



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL GUADALQUIVIR

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

APÉNDICE I

DESCRIPCIÓN DEL MODELO UTILIZADO

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

1.	DESCRIPCIÓN MODELO SIMPA	1
1.1.	Bases teóricas	2
1.2.	Cálculo de precipitaciones y evapo-transpiraciones potenciales	4
1.3.	Calibración del modelo	10
1.4.	Simulación hidrológica	14

1. DESCRIPCIÓN MODELO SIMPA

Se ha utilizado el modelo hidrológico denominado SIMPA (Simulación Precipitación-Aportación), de tipo conceptual y distribuido, y que simula caudales medios mensuales en régimen natural en cualquier punto de la red hidrográfica de una cuenca. Reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico (Figura 1) planteando el principio de continuidad y estableciendo leyes de reparto y transferencia entre almacenamientos, en cada una de las celdas en que se discretiza el territorio. 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.

En cuanto a la resolución espacial, el tamaño de celda seleccionado es de 1 km², lo que supone que en cada paso de tiempo se simulan los distintos componentes del ciclo hidrológico en más de 500.000 celdas.

A partir de las precipitaciones, las evapotranspiraciones potenciales y los parámetros hidrológicos, el modelo obtiene los mapas de los distintos almacenamientos, humedad en el suelo y volumen de acuífero, y de las variables de salida del ciclo hidrológico, evapotranspiración y escorrentía total, obtenida esta última como suma de la escorrentía superficial y la subterránea. Los caudales mensuales, en cada intervalo de tiempo, se obtienen integrando la escorrentía total en las cuencas vertientes a los puntos de simulación.

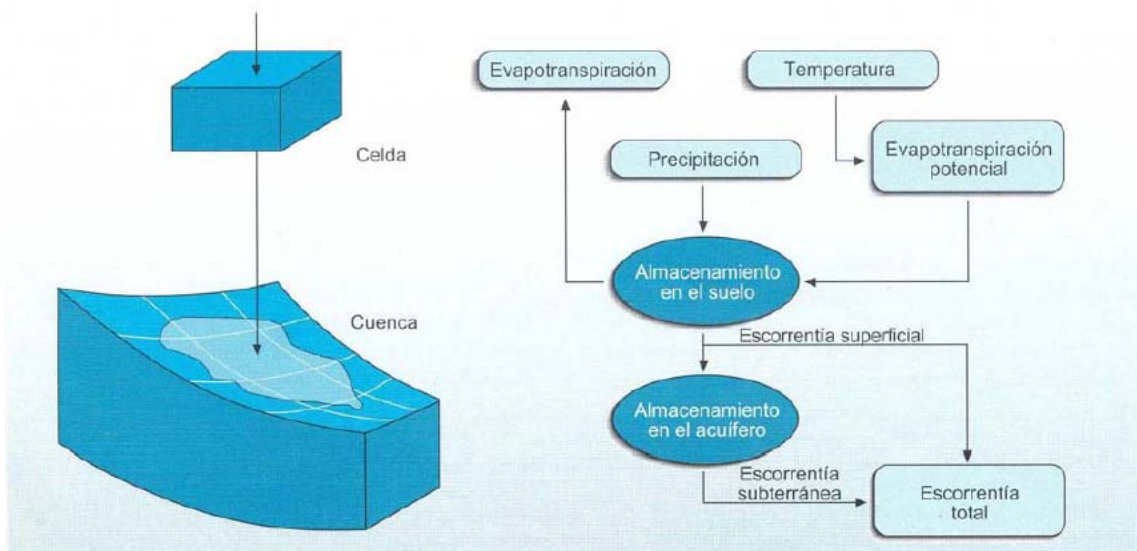


Figura 1. Diagrama de flujo del modelo distribuido SIMPA.

1.1. Bases teóricas

El modelo plantea una serie de ecuaciones conceptuales para el cálculo de los flujos y almacenamientos de agua en las celdas en las que se ha discretizado el territorio. El cálculo del excedente de agua en cada celda es, básicamente, función de la precipitación (P_i), del déficit de humedad en el suelo ($H_{m\acute{a}x} - H_{i-1}$) y de la evapotranspiración potencial (EP_i), y tiene como expresión (Témez, 1977):

$$P_i \leq P_o \Rightarrow T_i = 0$$

$$P_i > P_o \Rightarrow T_i = \frac{(P_i - P_o)^2}{P_i + \delta - 2 \cdot P_o}$$

donde:

$$\delta = H_{m\acute{a}x} - H_{i-1} + EP_i$$

$$P_o = C \cdot (H_{m\acute{a}x} - H_{i-1})$$

siendo en cada celda de la discretización:

P_i	precipitación en el mes i (mm)
T_i	excedente de agua en el mes i (mm)
$H_{m\acute{a}x}$	capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo (mm)
H_{i-1}	almacenamiento de agua en el suelo en el mes $i-1$ (mm)
EP_i	evapotranspiración potencial en el mes i (mm)
C	parámetro de excedente, que toma valores del orden de 0,3

El almacenamiento de agua en el suelo (H_i) y la evapotranspiración real (E_i) en cada celda en el mes i se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$H_i = m\acute{a}x(0, H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)$$

$$E_i = m\acute{i}n(H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i)$$

La infiltración al acuífero por lluvia directa (I_i) en cada celda es función del excedente de agua (T_i) y del parámetro de infiltración máxima ($I_{m\acute{a}x}$) y adopta la siguiente expresión (Témez, 1977):

$$I_i = I_{m\acute{a}x} \cdot \frac{T_i}{T_i + I_{m\acute{a}x}}$$

El modelo asume que la recarga al acuífero en cada celda coincide con la infiltración. Una vez calculada la recarga en cada una de las celdas pertenecientes a los distintos acuíferos, el modelo realiza su integración en los recintos que los definen y aplica el conocido modelo unicelular de forma agregada. La evolución del volumen almacenado en el acuífero y su

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

descarga a la red de drenaje superficial o al mar se realiza mediante las siguientes expresiones:

$$V_i = V_{i-1} - V_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot \Delta t} R_i \left(\frac{1 - e^{-\alpha \cdot \Delta t}}{\alpha} \right)$$

$$A_{sub_i} = V_{i-1} - V_i + R_i$$

siendo:

- α coeficiente de agotamiento del acuífero (meses-1)
- Δt intervalo temporal (mes)
- P_i recarga al acuífero en el mes i (mm/mes)
- V_i volumen almacenado en el acuífero en el mes i (mm)
- $ASUB_i$ aportación subterránea correspondiente al mes i mm/mes)

La aportación total es igual a la parte de excedente (T_i) no infiltrada (I_i) más la aportación subterránea ($ASUB_i$):

$$A_{TOT_i} = T_i - I_i = ASUB_i = ASUB_s + ASUB_t$$

siendo:

- $ASUB_s$ aportación superficial del mes i (mm/mes)
- $ASUB_t$ aportación total durante el mes i (mm/mes).

Aparte, lógicamente, de las limitaciones que tiene todo modelo por ser una simplificación más o menos aproximada de la realidad, este modelo presenta dos limitaciones teóricas que conviene mencionar, aunque no sean, en la práctica, nada significativas en una evaluación de recursos a escala nacional.

La primera se debe a la no consideración de la propagación del flujo sobre la cuenca, lo que dificulta el que puedan tenerse en cuenta las pérdidas por infiltración en los cauces perdedores, y la consiguiente recarga que en esas situaciones se induce hacia los acuíferos. Esta limitación obliga a que en acuíferos donde se produzca recarga por infiltración desde cauces perdedores haya que tener en cuenta las estimaciones realizadas externamente al modelo. Sin embargo, cabe también mencionar que no tendría mucho sentido, dada la finalidad de los trabajos, ni sería realista, por los tiempos de ejecución que conllevaría, el considerar la propagación dinámica de flujos superficiales a escala de todo el territorio nacional.

La segunda limitación es que el modelo no está pensado para simular las variaciones espaciales en la piezometría de los acuíferos, sino únicamente el intercambio de agua entre éstos y la red fluvial o el mar. Al igual que otros modelos conceptuales existentes, este modelo se ha diseñado para la evaluación de recursos hídricos, incluyendo la recarga por lluvia directa en el acuífero, y no para la simulación del movimiento interno del agua en el acuífero, que debe, lógicamente, ser abordada mediante otras aproximaciones metodológicas.

1.2. Cálculo de precipitaciones y evapo-transpiraciones potenciales

La precipitación y la evapotranspiración son las dos variables climáticas básicas que, con el control establecido por el terreno, configuran el régimen de las escorrentías de un territorio. La importancia que la estimación de estas dos variables tiene en la evaluación de recursos justifica, por tanto, el detalle con el que se aborda en este apartado la descripción de los cálculos realizados.

El modelo estima la precipitación mes a mes durante todo el periodo de simulación en cada una de las celdas en las que se ha discretizado el territorio. Los distintos mapas de precipitaciones se obtienen a partir de la interpolación de los datos registrados en los pluviómetros mediante el método del inverso de la distancia al cuadrado.



Figura 2. Red de estaciones pluviométricas sobre el modelo digital del terreno.

El procedimiento de interpolación seguido utiliza los datos de las más de 5.000 estaciones meteorológicas operativas existentes en España (Figura 2). Sin embargo, a pesar del elevado número de estaciones, la estimación de la distribución espacial de la precipitación se encuentra, en ocasiones, con el inconveniente de que muchos de los pluviómetros sólo

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

disponen de series cortas o incompletas, que dejan en algunos periodos amplias zonas sin información, sobre todo en los primeros años de la serie.

En los pluviómetros de series cortas o incompletas se ha utilizado un modelo de regresión doble para rellenar las lagunas de una estación a partir de los datos de las estaciones próximas. Este modelo estacionaliza previamente los datos mensuales originales de cada estación, restándoles la media del mes y dividiendo la diferencia por la desviación típica, también media del mes.

Para preservar la varianza de la serie completada se ha introducido un ruido blanco en la ecuación de regresión. Una vez aplicada la ecuación de correlación se procede a desestacionarizar los datos completados.

Por otra parte, las estaciones meteorológicas no siempre se distribuyen de la forma deseada sobre la cuenca, ya que es habitual que se localicen en los valles y no en las zonas de mayor altitud, en la Figura 3, que muestra la distribución de las estaciones meteorológicas en España según su altitud.

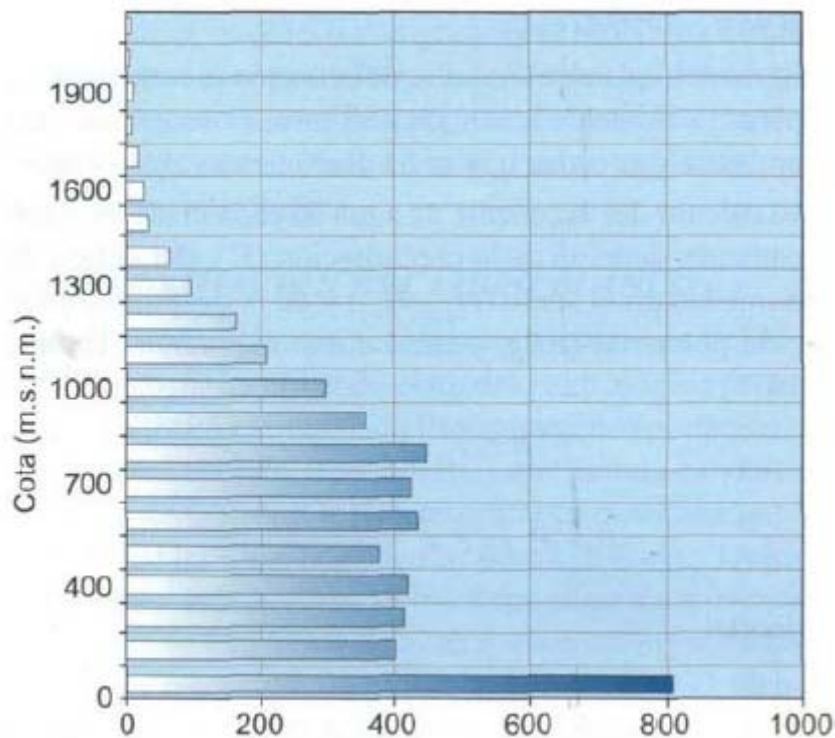


Figura 3. Distribución de las estaciones meteorológicas según altitud.

La falta de estaciones en las zonas más altas produce infravaloraciones importantes de la lluvia en muchas cuencas de cabecera al aplicar directamente los algoritmos de interpolación espacial. Este hecho infravalora de forma importante los recursos estimados a partir de las lluvias y pone de relieve la necesidad de disponer de redes de medida meteorológicas que tengan cobertura en las zonas de montaña. Para suplir esta carencia se han generado series

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

de precipitaciones en estaciones ficticias teniendo en cuenta la correlación de la lluvia con la altitud.

Para la obtención de estas series se han realizado estudios específicos regionales que mejoran la interpolación en las zonas donde no se dispone de suficientes pluviómetros. Así se han realizado análisis de regresión (Figura 4) entre la precipitación y la altitud que tienen en cuenta la orientación o exposición de las laderas a las tormentas y los balances regionales precipitación-aportación en las cuencas vertientes a las estaciones de aforo.



Figura 4. Estaciones pluviométricas ficticias introducidas.

Mediante el procedimiento descrito se han estimado los mapas de precipitaciones mensuales para el periodo de simulación. En la Figura 5 se muestra el correspondiente a la media anual del periodo.

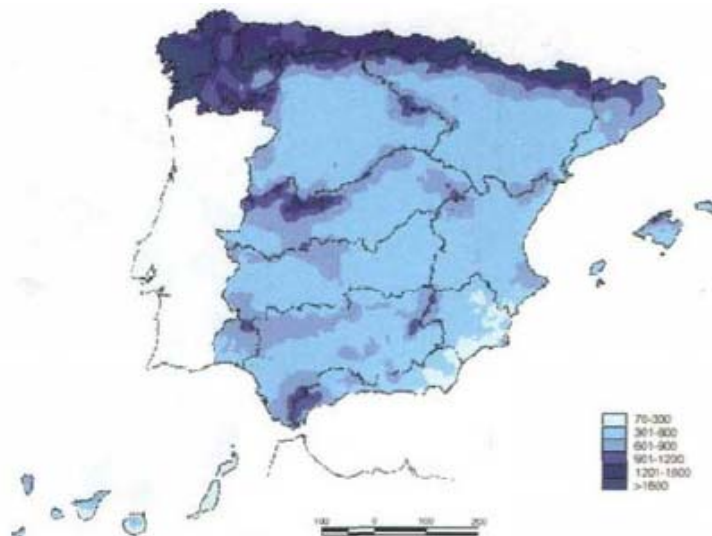


Figura 5. Precipitación media anual (mm) en el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1940/41 y 1995/96.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

En cuanto a la evapotranspiración potencial se ha utilizado una combinación de los métodos de Thornthwaite y Penman-Monteith, y se ha introducido un coeficiente reductor que tiene en cuenta el efecto de la vegetación.

El método de Thornthwaite ha venido utilizándose tradicionalmente en España debido a que básicamente sólo necesita datos de temperatura, información que habitualmente se encuentra disponible cubriendo amplias regiones del territorio. Sin embargo este método, válido en zonas húmedas y subhúmedas con precipitaciones estivales, suele infravalorar las evapotranspiraciones potenciales en zonas con climas distintos a los anteriores. En concreto, es conocido que en zonas áridas y semiáridas infravalora la evapotranspiración potencial. Otros métodos de estimación de la evapotranspiración potencial, como el de Penman-Monteith, que ha sido recomendado por la FAO, definen físicamente mejor el fenómeno y logran ajustar sus resultados a las diferentes condiciones climáticas, aunque por el contrario necesitan de un mayor número de variables. La información que precisan para su aplicación sólo suele estar disponible en las estaciones meteorológicas completas, que registran datos de temperatura, radiación solar, humedad atmosférica, velocidad del viento, etc., y cuyo número es muy reducido en España.

El procedimiento seguido para estimar la evapotranspiración potencial ha consistido en aplicar el método de Thornthwaite en cada celda y para cada uno de los meses del periodo y modificar posteriormente los mapas calculados mediante unos mapas mensuales de coeficientes correctores. Estos 12 mapas correctores se han obtenido interpolando los coeficientes que resultan de dividir la evapotranspiración potencial media mensual calculada según Penman-Monteith y la calculada según Thornthwaite en las estaciones meteorológicas completas, donde como ya se ha mencionado existe suficiente información para aplicar ambos métodos. En las Figuras 6 y 7 se muestra un ejemplo de la estimación de la evapotranspiración potencial en el mes de julio de 1990 según el método de Thornthwaite y según el procedimiento aquí descrito.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
 Documento para Consulta Pública

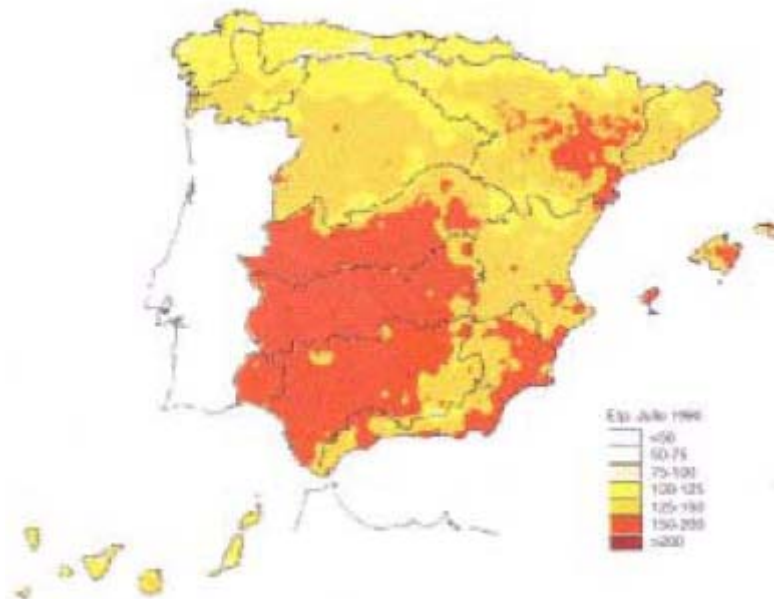


Figura 6. Cálculo de la ETP (mm) según Thornthwaite (julio 1990).

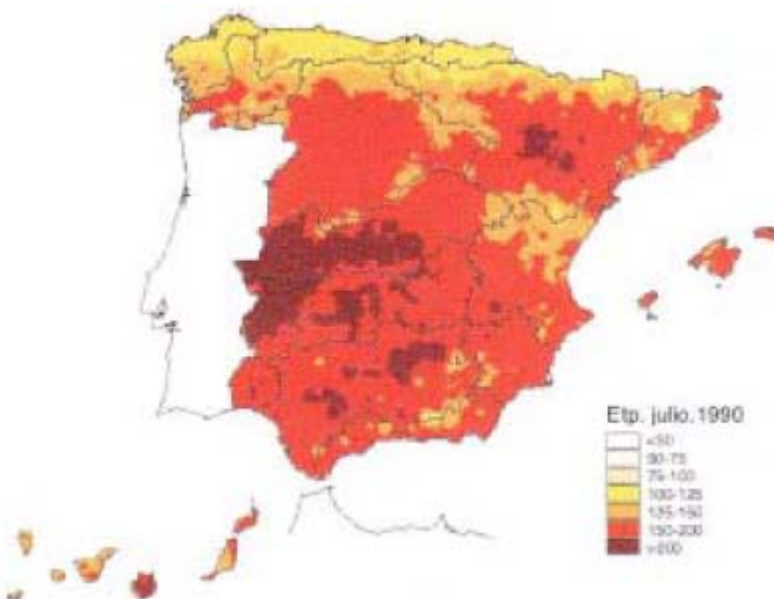


Figura 7. Cálculo de la ETP (mm) según el método utilizado en el Libro Blanco (julio 1990).

La temperatura es una variable determinante para el cálculo de la evapotranspiración potencial, y al igual que sucede con la precipitación muestra una correlación significativa con la altitud. Dado que las estaciones meteorológicas que registran la temperatura también escasean en las zonas más montañosas, se han introducido estaciones ficticias cuyas series de temperaturas mensuales se han obtenido en función de los valores registrados en las estaciones vecinas y de las correlaciones existentes con la altitud.

Seguidamente se procedió a interpolar los mapas de temperaturas mensuales, que se utilizaron posteriormente para el cálculo de la evapotranspiración mensual según

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

Thornthwaite. Aplicando los mapas de coeficientes correctores mensuales antes mencionados se obtuvieron los mapas de evapotranspiraciones potenciales según Penman-Monteith, que a su vez fueron afectados por un coeficiente de vegetación variable en el espacio, aunque invariante en el tiempo. Este coeficiente tiene en cuenta el efecto de la vegetación, ya que no es lo mismo la evapotranspiración potencial en una zona sin vegetación que en otra densamente cubierta por ésta.



Figura 8. Coeficiente reductor (x100) de la evapotranspiración potencial según el uso del suelo.

Este mapa de coeficientes (Figura 8) se obtuvo a partir de los usos del suelo procedentes de CORINNE LAND COVER. Los valores asignados a cada clase de uso suelo (Tabla 1) se estimaron mediante balances hídricos en cuencas aforadas. De esta manera se modificó la evapotranspiración potencial calculada por la fórmula de Penman-Monteith para un cultivo de referencia y se tuvo en cuenta el conocido hecho, demostrado teórica y experimentalmente, de que la evapotranspiración no sólo se controla por factores meteorológicos sino que viene regulada también por el tipo de vegetación.

Tipo de uso del suelo	Coefficiente de cultivo
Espacios con poca vegetación	80%
Tierras de labor	87%
Sistemas agrícolas heterogéneos	91%
Cultivos permanentes	93%
Vegetación arbustiva	95%
Bosque mixto	97%
Bosques de frondosas y coníferas	98%
Zonas húmedas, superficies de agua y artificiales	100%
Praderas	100%

Tabla 1. Coeficiente reductor de la evapotranspiración potencial en función del de uso del suelo

Como resultado final se obtuvieron los mapas mensuales de evapotranspiraciones potenciales desde el año 1940 hasta el año 1995. La Figura 9 muestra el valor medio anual para ese periodo, que es el que finalmente se ofrece en el Libro Blanco.

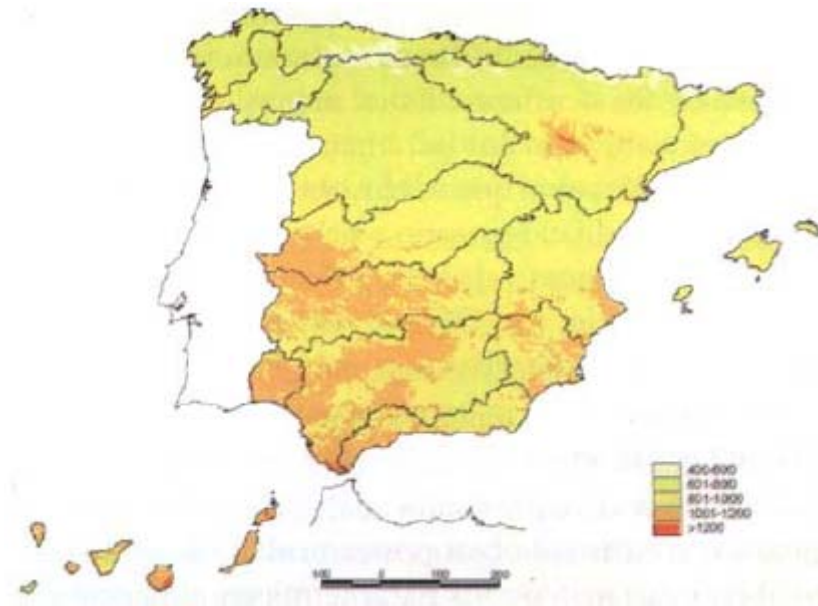


Figura 9. Estimación de la distribución espacial de la ETP media (mm) en España (1940-1995).

1.3. Calibración del modelo

La calibración del modelo consiste en ajustar los mapas de parámetros de forma que se reproduzcan satisfactoriamente los caudales en los puntos donde esta información es conocida. La mayoría de los datos de calibración del modelo corresponden a estaciones de aforo donde se miden caudales en régimen natural, aunque también se han utilizado series restituidas a régimen natural procedentes de los Planes Hidrológicos de cuenca.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

Para la estimación de los numerosos parámetros del modelo distribuido empleado se emplean diferentes herramientas que facilitan el establecimiento de relaciones entre parámetros hidrológicos y características de las cuencas.

Tratándose de un modelo distribuido sus parámetros no son escalares, sino matrices representativas de los distintos atributos territoriales considerados: mapas de capacidad máxima de almacenamiento de humedad en el suelo, capacidad máxima de infiltración y coeficientes de agotamiento de los acuíferos. Estos mapas no se han estimado regionalizando los parámetros calibrados en las cuencas aforadas sino que se han obtenido de forma distribuida para todo el territorio a partir de características físicas de las cuencas y de los acuíferos, tales como usos de suelo, litología, etc. De esta manera los parámetros de las cuencas no aforadas, que cubren un gran porcentaje del territorio, son coherentes con sus características y pueden ser estimados con mayor fiabilidad.

En el proceso de calibración realizado se ha hecho la hipótesis, confirmada con posterioridad, de estacionariedad o invarianza de los parámetros en el periodo de simulación. Esto supone admitir, consecuentemente, la invarianza en los usos de suelo. Aunque, como es obvio, se han producido cambios en los usos de suelo en las últimas décadas en algunas zonas del territorio nacional, su incidencia global sobre las aportaciones de los ríos es muy escasa, como demuestra el hecho de que los residuos (diferencia entre valor observado y simulado) no muestran sesgos a lo largo del periodo de simulación.

En cualquier caso, el modelo no presenta ninguna limitación para tratar parámetros que varían en el tiempo, sino todo lo contrario: el procedimiento seguido permite relacionar los usos de suelo y el parámetro de capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo de forma directa y transparente a través de la Tabla 2.

Uso del suelo	Capacidad máxima de humedad del suelo (mm)
Superficies artificiales	40
Espacios con poca vegetación	100
Tierras de labor en secano	155
Tierras de labor en regadío	215
Praderas y pastizales naturales	150
Sistemas agrícolas heterogéneos	195
Cultivos permanentes	210
Vegetación arbustiva	135
Bosque mixto	220
Bosques de frondosas y coníferas	230
Zonas húmedas, superficies de agua y artificiales	300

Tabla 2. Regionalización de la capacidad máxima de humedad del suelo a partir de los usos del suelo

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

Esta tabla permite establecer un mapa del parámetro de capacidad máxima de almacenamiento de humedad en el suelo, que regula el volumen de agua o excedente que acaba convirtiéndose en escorrentía. En la Figura 10 se presenta, únicamente a modo ilustrativo, el Mapa de capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo (mm).



Figura 10. Mapa de capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo

El parámetro capacidad de infiltración máxima (Figura 11), que interviene en la ley que regula el reparto del excedente de agua entre escorrentía superficial e infiltración al acuífero, se ha obtenido básicamente a partir de la litología, según las equivalencias reflejadas en la Tabla 3. Los valores asignados a cada clase litológica en esta tabla proceden del análisis de los flujos base en las estaciones de aforo de los ríos.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

Litología	Infiltración máxima (mm)
Mat. aluvial de origen indiferenciado	400
Calizas y dolomías	1000
Margas	85
Margas yesíferas	75
Yesos	64
Materiales arenosos	450
Materiales gravo-arenosos	500
Calcarenitas (Macigno)	250
Arcosas	150
Rañas	95
Granitos	65
Rocas metamórficas	20
Gneiss	55
Pizarras	40
Rocas volcánicas	275

Tabla 3. Regionalización de la capacidad máxima de infiltración a partir de la litología

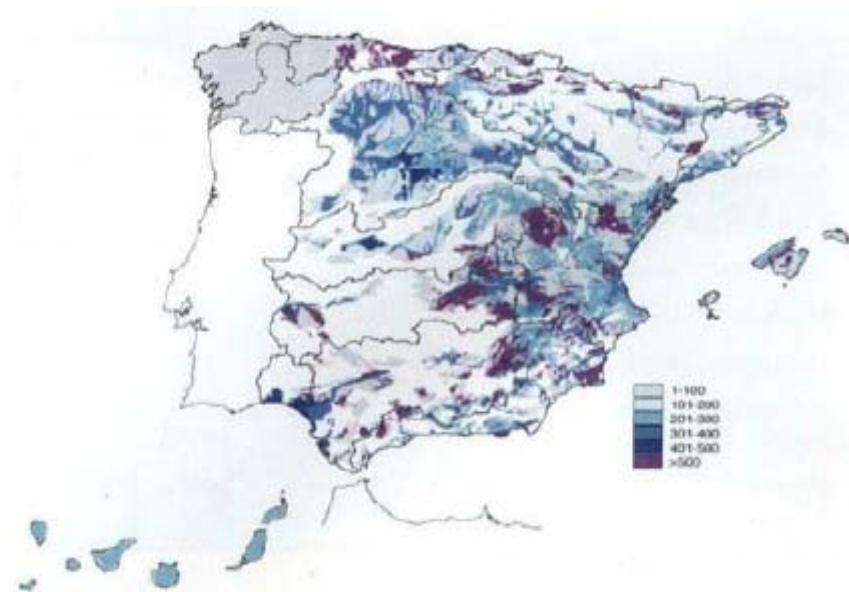


Figura 11. Mapa de capacidad de infiltración máxima

El intercambio de agua entre acuífero y río se ha simulado mediante el modelo unicelular, cuyo parámetro denominado coeficiente de agotamiento (Figura 19) se ha obtenido a partir del conocimiento cualitativo del funcionamiento de los acuíferos, de sus propiedades hidrodinámicas, si eran conocidas, y, fundamentalmente, de las curvas de agotamiento de los acuíferos observadas en las estaciones de aforo de los ríos.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

El intercambio de agua entre acuífero y río se ha simulado mediante el modelo unicelular, cuyo parámetro denominado coeficiente de agotamiento (Figura 12) se ha obtenido a partir del conocimiento cualitativo del funcionamiento de los acuíferos, de sus propiedades hidrodinámicas, si eran conocidas, y, fundamentalmente, de las curvas de agotamiento de los acuíferos observadas en las estaciones de aforo de los ríos.

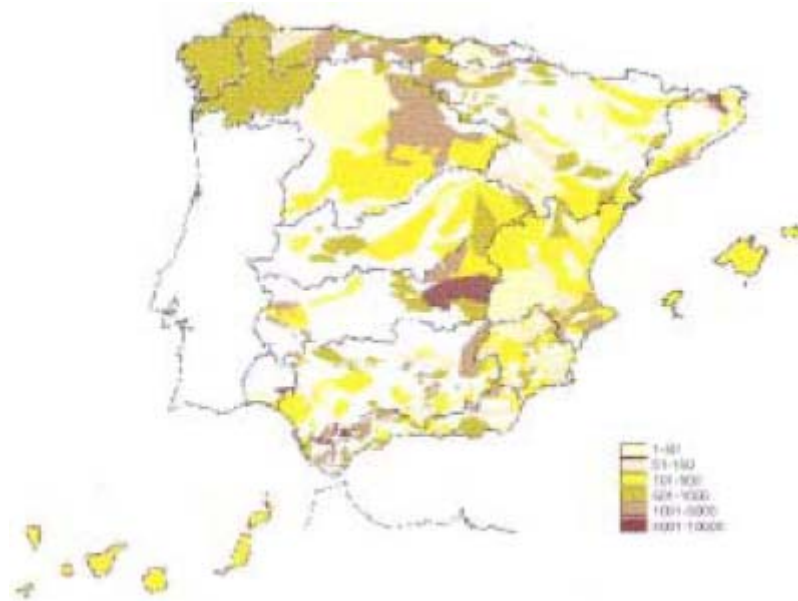


Figura 12. Mapa de coeficientes de agotamiento (días-1x100.000).

Para ofrecer una idea del buen grado de ajuste conseguido con el modelo se presentan en el Libro Blanco diversas figuras en todos los puntos de control seleccionados de valores medios anuales de aportaciones específicas simuladas y observadas.

1.4. Simulación hidrológica

La simulación se realizó para el periodo octubre de 1940 a septiembre de 1996. Las variables simuladas fueron:

- Precipitación
- Evapotranspiración superficial
- Infiltración
- Evapotranspiración
- Volumen de acuíferos
- Escorrentía subterránea
- Escorrentía total

Como resultado de la evaluación de recursos realizada el valor medio anual de la escorrentía total en España es de 220 mm (equivalentes a unos 111.000 hm³), cifra que representa aproximadamente un tercio de la precipitación.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

En cuanto a la distribución espacial (Figura 13) son evidentes las grandes diferencias territoriales que muestra, variando desde áreas donde la escorrentía es de menos de 50 de mm/año hasta otras donde supera los 800 mm/año.

Como se observa en el mapa los valores de escorrentía total anual para la cuenca del Guadalquivir oscilan entre 51 y 200 mm con alguna zona de sureste por debajo de 50 mm.

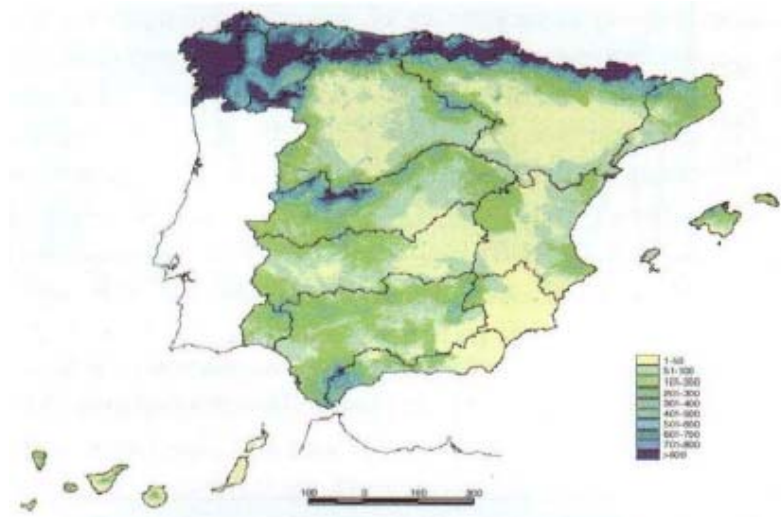


Figura 13. Mapa de escorrentía total media anual (mm).

En la Figura 14 se muestra la distribución estacional de la escorrentía. Las reducidas lluvias y las elevadas evapotranspiraciones potenciales de los meses de primavera y verano determinan que en una gran parte del territorio no se genere escorrentía en esos meses. El agua que por tanto circula por los ríos en esa época es la que procede de la descarga de los acuíferos y cuando éstos no existen la escorrentía es prácticamente nula.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
 Documento para Consulta Pública

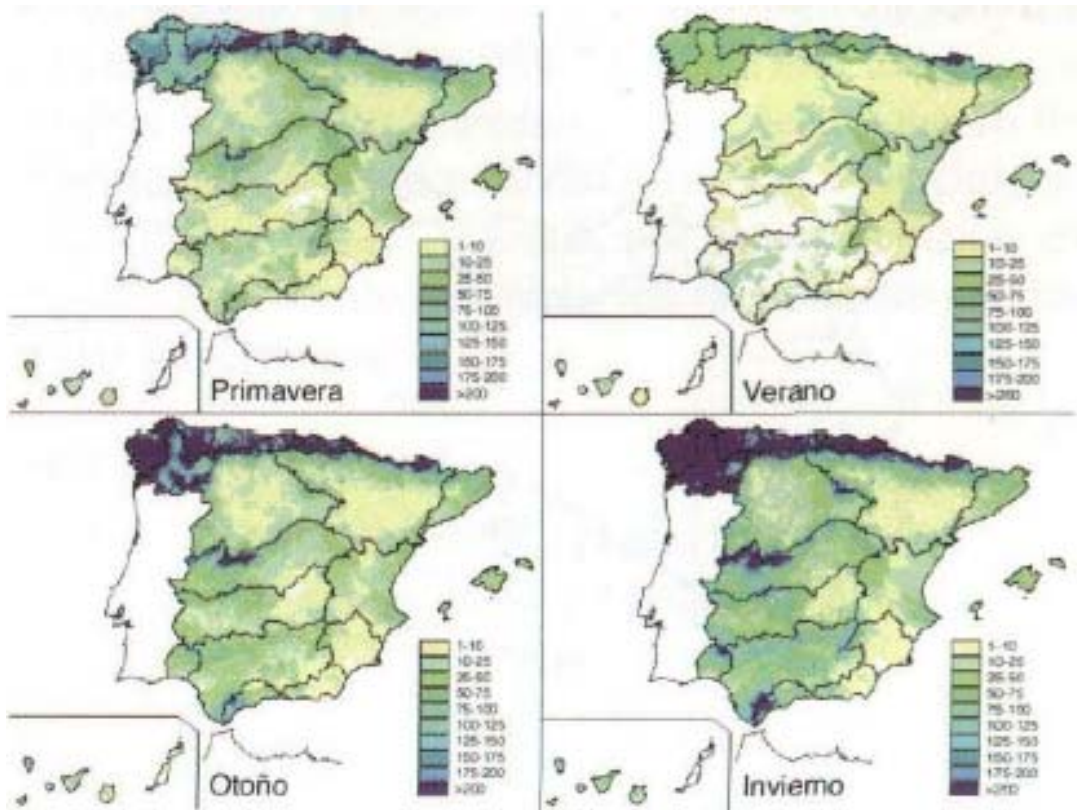


Figura 14. Distribución estacional de la escorrentía (mm).

Dentro del marco de la evaluación de recursos hídricos realizada en el Libro Blanco, y con objeto de disponer también de una evaluación de la recarga natural a los acuíferos en un período común (1940/41 a 1995/96) y con una metodología de cálculo homogénea, se ha realizado, para toda España, con este modelo, una estimación de la recarga debida a la lluvia caída sobre cada unidad hidrogeológica. Esta estimación no tiene en cuenta, por tanto, las transferencias entre unidades que, aunque con carácter general son pequeñas, pueden ser importantes en algunas unidades concretas. Tampoco considera las pérdidas por infiltración en los cauces superficiales. Estas dos componentes de la recarga deberían añadirse a la estimación realizada.

En la Figura 15 se muestran los valores medios anuales de recarga debidos a infiltración por lluvia directa, en mm/año, obtenidos en cada unidad hidrogeológica.

Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
Documento para Consulta Pública

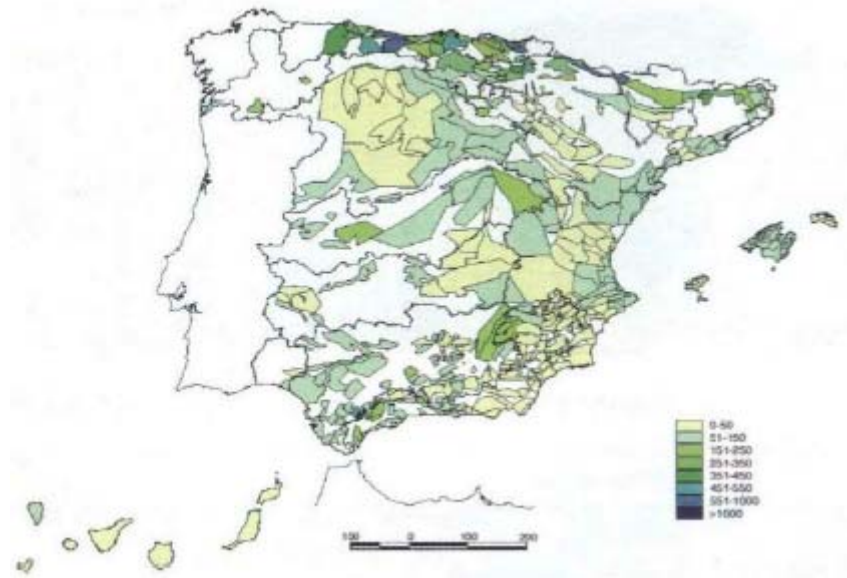


Figura 15. Mapa de recarga natural (infiltración por lluvia directa) en las unidades hidrológicas (mm/año).

Se ha realizado, en definitiva, una compleja y sistemática evaluación de recursos que contempla e integra, para un mismo periodo y con la misma metodología, los datos de precipitaciones, evapotranspiraciones, usos de suelo, litologías, recargas a los acuíferos y aportaciones en los ríos a la escala de todo el territorio nacional.