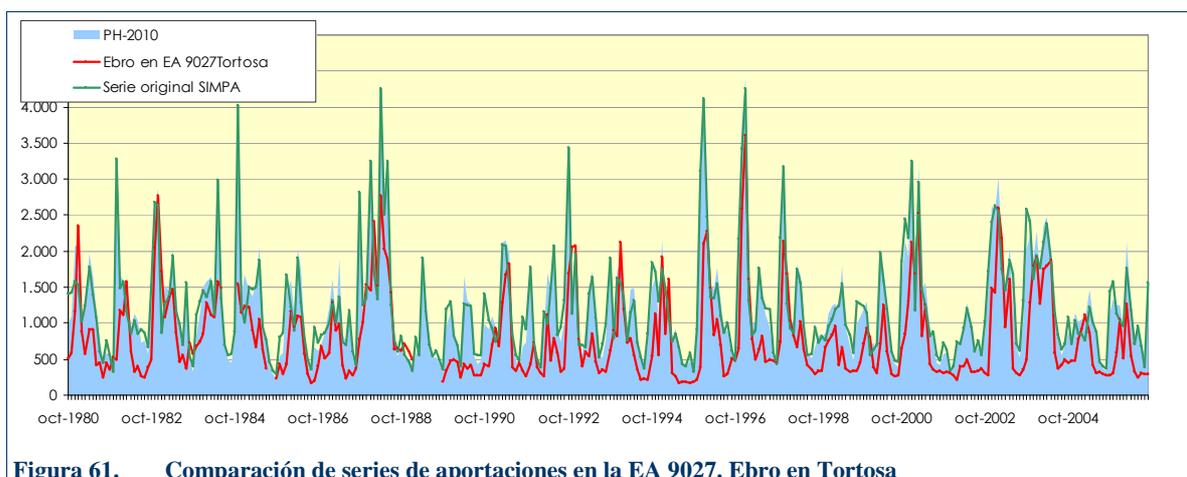
Nombre	Serie Aforo					Serie SIMPA					Aforo - SIMPA	
	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrección	Número de datos	Media (hm <sup>3</sup> /año)	Desviación típica (hm <sup>3</sup> /año)	Coefficiente de asimetría	Coefficiente de autocorrección	Número de datos	Error medio absoluto	Error medio relativo
Flumen en Quicena (EA 9190)	23,759	16,299	0,904	0,070	23	45,147	20,848	0,647	0,062	66	20,390	148,7%
Guatizalema en Peralta de Alcofea (EA 9032)	41,652	35,255	1,365	0,634	49	53,427	25,935	1,041	0,084	66	22,161	104,4%
Entradas al embalse de El Grado	1.369,739	376,434	0,177	0,051	38	1.246,561	382,384	0,284	0,218	66	166,231	-11,4%
Alcanadre en Lascellas (EA 9091)	140,036	70,638	1,104	0,228	46	139,999	57,722	0,467	0,090	66	24,584	9,2%
Entradas al embalse de Barasona	761,676	281,491	0,880	0,363	58	688,048	213,996	0,479	0,161	66	111,800	-8,2%
Aguasvivas en Moneva (CE) [EA9138]	4,383	4,951	1,600	0,297	40	11,500	6,574	1,917	0,066	66	6,877	1014,8%
Aguasvivas en Blesa (EA9122)	5,566	8,781	2,655	0,703	52	6,987	3,959	1,662	0,078	66	5,976	561,6%
Martín en Híjar (EA9014)	22,465	15,641	3,939	0,264	44	53,411	32,342	2,317	0,084	66	27,123	143,1%
Entradas al embalse de la Cueva Foradada	32,141	24,867	2,749	0,459	39	33,146	19,755	2,212	0,120	66	10,354	10,8%
Entradas al embalse de Santolea	40,738	16,482	1,082	0,331	48	92,863	41,831	1,024	0,156	66	49,939	128,5%
Bergantes en Zorita (EA9031)	63,515	53,300	1,334	0,334	34	104,466	56,261	1,133	-0,065	66	52,234	152,1%
Guadalopillo en Berge (EA9100)	5,139	3,568	1,630	0,240	46	7,145	2,818	0,986	0,157	66	2,645	70,5%
Entradas al embalse de Terradets	1.095,816	326,164	0,212	0,373	51	1.155,415	289,580	0,003	0,110	66	143,793	8,5%
Entradas al embalse de Santa Ana	638,028	163,622	0,114	0,379	39	658,866	175,787	0,147	0,166	66	99,782	8,4%
Entradas al embalse de Rialb	907,120	270,174	-0,227	-0,063	5	1.042,829	318,159	0,321	0,210	66	20,224	1,5%
Algas en Horta de San Juan (EA9153)	40,021	43,176	2,727	0,473	33	15,305	9,459	0,929	-0,010	66	23,468	-43,6%
Pena en Beceite (EA9110)	4,482	3,698	1,428	0,044	54	11,005	6,281	0,743	0,063	66	5,868	232,0%
Entradas al embalse de Ciurana	6,492	5,399	2,246	0,184	32	4,266	2,685	1,604	0,032	66	2,267	-14,6%
Entradas al embalse de Guiamets	2,079	1,661	0,718	0,417	11	5,077	3,033	2,225	0,176	66	2,484	310,7%

#### 4.4.4. CONSTRUCCIÓN DE LAS SERIES CORREGIDAS

En la construcción de las series corregidas se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- En el caso de que haya datos de aforo, se da validez a éstos, rellenando las series, en caso necesario, a partir de los valores del SIMPA, corrigiendo la desviación de ésta mediante coeficientes de paso mensuales.
- Se ha evaluado la coherencia en la evolución temporal de las variables hidrológicas, asegurando que las nuevas series mantengan un comportamiento semejante a la original SIMPA, al menos en términos, de la variación entre los periodos 1940/41 – 2005/06 y 1980/81 – 2005/06.
- En los afluentes del Ebro, se han contrastado, en su caso, los registros de aforo de salida con los resultados de la modelización en situación actual. Con base en estos análisis, ocasionalmente, se han afectado las series por un coeficiente de cierre de balance. (ver Anejo VI. Asignación y reservas de recursos a usos)

- Se ha comprobado la coherencia de los resultados obtenidos con los caudales aforados en estaciones clave del eje del Ebro.



**Figura 61. Comparación de series de aportaciones en la EA 9027. Ebro en Tortosa**

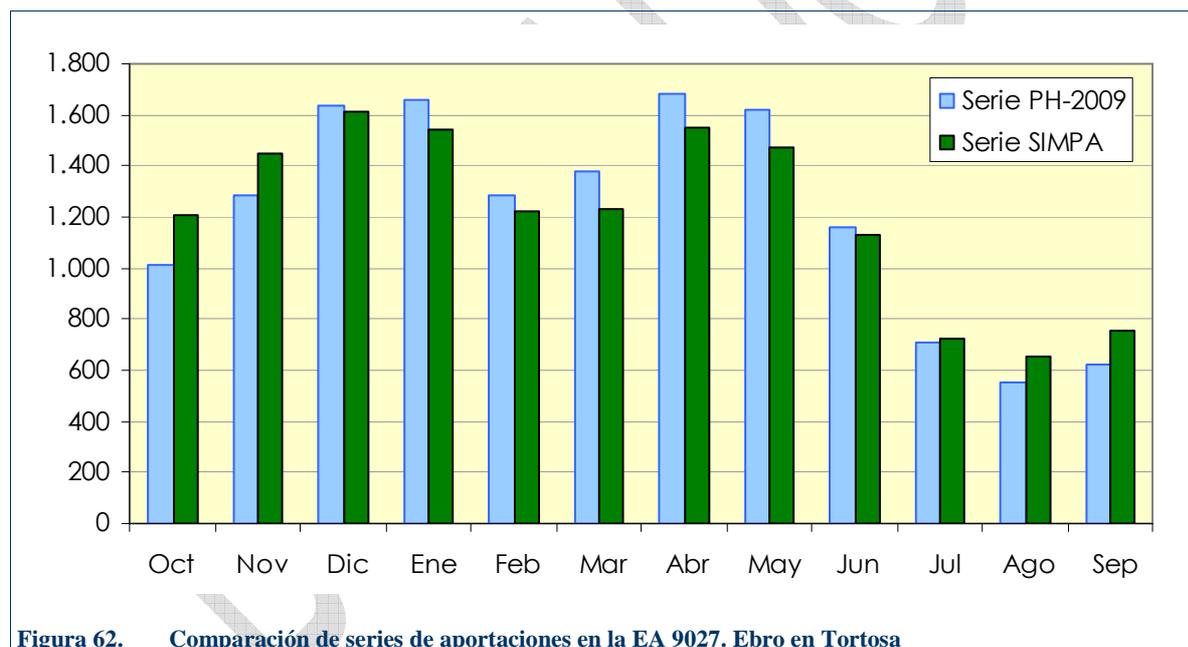
Como resultado de este proceso, se han elaborado las series que se presentan en Apéndice del presente Anejo. A modo de resumen, en la Tabla 62 se presentan las aportaciones mensuales en los principales afluentes del Ebro y en en diversas estaciones de aforo en el eje del Ebro.

Cuenca de aportación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Embalse del Ebro	12,63	20,89	39,86	39,76	33,73	40,46	35,81	23,96	9,75	8,18	8,87	7,63	<b>281,54</b>
Rudrón	2,24	4,86	8,34	10,79	10,45	8,91	11,21	8,31	5,00	2,67	1,70	1,27	<b>75,75</b>
Oca	4,27	7,19	13,28	16,90	14,02	15,30	18,86	12,85	9,29	5,72	4,55	3,20	<b>125,42</b>
Nela	19,64	32,77	73,24	80,21	59,94	70,51	69,86	41,21	17,60	9,91	8,07	6,88	<b>489,86</b>
Jerea	5,58	12,31	20,07	23,80	18,70	17,97	18,71	10,46	5,14	1,94	1,92	1,19	<b>137,78</b>
Molinar	0,47	0,65	0,76	0,91	0,98	0,84	1,14	0,76	0,61	0,51	0,49	0,38	<b>8,50</b>
Ebro en Palazuelos	51,54	89,38	171,58	192,02	157,61	171,17	175,58	113,23	57,98	36,38	31,52	25,29	<b>1.273,29</b>
Purón	0,61	1,14	1,51	1,83	2,05	1,68	1,83	1,41	0,92	0,52	0,48	0,31	<b>14,30</b>
Omecillo	3,29	6,87	11,45	13,24	11,76	11,83	9,25	5,54	2,36	1,73	1,60	1,70	<b>80,62</b>
Oroncillo	1,06	1,39	2,46	3,31	3,45	4,07	4,08	2,27	1,70	1,17	0,93	0,84	<b>26,74</b>
Ebro en Miranda	57,77	100,78	189,59	213,58	178,36	191,94	194,65	125,21	64,97	41,14	35,74	29,02	<b>1.422,73</b>
Bayas	6,93	14,56	25,62	28,64	21,07	22,28	28,68	13,98	4,65	2,66	3,25	1,39	<b>173,73</b>
Zadorra	26,05	46,03	77,71	84,02	72,52	68,64	74,87	49,71	26,76	16,65	14,06	12,23	<b>569,23</b>
Inglares	1,28	2,51	3,46	3,74	3,28	2,80	3,21	2,34	1,37	0,66	0,42	0,41	<b>25,49</b>
Tirón	16,39	28,05	40,46	40,06	33,24	37,66	50,26	44,59	20,74	9,12	8,30	5,60	<b>334,48</b>
Najerilla	21,33	35,19	48,78	44,41	32,40	36,83	43,17	37,02	17,42	10,42	10,08	9,11	<b>346,17</b>
Iregua	10,17	17,92	23,01	20,93	16,68	18,41	21,23	21,01	11,66	6,79	5,51	4,64	<b>177,97</b>
Leza	1,63	2,33	4,82	6,14	5,79	7,85	10,78	12,30	8,47	3,98	2,31	2,01	<b>68,41</b>
Linares	1,73	2,89	3,88	4,25	3,67	2,99	3,93	2,11	1,23	0,49	0,40	0,54	<b>28,10</b>
Ega	12,19	28,13	49,19	52,03	56,18	45,08	46,60	31,63	17,19	9,86	8,81	5,17	<b>362,06</b>
Cidacos	1,79	3,85	6,74	7,76	6,39	7,83	9,93	8,29	5,12	1,94	1,03	1,03	<b>61,70</b>
Arga	68,51	106,96	182,81	185,40	157,44	154,80	169,95	95,78	46,84	34,00	32,02	33,93	<b>1.268,45</b>
Aragón	231,43	327,73	513,16	482,33	400,67	401,95	473,72	328,31	178,49	103,60	79,23	98,29	<b>3.618,93</b>
Alhama	3,60	6,08	8,86	10,49	8,66	7,92	12,36	11,17	8,65	3,49	2,22	2,16	<b>85,65</b>
Ebro en Castejón	397,59	623,54	1.005,18	1.011,09	849,67	862,14	988,39	698,90	375,11	215,32	175,25	175,13	<b>7.377,29</b>
Queiles	2,04	3,25	3,47	4,15	3,70	3,69	6,97	4,63	3,96	2,70	2,14	2,69	<b>43,38</b>
Huecha	1,59	1,88	2,05	2,45	1,99	1,59	2,98	2,86	2,04	1,37	1,05	1,56	<b>23,41</b>
Arba de Luesia	15,82	15,73	19,41	21,15	17,88	15,35	20,08	13,76	8,03	1,92	2,63	8,07	<b>159,84</b>
Jalón	34,27	35,90	38,57	43,43	37,77	37,24	46,27	48,66	43,58	31,59	29,28	31,06	<b>457,62</b>
Huerva	1,55	1,49	2,55	4,16	3,18	3,46	4,75	5,37	3,95	2,96	2,48	1,89	<b>37,79</b>
Gállego	95,01	106,95	108,44	96,61	67,39	78,56	96,68	113,77	90,25	57,98	43,53	52,89	<b>1.008,06</b>
Ebro en Zaragoza	453,62	683,01	1.071,16	1.085,74	913,85	922,74	1.069,45	772,34	435,28	254,32	211,66	221,95	<b>8.095,11</b>

**Tabla 62. Aportaciones medias mensuales en regimen natural en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm<sup>3</sup>) [1980/81-2005/06]**

Cuenca de aportación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Aguasvivas	2,57	2,43	2,72	3,48	2,95	2,43	3,21	4,46	3,18	2,35	2,37	2,23	<b>34,39</b>
Martín	4,50	3,91	3,71	4,91	3,46	3,71	5,37	7,52	5,57	3,71	3,81	3,77	<b>53,94</b>
Regallo	0,67	0,34	0,34	0,62	0,25	0,25	0,73	0,78	0,60	0,26	0,29	0,31	<b>5,45</b>
Guadalope	19,26	10,87	9,48	12,09	8,85	10,70	14,29	17,05	12,39	9,02	8,58	8,20	<b>140,77</b>
Segre (inc. Cinca y Nogueras)	402,75	450,73	416,59	421,61	266,45	332,57	461,06	665,88	592,97	365,81	275,26	316,17	<b>4.967,84</b>
Cinca	206,01	212,34	193,79	188,16	120,90	143,25	208,22	303,44	264,49	137,36	85,53	125,12	<b>2.188,61</b>
Esera	54,29	56,86	50,12	45,20	30,12	38,56	59,33	93,81	90,12	48,38	28,37	39,77	<b>634,92</b>
Noguera Ribagorzana	36,27	36,49	38,21	40,65	30,21	33,39	46,67	56,49	64,26	69,00	60,17	57,14	<b>568,96</b>
Noguera Pallaresa	73,86	93,65	90,24	96,61	55,28	69,74	87,48	119,86	133,69	93,12	71,30	70,99	<b>1.055,82</b>
Matarraña	14,33	10,63	8,16	10,75	8,77	10,12	12,69	14,56	7,79	3,47	2,30	2,93	<b>106,49</b>
Ciurana	6,55	4,20	4,22	4,99	2,94	3,54	3,79	4,34	2,94	1,52	1,32	2,23	<b>42,57</b>
<b>Ebro en Tortosa</b>	<b>1.011,69</b>	<b>1.283,39</b>	<b>1.635,04</b>	<b>1.655,78</b>	<b>1.284,21</b>	<b>1.374,41</b>	<b>1.680,29</b>	<b>1.615,31</b>	<b>1.161,17</b>	<b>705,39</b>	<b>555,09</b>	<b>617,92</b>	<b>14.579,69</b>
<b>Ebro (desembocadura)</b>	<b>1.015,84</b>	<b>1.288,05</b>	<b>1.639,48</b>	<b>1.660,30</b>	<b>1.288,09</b>	<b>1.377,97</b>	<b>1.684,31</b>	<b>1.619,62</b>	<b>1.164,60</b>	<b>707,94</b>	<b>557,11</b>	<b>619,97</b>	<b>14.623,29</b>
<b>Ebro (serie SIMPA)</b>	<b>1.209,71</b>	<b>1.447,95</b>	<b>1.610,58</b>	<b>1.542,94</b>	<b>1.226,47</b>	<b>1.227,64</b>	<b>1.547,46</b>	<b>1.470,32</b>	<b>1.131,62</b>	<b>727,57</b>	<b>654,52</b>	<b>757,92</b>	<b>14.554,71</b>
<b>Garona parte española</b>	<b>55,76</b>	<b>58,50</b>	<b>50,34</b>	<b>46,50</b>	<b>30,59</b>	<b>34,12</b>	<b>50,97</b>	<b>59,82</b>	<b>50,97</b>	<b>36,55</b>	<b>49,35</b>	<b>50,98</b>	<b>574,45</b>

Como se aprecia el resultado para el conjunto de la cuenca del Ebro es muy similar en términos anuales, aunque con ciertas diferencias en la distribución estacional. Así, tanto el máximo primaveral como el estiaje son más acusados en la serie corregida.



**Figura 62. Comparación de series de aportaciones en la EA 9027. Ebro en Tortosa**

Con todo esto, la aportación total de la red fluvial de la cuenca hidrográfica del Ebro es de unos 172 mm/año (del orden de un 28 % de los 615 mm/año de precipitación total), de los que, de acuerdo a los resultados del modelo SIMPA, aproximadamente un 49% proviene de la escorrentía superficial directa, y el restante 51% de la escorrentía subterránea. En la cuenca del Garona, la escorrentía total promedia 580 mm anuales, lo que representa un 56% de la precipitación media.

Dentro de la distribución temporal intraanual y para el conjunto de la cuenca, los valores máximos del orden de los 18 mm/mes se producen en los meses de diciembre, enero y abril, y los valores mínimos, inferiores a 8 mm/mes, en agosto.

En la Tabla 63 se ofrecen algunos estadísticos representativos de las series de aportaciones.

**Tabla 63. Estadísticos representativos de las aportaciones en régimen natural en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm<sup>3</sup>)**

Cuenca de aportación	Media serie larga	Media serie corta	Variación series	[1980/81-2005/06]							Máximo	Desv. típica	Coef. variación	Coef. Sesgo
				Mínimo	Percentil 11%	Percentil 15%	Percentil 10%	Percentil 25%	Percentil 50%					
Embalse del Ebro	341,40	281,54	-17,5%	137,78	151,99	194,82	195,93	232,95	270,54	410,89	73,03	0,259	0,184	
Rudrón	82,08	75,75	-7,7%	19,50	20,77	26,06	32,90	50,74	71,08	139,95	35,10	0,463	0,320	
Oca	137,29	125,42	-8,6%	43,00	43,85	47,74	59,01	90,95	114,45	209,83	50,22	0,400	0,023	
Nela	546,23	489,86	-10,3%	205,19	206,01	219,35	268,52	413,58	485,45	817,38	158,76	0,324	0,132	
Jerea	163,78	137,78	-15,9%	50,95	54,61	66,39	69,30	117,23	143,26	208,34	42,68	0,310	-0,455	
Molinar	9,10	8,50	-6,5%	4,64	4,83	5,40	5,50	6,21	8,08	16,35	2,79	0,328	0,984	
Ebro en Palazuelos	1.448,62	1.273,29	-12,1%	552,06	570,21	666,71	801,00	1.094,80	1.280,03	1.970,02	369,00	0,290	-0,061	
Purón	16,17	14,30	-11,6%	5,92	6,26	7,28	7,47	11,00	13,53	25,00	5,35	0,374	0,599	
Omecillo	89,80	80,62	-10,2%	32,59	32,81	33,53	34,74	63,25	80,26	145,80	30,51	0,378	0,241	
Oroncillo	27,03	26,74	-1,1%	4,89	5,69	8,61	11,09	18,64	26,65	51,00	12,00	0,449	0,157	
Ebro en Miranda	1.613,17	1.422,73	-11,8%	618,31	636,65	731,96	865,57	1.238,44	1.427,08	2.185,69	411,48	0,289	-0,111	
Bayas	198,92	173,73	-12,7%	74,56	76,80	87,60	104,10	127,28	160,67	354,90	66,03	0,380	0,926	
Zadorra	604,29	569,23	-5,8%	236,56	245,45	275,53	339,41	457,33	580,12	871,16	173,54	0,305	-0,140	
Inglares	26,50	25,49	-3,8%	11,79	12,13	13,15	14,46	19,29	27,68	39,74	7,54	0,296	-0,285	
Tirón	348,31	334,48	-4,0%	110,84	130,57	189,88	204,10	247,46	350,65	598,31	111,61	0,334	0,165	
Najerilla	376,04	346,17	-7,9%	158,42	165,09	189,07	218,44	283,30	323,68	582,27	111,34	0,322	0,463	
Iregua	180,14	177,97	-1,2%	93,74	93,94	96,72	110,26	132,42	170,17	309,15	60,55	0,340	0,562	
Leza	74,99	68,41	-8,8%	20,07	20,34	22,22	25,70	40,53	52,52	235,88	50,91	0,744	2,013	
Linares	28,69	28,10	-2,1%	7,80	8,50	10,93	11,99	13,81	28,49	68,18	15,56	0,554	0,826	
Ega	436,86	362,06	-17,1%	153,77	159,62	182,12	215,86	283,85	370,82	656,58	118,77	0,328	0,400	
Cidacos	72,92	61,70	-15,4%	17,37	18,15	21,51	25,60	30,45	52,15	181,42	41,65	0,675	1,568	
Arga	1.572,44	1.268,45	-19,3%	511,40	533,73	627,18	763,65	1.099,80	1.211,20	1.879,20	363,73	0,287	-0,250	
Aragón	4.202,81	3.618,93	-13,9%	1.653,06	1.703,56	1.858,81	2.261,93	3.034,21	3.516,83	5.283,95	1.012,02	0,280	-0,186	
Alhama	94,58	85,65	-9,4%	37,18	37,33	38,18	40,21	43,56	61,63	276,91	62,89	0,734	1,924	
Ebro en Castejón	8.367,98	7.377,29	-11,8%	3.553,97	3.594,89	3.899,21	5.067,59	6.331,23	7.228,69	11.371,62	1.982,12	0,269	0,007	
Queiles	45,37	43,38	-4,4%	21,50	21,52	21,68	22,30	23,90	28,55	170,82	37,74	0,870	2,709	
Huecha	24,88	23,41	-5,9%	10,59	10,64	10,86	11,16	12,20	14,71	83,93	19,52	0,834	2,144	
Arba de Luesia	175,57	159,84	-9,0%	35,80	35,93	37,31	53,21	72,53	120,63	418,96	118,20	0,739	1,171	
Jalón	509,23	457,62	-10,1%	230,31	234,94	249,48	257,44	306,28	390,48	1.209,62	238,81	0,522	1,823	
Huerva	41,55	37,79	-9,0%	17,64	17,73	18,19	20,38	24,76	30,54	102,18	22,78	0,603	1,807	
Gállego	1.077,71	1.008,06	-6,5%	480,78	497,96	551,49	646,98	773,59	942,10	1.692,99	327,90	0,325	0,545	
Ebro en Zaragoza	9.163,91	8.095,11	-11,7%	3.912,23	4.039,70	4.567,44	5.579,24	6.744,41	7.936,75	13.380,37	2.260,54	0,279	0,332	
Aguasvivas	37,70	34,39	-8,8%	17,40	17,55	18,80	21,27	23,12	25,76	88,44	20,45	0,595	1,872	
Martín	65,44	53,94	-17,6%	27,70	28,09	29,63	30,78	36,36	46,65	133,35	28,00	0,519	1,749	
Regallo	7,55	5,45	-27,8%	1,89	1,95	2,13	2,14	2,41	3,75	25,58	5,18	0,950	2,778	
Guadalope	160,24	140,77	-12,1%	55,31	55,95	60,08	68,31	84,34	123,46	281,87	69,35	0,493	0,655	
Segre (inc. Cinca y Nogueras)	5.572,99	4.967,84	-10,9%	2.665,54	2.840,78	3.370,11	3.555,71	3.989,88	4.679,82	8.370,53	1.412,78	0,284	0,890	
Cinca	2.523,56	2.188,61	-13,3%	1.176,76	1.230,26	1.393,38	1.489,32	1.674,37	2.053,70	3.700,28	704,91	0,322	0,852	
Esera	765,67	634,92	-17,1%	433,30	438,42	454,23	462,98	488,38	595,90	976,07	165,80	0,261	0,703	
Noguera Ribagorzana	640,11	568,96	-11,1%	363,98	373,25	402,98	426,76	457,40	534,25	863,93	137,94	0,242	0,609	
Noguera Pallaresa	1.137,95	1.055,82	-7,2%	557,94	568,47	630,34	744,25	867,32	1.023,53	1.830,71	291,54	0,276	0,671	
Matarraña	118,51	106,49	-10,1%	31,00	31,51	33,53	36,07	53,65	97,10	259,30	63,04	0,592	0,851	
Ciurana	43,97	43,97	-3,2%	14,78	15,38	17,66	19,31	24,75	36,48	100,52	23,06	0,542	0,992	
Ebro en Tortosa	16.393,72	14.579,69	-11,1%	8.340,54	8.490,41	9.238,48	10.324,47	12.018,01	13.605,08	23.916,49	3.822,81	0,262	0,579	
Ebro desembocadura	16.448,09	14.623,29	-11,1%	8.402,55	8.546,75	9.288,50	10.376,24	12.032,17	13.630,17	24.018,95	3.833,09	0,262	0,592	

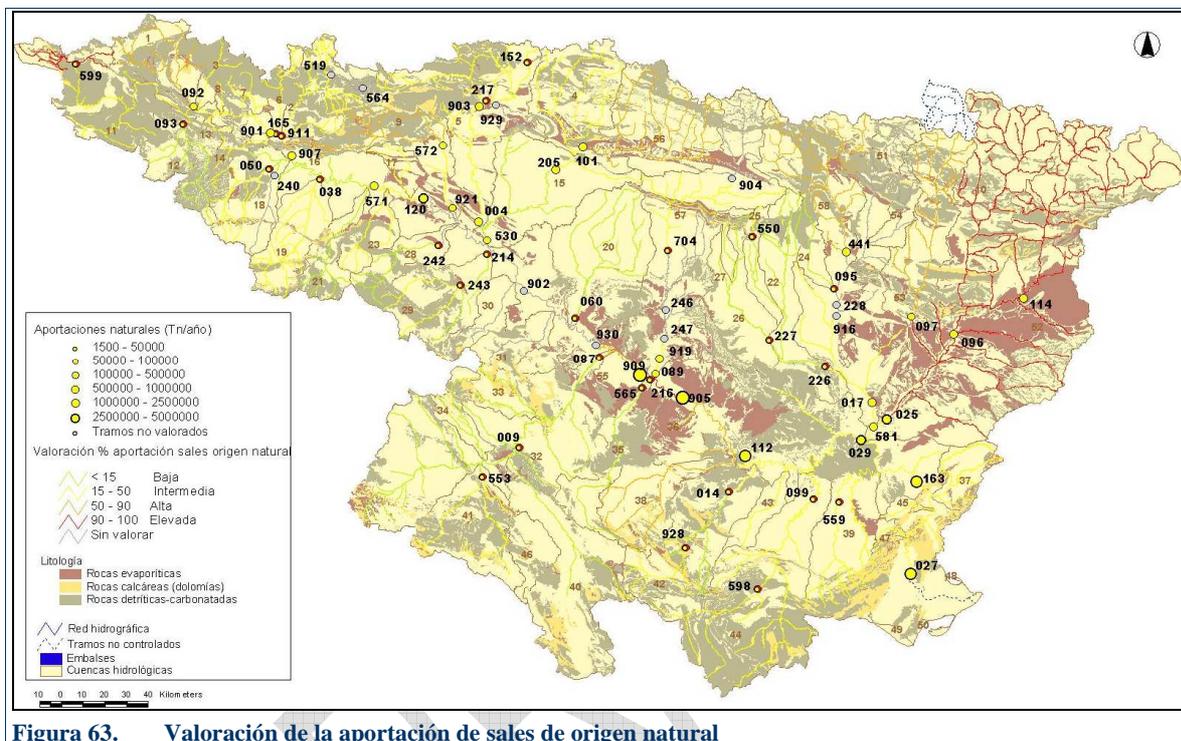
#### 4.5. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN CONDICIONES NATURALES

Se ha realizado una estimación de las condiciones fisicoquímicas correspondientes a las condiciones naturales de las aguas incluidas en el inventario de recursos, teniendo en cuenta la evaluación de los recursos hídricos naturales, la información litológica y climática de la cuenca y las aportaciones de la fase atmosférica.

Todos estos aspectos se han estudiado detalladamente en el trabajo “Caracterización de la salinidad de las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Análisis de sus orígenes potenciales y diseño de un modelo de seguimiento”, en el que se ha realizado una caracterización inicial del sistema, determinando, entre otros, la conductividad eléctrica o

concentración total de sales disueltas y la concentración de iones mayoritarios. La obtención de esta información se ha conseguido mediante muestreos periódicos en las redes de control, obteniendo tendencias y anomalías en la calidad natural de las aguas.

Además se han determinado los aportes de la propia litología del terreno a la calidad de las aguas por el alto porcentaje de suelos con un elevado contenido en sales solubles. Para ello se han realizado estudios de la litología de cada una de las subcuencas, con el fin de identificar las zonas en las que existe un aporte natural de sales significativo.



**Figura 63. Valoración de la aportación de sales de origen natural**

La salinidad del agua es un fenómeno que se da de forma natural en la cuenca del Ebro, ya que cuenta con amplias formaciones geológicas ricas en sales. La estructura geológica se caracteriza por altos contenidos de minerales evaporíticos, principalmente halita y yeso, presentes en el valle central del Ebro, que condiciona una elevada salinidad natural en el medio y, en particular, en las aguas. El aporte natural de sales a la cuenca hidrográfica del Ebro se estima en 6.560.000 Tn/año.

Para la valoración cuantitativa de las aportaciones de origen natural se toma como referencia el valor relativo de la carga estimada respecto a la carga total de sales registrada en cada estación, considerando como valor representativo el percentil 90 de la distribución de la población. De este modo, los tramos de la cuenca se han clasificado en tramos con aportación natural de sales elevada (>90%), alta (50-90%), intermedia (15-50%) y baja (<15%).

Tal y como se puede observar en la Figura 63, existen cinco estaciones en las que más del 90 % de las sales pueden considerarse de origen natural, de las cuales dos se localizan en el río Ebro, en cabecera y aguas abajo de Zaragoza, y tres en el sistema fluvial del Segre. Su estado salino guarda una estrecha relación con la geología de la zona.

En las aguas subterráneas la salinidad y el contenido en iones mayoritarios están determinados por las características litológicas de los materiales por los que circulan o han circulado y el tiempo empleado en hacerlo. La pluralidad de ambientes litológicos de los acuíferos de la cuenca da lugar a una amplia variedad de facies químicas de las aguas

subterráneas. Estas transmiten su marca química a los ríos de la cuenca, de forma que constituyen un buen referente de la calidad del agua en condiciones naturales.

Los ámbitos montañosos periféricos de la cuenca están conformados por materiales mayoritariamente calcáreos, excepto en las zonas centrales de las cordilleras pirenaicas e Ibérica, donde dominan los materiales silíceos (masas de agua subterránea del Macizo Axial Pirenaico, Sierras Paleozoicas de La Virgen y Vicort y Sierra Paleozoica de Ateca). En estos ámbitos dominan las facies químicas del tipo bicarbonatado (cálcico o magnésico), con salinidades bajas, por lo general inferiores a 500 mg/l. En ciertos casos se encuentran aguas de tipo sulfatado cálcico y con mayores salinidades, asociadas a ciertas litologías ricas en evaporitas (Facies Keuper) que son relativamente frecuentes en los frentes montañosos de estas zonas.

Las masas de agua subterránea del centro de la cuenca albergan aguas con mayores salinidades, con unos niveles medios de 3.200 mg/l. La presencia en el centro de la depresión del Ebro de grandes acumulaciones evaporíticas justifica su elevada salinidad natural, con una composición de marcado componente sulfatado o incluso clorurado en el sector central de la cuenca, donde se registran valores de salinidad superiores a 12.000 mg/l.

En la Tabla 64, se sintetizan las facies químicas dominantes en las masas de agua subterránea del ámbito de la DHE. Esta información se ha elaborado a partir de los datos aportados por la Red de Vigilancia de la Calidad de las aguas subterráneas que se ha venido controlando de forma continuada desde 1993.

Masa de agua subterránea	Facies química	Masa de agua subterránea	Facies química
90.001 Fontibre	Bicarbonatada cálcica	90.054 Saso de Bolea Ayerbe	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.002 Páramo de Sedano y Lora	Bicarbonatada cálcica sulfatada cálcica magnésica	90.055 Hoya de Huesca	Bicarbonatada Sulfatada Cálcica magnésica
90.003 Sinclinal de Villarcayo	Bicarbonatada cálcica	90.056 Sasos de Alcanadre	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.004 Manzanedo-Oña	Bicarbonatada cálcica	90.057 Aluvial del Gállego	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.005 Montes Obarenes	Bicarbonatada cálcica	90.058 A.Ebro: Zaragoza	Sulfatada clorurada cálcica magnésica
90.006 Pancorbo-Conchas de Haro	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.059 Lagunas de los Monegros	Clorurada sulfatada sódico magnésica
90.007 Valderejo-sobrón	Bicarbonatada cálcica	90.060 Aluvial del Cinca	Sulfatada bicarbonatada cálcica
90.008 Sinclinal de Treviño	Bicarbonatada cálcica	90.061 Aluvial del Bajo Segre	Sulfatada bicarbonatada cálcica
90.009 Aluvial Miranda Ebro	Bicarbonatada Sulfatada Cálcica magnésica	90.062 Aluvial Medio Segre	Sulfatada bicarbonatada cálcica
90.010 Calizas de Losa	Bicarbonatada cálcica	90.063 Aluvial de Urgell	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.011 Calizas de Subijana	Bicarbonatada cálcica	90.064 Calizas de Tárrega	Bicarbonatada sulfatada Cálcica Magnésica
90.012 Aluvial Vitoria	Bicarbonatada cálcica	90.065 Pradoluengo-Anguiano	Bicarbonatada cálcica
90.013 Cuartango-Salvaterra	Bicarbonatada cálcica	90.066 Fitero-Arnedillo	Bicarbonatada cálcica
90.014 Gorbea	Bicarbonatada cálcica	90.067 Detrítico de Arnedo	Bicarbonatada cálcica
90.015 Altube-Urkilla	Bicarbonatada cálcica	90.068 Mansilla-Neila	Bicarbonatada cálcica
90.016 Sierra de Aizkorri	Bicarbonatada cálcica	90.069 Cameros	Sulfatada cálcica magnésica
90.017 Sierra de Urbasa	Bicarbonatada cálcica	90.070 Añavieja-Valdegutur	Sulfatada cálcica magnésica
90.018 Sierra de Andía	Bicarbonatada cálcica	90.071 Araviano-Vozmediano	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.019 Sierra de Aralar	Bicarbonatada cálcica	90.072 Somontano del Moncayo	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.020 Basaburúa-Ulzama	Bicarbonatada cálcica	90.073 Borobia-Aranda de Moncayo	Bicarbonatada cálcica sulfatada
90.021 Izki-Zudaire	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.074 Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort	Sin datos.
90.022 Sierra de Cantabria	Bicarbonatada cálcica	90.075 Campo de Cariñena	Sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica

**Tabla 64. Calidad natural de las aguas subterráneas**

Masa de agua subterránea	Facies química	Masa de agua subterránea	Facies química
90.023 Sierra de Lóquiz	Bicarbonatada cálcica	90.076 Pliocuatenario de Alfamén	Sulfatada cálcica magnésica
90.024 Bureba	Bicarbonatada cálcica	90.077 Mioceno de Alfamén	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.025 Alto Arga-Alto Irati	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.078 Manubles-Ribota	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.026 Larra	Bicarbonatada cálcica	90.079 Campo de Belchite	Bicarbonatada y Sulfatada Cálcica
90.027 Ezcaurre-Peña Telera	Bicarbonatada cálcica	90.080 Cubeta de Azuara	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.028 Alto Gállego	Bicarbonatada sódica sulfatada	90.081 Aluvial Jalón Jiloca	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.029 Sierra de Alaiz	Bicarbonatada sulfatada cálcica	90.082 Huerva-Perejiles	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.030 Sinclinal Jaca Pamplona	Bicarbonatada cálcica	90.083 Sierra Paleozoica de Ateca	Sin datos
90.031 Sierra de Leyre	Bicarbonatada cálcica	90.084 Oriche-Anadón	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.032 Sierra Tendeñera-Monte Perdido	Bicarbonatada cálcica	90.085 Sierra de Miñana	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.033 Santo Domingo-Guara	Bicarbonatada cálcica	90.086 Páramos Alto Jalón	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.034 Macizo Axial Pirenaico	Bicarbonatada cálcica	90.087 Gallocanta	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.035 Alto Urgell	Bicarbonatada cálcica	90.088 Monreal-Calamocha	Sulfatada bicarbonatada cálcica
90.036 La Cerdanya	Bicarbonatada cálcica	90.089 Cella-Ojos de Monreal	Bicarbonatada cálcica
90.037 Cotiella-Turbón	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.090 Pozondón	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.038 Tremp-Isona	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.091 Cubeta de Oliete	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.039 Cadí-Port del Comte	Bicarbonatada cálcica	90.092 Aliaga-Calanda	Sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica
90.040 Sinclinal de Graus	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.093 Alto Guadalope	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica
90.041 Litera Alta	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.094 Pitarque	Bicarbonatada cálcica
90.042 Sierras Marginales Catalanas	Bicarbonatada cálcica magnésica	90.095 Alto Maestrazgo	Bicarbonatada (sulfatada) cálcica magnésica
90.043 Aluvial del Oca	Bicarbonatada Sulfatada cálcica	90.096 Puertos de Beceite	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.044 Aluvial del Tirón	Sulfatada cálcica	90.097 Fosa de Mora	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.045 Aluvial del Oja	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica	90.098 Priorato	Bicarbonatada Sulfatada Cálcica magnésica
90.046 Laguardia	Bicarbonatada cálcica	90.099 Puertos de Tortosa	Bicarbonatada cálcica magnésica
90.047 Aluvial Najerilla-Ebro	Bicarbonatada sulfatada cálcica	90.100 Boix-Cardó	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.048 Aluvial la Rioja-Mendavia	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica	90.101 Aluvial de Tortosa	Bicarbonatada sulfatada Cálcica Magnésica
90.049 A.Ebro: Lodosa-Tudela	Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica	90.102 Plana de Galera	Bicarbonatada sulfatada cálcica
90.050 Aluvial del Arga Medio	Bicarbonatada clorurada cálcica sódica	90.103 Mesozoico Galera	Bicarbonatada cálcica
90.051 Aluvial del Cidacos	Bicarbonatada sulfatada cálcica	90.104 Sierra de Montsiá	Sulfatada clorurada cálcica sódica
90.052 A.Ebro:Tudela-Alagón	Sulfatada clorurada cálcica magnésica	90.105 Delta del Ebro	Clorurada sódica
90.053 Arbas	Bicarbonatada Sulfatada Cálcica magnésica		

En el Anejo XV, Atlas Cartográfico, se representan diagramas de Stiff para los valores típicos en estos puntos de la red de calidad. Este diagrama muestra de forma esquemática las características químicas principales del agua, facilitando su clasificación. Su representación sobre el mapa geológico de la cuenca del Ebro permite entender la diversidad geoquímica de las aguas subterráneas y su relación con el sustrato geológico que la alberga.

## 5. OTROS RECURSOS HÍDRICOS DE LA DEMARCACIÓN

### 5.1. RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES

#### 5.1.1. DESALACIÓN

Una técnica de incremento de las disponibilidades tradicionalmente considerada como no convencional es la de la desalación del agua, consistente, en tratar aguas saladas o salobres procedentes del mar o de acuíferos salinos, y, quitarles las sales, transformándolas en aguas aptas para usos como el de abastecimiento a poblaciones o los riegos.

En España se ha venido utilizando la desalación de agua de mar desde finales de los 60 para los abastecimientos urbanos de Ceuta, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria, que tienen en común la escasa disponibilidad de recursos hídricos (en todos estos casos la desalación se reveló como la mejor solución - y en algunos de ellos como la única - al problema del déficit en el abastecimiento urbano). Otras soluciones estudiadas (transporte de agua en barcos o incremento artificial de precipitaciones) se abandonaron en su momento por considerarse inviables técnica o económicamente.

La desalación de agua del mar puede jugar un papel significativo en el suministro urbano de poblaciones costeras, pero de forma puntual y selectiva dado que sus costes actuales, aunque claramente a la baja en los últimos años, aún se encuentran generalmente lejos de los de otras posibles fuentes alternativas convencionales de suministro. Para los regadíos, estas aguas se encuentran claramente a niveles de coste prohibitivos salvo en situaciones puntuales de muy grave escasez, producciones de alta rentabilidad, o disponibilidad de otras aguas a coste inferior para su mezcla.

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro no se utilizan, actualmente, recursos hídricos obtenidos mediante desalación. Por su limitada longitud de costa y la abundancia de recursos disponibles en la desembocadura en relación a las demandas de abastecimiento, tampoco parece una opción relevante de cara al futuro. Por el contrario, en el ámbito del Consorcio de Aguas de Tarragona, al que se transfieren recursos del Ebro, sí pueden plantearse este tipo de instalaciones para afrontar el crecimiento de la demanda veraniega.

Tampoco parece una opción relevante al desalación de aguas salobres en el interior, a no ser que estuvieran asociadas a algún proceso de reutilización, y serían, en todos caso, de magnitud despreciable.

#### 5.1.2. REUTILIZACIÓN.

Otra técnica de incremento de la disponibilidad de recursos hídricos considerada como no convencional es la de la reutilización de las aguas. Aunque, obviamente, el volumen de recurso es el mismo, su aplicación sucesiva permite satisfacer más usos y, por tanto, incrementar las disponibilidades internas del sistema de utilización.

La reutilización es un componente intrínseco del ciclo del agua, ya que mediante el vertido de efluentes a los cursos de agua y su dilución con el caudal circulante, las aguas residuales han venido siendo reutilizadas tradicionalmente por tomas aguas abajo del punto de incorporación al cauce. Es importante distinguir entre reutilización indirecta, que es la mencionada y la más común, y reutilización directa, que es aquella en que el segundo uso se produce a continuación del primero, sin que entre ambos el agua se incorpore a ningún cauce público.

En efecto, esta reutilización directa o planificada, a gran escala, tiene un origen más reciente y supone el aprovechamiento directo de efluentes depurados con un mayor o menor grado de tratamiento previo, mediante su transporte hasta el punto del segundo aprovechamiento a través de una conducción específica, sin mediar para ello la existencia de un vertido a cauce público.

Las posibilidades de reutilización están directamente relacionadas con las disponibilidades de volúmenes de efluentes tratados, que a su vez dependen del número y capacidad de las estaciones depuradoras (EDARs) existentes.

Este número y capacidad de EDARs está experimentando un importante aumento por la obligatoriedad de cumplir la Directiva Comunitaria 91/271/CEE, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas, y la ejecución del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (PNSD) o Plan Nacional de Calidad (PNC). La necesidad de obtener agua con unas calidades mínimas para cada uso y garantizar unas condiciones sanitarias satisfactorias obliga, en la mayoría de los casos, a someter los efluentes depurados a tratamientos terciarios específicos (filtración, microfiltración, tratamiento físico-químico, desinfección, tratamientos de eliminación de sales, etc.), que deben por supuesto preverse en una reutilización planificada.

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro el grado de reutilización indirecta de los retornos de abastecimiento y riego es considerable conforme se suceden los usos a lo largo de las cuencas tributarias y en el eje del Ebro. Respecto a la reutilización directa, el caso más destacado es el de la ciudad de Vitoria, donde la Comunidad de Regantes de Arrate emplea unos 400 l/s de efluentes depurados en los meses de verano.

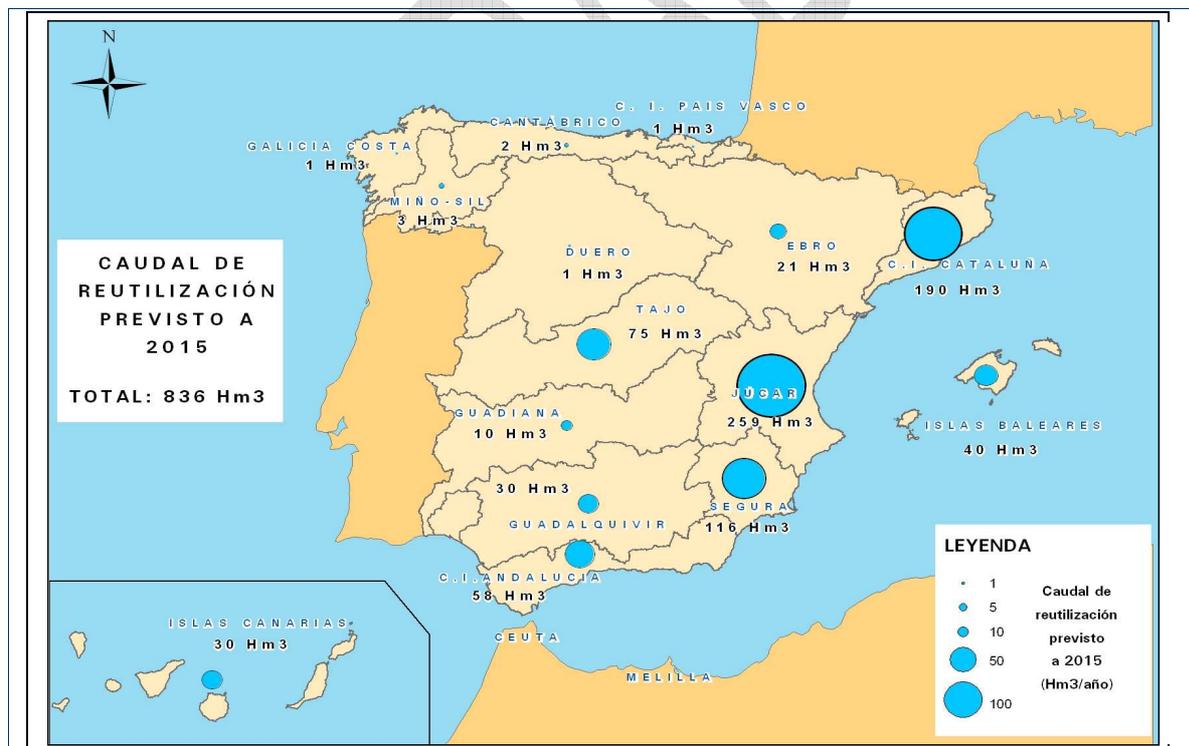


Figura 64. Previsión de caudales de reutilización (hm<sup>3</sup>/año) a 2015 en España.

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro se reutilizan un total de 14 hm<sup>3</sup>/año (2009), lo que representa un porcentaje anecdótico de los recursos hídricos propios de la demarcación. El destino de estos volúmenes de agua reutilizadas es fundamentalmente para el regadío de zonas agrícolas.

De acuerdo a las previsiones del Plan Nacional de Reutilización este volumen se incrementaría hasta los 21 hm<sup>3</sup> anuales en el horizonte 2015 y 83 hm<sup>3</sup> durante el siguiente ciclo de planificación.

## 5.2. RECURSOS HÍDRICOS EXTERNOS

### 5.2.1. IMPORTACIÓN

Además de los recursos convencionales y no convencionales que se generan internamente en el ámbito de un determinado territorio, y que se han ido examinando en secciones previas, existen transferencias externas, superficiales o subterráneas, entre distintas cuencas, lo que da lugar a modificaciones en sus recursos.

En la DHE no hay aportaciones netas de recursos externos relevantes. Las únicas aportaciones relevantes que se producen son reversibles. Es el caso del bitrasvase Ebro-Besaya, donde, en general, durante el invierno se transfieren recursos desde el Norte al embalse del Ebro para su almacenamiento y en verano se trasvasan al Norte. En efecto, el sistema de Abastecimiento de Agua a Cantabria, la conocida como Autovía del Agua, cuya base se encuentra en la conexión entre el Embalse del Ebro y la cuenca del Besaya, está concebida para cubrir déficit estivales en Torrelavega y en la zona central y oriental de Cantabria. Tras su ampliación, puede transportar un máximo de 25,23 hm<sup>3</sup> anuales. Por otro lado, también se cuenta con el trasvase Carol-Ariège, aprovechamiento hidroeléctrico en el que los caudales trasvasados desde la cuenca del Ebro, aunque en Francia son devueltos posteriormente al Carol a menor cota.

### 5.2.2. EXPORTACIÓN

Por el contrario, la DHE es origen de trasvases a cuencas vecinas, y siete de ellos superan 1 hm<sup>3</sup>/año de volumen trasvasado. Entre ellos destacan principalmente dos por su magnitud. Uno tiene su destino en la demarcación cantábrica, en particular el área del Gran Bilbao, y el segundo, en las cuencas internas de Cataluña, para el Campo de Tarragona. El resto son de mucha menor entidad.

#### **Transferencias a la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico**

- Trasvase *Zadorra-Arratia*, desde el sistema de embalses de Ullívarri-Urrúnaga. Tiene su origen en una concesión de carácter hidroeléctrico de 1934 y su derecho actual se rige de acuerdo a la resolución ministerial de 1967. Sus titulares son Iberdrola, por el Salto Hidroeléctrico de Barazar y el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia, por el abastecimiento. La concesión cuenta con un caudal total de hasta 9 m<sup>3</sup>/s (283,82 hm<sup>3</sup>/año), de los cuales para el abastecimiento se asignan hasta 4.844 l/s (152,76 hm<sup>3</sup>/año). Entró en operación en 1957, funcionando para abastecimiento desde 1967. La media de volúmenes trasvasados desde 1980 se cifra en 193 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales se destinan al abastecimiento e industria del orden de 120 hm<sup>3</sup>/año (Figura 65).

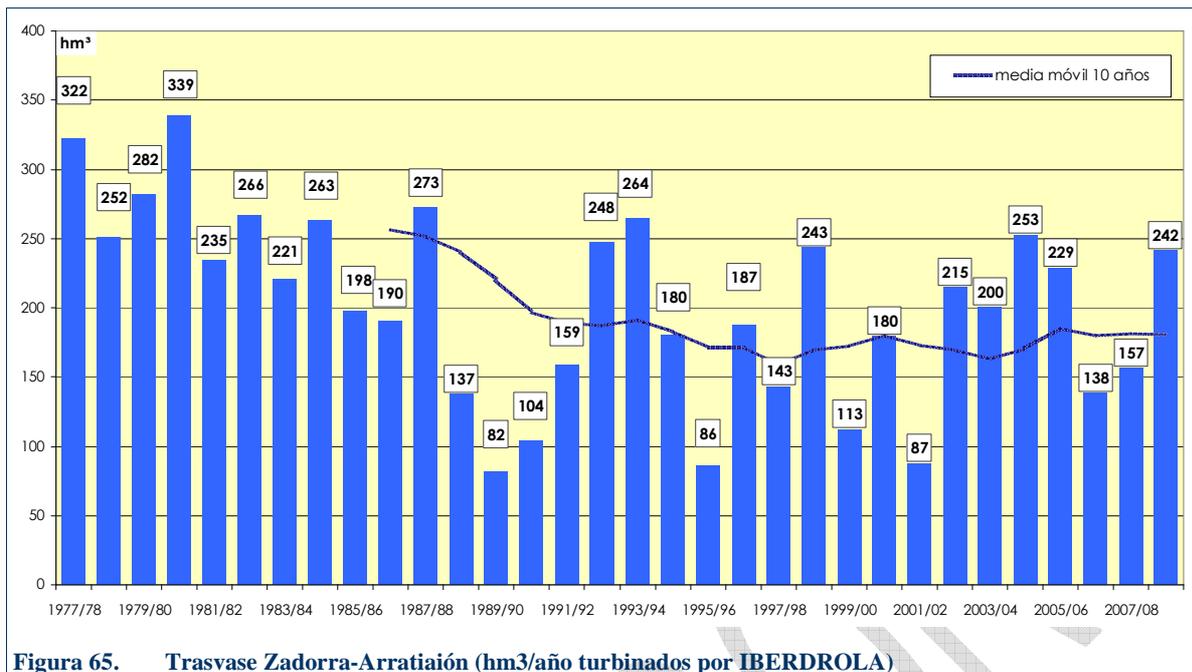


Figura 65. Trasvase Zadorra-Arratiaión (hm<sup>3</sup>/año turbinados por IBERDROLA)

- De menor entidad es el trasvase *Cernejá-Ordunte*, desde el río Cernejá, afluente del Nela, para el Ayuntamiento de Bilbao, cuyo derecho fue otorgado según orden ministerial de 20 de enero de 1928. La concesión es de 1,5 m<sup>3</sup>/s, de los cuales hasta 0,6 m<sup>3</sup>/s (18,9 hm<sup>3</sup>/año) son a cargo del Cernejá. Los volúmenes trasvasados durante los últimos años se encuentran de media en los 0,4 m<sup>3</sup>/s (12,5 hm<sup>3</sup>/año)
- El trasvase *Alzania-Oria* está situado en la cabecera del Alzania, afluente del Araquil, y tiene pequeña entidad. Inició su funcionamiento en 1927, con el objeto de producir energía eléctrica, utilizándose también el agua con fines industriales y actualmente también para abastecimiento. Apenas se transfiere 1 hm<sup>3</sup>/año.
- El trasvase *Ebro-Besaya*, ya citado en el punto anterior, autorizado mediante resolución del Consejo de Ministros de 6 de marzo de 1964, hasta un máximo de 22 hm<sup>3</sup>/año. En funcionamiento desde 1982, se han transferido una media de 3,6 hm<sup>3</sup>/año, siendo retornados en su práctica totalidad. Actualmente, se encuentran en ejecución los trabajos de ampliación hasta 25,23 hm<sup>3</sup>/año.

### Transferencias a la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Internas de Cataluña

- El trasvase *Ebro-Campo de Tarragona* fue autorizado mediante la Ley 18/1981, otorgándose concesión por resolución ministerial de 1987 y entrando en funcionamiento en 1989. Se han realizado tres ampliaciones de concesión, la última de las cuales corresponde a la resolución ministerial de 23 de diciembre de 2002, hasta un valor máximo continuo de 3,856 m<sup>3</sup>/s y un volumen máximo anual de 121,6 hm<sup>3</sup>/año, a derivar del río Ebro desde los canales del Delta. Bajo la titularidad del Consorcio de Aguas de Tarragona, está destinado al abastecimiento de población y uso industrial de un conjunto de poblaciones situadas en la faja costera de la provincia de Tarragona, entre ellos la capital. Los volúmenes trasvasados se sitúan en los últimos años en el entorno de los 70 hm<sup>3</sup>/año (Figura 66).

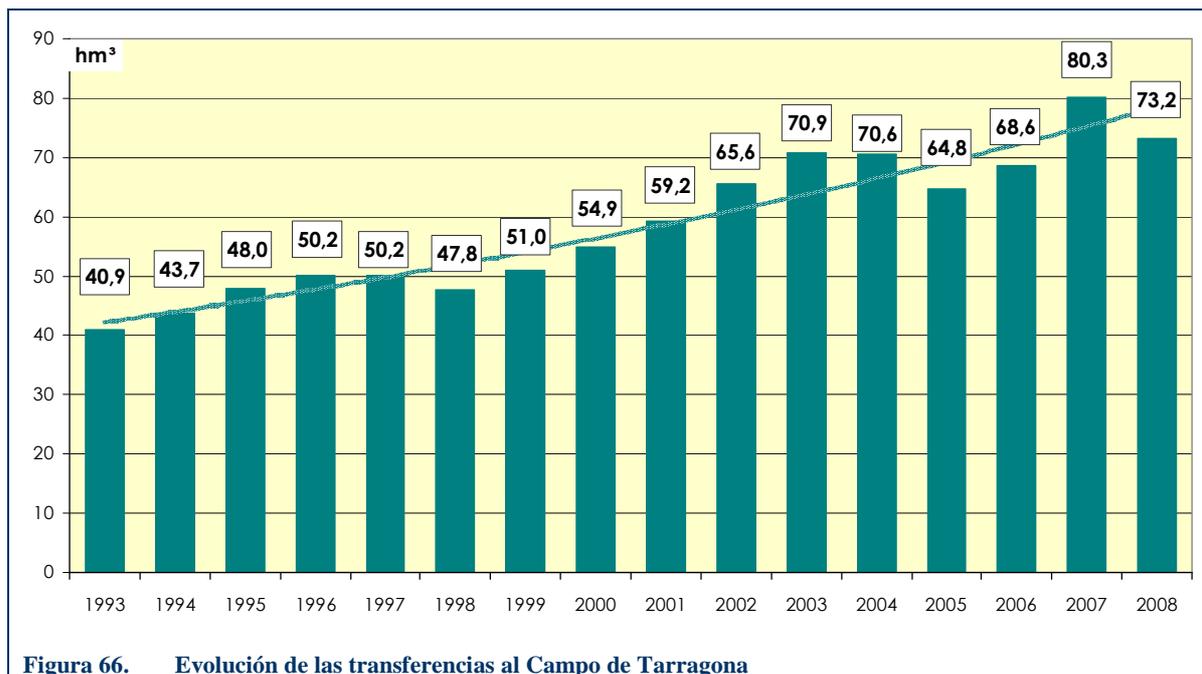


Figura 66. Evolución de las transferencias al Campo de Tarragona

- El trasvase *Ciurana-Ruidecanyes*, para riego y demanda urbana de Reus y su zona de in-fluencia. El derecho tiene su origen en la Orden Ministerial de 22 de abril 1930. El titular de la concesión actual es la Comunidad de Regantes del Pantano de Ruidecañas, por resolución de la CHE de 19 de octubre de 2005. El caudal de concesión es de 4 m3/s, a falta de revisión según Disposición Transitoria Sexta del TRLA. Los volúmenes medios transferidos en los últimos años se si-túan en 5,4 hm3/año (0,17 m3/s).

### Transferencias a la Demarcación Hidrográfica del Garona

- El trasvase *Carol-Ariège*, ya citado, es reversible. Está situado íntegramente en territorio fran-cés y aprovecha hidroeléctricamente los caudales regulados en el Lago Lanós, en el río Carol (Segre). Los caudales trasvasados desaguan a la cuenca del Ariège (Garona), devolviéndose anualmente a menor cota. Es supervisado por la Comisión mixta del control del aprovecha-miento del Lago Lanós, de acuerdo con los acuerdos internacionales establecidos.

### 5.3. RECURSOS MEDIDOS EN LAS ESTACIONES DE AFORO

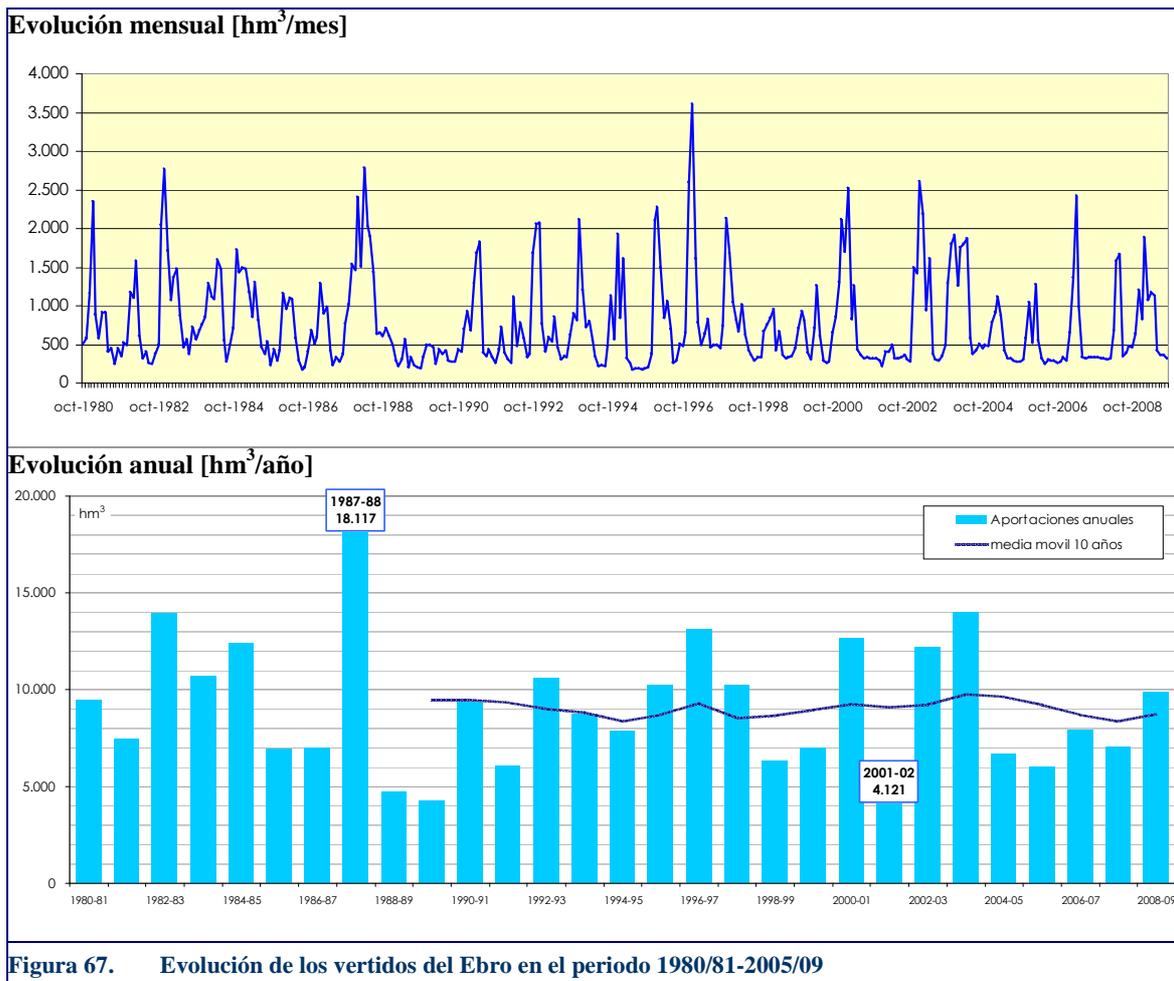
Los caudales medidos en las estaciones de aforo reflejan los recursos realmente circulantes una vez afectados por los consumos.

A continuación, en la Tabla 65 se recogen las aportaciones anuales registradas en las principales estaciones de aforo de la demarcación para el periodo 1980/81-2005/06.

Cuenca de aportación	Periodo de datos	[1980/81-2005/06]										
		Media	Mínimo	Percentil 1%	Percentil 5%	Percentil 10%	Percentil 25%	Percentil 50%	Máximo	Desv. típica	Coef. Var.	Coef. Sesgo
Embalse del Ebro (EA801)	1946 - 2005	3.611,22	1.747,90	1.871,85	2.249,93	2.330,40	3.248,95	3.556,25	4.866,60	872,79	0,24	-0,42
Oca en Oña (EA093)	1959 - 2005	104,64	1,39	4,55	21,01	42,56	75,96	102,43	196,71	52,73	0,50	-0,12
Nela en Trespaderne (EA092)	1963 - 2004	513,36	227,59	234,91	264,17	280,42	420,88	509,74	893,48	175,95	0,34	0,44
Jerea en Palazuelos (EA166)	1965 - 2005	120,49	3,62	9,68	33,94	54,65	76,41	113,67	213,57	62,72	0,52	-0,15
Ebro en Palazuelos (EA161)	1962 - 1995	1.284,67	761,56	762,67	767,09	807,20	1.001,68	1.230,72	2.004,06	372,29	0,29	0,29
Omeçillo en Berguenda (EA188)	1980 - 2005	73,49	22,27	24,85	32,84	33,69	53,58	73,91	144,93	32,00	0,44	0,41
Oronçillo en Orón (EA189)	1976 - 2005	27,86	8,14	8,85	11,72	15,31	26,07	31,22	37,03	11,92	0,43	-1,51
Ebro en Miranda (EA001)	1940 - 2004	1.230,37	111,85	191,31	512,42	801,16	1.066,65	1.196,34	1.958,29	430,57	0,35	-0,55
Bayas en Miranda de Ebro (EA165)	1976 - 2005	169,11	52,29	60,05	87,26	102,07	125,79	157,09	354,95	66,57	0,39	0,89

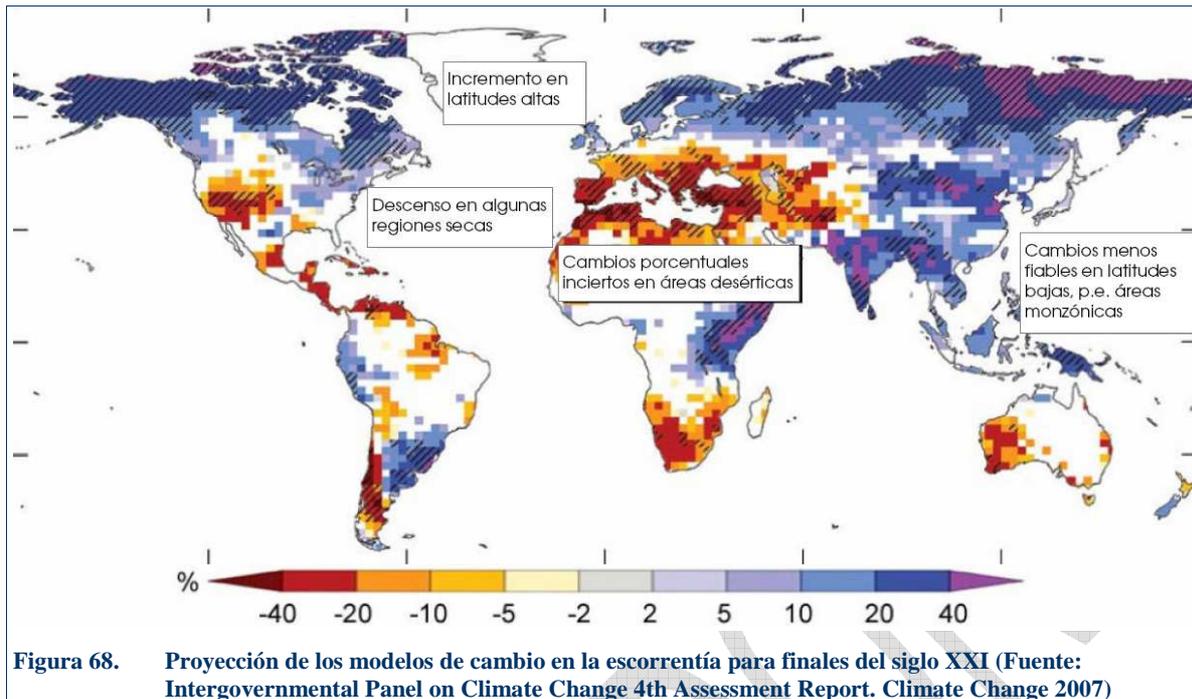
Tabla 65. Estadísticos básicos de las series medidas en las principales estaciones de aforo (hm <sup>3</sup> )												
Cuenca de aportación	Periodo de datos	[1980/81-2005/06]										
		Media	Mínimo	Percentil 1%	Percentil 5%	Percentil 10%	Percentil 25%	Percentil 50%	Máximo	Desv. típica	Coef. Var.	Coef. Sesgo
Zadorra en Arce (EA074)	1940 - 2005	324,75	115,76	132,71	184,14	188,41	241,84	329,60	529,80	108,53	0,33	0,18
Tirón en Cuzcurrita (EA050)	1940 - 2005	113,46	33,35	37,78	51,13	56,44	75,69	115,77	239,76	49,23	0,43	0,57
Najerilla en Torremontalvo (EA038)	1940 - 2005	258,87	65,47	73,63	99,43	129,58	177,05	245,02	509,68	109,61	0,42	0,36
Iregua en Islallana (EA036)	1940 - 2005	150,35	70,37	71,60	75,74	81,81	114,38	141,14	276,15	56,16	0,37	0,73
Leza en Leza del río Leza (EA197)	1976 - 2005	46,51	13,98	14,18	15,47	17,95	28,23	35,50	158,62	33,91	0,73	2,05
Ega I en Andosilla (EA003)	1940 - 2005	317,09	139,98	143,21	153,06	177,34	239,54	307,16	533,05	107,54	0,34	0,29
Cidacos en Ardenillo (EA253)	1990 - 2005	46,88	12,72	13,67	17,44	19,41	25,41	41,71	101,50	27,50	0,59	0,71
Arga en Funes (EA004)	1940 - 2005	1.259,06	511,77	533,94	627,34	762,52	1.099,90	1.210,43	1.876,85	371,57	0,30	-0,22
Aragón en Casparoso (EA005)	1940 - 2005	1.281,57	266,09	266,21	287,14	411,95	890,82	1.248,80	2.613,22	641,60	0,50	0,20
Alhama en Cintruénigo (EA185)	1975 - 2005	17,13	0,37	0,42	0,68	1,10	3,11	5,43	96,35	24,21	1,41	2,05
<b>Ebro en Castejón (EA002)</b>	<b>1940 - 2005</b>	<b>5.692,82</b>	<b>2.212,44</b>	<b>2.247,59</b>	<b>2.392,83</b>	<b>3.254,00</b>	<b>4.683,68</b>	<b>5.241,93</b>	<b>9.525,69</b>	<b>1.940,71</b>	<b>0,34</b>	<b>0,16</b>
Queiles en Tudela (EA175)	1971 - 1989	9,55	3,58	3,63	3,82	4,06	4,65	6,74	38,16	10,27	1,08	2,93
Arba de Luesia en Gallur (EA060)	1973 - 2005	285,70	75,81	91,04	138,25	163,31	204,36	271,96	482,18	106,61	0,37	0,06
Jalón en Grisen (EA087)	1934 - 2005	95,35	8,64	11,52	22,02	29,92	46,65	70,36	349,81	77,19	0,81	1,83
Huerta en Zaragoza (EA216)	1976 - 2005	98,77	40,76	41,91	47,45	55,09	75,30	104,70	162,52	31,31	0,32	-0,14
Gállego en Zaragoza (EA089)	1973 - 2005	389,46	98,65	99,36	102,19	105,72	122,99	326,44	849,24	312,45	0,80	0,56
<b>Ebro en Zaragoza (EA011)</b>	<b>1940 - 2005</b>	<b>6.067,05</b>	<b>2.283,29</b>	<b>2.326,02</b>	<b>2.554,48</b>	<b>3.698,52</b>	<b>4.895,19</b>	<b>5.695,49</b>	<b>10.389,17</b>	<b>2.045,58</b>	<b>0,34</b>	<b>0,12</b>
Aguas Vivas aguas abajo de Moneva (EA168)	1971 - 2005	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	6,50	1,73	1,30	1,51
Martín en Híjar (EA014)	1940 - 2005	17,04	8,18	8,22	8,92	10,69	11,85	14,56	35,51	6,96	0,41	1,16
Guadalupe en Caspe (EA099)	1973 - 2003	44,81	5,29	5,83	7,69	8,29	8,93	12,39	177,22	57,51	1,28	1,34
Segre en Seros (EA025)	1940 - 2005	2.086,79	99,87	378,75	1.231,13	1.339,46	1.543,83	2.139,32	3.854,07	781,83	0,37	-0,06
Esera en Graus (EA013)	1940 - 2005	505,23	109,85	146,34	274,44	349,81	391,25	485,43	830,74	167,00	0,33	-0,09
N.Ribagorzana en Piñana (EA097)	1946 - 2005	375,43	220,96	226,60	256,63	299,08	308,04	331,59	773,89	120,45	0,32	1,93
Noguera Pallaresa en Pobl de Segur (EA146)	1952 - 1991	766,87	95,46	127,89	257,61	419,76	604,27	800,53	1.339,69	338,88	0,44	-0,40
Matarraña en Nonaspe (EA176)	1973 - 2005	32,54	1,21	1,65	3,89	7,67	12,92	31,67	77,46	21,92	0,67	0,44
<b>Ebro en Tortosa (EA027)</b>	<b>1951 - 2005</b>	<b>9.369,26</b>	<b>4.121,21</b>	<b>4.160,04</b>	<b>4.377,58</b>	<b>5.275,01</b>	<b>6.925,74</b>	<b>9.443,49</b>	<b>18.117,04</b>	<b>3.483,15</b>	<b>0,37</b>	<b>0,54</b>

Los caudales desaguados al mar por el Ebro en su desembocadura vienen dados por los registros de la estación de aforos 027 Ebro en Tortosa. En el periodo 1980/81-2005/06 la media de aportaciones en desembocadura ha sido de 9.240 hm<sup>3</sup>/año, con un máximo de 18.117 hm<sup>3</sup> en 1987/88 y un mínimo de 4.121 hm<sup>3</sup> en 2001/02 (Figura 67).



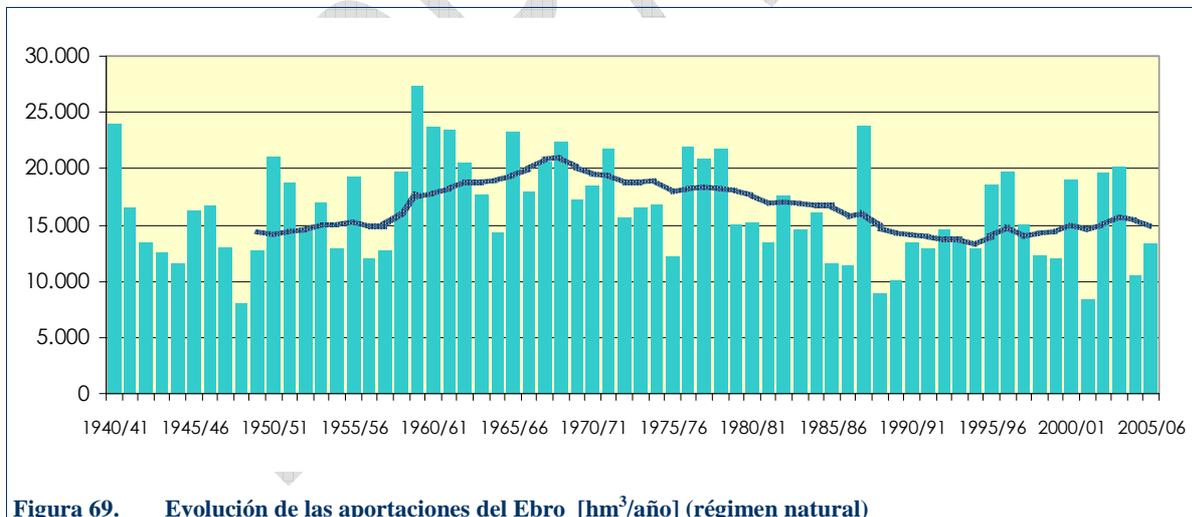
## 6. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En lo referente a sus causas, el problema del cambio climático es de ámbito planetario (Figura 36). Todas las actividades emisoras de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero contribuyen al cambio climático. Por otro lado, todas las actividades económicas consumidoras de recursos hídricos generan presiones sobre las masas de agua.



**Figura 68.** Proyección de los modelos de cambio en la escorrentía para finales del siglo XXI (Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report. Climate Change 2007)

Desde la aprobación del PHCE de 1996 se ha constatado una disminución de las aportaciones de los ríos, que se ha justificado por el aumento de los consumos de regadío en la cuenca. No obstante, estudios recientes muestran también que debido al incremento de la superficie forestal se están produciendo también ligeros descensos de la escorrentía en las cabeceras de los ríos. Por otro lado, es apreciable una disminución del carácter nivopluvial de los ríos pirenaicos que hace variar el régimen mensual.



**Figura 69.** Evolución de las aportaciones del Ebro [hm³/año] (régimen natural)

En todo caso, por los diversos factores ligados a las precipitaciones y la escorrentía, es perceptible que el ciclo húmedo registrado en los años 60-70, no se ha vuelto a reproducir (Figura 68) y el nivel de las aportaciones en los últimos años continúa siendo menor que en aquel periodo, y por lo tanto los valores medios de la serie disminuyen.

El estudio de “Evaluación del efecto del cambio climático en los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del Ebro con GIS-BALAN” (J. Samper et al., 2007), realizado por la Universidad de La Coruña es el de mayor detalle efectuado hasta la fecha sobre los impactos futuros del cambio climático en los recursos hídricos de la cuenca. Realizando el análisis para varias subcuencas de cabecera y para varias hipótesis establece que los

impactos en las componentes hidrológicas son importantes con reducciones en los períodos de simulación 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100 que pueden alcanzar entre el 10 y el 20% del caudal total en las zonas evaluadas. Los resultados mues-tran, además, una fuerte variabilidad espacio-temporal, siendo los efectos del cambio más acusa-dos en las cuencas de la margen derecha del Ebro, que ya en la actualidad presentan déficit hídrícos, y en los estiajes.

Según la IPH, a falta de datos suficientemente contrastados, para el conjunto de la cuenca del Ebro se considera en el horizonte de la planificación 2027, y por causa del cambio climático, una disminución de las aportaciones del 5%. Esta cifra se basa en los estudios realizados por el CEDEX para evaluar el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos. El resultado de aplicar este criterio en los diversos afluentes del Ebro y puntos singulares del Eje se muestra en la Tabla 66.

La disminución en las precipitaciones y escorrentías de los últimos años, respecto a la serie larga desde 1940 y su heterogénea distribución espacial se confirma por el contraste de los valores medios de las series de las variables hidrológicas (ver figuras). El eje del Ebro, los afluentes de la margen derecha entre el Jalón y la desembocadura y el Gállego-Cinca son lo sistemas más afectados por estos descensos.

Cuenca de aportación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
<b>Embalse del Ebro</b>	<b>12,00</b>	<b>19,85</b>	<b>37,87</b>	<b>37,77</b>	<b>32,04</b>	<b>38,43</b>	<b>34,02</b>	<b>22,77</b>	<b>9,27</b>	<b>7,77</b>	<b>8,43</b>	<b>7,25</b>	<b>267,46</b>
Rudrón	2,13	4,61	7,92	10,25	9,92	8,46	10,65	7,90	4,75	2,54	1,61	1,20	<b>71,96</b>
Oca	4,06	6,83	12,61	16,05	13,32	14,53	17,92	12,21	8,82	5,43	4,32	3,04	<b>119,14</b>
Nela	18,66	31,14	69,58	76,20	56,95	66,99	66,36	39,15	16,72	9,41	7,66	6,54	<b>465,37</b>
Jerea	5,30	11,69	19,07	22,61	17,76	17,07	17,77	9,93	4,88	1,84	1,83	1,13	<b>130,89</b>
Molinar	0,45	0,62	0,72	0,87	0,93	0,80	1,09	0,72	0,58	0,48	0,46	0,36	<b>8,08</b>
<b>Ebro en Palazuelos</b>	<b>48,96</b>	<b>84,91</b>	<b>163,00</b>	<b>182,42</b>	<b>149,73</b>	<b>162,61</b>	<b>166,80</b>	<b>107,57</b>	<b>55,08</b>	<b>34,57</b>	<b>29,95</b>	<b>24,03</b>	<b>1.209,62</b>
Purón	0,58	1,09	1,44	1,74	1,95	1,59	1,74	1,34	0,88	0,50	0,45	0,29	<b>13,58</b>
Omecillo	3,12	6,52	10,88	12,58	11,17	11,24	8,78	5,26	2,24	1,65	1,52	1,62	<b>76,59</b>
Oroncillo	1,01	1,32	2,34	3,15	3,28	3,87	3,88	2,16	1,61	1,11	0,88	0,80	<b>25,40</b>
<b>Ebro en Miranda</b>	<b>54,88</b>	<b>95,74</b>	<b>180,11</b>	<b>202,90</b>	<b>169,44</b>	<b>182,34</b>	<b>184,92</b>	<b>118,95</b>	<b>61,72</b>	<b>39,08</b>	<b>33,95</b>	<b>27,57</b>	<b>1.351,60</b>
Bayas	6,59	13,83	24,34	27,21	20,02	21,16	27,25	13,28	4,42	2,53	3,09	1,32	<b>165,04</b>
Zadorra	24,74	43,73	73,82	79,82	68,89	65,20	71,13	47,22	25,42	15,81	13,36	11,61	<b>540,77</b>
Inglares	1,22	2,38	3,29	3,56	3,11	2,66	3,05	2,23	1,30	0,63	0,40	0,39	<b>24,22</b>
Tirón	15,57	26,64	38,44	38,06	31,58	35,77	47,75	42,36	19,70	8,66	7,89	5,32	<b>317,75</b>
Najerilla	20,26	33,43	46,34	42,19	30,78	34,99	41,01	35,17	16,55	9,90	9,58	8,66	<b>328,86</b>
Iregua	9,66	17,02	21,86	19,88	15,85	17,49	20,17	19,96	11,08	6,45	5,23	4,41	<b>169,07</b>
Leza	1,54	2,21	4,57	5,83	5,50	7,46	10,24	11,69	8,05	3,78	2,20	1,91	<b>64,99</b>
Linares	1,65	2,75	3,69	4,04	3,49	2,84	3,73	2,00	1,17	0,47	0,38	0,51	<b>26,69</b>
Ega	11,58	26,72	46,73	49,43	53,37	42,82	44,27	30,05	16,33	9,37	8,37	4,91	<b>343,95</b>
Cidacos	1,70	3,66	6,40	7,37	6,07	7,44	9,44	7,87	4,86	1,84	0,98	0,98	<b>58,62</b>
Arga	65,09	101,61	173,67	176,13	149,57	147,06	161,46	90,99	44,49	32,30	30,42	32,24	<b>1.205,03</b>
Aragón	219,86	311,34	487,50	458,22	380,64	381,86	450,04	311,89	169,57	98,42	75,27	93,38	<b>3.437,98</b>
Alhama	3,42	5,78	8,42	9,96	8,22	7,53	11,74	10,61	8,22	3,31	2,11	2,05	<b>81,37</b>
<b>Ebro en Castejón</b>	<b>377,71</b>	<b>592,37</b>	<b>954,92</b>	<b>960,54</b>	<b>807,19</b>	<b>819,03</b>	<b>938,97</b>	<b>663,95</b>	<b>356,35</b>	<b>204,55</b>	<b>166,49</b>	<b>166,37</b>	<b>7.008,43</b>
Queiles	1,94	3,09	3,30	3,95	3,52	3,50	6,62	4,39	3,76	2,56	2,03	2,56	<b>41,21</b>
Huecha	1,52	1,78	1,94	2,33	1,89	1,51	2,83	2,72	1,93	1,31	1,00	1,48	<b>22,24</b>
Arba de Luesia	15,03	14,94	18,44	20,10	16,98	14,58	19,08	13,07	7,63	1,82	2,50	7,67	<b>151,85</b>
Jalón	32,55	34,10	36,64	41,26	35,89	35,37	43,96	46,23	41,40	30,01	27,82	29,51	<b>434,74</b>
Huerva	1,48	1,41	2,42	3,95	3,02	3,29	4,52	5,10	3,75	2,82	2,35	1,79	<b>35,90</b>
Gállego	90,26	101,60	103,02	91,78	64,02	74,63	91,84	108,08	85,74	55,08	41,36	50,24	<b>957,66</b>
<b>Ebro en Zaragoza</b>	<b>430,94</b>	<b>648,86</b>	<b>1.017,60</b>	<b>1.031,45</b>	<b>868,16</b>	<b>876,60</b>	<b>1.015,97</b>	<b>733,72</b>	<b>413,51</b>	<b>241,60</b>	<b>201,07</b>	<b>210,85</b>	<b>7.690,35</b>
Aguasvivas	2,44	2,31	2,59	3,31	2,80	2,31	3,05	4,24	3,03	2,24	2,25	2,12	<b>32,67</b>
Martín	4,27	3,72	3,53	4,66	3,28	3,53	5,10	7,14	5,29	3,52	3,62	3,58	<b>51,25</b>
Regallo	0,63	0,33	0,32	0,59	0,23	0,24	0,70	0,74	0,57	0,25	0,27	0,30	<b>5,18</b>
Guadalope	18,29	10,32	9,00	11,49	8,41	10,16	13,57	16,19	11,77	8,57	8,16	7,79	<b>133,73</b>
Segre (inc. Cinca y Nogueras)	382,61	428,19	395,76	400,53	253,12	315,94	438,01	632,58	563,32	347,52	261,50	300,36	<b>4.719,45</b>
Cinca	144,13	147,71	136,48	135,81	86,24	99,46	141,44	199,15	165,66	84,54	54,30	81,08	<b>1.476,00</b>
Esera	51,57	54,01	47,62	42,94	28,61	36,63	56,36	89,12	85,61	45,96	26,95	37,78	<b>603,17</b>
Noguera Ribagorzana	34,46	34,67	36,30	38,62	28,70	31,72	44,34	53,66	61,05	65,55	57,16	54,28	<b>540,51</b>

**Tabla 66. Aportaciones medias mensuales en los principales afluentes y puntos de control en el Ebro (hm<sup>3</sup>). Serie 1980/81-2005/06 corregida por efecto del cambio climático (Horizonte 2027)**

Cuenca de aportación	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
Noguera Pallaresa	70,17	88,96	85,73	91,78	52,52	66,25	83,10	113,87	127,01	88,47	67,74	67,44	<b>1.003,03</b>
Matarraña	13,61	10,10	7,75	10,21	8,33	9,61	12,05	13,83	7,40	3,29	2,19	2,78	<b>101,17</b>
Ciurana	6,22	3,99	4,01	4,74	2,79	3,36	3,60	4,12	2,79	1,44	1,25	2,12	<b>40,44</b>
Ebro en Tortosa	961,11	1.219,22	1.553,29	1.572,99	1.220,00	1.305,69	1.596,27	1.534,55	1.103,11	670,12	527,33	587,02	<b>13.850,70</b>
Ebro (desembocadura)	965,05	1.223,65	1.557,51	1.577,29	1.223,69	1.309,07	1.600,09	1.538,63	1.106,37	672,54	529,25	588,97	<b>13.892,13</b>
Garona, parte española	52,97	55,57	47,82	44,18	29,06	32,41	48,42	56,83	48,43	34,72	46,88	48,43	<b>545,73</b>

# **APÉNDICES**

- I. TABLA DE VALORES DE NÚMERO DE CURVA EN FUNCIÓN DEL CÓDIGO CORINE LAND COVER**
- II. CALIBRACIÓN DE PIEZÓMETROS MEDIANTE BALANCE HIDROMETEOROLÓGICO**
- III. SERIES DE APORTACIONES ESTIMADAS EN RÉGIMEN NATURAL EN LOS PUNTOS DEFINIDOS**
- IV. SERIES DE APORTACIONES MEDIDAS EN LAS ESTACIONES DE AFORO**