



**Unión Europea**  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
*"Una manera de hacer Europa"*

UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Desarrollo del modelo RREA para la evaluación del estado de la calidad del agua, en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
GRUPO DE INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

## Contenido

1. Introducción.....	2
2. Descripción del modelo RREA: .....	4
3. Metodología: .....	6
4. Caso de Estudio:.....	7
4.1. Estado actual de la DMJ: .....	7
4.2. Análisis de datos observados:.....	9
4.3. Información masas de agua .....	11
4.4. Elaboración del orden de flujo.....	12
4.5. Temperaturas.....	13
4.6. Cargas de entrada: .....	14
4.6.1. Información disponible: .....	15
4.6.2. Asignación de vertidos a cada masa de agua:.....	15
4.6.3. Relación Nitrógeno Total, Amonio y Nitratos: .....	16
4.6.4. Cálculo de cargas:.....	16
4.7. Aportaciones: .....	22
4.8. Demandas.....	23
4.9. Caudales Observados .....	23
5. Calibración: .....	25
5.1. Calibración de las constantes de degradación: .....	25
5.2. Calibración demandas:.....	27
6. Resultados RREA .....	28
7. Consideraciones.....	37
ANEJO 1 .....	38

## 1. Introducción

Este informe recopila los trabajos realizados por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos (GIRH-UPV) dentro del proyecto Evaluación del Riesgo Ambiental por Sequías (ERAS) para el desarrollo de un modelo de modelación de calidad del agua con la herramienta Respuesta Rápida del Estado Ambiental (RREA) en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ).

Durante las últimas décadas la presión antrópica ha puesto en riesgo la calidad ambiental de las masas de agua superficiales y subterráneas a escala local y regional. Tanto las características bióticas como abióticas de los ecosistemas acuáticos se han visto afectadas negativamente por actividades urbanas, industriales o agrícolas entre otras. Como respuesta, los órganos competentes han planteado medidas dentro de los planes de actuación de las demarcaciones para restaurar los daños y conservar la riqueza ambiental de estos parajes.

En España, se emplea el estado biológico, químico e hidromorfológico para determinar si un ecosistema acuático está en riesgo. Dicho criterio viene determinado por el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, el cual incorpora en la legislación española lo dispuesto en la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Mediante la implementación del R.D. 817/2015, se establecen:

- *Los criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas.*
- *Las normas de calidad ambiental (NCA) para las sustancias prioritarias y para otros contaminantes con objeto de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales. Establecer las NCA para las sustancias preferentes y fijar el procedimiento para calcular las NCA de los contaminantes específicos con objeto de conseguir un buen estado ecológico de las aguas superficiales o un buen potencial ecológico de dichas aguas, cuando proceda.*
- *Las condiciones de referencia y los límites de clases de estado de los indicadores de los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos para clasificar el estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales.*
- *Las disposiciones mínimas para el intercambio de información sobre estado y calidad de las aguas entre la Administración General del Estado y las administraciones con competencias en materia de aguas, en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.*

El **capítulo II** de dicha normativa, establece los elementos de calidad para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua evaluadas. En el **Artículo 10** del R.D. se diferencia entre los criterios en los siguientes grupos:

1. *Elementos de calidad biológicos:*

- *Composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados.*
- *Composición y abundancia de flora acuática.*
- *Composición, abundancia y estructura de edades de fauna ictiológica.*

2. ***Elementos de calidad químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:***

- ***Generales:*** *condiciones térmicas y de oxigenación, salinidad, estado de acidificación y nutrientes.*
- *Contaminantes específicos vertidos en cantidades significativas.*

3. *Elementos de calidad hidromorfológicos de soporte a los elementos de calidad biológicos:*

- Régimen hidrológico: caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas y conexión con masas de agua subterránea.*
- Continuidad del río.*
- Condiciones morfológicas: variación de la profundidad y anchura del río, estructura y sustrato del lecho del río y estructura de la zona ribereña.*

En el **Anexo II del R.D.**, se especifica las condiciones de referencia y los límites de cambio de clase de estado para ríos, lagos, embalses, aguas de transición, aguas costeras y aguas costeras muy modificadas como puertos. Para cada tipo de masa superficial se realiza una subclasificación dependiendo las características de las masas, por ejemplo, se establecen 35 tipos de ríos. Además, para cada uno de ellos se implanta los umbrales máximos permitidos de los parámetros empleados como criterios de evaluación.

Durante los últimos años, organismos ambientales como Confederación Hidrográfica del Júcar [CHJ] han presentado interés en disponer de herramientas sencillas que permitan evaluar de forma rápida la evolución del resiego ambiental de las masas de agua superficiales a gran escala.

El modelo RREA permite modelar algunos de los elementos que conforman el segundo grupo “Elementos de calidad químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos”. Entre dichos parámetros se encuentran la DBO5, compuestos nitrogenados y fosfatados.

Aunque como especifica el R.D. 817/2015, el buen estado ecológico de un ecosistema acuático depende de variables bióticas y abióticas, la falta de información y la complejidad de los sistemas bióticos dificulta la inclusión de dichos parámetros en modelos matemáticos.

Aun así, ha quedado demostrado que el incumplimiento de los límites establecidos para los parámetros físico-químicos modelados suelen ir acompañados de efectos negativos sobre los ecosistemas analizados. Ejemplos claros de ello, son los efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos como consecuencia de incrementos en las

concentraciones de materia orgánica en el agua o la aparición de fenómenos de eutrofización fomentados por aumentos en las concentraciones de nutrientes.

En definitiva, el principal objetivo que se pretenden alcanzar mediante el desarrollo del presente estudio es estimar el impacto de las presiones antrópicas sobre las aguas superficiales continentales en la Demarcación Hidrográfica del Júcar [DHJ]. Con el fin de alcanzar el objetivo descrito se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Evaluar el estado actual de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.
- Desarrollar un modelo RREA y calibrarlo para su aplicación en la CHJ.
- Evaluar los resultados.
- Identificar mejoras para el modelo.

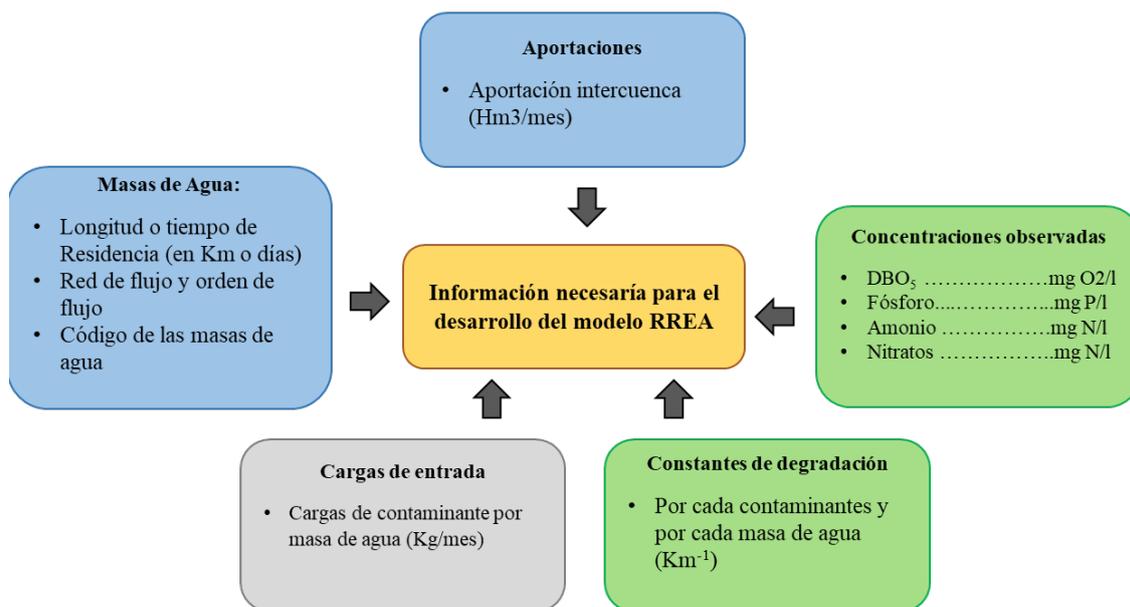
## 2. Descripción del modelo RREA:

En primer lugar, el modelo RREA permite estimar la evolución de la concentración en las masas de agua de contaminantes que se puedan modelar con una cinética de primer orden. Su aplicación proporciona una visión general del estado cualitativo de las masas de agua, a partir de los datos de carga contaminante para Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), compuestos nitrogenados y fosfatados, aportaciones y red de flujo de las masas de agua, y asignación de constantes de degradación para cada contaminante.

A continuación, se enumeran las bases o hipótesis sobre las que trabaja el modelo RREA:

- i. Supone una degradación del contaminante según una cinética de primer orden.
- ii. Cada masa recibe una carga según los vertidos que van a parar a la misma.
- iii. Cada masa recibe el caudal que se genera en la subcuenca de esa masa.
- iv. Tiene en cuenta el caudal extraído en cada masa.
- v. Acumula tanto caudal como masa por orden de flujo.
- vi. Cálculo para toda la serie temporal requerida.

En el siguiente esquema se muestra la información necesaria para desarrollar un modelo RREA. Parte de dicha información es aportada por el órgano responsable de la gestión de la demarcación analizada (código de las masas de agua, la red de flujo, los registros de los vertidos, las analíticas en campo de las aguas naturales, etc.), pero, existe otra parte que se debe de calcular previamente al desarrollo del modelo como el orden de flujo, las cargas de entrada por masa de agua, etc.



*Figura 1 Información necesaria RREA*

Además, el modelo RREA permite considerar elementos opcionales como las demandas, los caudales ecológicos, las temperaturas o caudales observados. En el caso de estudio abordado se optó por incluir al modelo información sobre:

- **Demandas.** Para cada masa de agua se puede definir los caudales detraídos y el modelo matemático lo tiene en cuenta tanto para el balance de caudales como de masa de contaminante.
- **Temperatura del agua.** La temperatura del agua de cada masa se puede tener en cuenta para corregir las constantes de degradación en función de la misma.
- **Caudales observados.** Finalmente se puede incluir un archivo con caudales observados en algunas masas de agua y el modelo corregirá los caudales estimados por estos observados cuando llegue la masa de agua.

Tras el desarrollo y la calibración del modelo, los resultados que se obtienen aportan la siguiente información:

- Series de caudales circulantes por cada una de las masas de agua ( $\text{Hm}^3/\text{mes}$ ).
- Concentraciones de cada uno de los constituyentes modelados en cada una de las masas de agua simuladas ( $\text{mg/l}$ ).
- Series de déficit de caudales ecológicos para cada una de las masas de agua ( $\text{Hm}^3/\text{mes}$ ).

### 3. Metodología:

Aunque la forma en que se use el modelo varía en función del caso de estudio a continuación se explica brevemente la metodología general que se puede utilizar para el uso del modelo. Se puede diferenciar los siguientes procesos para llegar al desarrollo del modelo.

- i. A partir de la información de masas de agua obtener la red de flujo. Es necesario información de las masas de agua en formato GIS y definir (por algún proceso GIS o a mano) a que masa vierte cada una de ellas.
- ii. De la información GIS de las masas de agua y la de vertidos (se deben de disponer las coordenadas de los vertidos) se procederá a obtener (mediante herramientas GIS) a que masas de agua vierte cada vertido.
- iii. Las bases de datos de vertidos suelen disponer de una estimación de los habitantes equivalentes que se puede traducir en cargas de contaminante.
- iv. De la misma forma si se dispone de información para estimar la carga de contaminantes por actividades diferentes a los vertidos (agricultura, ganadería, etc.) se puede estimar la contaminación difusa debida en cada masa de agua.
- v. Sumando las estimaciones de los puntos 4 y 5 se puede estimar finalmente la carga a la que está sometida cada una de las masas de agua.
- vi. Las series de aportaciones de cada subcuenca vertiente a cada masa de agua superficial se obtienen, generalmente, de algún modelo precipitación escorrentía, como por ejemplo el modelo SIMPA desarrollado por el CEH-CEDEX.
- vii. Las constantes de degradación se pueden considerar de forma general, por tipo de masa o individualizar si se quiere ajustar con más precisión el modelo.

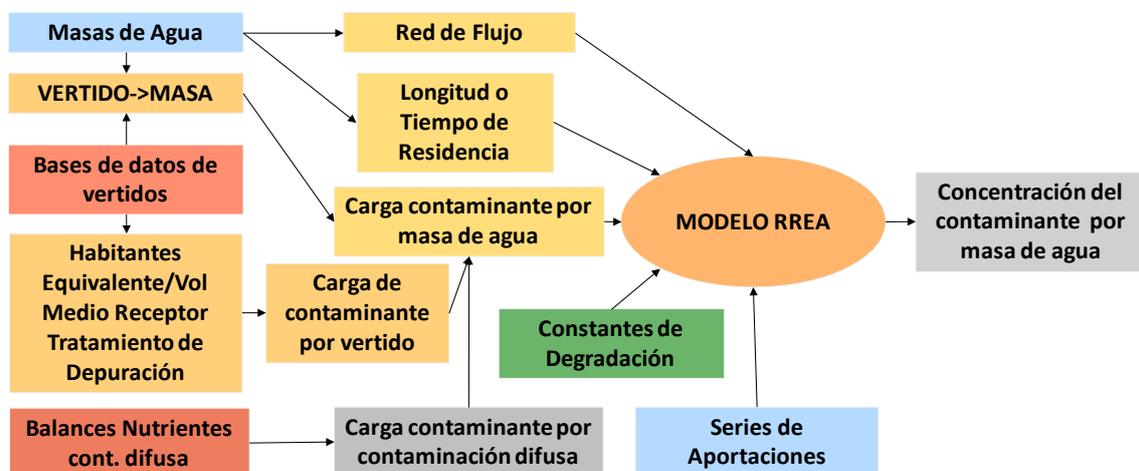


Figura 2 Esquema metodología RREA

## 4. Caso de Estudio:

Parte de la información descriptiva expuesta en este apartado ha sido extraída de la página web de la Confederación hidrográfica del Júcar y del PHDHJ 2015-21.

El ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), situado geográficamente en el extremo central este de la Península Ibérica, viene definido por el Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, donde se indica que incluye todas las cuencas hidrográficas que viertan sus aguas al mar Mediterráneo, entre la desembocadura de los ríos Segura y Cenia, incluyendo también este último. Su superficie es de 42.851 km<sup>2</sup>. Fisiográficamente se describe como una *zona interior montañosa*, con puntos de mayor altitud y una *zona litoral costera*, constituida por llanuras.

La CHJ se extiende por cuatro comunidades autónomas: La Comunidad Valenciana, con una participación territorial en superficie del 49,6% respecto a la superficie total, la Comunidad de Castilla-La Mancha, con 36,6%, Aragón con 13,2%, y Cataluña, que tiene una representación territorial mucho menor que las anteriores, igual al 0,6%.

### 4.1. Estado actual de la DMJ:

Actualmente, el estado ecológico de una masa de agua se determina mediante los criterios establecidos por el R.D. 3017/2015.

El informe “Programas de control y Seguimiento de la Calidad Físico Química de las Aguas Superficiales en el Ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Júcar” del 2016, es un documento en el que se evalúa el estado ambiental de las masas de agua localizadas en la demarcación.

El tercer apartado de dicho informe se titula “Valoración del estado ecológico a partir de indicadores físico químicos”. En él se recogen los resultados obtenidos tras la clasificación del estado ecológico de las masas de agua, para lo cual se empleó únicamente indicadores físico-químicos. Los parámetros empleados son:

- Como indicadores de las condiciones de oxigenación se han seleccionado el oxígeno disuelto (mg/L) y el porcentaje de saturación de oxígeno (%).
- Como indicador del estado de acidificación se seleccionó el pH. Los umbrales máximos aplicados se hacen depender de la tipología de la masa de agua, y se adoptan los límites establecidos en el R.D. 817/2015.
- Como indicadores de las condiciones relativas a los nutrientes se han seleccionado los nitratos, amonio y el fósforo total.
- Además, se incluye la evaluación de las sustancias preferentes reguladas por el Anexo V del Real Decreto 817/2015.

En el ámbito de la DHJ se identifican nueve ecotipos de ríos. El R.D. 817/2015 establece unos umbrales máximos para cada uno de ellos.

Tabla 1 Ecotipos de ríos en la DHJ.

<b>Código Ecotipo</b>	<b>Descripción</b>
<b>5</b>	Ríos Manchegos
<b>9</b>	Ríos Mineralizados de baja montaña mediterránea
<b>10</b>	Ríos Mediterráneos con influencia cárstica
<b>12</b>	Ríos de Montaña mediterránea calcárea
<b>13</b>	Ríos Mediterráneos muy mineralizados
<b>14</b>	Ejes Mediterráneos de baja altitud
<b>16</b>	Ejes Mediterráneos-continentales mineralizados
<b>17</b>	Grandes ejes en ambientes mediterráneos
<b>18</b>	Ríos costeros mediterráneos

Tabla 2 Umbrales máximos para Parámetros físico-químicos generales, por ecotipo (R.D. 817/2015)

<b>Ecotipo</b>	<b>Elemento de Calidad</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Muy Bueno-Bueno</b>	<b>Bueno-Moderado</b>
<b>5</b>	Condiciones de Oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>		5
		<i>Saturación OD</i>	70-100	60-120
	Estado de Acidificación	<i>pH</i>	6.5-8.7	6-9
	Nutrientes	<i>Amonio</i>	0.2	0.6
		<i>Nitratos</i>	20	25
		<i>Fosfatos (Fósforo Total)</i>	0.2	0.4
<b>9, 10,12 y 16</b>	Condiciones de Oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>		5
		<i>Saturación OD</i>	70-100	60-120
	Estado de Acidificación	<i>pH</i>	6.5-8.7	6-9
	Nutrientes	<i>Amonio</i>	0.2	0.6
		<i>Nitratos</i>	10	25
		<i>Fosfatos (Fósforo Total)</i>	0.2	0.4

<b>13, 14 y 18</b>	Condiciones de Oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>		5
		<i>Saturación OD</i>	70-100	60-120
	Estado de Acidificación	<i>pH</i>	6.5-8.7	6-9
	Nutrientes	<i>Amonio</i>	0.2	0.6
		<i>Nitratos</i>	10	25
		<i>Fosfatos (Fósforo Total)</i>	0.4	0.5
<b>17</b>	Condiciones de Oxigenación	<i>Oxígeno disuelto</i>		5
		<i>Saturación OD</i>	70-100	60-120
	Estado de Acidificación	<i>pH</i>	6.5-8.7	6-9
	Nutrientes	<i>Amonio</i>	0.3	1
		<i>Nitratos</i>	10	25
		<i>Fosfatos (Fósforo Total)</i>	0.2	0.4

La valoración del estado ecológico en función de indicadores de calidad físico-químicos generales de las 182 masas evaluadas es el siguiente:

*Tabla 3 Valoración mediante indicadores físico-químicos generales (Informe Químico Anual CHJ, 2016)*

<b>Estado Ecológico</b>	<b>Nº de masas de agua</b>
Muy bueno	72
Bueno	59
Moderado	45
No Evaluado	6

#### 4.2. Análisis de datos observados:

El control de la calidad de las aguas continentales superficiales en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar se realiza a través de un conjunto de puntos de control de muestreo periódico y puntos de control de muestreo ocasional. Los puntos de control de muestreo periódico en ríos constituyen la base del Programa de Control y Seguimiento Físico-Químico de las Aguas Superficiales de la demarcación (antigua Red ICA) y de la Red de Control de las Sustancias Peligrosas

en la Demarcación Hidrográfica del Júcar (Red RCSP) (Informe Químico Anual DHJ, 2016).

En total, para el año 2016, las cifras básicas del programa de control son:

- Nº de puntos de muestreo.....111
- Nº de masas de agua controladas .....114
- Nº de masas sin información.....78

Para analizar los resultados del modelo y poder compararlos con los observados, es necesario unificar el formato de los datos. Por ello, se realizó un análisis previo de la base de datos observados facilitada por la CHJ, más concretamente de las variables: DBO5, Amonio, Nitratos y Fósforo total.

Tras ordenar y revisar los datos, se aplica la siguiente metodología para cada uno de los contaminantes analizados:

- i. Se fijan unos umbrales máximos para cada uno de los contaminantes modelados. Como el R.D. 817/2015 se especifican concentraciones límite dependiendo del ecotipo, se han seleccionados las concentraciones máximas más bajas. Es decir, se asume para toda la demarcación los umbrales de los ecotipos más vulnerables.

*Tabla 4 Umbrales máximos (Adaptado R.D. 817/2015)*

Contaminante	Umbrales máximos	unidad
DBO5	<6	mg O2/l
P total	<0.4	mg PO4/l
Amonio	<0.6	mg NH4/l
Nitrato	<25	mg NO3/l

- ii. Si la concentración del contaminante se encuentra por encima del límite permitido se considera que la masa de agua analizada “falla”.
- iii. A continuación, se calcula el porcentaje de fallos sobre el total de mediciones en cada masa de agua.
- iv. Por último, se asigna el estado ecológico de la masa en función del porcentaje obtenido:

*Tabla 5 Clasificación del modelo RREA para calcular el Riesgo Ambiental*

Estado Ambiental	Resultado
Muy bueno	<25 %
Buen	25 -50 %
Moderado	50- 75 %
Malo	75- 100 %

La base de datos facilitada por la CHJ consta con datos que datan desde 1990 hasta 2016. El periodo del que se disponen información es muy amplio, por lo que se asume que la situación actual no es comparable al estado de las masas de agua durante los noventa. Por ello, se decidió evaluar los datos tomados a partir del 2003.

En la siguiente figura se ha representado mediante diagramas de caja la distribución estadística de los promedios de DBO5 de todas las masas controladas, tomados durante el periodo 1970-2003 y el periodo 2003-2016. Como se observa la diferencia entre ambas muestras es notable.

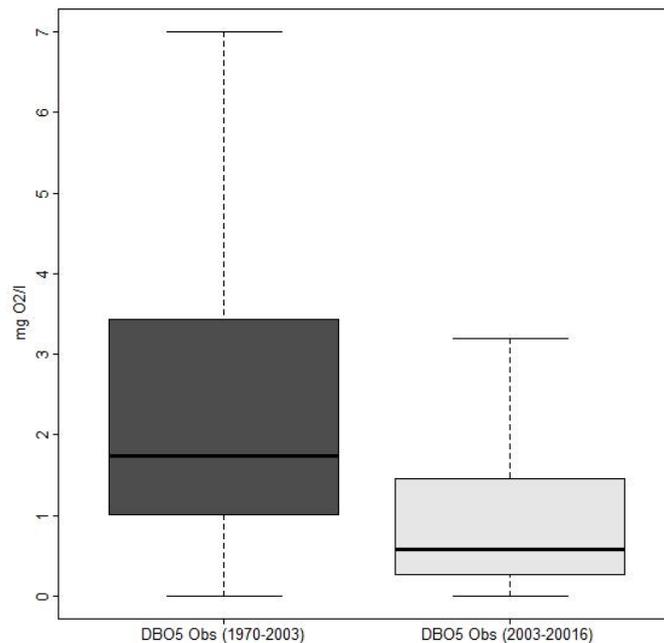


Figura 3 Concentraciones promedio de DBO5 de toda la DHJ. Periodos: 1970-2003 y 2003-2016.

### 4.3. Información masas de agua

Para el desarrollo del modelo ha sido necesario disponer de información hidromorfológica de las masas estudiadas. La mayor parte de los datos empleados han sido facilitados directamente por la Confederación Hidrográfica del Júcar o se han obtenido de la página web de la misma.

En primer lugar, las masas deben estar georreferenciadas para poder trasladar la información al sistema de información geográfica libre, Q-GIS. En segundo lugar, dependiendo del tipo de masa de agua se precisa de información específica:

- Ríos: Para la modelación de masas de tipo río ha hecho falta conocer las longitudes (km). Dicha información será empleada por el modelo para estimar la degradación a lo largo del cauce y finalmente poder calcular el balance final del contaminante.
- Embalses: En este caso se calcula la tasa de degradación a partir del tiempo de residencia (días). Para conocer dicha característica del embalse, se

emplearon los caudales de salida medios de los embalses y los volúmenes medios.

En el presente estudio se incluyeron en el modelo, el tiempo de residencia de diez masas de agua artificiales tipo embalse.

Tabla 6 Cálculo de Tiempo de Residencia

Código Embalse	Nombre	Volumen promedio (Hm <sup>3</sup> )	Caudal promedio salida (Hm <sup>3</sup> /día)	Tiempo residencia (días)
8005	ARENOS	39.50	0.36	111.13
8021	SICHAR	24.96	0.18	136.77
8006	ARQUILLO SAN BLAS	12.61	0.10	120.78
8016	LORIGUILLA	17.27	0.47	36.88
8001	ALARCON	450.01	1.06	423.10
8014	BENAGEBER	120.95	0.66	184.02
8027	CORTES II	118.00	3.10	38.06
8032	BELLUS	9.23	0.06	152.45
8013	FORATA	13.00	0.05	265.28
8004	AMADORIO	6.13	0.02	376.90

Por último, en el Anejo 1 se pueden consultar las longitudes y los tiempos de residencia asociados a cada masa de agua.

#### 4.4. Elaboración del orden de flujo

La base de datos proporcionada por la CHJ contiene la distribución de los recursos hídricos naturales gestionados por la CHJ. La demarcación esa fraccionada en los siguientes sistemas de explotación: Cenia-Maestrazgo, Mijares- Plana de Castellón, Palancia- Los Valles, Turia, Júcar, Serpis, Martina Alta y Marina Baja. En total se obtiene una longitud de masas de agua superficial clasificadas como ríos del orden de 5.600 km en el ámbito de la DHJ.

El modelo RREA precisa de información sobre la dirección del flujo de la red hidrográfica modelada. El cálculo de la red y la orden de flujo se realiza en los siguientes pasos:

- i. En primer lugar, se asigna de forma manual que masa de agua vierte a cuál. El resultado es la **red de flujo** del modelo.
- ii. A continuación, sobre la red de flujo se ejecuta una macro programada para asignar un valor por masa de agua. Dicho valor dependerá del número de masas que viertan sobre la masa analizada, empezado por las masas de cabecera que tendrán asignado el valor cero. El resultado de ello es la **orden de flujo** del modelo.

En la siguiente figura se puede observar la red y la de flujo del caso de estudio analizado.

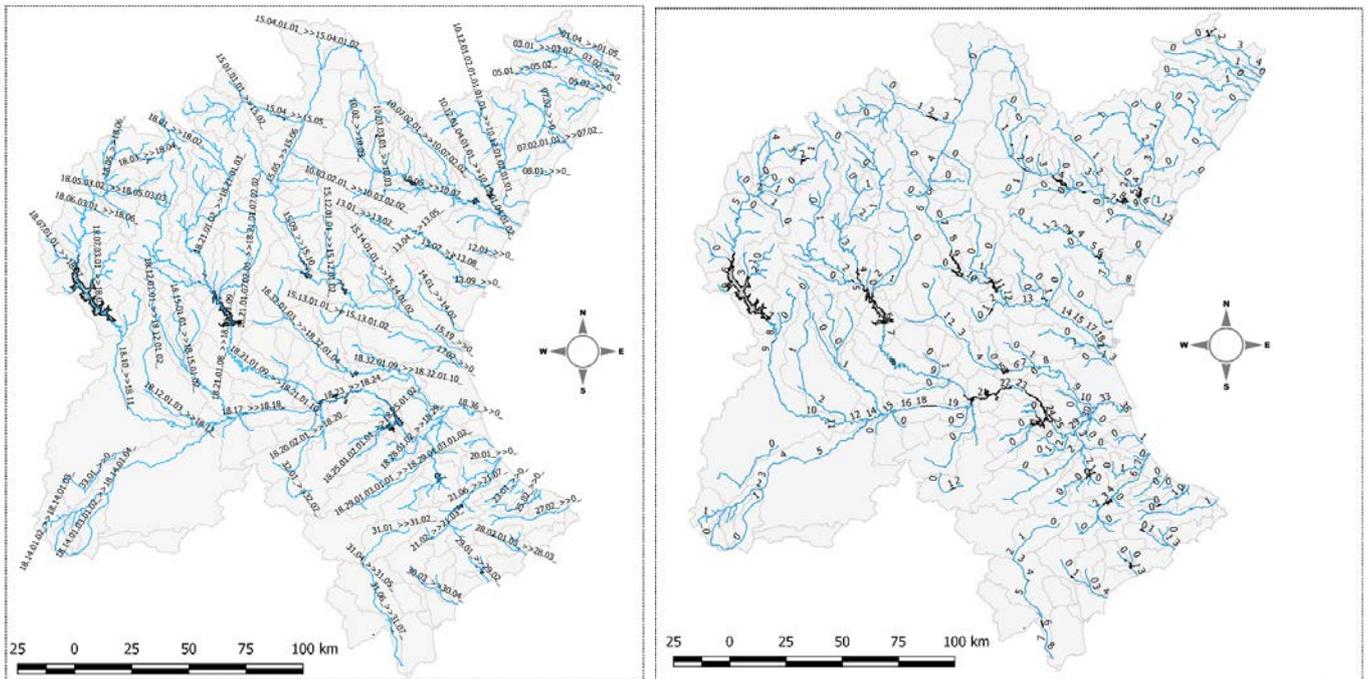


Figura 4 Red y orden de flujo del caso de estudio

#### 4.5. Temperaturas

La temperatura es una de las magnitudes físicas que tiene más importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Determina la evolución o tendencia de sus propiedades, tanto físicas, químicas y biológicas, (Gutiérrez, B. & García, D. 1999). El efecto de la temperatura sobre los parámetros cinéticos de un proceso biológico se puede expresar a través de una fórmula, variante de la ecuación de Vant Hoff -Arrhenius y puede aplicarse a todos los procesos biológicos, (Ferrer and Seco, 2008):

$$k_T = k_{20}\theta^{T-20} \quad Ec.: 1$$

Donde:

- $k_T$  y  $k_{20}$ : Constante cinética de degradación a las temperaturas T y 20°C respectivamente.
- $\theta$ : Variable para la corrección por temperatura.
- T: Temperatura en °C.

De acuerdo Metcalf & Eddy, (2003) se recomiendan los siguientes valores para los coeficientes  $\theta$ , de los contaminantes analizados:

Tabla 7 Coeficientes para la corrección por temperatura, Metcalf & Eddy, (2003).

Proceso	Valor
Nitrificación del Amonio	1.111
Degradación de Materia Orgánica	1.047
Degradación de Fósforo	1.100

La DHJ se caracteriza por una marcada heterogeneidad climatológica. Por lo que variables meteorológicas como la temperatura tienen un papel fundamental en el funcionamiento ecológico de los ecosistemas acuáticos de la demarcación. Como se observa en la siguiente figura, la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas del agua en un mismo mes supera los 10 °C.

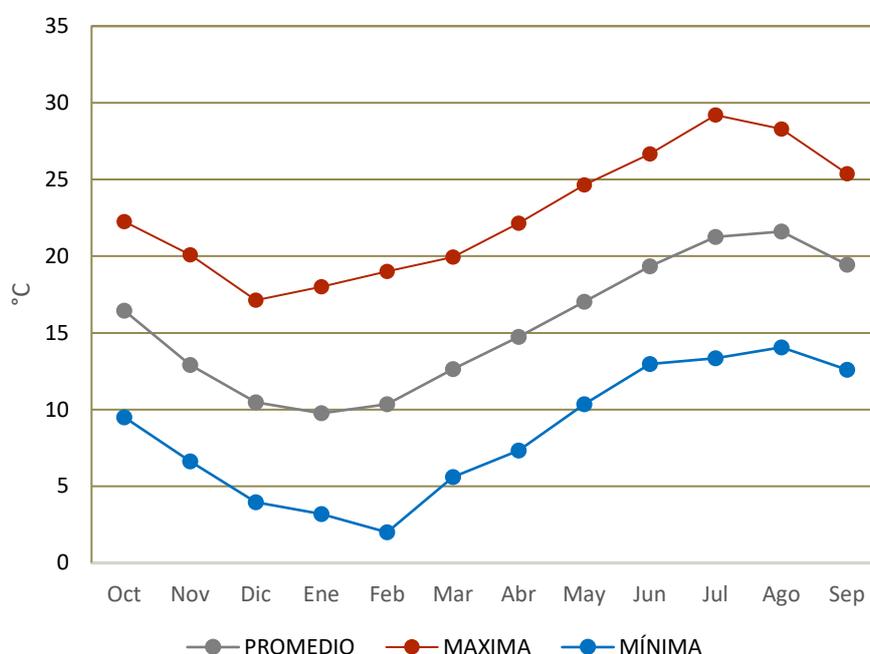


Figura 5 Temperatura del agua DHJ

El modelo RREA contiene un módulo específico para incluir las temperaturas del agua de cada masa. El objetivo es incluir el efecto de las variaciones mensuales sobre las constantes de degradación de los contaminantes modelados.

La base de datos empleada para la asignación de las temperaturas medias mensuales del agua por masa de agua fue facilitada por la CHJ. Como no todas las masas constan con mediciones “in situ”, a aquellas que no disponían de datos se les asignaron una media mensual calculada para toda la demarcación.

#### 4.6. Cargas de entrada:

Para la ejecución del modelo RREA es imprescindible disponer de información sobre las cargas de entrada a cada masa de agua, a escala mensual. Se puede diferenciar tres tipos de entrada para cada uno de los contaminantes modelados:

- Contaminación puntual: Vertidos de los cuales se conoce volúmenes, volúmenes autorizados, localización, tipo de vertido...
- Contaminación difusa: Caracterizada por su deslocalización, este tipo de contaminación está promovida por actividades agrarias, lixiviados, arrastres de la escorrentía superficial...
- Contaminación transportada por el flujo de agua: Es decir, la carga de entrada en la masa de agua  $i$  se trasfiere a la masa de aguas abajo  $i+1$ .

Normalmente, para calcular las cargas de entrada a las masas de agua, si no se dispone información extra, se opta por calcular las cargas de entrada a las EDAR en base al Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (habitantes equivalentes). A continuación, se les aplica un coeficiente de reducción que depende del rendimiento del tratamiento aplicado.

#### 4.6.1. Información disponible:

La Confederación Hidrográfica del Júcar facilitó la siguiente información:

*Tabla 8 Información facilitada por la CHJ.*

Base de Datos	Archivo	Información
	<b>Censo_vertidos_authorized.xlsx</b>	Información general de los vertidos autorizados dentro de la DHJ.
<b>EDAR.accdb</b>	<b>EDAR_DEEDAR_CHJ_V</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Códigos EDARs_CHJ</li> <li>- Información general por EDAR.</li> <li>- Expediente de vertido asociado a cada EDAR.</li> <li>- Estado de la EDAR (En servicio, Baja o Fase de Proyecto)</li> <li>- Habitantes equivalentes por EDAR.</li> <li>- Localización de los efluentes.</li> </ul>
	<b>Resultados Analíticos</b>	Analíticas del agua de entrada y salida durante el 2016 (solo EDARs dentro de la Comunidad Valenciana, EPSAR).
	<b>dbo.tb_4_DescDepuEval.xlsx</b>	Tipo de tratamiento aplicado a cada expediente de vertido autorizado.

#### 4.6.2. Asignación de vertidos a cada masa de agua:

Antes de iniciar el cálculo de carga de entrada es necesario relacionar los puntos de vertido con las masas de agua. En los archivos facilitados por la CHJ no existe información sobre las masas de agua que afecta cada expediente de vertido, pero, sí que incluyen las coordenadas de vertido.

Para relacionar los expedientes de vertido con las masas de agua, se empleó la herramienta geoespacial de Q-Gis, Join. La cual permite incluir en una capa la información de otra mediante criterios de proximidad espacial.

#### 4.6.3. Relación Nitrógeno Total, Amonio y Nitratos:

En el R.D. 817/2015, establece los criterios físico-químicos generales para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua. Entre ellos se encuentra los compuestos químicos Amonio y Nitrato como indicadores del nivel de nutrientes en agua.

Ya que no es común que las EDARs muestreen la concentración de amonio y nitratos en el efluente, se han desarrollado estudios anteriores en otras cuencas en los cuales se ha establecido una relación aproximada entre la concentración de nitrógeno total del efluente de una EDAR y la concentración de dichos compuestos nitrogenados. Para ello se han asumido las siguientes hipótesis:

- Se asume que la concentración de Nitritos es despreciable.
- Y, la fracción de Nitrógeno total que corresponde a Nitrógeno Orgánico se incluye a la de Amonio.

Tabla 9 Relación entre la concentración de Nitrógeno total y la de Amonio y Nitratos (efluente de una EDAR)

	Amonio_Salida_EDAR	Nitrato_Salida_EDAR
PROMEDIO % respecto al Nitrógeno Total	63	37

La falta de información impide aplicar unos coeficientes de relación específicos para cada vertido. Además, cabe mencionar que la mayor parte de los vertidos incluidos en el modelo, se caracterizan por sé de naturaleza urbana. Por lo que, aunque dicha relación dependerá de la tipología de vertido, **el coeficiente se aplicó a las cargas de contaminantes totales.**

Por último, para realizar el cambio de unidades de miligramos de nitrógeno total a miligramos de amonio y nitrato se empleó la siguiente relación Nt y otros compuestos nitrogenados:

Tabla 10 Relación estequiométrica entre compuestos nitrogenados

mg/L	N
NO3	22.6
NO2	30.4
N	100
NH4	77.6

#### 4.6.4. Cálculo de cargas:

Antes de calcular las cargas de contaminante de entrada a las masas de agua, fue necesario resolver los siguientes problemas:

- Los archivos EDAR\_DEEDAR\_CHJ\_V y Resultados\_Analíticos no comparten la misma codificación de las EDARs. Esto se debe a que los Resultados\_Analíticos están generados por La Entidad Publica de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana.
- Solo las EDARs localizadas dentro de la comunidad Valenciana disponen de información analítica.
- En el caso de los vertidos, algunos están conectados a EDAR y otros no. Los vertidos que no están conectados a EDAR disponen de información específica como las coordenadas, volúmenes anuales, habitantes equivalentes, etc. El único inconveniente es la falta de información sobre si se realiza tratamiento o no previo al vertido, y en caso de que sí, que tipo de tratamiento se aplica.

En primer lugar, para unificar el código de las EDARs y poder relacionar la información de los archivos nombrados, se empleó la herramienta de **QGIS-Join**. Dicha herramienta permite incluir en una capa la información de otra mediante criterios de proximidad espacial. De esta forma se relacionaron los códigos de las EDARs de la CHJ con los de EPSAR. A continuación, se realizó una revisión manual para comprobar que el código asignado a cada EDAR era el correspondiente.

En total, de 433 EDARs en 29 no se realizó la asignación satisfactoriamente. Pero al final se comprobó que de estas 29, 21 son vertidos al mar que no se han identificado correctamente y 6 son vertidos que infiltran al terreno. Como el modelo no incluye ni la modelación de masas de agua subterránea y costeras, se han descartado los 27 vertidos especificados. Por último, los dos restantes se asignaron manualmente.

En segundo lugar, se decidió calcular de las cargas de entrada a las masas de agua diferenciando entre EDARs de CV y el resto de vertidos.

#### *4.6.4.1. EDARs Comunidad Valenciana:*

Se considera EDARs de la Comunidad Valenciana a aquellas estaciones que se localicen dentro de la DHJ y los límites de la CV.

Antes de calcular las cargas de entrada, fue necesario descartar:

- Aquellas EDARs que se encontraban en la fase de proyecto o en baja. Es decir, que durante el año 2016 no se encontraban en funcionamiento, por lo que no ejercían presión sobre los ecosistemas analizados.
- EDARs sin información analítica.
- EDARs con efluentes que sean reutilizados y por tanto no viertan a cauce.
- Además, también se excluyeron las EDARs que vertían a mar, ya que el RREA no modela masas de agua marinas.

Finalmente, se calculó las cargas de entrada a cauce mensuales de 314 EDAR mediante la información analítica de los efluentes y los volúmenes mensuales vertidos por las EDARs de la CV.

Tabla 11 Cargas a río mensuales de las EDAR localizadas en la CV.

DBO (Tn.DBO/mes)	P (Tn.P/mes)	N (Tn.N/mes)	AMONIO (Tn.NH4/mes)	NITRATO (Tn.NO3/mes)
50	14	89	72.8	147

#### 4.6.4.2. Expedientes de vertido no asociados a EDAR y EDAR fuera de la CV:

En este caso se optó por calcular las cargas de entrada a las masas de agua en base al Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (habitantes equivalentes).

Tabla 12 Carga nominal establecida por el R.D. 11/1995

	DBO(grO2/día)	P(gr/día P)	N(gr/día N)
Dotación	60	1.5	10

En total se tuvo en cuenta el efecto 789 vertidos. Ya que, al igual que en el apartado anterior, se descartaron:

- Los vertidos al mar.
- Las EDAR que no se encontraban en fase de ejecución durante el 2016.
- Las EDARs que reutilizaban parte del efluente.
- Los vertidos que no tenían información sobre habitantes equivalentes.

A continuación, se recurrió a la información sobre los habitantes equivalentes de cada expediente del archivo **Censo\_vertidos\_autorizados.xlsx**, con lo cual se pudo calcular las cargas totales de los vertidos.

En segundo lugar, se consultó el inventario sobre los tratamientos del archivo **DBO.tb4.DescDepuEval.xls**. De esta forma se conoce si los vertidos analizados tienen o no tratamiento previo, y si es así, que tipo de tratamiento se les aplica.

A continuación, se muestran los rendimientos de eliminación en función del tipo de tratamiento impartido:

- Los **tratamientos primarios** son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos físico-químicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración.
- En el caso de aplicarse un **tratamiento secundario** se aplicarán técnicas de depuración específicas para reducir la carga de materia orgánica del afluente mediante el uso de microorganismos heterótrofos que la degraden. Entre las técnicas más comunes, se encuentran tratamiento de fangos activos, lagunaje, biodiscos, etc.

- Por último, si la estación de depuración contiene un **tratamiento terciario o riguroso** se incluirán técnicas específicas para la eliminación de fósforo y nitrógeno.

Tabla 13 Rendimientos según el tratamiento aplicado

	<b>DBO</b>	<b>P</b>	<b>N</b>
<b>SIN TRATAMIENTO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>PRIMARIO</b>	<b>0.33</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>SECUNDARIO</b>	<b>0.92</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>
<b>RIGUROSO</b>	0.93	0.9	0.9

En último lugar, para calcular la carga de un vertido solo es necesario detraer a la carga total del vertido la masa eliminada por el tratamiento aplicado y realizar un cambio de unidades a kilogramos por mes.

En la siguiente tabla están representado el sumatorio de las cargas mensuales de los vertidos no asociados a ninguna EDAR y las EDARs que no se localizan en la CV.

Tabla 14 Cargas a río mensuales de las EDAR localizadas fuera CV y vertidos que no estén asociados a EDARs.

<b>DBO (Tn.DBO/mes)</b>	<b>P (Tn.P/mes)</b>	<b>N (Tn. N/mes)</b>	<b>AMONIO (Tn.NH4/mes)</b>	<b>NITRATO (Tn.NO3/mes)</b>
571	23	154	127	255

#### 4.6.4.3. Cargas totales:

Finalmente, se estimó que las cargas a río de los contaminantes modelados para toda la DHJ eran de:

Tabla 15 Cargas mensuales finales para toda la DHJ

<b>DBO (Tn.DBO/mes)</b>	<b>P (Tn.P/mes)</b>	<b>N (Tn. N/mes)</b>	<b>AMONIO (Tn.NH4/mes)</b>	<b>NITRATO (Tn.NO3/mes)</b>
621	37	242	146	398

En total se tuvo en cuenta 1105 vertidos para el cálculo de las cargas a río. De ellos el 29% corresponden a EDARs de la CV y 71% restante a EDARs fuera de la CV y vertidos de toda la DHJ no conectados a EDAR.

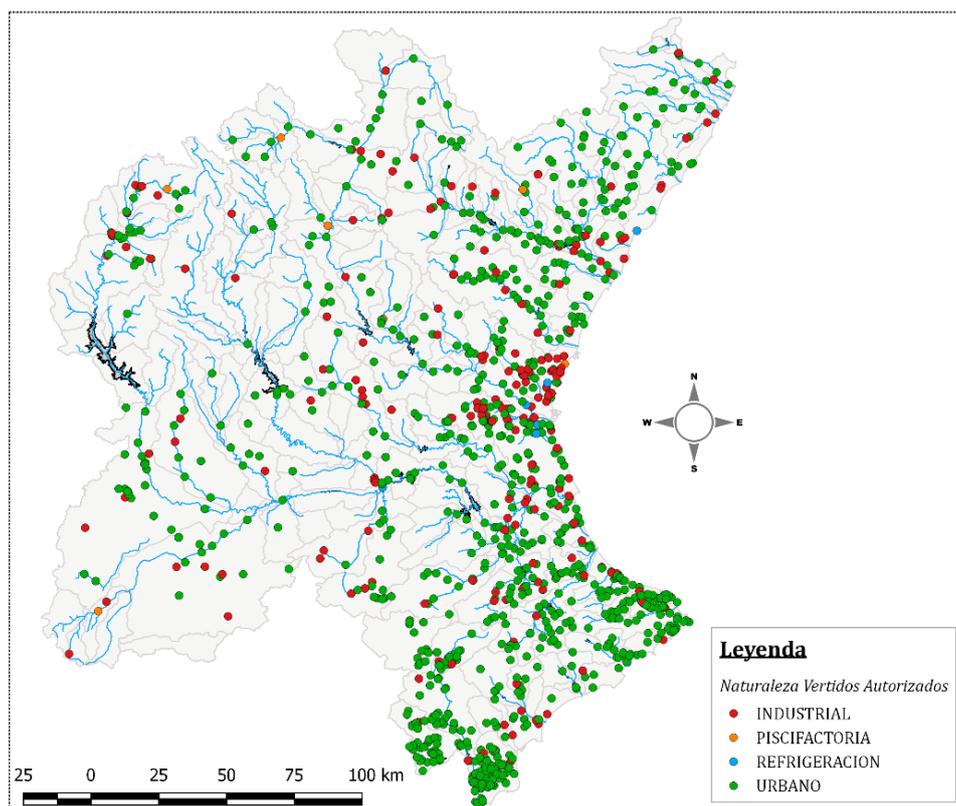


Figura 6 Localización y naturaleza de los vertidos incluidos en RREA

Aunque la población DHJ se ve concentrada en la costa y la densidad de puntos de vertidos urbanos es notablemente mayor en dicha zona, las EDARs de la CV descargan menos del 8% de la carga total río incluida en el RREA (Figura 6).

Durante la última década se han implantados medidas que han reducido la presión de los vertidos urbanos sobre los ecosistemas acuáticos. Dichas actuaciones se han centrado en mejorar la calidad de los efluentes, mediante la implantación de técnicas de depuración más efectivas (Tabla 16).

Tabla 16 Concentraciones promedio de salida (Analíticas EPSAR)

DBO (mg DBO/l)	P (mg P/l)	N (mg N/l)
7.5	3.3	15.1

Por lo que se deduce, que, si se emplea la metodología clásica en este caso de estudio se estaría sobreestimando el cálculo de cargas.

A continuación, en la Figura 7, se pueden identificar las masas de agua que sufren mayor presión por contaminación de materia orgánica. Como se observa, las masas costeras no están sometidas a cargas de entrada de DBO5 altas. Esto se debe a que las EDARs de mayor tamaño vierten a mar por emisarios submarinos. Aun así, los cauces costeros son muy vulnerables a las cargas debido a que en su mayoría tienen un régimen de aportaciones temporal.

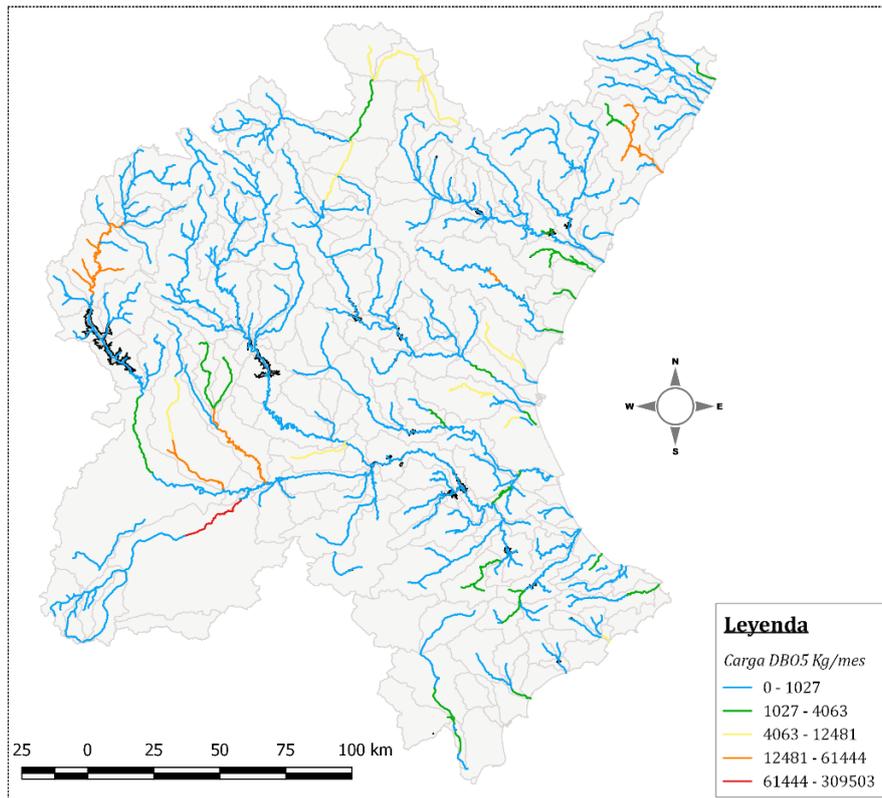


Figura 7 Carga mensual DBO5 por masa de agua (Kg DBO/mes)

Según el PHDHJ 2015-21, la población permanente en 2012 en todo el ámbito de la Demarcación asciende a unos 5.178.000 habitantes, siendo la población total equivalente estimada de 5.697.000 habitantes. A continuación, se ha calculado la carga de cada contaminante por habitante equivalente:

Tabla 17 Cargas mensuales por habitante en la DHJ

DBO (gr.DBO/mes* habitante)	P t (gr.P/mes* habitante)	N t (gr.N/mes* habitante)	AMONIO (gr.NH4/mes* habitante)	NITRATO (gr.NO3/mes* habitante)
109	6	43	26	70

Si se hubiese empleado la metodología clásica (habitantes equivalentes, carga nominal y rendimientos de eliminación) y no el procedimiento descrito en los apartados 4.6.4.1 y 4.6.4.2, las cargas mensuales totales hubiesen sido aproximadamente las siguientes:

Tabla 18 Cargas mensuales para toda la DHJ ( Metodología de cálculo de cargas clásica)

DBO (Tn.DBO/mes)	P t (Tn.P/mes)	N t (Tn.N/mes)	AMONIO (Tn.NH4/mes)	NITRATO (Tn.NO3/mes)
4367	160	1065	850	1749

Dichas cargas de entrada supondrían una carga mensual por habitante de:

Tabla 19 Cargas mensuales por habitante en la DHJ ( Metodología de cálculo de cargas clásica)

<b>DBO (gr.DBO/mes* habitante)</b>	<b>P t (gr.P/mes+ habitante)</b>	<b>N t (gr. N/mes* habitante)</b>	<b>AMONIO (gr.NH4/mes* habitante)</b>	<b>NITRATO (gr.NO3/mes* habitante)</b>
817	31	201	120	328

En este caso, se estaría sobreestimando las cargas de entrada a río y por tanto el modelo no se representaría correctamente la situación actual de la demarcación. Por lo que se concluye que la metodología empleada es la que mejor se ajusta al estado actual de la zona de estudio.

#### 4.7. Aportaciones:

El Plan de Cuenca 2015/21 incluye un estudio sobre la estimación de recursos hídricos disponibles en la demarcación. En él se ha adoptado un enfoque general de simulación hidrológica mediante el modelo mensual cuasidistribuido de Precipitación-Aportación de Tramos de Red Integrados con Calidad del Agua, que recibe la denominación de Patrical (Pérez, 2005).

La CHJ facilitó los archivos de series de aportaciones generados en dichos estudios previos. El modelo desarrollado precisa de información sobre las aportaciones intercuenca por masa de agua a escala mensual.

Además, se incluyeron los volúmenes vertidos a cauce por masa de agua.

Para comprobar que el RREA realizaba correctamente el balance hídrico total se han comparado los resultados del modelo con la información que aporta el plan de cuenca.

- Plan 2015/21, media aritmética aportaciones acumuladas (periodo 1980/81-2011/12):
  - Mijares: 326 Hm<sup>3</sup>/año
  - Palancia: 63 Hm<sup>3</sup>/año
  - Turia: 472 Hm<sup>3</sup>/año
  - Júcar: 1605 Hm<sup>3</sup>/año
  -
- Resultados RREA, media aritmética aportaciones acumuladas (periodo 1980/81-2011/12):
  - Mijares: 388 Hm<sup>3</sup>/año
  - Palancia: 68 Hm<sup>3</sup>/año
  - Turia: 436 Hm<sup>3</sup>/año
  - Júcar: 1615 Hm<sup>3</sup> /año

Así pues, tras comparar los resultados las aportaciones estimadas en el Plan 2015-21, se concluye que la asignación de aportaciones a masa de agua y la red de flujo presentada en el apartado 4.4 es correcta. La diferencia entre los valores del Plan y las aportaciones acumuladas por el RREA se debe a que se ha incluido como aportación los volúmenes vertidos a cauce por las EDAR. En total más de 80 Hm<sup>3</sup> anuales.

#### 4.8. Demandas

El modelo RREA permite incluir las demandas más significativas en el esquema hidráulico. Al tener en cuenta las salidas de agua se representa la disminución del recurso circulante y como consecuencia de ello la reducción de la capacidad de dilución del ecosistema. Estas situaciones se hacen especialmente significativas en épocas de sequías, ya que tanto las cargas de entrada como las demandas de agua se mantienen. Pudiendo alcanzarse casos en los que el caudal circulante proceda principalmente de los efluentes de las EDARs. En cuencas caracterizadas por sufrir sequías periódicas, puede ser interesante para el gestor conocer cuáles son las masas de agua que se ven afectadas por dicha situación y como afecta al estado ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Las demandas estimadas en el Plan 2015-21 son de **3240 Hm<sup>3</sup>/año**. La CHJ dispone de una base de datos detallada en la cual se incluye junto a la referencia de las demandas el código de la masa de agua de la cual se extrae el recurso. Esta información permitió incorporar fácilmente las demandas en el modelo.

En el RREA se han incluido una demanda total en la DHJ de **2116 Hm<sup>3</sup>/mes**, de los cuales:

- 1516 Hm<sup>3</sup> corresponden a demandas urbanas, industriales etc.
- 600 Hm<sup>3</sup> corresponden a demandas con retornos del 100% pero en masas de agua diferentes a la de la extracción. Se decidió que el RREA tuviese en cuenta dichas demandas porque se podría estar produciendo una deslocalización del recurso. Situación que podría estar afectando directamente a la calidad del agua de dicha masa de agua.

La diferencia entre la demanda total que contempla el Plan y el volumen extraído en el modelo, puede deberse a que en el Plan las extracciones de caudal para las hidroeléctricas que tengan retorno en la misma masa de agua de la que captan, estén incluidas.

#### 4.9. Caudales Observados

Como ya se ha indicado, al modelo RREA se le puede incluir caudales observados durante el periodo simulado. Este complemento puede ser de gran utilidad para corregir los valores y que el balance hídrico se ajuste más.

Además, incluyendo puntos control de este tipo, se tienen en cuenta regulaciones realizadas por los embalses. En este caso los puntos de control incluidos en el RREA son los siguientes:

Tabla 20 Puntos de control de caudal en el RREA

[Cód. Estación]	[Estación de Aforo]	[Sistema de Explotación]
8099	EMBALSE DE ULLDECONA	Cenia-Maestrazgo
8119	EMBALSE DE SICCHAR	Mijares-Plana de Castellón
8074	FUENTE DEL BAÑO	Palancia-Los Valles
8147	LORIGUILLA	Turia
8025	LA PRESA	Turia
8130	SALIDA EMBALSE CONTRERAS	Júcar
8129	EL PICAZO	Júcar
8089	HUERTO DE MULET	Júcar
8042	TOUS	Júcar
8096	ARQUILLO DE SAN BLAS	Júcar

A fin de demostrar la importancia de dichos puntos de control se realizaron dos simulaciones:

- Una sin incluir puntos de control, es decir, las aportaciones acumuladas corresponden a un régimen natural.
- Y otra incluyendo los caudales de salida de las masas nombradas en la Tabla 20.

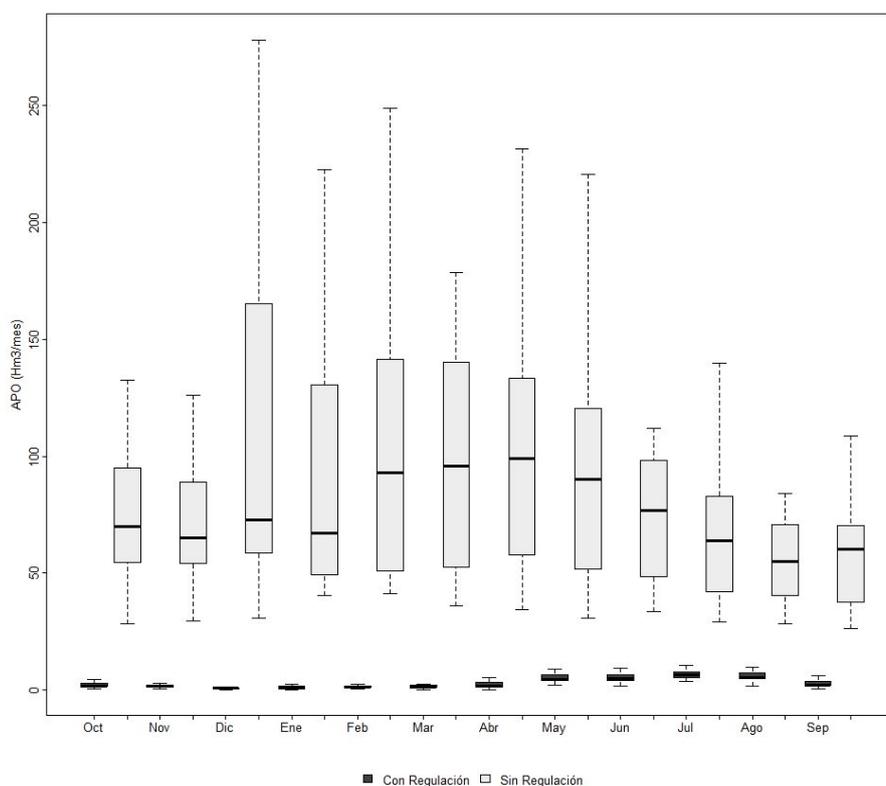


Figura 8 Comparación con y sin regulación del Embalse de Tous

En la Figura 8, se ha representado las aportaciones mensuales de la masa 18.25 (Embalse de Tous) en cada uno de los escenarios nombrados. Como se advierte, la diferencia es notable y para que el modelo se ajuste correctamente es necesario corregir el caudal en puntos críticos como el representado.

## 5. Calibración:

Una vez recopilados los datos necesarios, se procede a calibrar el modelo. Las simulaciones iniciales se pueden realizar con parámetros por defecto descritos en la bibliografía. Tras lo cual, se procederá a ajustar los parámetros que permitan optimizar la concordancia entre los resultados del modelo y los datos observados.

### 5.1. Calibración de las constantes de degradación:

Se conoce la autodepuración de una masa de agua, como la atenuación natural de la concentración de contaminantes. Varios mecanismos son responsables de la autodepuración en un cuerpo de agua: durante su recorrido, el agua superficial se somete a una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos, tales como la filtración, intercambio iónico, sorción y desorción, complejación, reacción redox, biodegradación microbiana y dilución, que mejoran significativamente la calidad del agua, estos fenómenos ocurren de forma natural y provocan la degradación de los contaminantes introducidos a un cuerpo acuático, (Kuehn and Mueller, 2000).

Más en concreto, la biodegradación desarrolla un papel fundamental en la eliminación de contaminantes, como la materia orgánica o los nutrientes en agua. El modelo RREA modela este proceso a partir de ecuaciones de cinética de primer orden.

$$M_{s,i} = M_{e,i} * (e^{-kL}) \quad Ec.: 2$$

Donde:

- $M_{s,i}$  : Masa de contaminante que sale de la masa de agua "i".
- $M_{e,i}$  : Masa de contaminante que entra en la masa de agua "i".
- $k$ : Constante de degradación del contaminante en la masa "i".
- $L$ : Longitud de la masa de agua.

Además, como ya se ha comentado en el apartado 4.5, el RREA también aplica una corrección a las constantes de degradación en función de la temperatura del agua mensual. Finalmente, la asignación de las constantes por masa de agua y contaminante se realizó de forma manual mediante criterios como el grado de contaminación de las masas. A continuación, se muestra el rango de  $k$  empleado para los contaminantes modelados:

Tabla 21 Constantes de degradación de los contaminantes modelados

Constante	Rango	Proceso	Unidades
$K_d$	0.02 - 3.4	Degradación Materia Orgánica	1/días
$K_{nit}$	0.01 - 2	Degradación de Amonio	1/días
$K_{denit}$	0.001 - 0.1	Degradación de Nitrato (Desnitrificación)	1/días
$K_f$	0.01 - 2	Degradación de Fósforo	1/días

----->  
Grado de Contaminación

Cabe mencionar, que el modelo incorpora las contantes de degradación en  $Km^{-1}$ , por lo que para incluir los valores es necesario realizar un cambio de unidades previo.

La hidrodinámica fluvial de la DHJ, en general, se caracteriza por ríos de pendiente suave, no muy caudalosos y con una marcada estacionalidad. Por ello, se estableció una velocidad media del agua de 0.5 m/s (43.2 Km/día).

Tabla 22 Constantes de degradación estándar empleadas ( $Km^{-1}$ ).

Proceso	$k$ (d-1)	Velocidad agua $u = km/día$	$k/u$ $km^{-1}$
Nitrificación Amonio	1.00	43.2	$2.36 \cdot 10^{-2}$
Degradación de Materia Orgánica	1.73	43.2	$4.00 \cdot 10^{-2}$
Degradación de Fósforo	0.90	43.2	$2.08 \cdot 10^{-2}$
Desnitrificación Nitratos	0.001	43.2	$2.31 \cdot 10^{-5}$

Por último, durante la calibración, a las masas de agua que no se encuentran en condiciones estándar se les ha asignado unas constantes específicas (Tabla 23).

Tabla 23 Masas de agua con  $K$  degradación específicas (Calibración)

Código Masa	$K$ DB05 ( $km^{-1}$ )	$K$ P ( $km^{-1}$ )	$K$ Amonio ( $km^{-1}$ )	$K$ Nitrato ( $km^{-1}$ )
01.01_	0.04	0.021	0.024	2.31E-05
07.01_	0.04	0.021	0.035	2.31E-05
07.02.01.01_	0.04	0.021	0.03	2.31E-05
07.02_	0.045	0.03	0.035	2.31E-05
11.01_	0.04	0.021	0.04	2.31E-05
13.04_	0.05	0.021	0.024	2.31E-05
13.05.01.01_	0.04	0.021	0.024	2.31E-05
13.05_	0.045	0.021	0.04	2.31E-05
13.06_	0.04	0.021	0.04	2.31E-05
13.07_	0.05	0.021	0.035	2.31E-05
13.08_	0.04	0.021	0.03	2.31E-05
13.09_	0.04	0.021	0.03	2.31E-05
14.01_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05
14.02_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05

15.04_	0.04	0.03	0.035	2.31E-05
15.05.01.01_	0.04	0.021	0.024	2.31E-05
15.05_	0.04	0.035	0.04	2.31E-05
15.06_	0.04	0.03	0.024	2.31E-05
16.01_	0.04	0.015	0.04	2.31E-05
16.02_	0.04	0.015	0.035	2.31E-05
16.03_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05
16.04_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05
17.01_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05
17.02_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05
18.07_	0.04	0.021	0.03	2.31E-05
18.08_	0.04	0.021	0.03	2.31E-05
18.12.01.02_	0.04	0.019	0.024	2.31E-05
18.12.01.03_	0.03	0.019	0.024	2.31E-05
18.14.01.06_	0.045	0.021	0.024	2.31E-05
18.14_	0.035	0.021	0.024	2.31E-05
18.15.01.01_	0.04	0.021	0.035	2.31E-05
18.15.01.02_	0.045	0.021	0.035	2.31E-05
18.29.01.01.01.01_	0.04	0.021	0.035	2.31E-05
31.01_	0.04	0.01	0.01	2.31E-05
31.02_	0.04	0.001	0.01	2.31E-05
31.03_	0.05	0.001	0.03	2.31E-05
31.04_	0.025	0.001	0.024	2.31E-05
31.05_	0.025	0.002	0.024	2.31E-05
31.06_	0.025	0.002	0.024	2.31E-05
31.07_	0.04	0.015	0.035	2.31E-05
31.08_	0.04	0.015	0.035	2.31E-05
31.09_	0.04	0.015	0.035	2.31E-05
32.01_	0.04	0.015	0.024	2.31E-05

## 5.2. Calibración demandas:

El modelo RREA no aplica restricciones a las demandas aplicadas, por lo que en ocasiones las extracciones suponen el 100% del caudal. Al no circular agua el modelo asume que la concentración de los contaminantes modelados es nula.

Para evitar dicha situación se ha reducido la demanda en las siguientes masas:

- Rio Veo (11.01): El Veo es un río de pequeña longitud (42 Km) y régimen típicamente mediterráneo, con largos estiajes y fuertes avenidas. Está regulado en su cabecera por el embalse de Onda (1,1 Hm3) y su curso transcurre prácticamente paralelo al Mijares. Se trata de un cauce temporal que tiene asignado una demanda de 0.8 Hm3/año. Al no incluir la regulación realizada en el embalse de cabecera y no disponer de datos observados se decide despreciar la demanda.
- Desembocadura río Turia: La demanda entre la masa 15.17 y la masa 15.18 asciende a 14 Hm<sup>3</sup>\*mes. Se ha reducido las demandas a la mitad para evitar que el modelo interprete que la masa de agua tiene caudales nulos la mayor parte del periodo modelado.
- Además, también se despreciaron las demandas de las masas: 21.06,21.07, 29.03 y 30.01. En dichos cauces se identifican elementos de regulación, como embalses, que no han sido incluidos en el modelo RREA. Por lo que se está produciendo una

alteración de los caudales que el modelo no representa. Mediante la eliminación de las extracciones se evita que el modelo calcular el balance hídrico interprete que los cauces están secos la mayor parte del periodo simulado.

## 6. Resultados RREA

En el presenta apartado se muestran y valoran los resultados obtenidos tras el desarrollo y ejecución del modelo RREA para los contaminantes: DBO5, Fósforo total, Amonio y Nitratos.

En la Tabla 24 se presenta un resumen con los resultados finales tras la calibración del modelo RREA. Para realizar una comparación de los resultados obtenidos en el modelo se ha resumido los resultados en porcentajes. Mediante lo cual se representa la relación entre el número de masas que pertenece a cada subgrupo (Muy bueno, Bueno, Moderado y Muy Malo) y el total de masas analizadas. Como se puede identificar en la Tabla 25, no todas las masas constan de información analítica de los contaminantes modelados.

Tabla 24 Comparación en porcentajes de masas de agua RREA vs OBS (Clasificación tipo RREA)

Estado físico-químico	DBO_RREA	DBO_OBS	P_RREA	P_OBS	Amonio_RREA	Amonio_OBS	Nitrato_RREA	Nitrato_OBS
Muy buen	93.4	94.0	84.2	83.2	75.2	86.7	95.4	81.3
Buen	1.7	3.8	7.6	6.2	8.9	8.3	2.0	6.8
Moderado	2.6	1.7	5.3	4.9	7.3	2.9	1.3	5.1
Muy malo	2.3	0.4	3.0	5.8	8.6	2.1	1.3	6.8

En general, en la Tabla 24, se puede apreciar que la distribución de los porcentajes entre los resultados del RREA concuerdan con la tendencia de los observados. Es de destacar que:

- El modelo identifica que un 5% de las masas de la DHJ con un estado físico-químico moderado o muy malo por superar los umbrales máximos de **DBO5**. Un 3% más que la evaluación de los datos observados. Esto puede estar relacionado directamente con el número de masas si controlar. Como se puede identificar en la Figura 9, la mayor parte de las masas de agua con problemas de DBO5 corresponden a cauces secundarios, a los cuales no se les aplica un control sobre la calidad del agua. Lo mismo ocurre con el contaminante Amonio (Figura 11).

Tabla 25 Comparación del número de masas por subgrupo de clasificación, RREA vs OBS

Estado físico-químico	DBO_RREA	DBO_OBS	P_RREA	P_OBS	Amonio_RREA	Amonio_OBS	Nitrato_RREA	Nitrato_OBS
Muy buen	283	220	255	188	228	220	289	191
Buen	5	9	23	14	27	9	6	16
Moderado	8	4	16	11	22	4	4	12
Muy malo	7	1	9	13	26	1	4	16
nº masas de agua Sin información	0	69	0	77	0	63	0	68

- Como se observa en la Tabla 25, mediante la modelación del estado físico-químico del **Amonio** se identifican 46 masas de agua en riesgo alto (Moderado y Muy Malo). Lo que significa que un 16% de las masas de la DHJ incumplen el umbral máximo fijado por el RD 817/2015 de Amonio, durante más del 50% del periodo simulado.
- También se deduce que, en el caso del contaminante **Fósforo total**, el modelo no está representando el riesgo al que están sometido las masas de la demarcación. Ya que, pese a evaluar las 303 masas, el modelo solo identifica 9 masas de agua con riesgo alto o un estado físico-químico muy malo. Cuatro masas menos que en el caso de los observados, donde, solo se han analizado 226 masas. Para conseguir que el modelo represente mejor el estado de las masas respecto a dicho parámetro, se propone incorporar en el modelo fuentes difusas de fósforo (fertilizantes fosfatados).
- El parámetro peor representado es el **Nitrato**. Los resultados del modelo infravaloran notablemente el riesgo ambiental por nitratos que sufren las masas de agua de la demarcación (Tabla 24 y 25). Probablemente, al no haber incorporado al modelo fuentes de contaminación difusa se esté obviando el efecto de, por ejemplo, las actividades agrícolas sobre los ecosistemas analizados.
- En general, la DHJ mantiene un gran porcentaje de sus masas en muy buen estado físico-químico en el caso de los cuatro contaminantes modelados.

En la Tabla 26 se ha expuesto el porcentaje de aciertos del modelo RREA respecto a los observados de cada una de las masas de agua analizadas. En los casos en que no se dispone información sobre la calidad del agua de la masa analizada, se asumido que el modelo representa correctamente la situación físico-química del ecosistema.

Tabla 26 Porcentaje de acierto RREA (Clasificación tipo RREA)

	DBO	P	Amonio	Nitrato
nº Correcto	281	254	249	256
%	93.0	84.0	82.0	84.0

Como se observa, los resultados del modelo RREA no solo se ajustan al número de masas por subgrupo, si no, también se mantiene una elevada correlación al comparar las clasificaciones (simulado vs observados) de cada masa de agua.

Son 66 las masas de agua de la DHJ que no tienen registros analíticos de ninguno de los cuatro contaminantes modelados. Según el PHDCHJ, en general, si no se dispone de datos es porque durante las campañas de control se encontraban secas. Es decir, se tratan de cauces temporales.

Como se puede identificar en la siguiente tabla, la mayor parte de dichas masas constan de un estado físico-químico muy bueno. Aun así, como se anticipaba en los comentarios anteriores, para los contaminantes Fósforo total y Amonio el 20% de las masas sin información tienen un estado físico-químico moderado o muy malo. Estos resultados muestran la vulnerabilidad ambiental de las masas temporales.

Tabla 27 Clasificación masa de agua sin datos observados

Estado físico-químico	DBO_RREA	P_RREA	Amonio_RREA	Nitrato_RREA
Muy buen	54	42	45	39
Buen	1	8	8	7
Moderado	6	9	7	9
Muy malo	2	4	8	1

La clasificación del estado físico-químico de masas no controladas analíticamente, puede ser de gran utilidad a la hora de gestionar los recursos disponibles para el control de las masas, identificar problemas con vertidos o focalizar las posibles actuaciones de mejora en las masas con mayor riesgo.

A continuación, se muestra la comparación gráfica de la distribución de las masas de agua agrupadas por contaminantes sobre la DHJ (observado- simulado).

Representación de los resultados obtenidos para el contaminante DBO5:

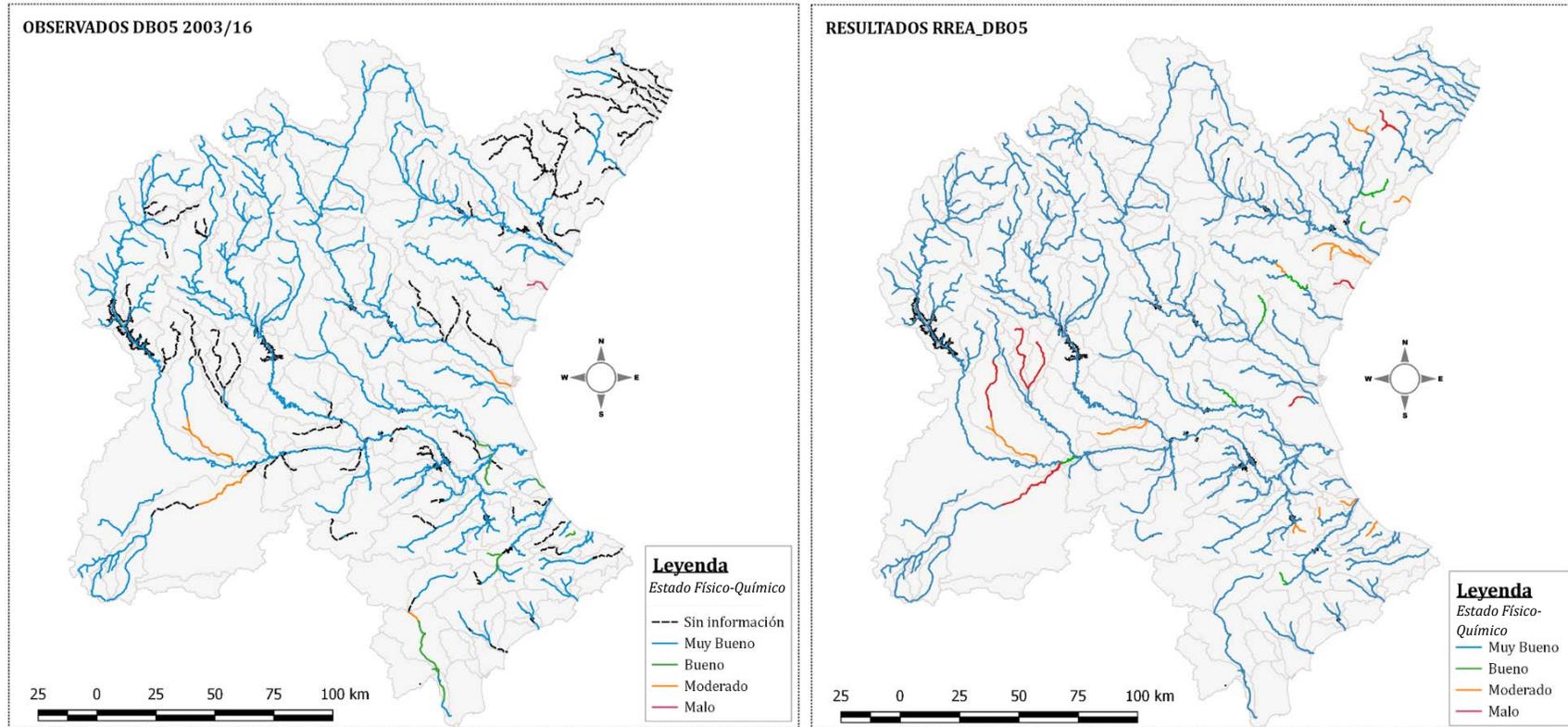


Figura 9 Comparación Resultados RREA – Datos Observados/CHJ [DBO5]

- En general los problemas por incumplimiento de las concentraciones de DBO5 en agua se produce en cauces secundarios.
- El modelo no representa correctamente el estado físico-químico del agua respecto al contaminante DBO5 en el río Veo, el río Palancia y el río Vinalopó.

Representación de los resultados obtenidos del contaminante Fósforo total:

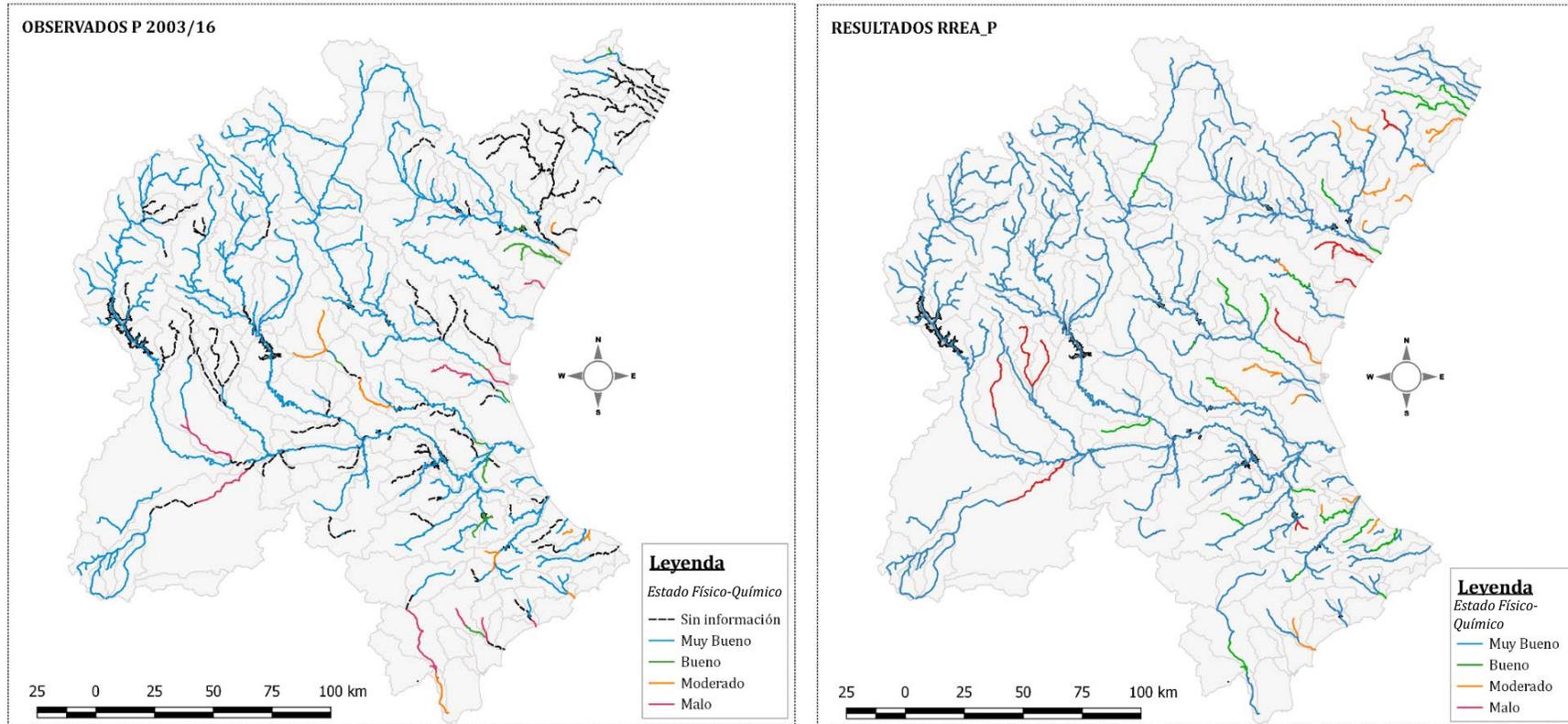


Figura 10 Comparación Resultados RREA – Datos Observados/CHJ [P]

- Los ecosistemas acuáticos son especialmente vulnerables al aumento de las concentraciones de nutrientes. En el caso del Fósforo total, se observa que el número de masas con un estado físico químico moderado o malo aumenta respecto a la variable DBO5 (Tabla 25).
- El modelo no representa correctamente el estado físico-químico del agua respecto al contaminante Fósforo total del río Palancia y el río Vinalopó.

Representación de los resultados obtenidos para el contaminante Amonio:

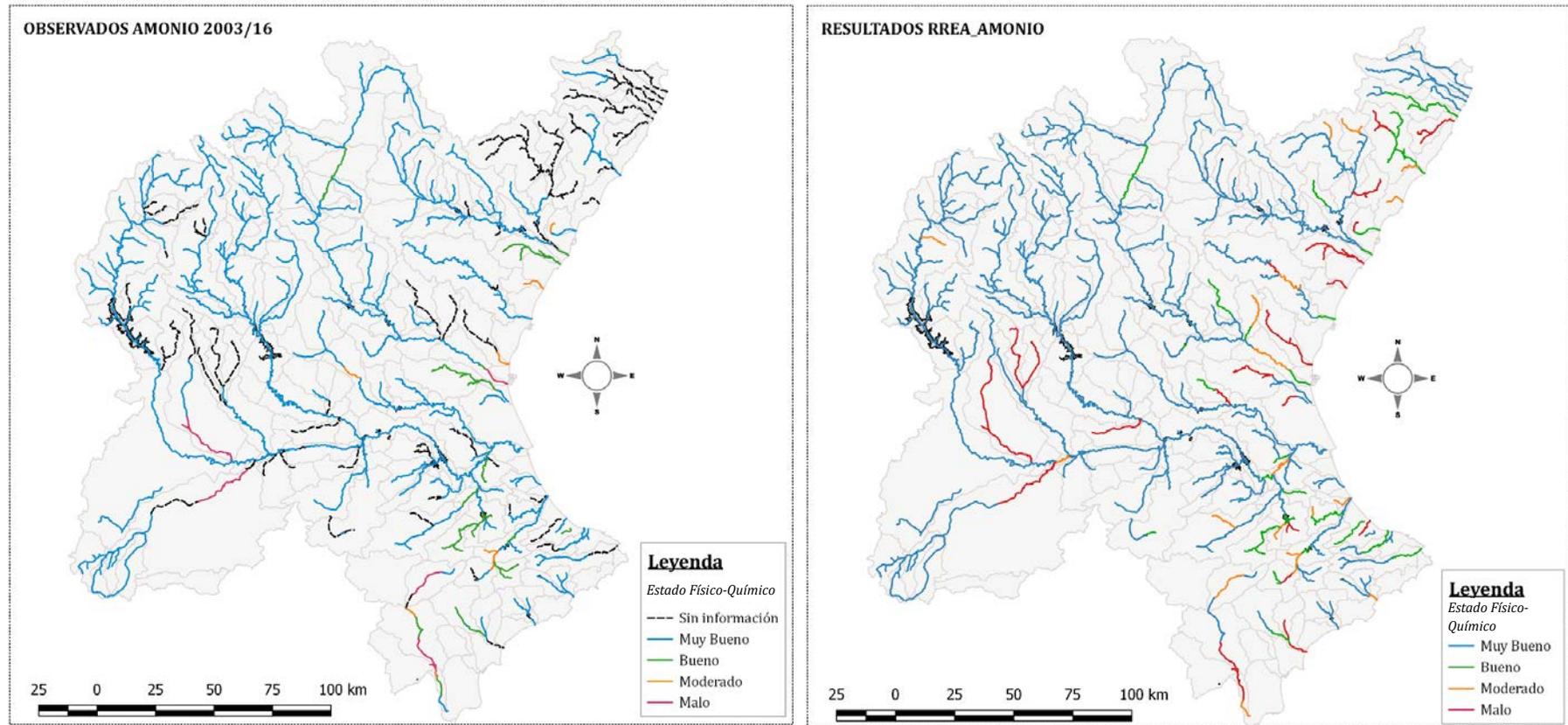


Figura 11 Comparación Resultados RREA – Datos Observados/CHJ [NH4]

- Según los resultados del modelo RREA, 23 masas de la DHJ sufren un riesgo ambiental muy alto por contaminación por Amonio.
- Como en los casos anteriores, en general, las masas con peor estado físico-químico, según el parámetro analizado, son las secundarias.
- En este caso el modelo sí que representa el riesgo ambiental por Amonio en el río Palancia.

Representación de los resultados obtenidos para el contaminante Nitratos:

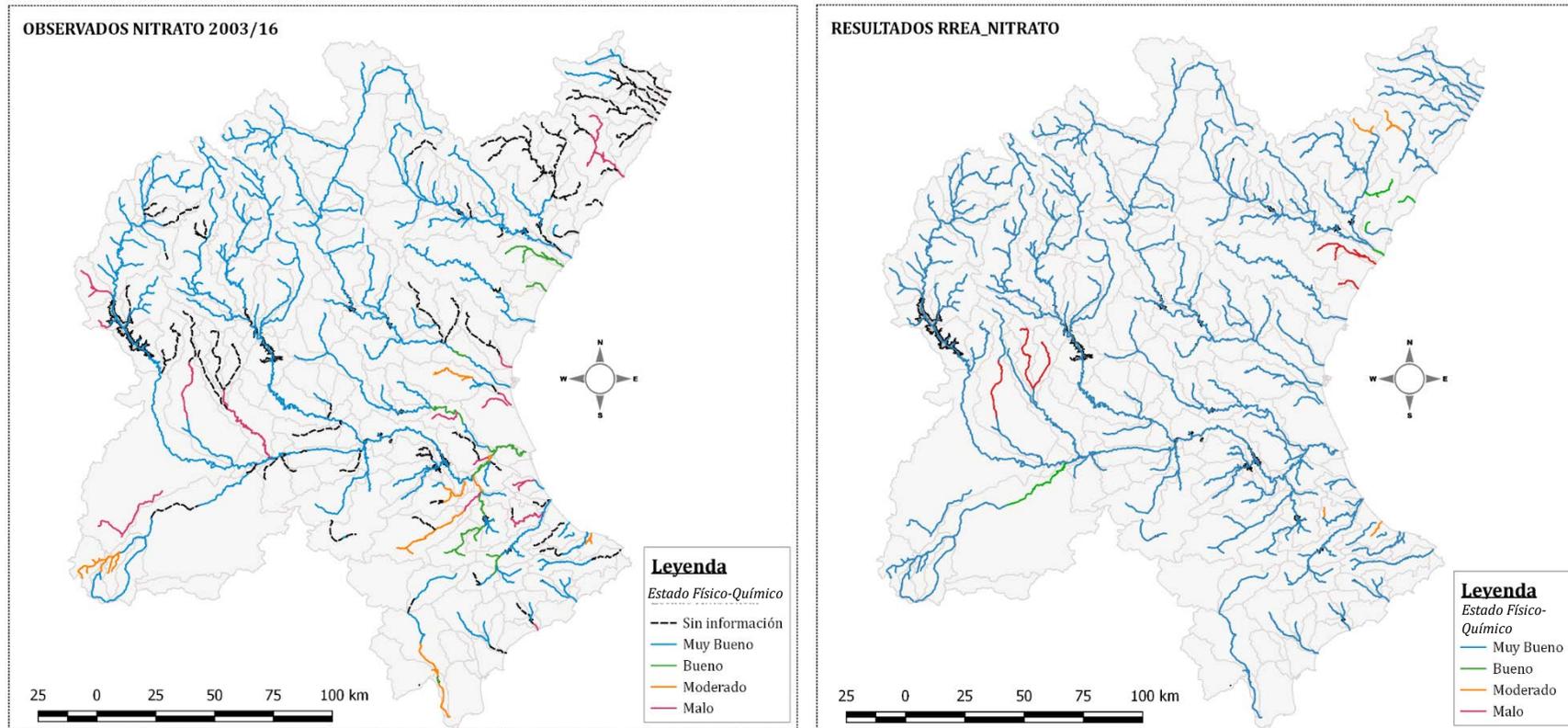


Figura 12 Comparación Resultados RREA – Datos Observados/CHJ [NO3]

- El modelo no identifica el riesgo ambiental al que están sometidas las masas de agua de la DHJ por contaminación por Nitratos.
- En futuras simulaciones se podrían incorporar fuentes difusas, principalmente agrarias, he incluso sería interesante evaluar los posibles aportes de nitratos desde los acuíferos contaminados.

Tras la evaluación de los mapas de riesgo ambiental, se destacan los siguientes puntos:

- **Las masas con mayores problemas ambientales son afluentes o ríos intermitentes.** En general, los cauces principales, con caudales altos, no presenta riesgo ambiental para los contaminantes evaluados. El motivo por el cual fallan mayor número de masas secundarias puede ser que, al haber incluido en las aportaciones del modelo los volúmenes vertidos por las EDARs, se dan casos en los que la mayor parte del periodo simulado el caudal circulante por la masa es igual al efluente de la EDAR (Figura 13).

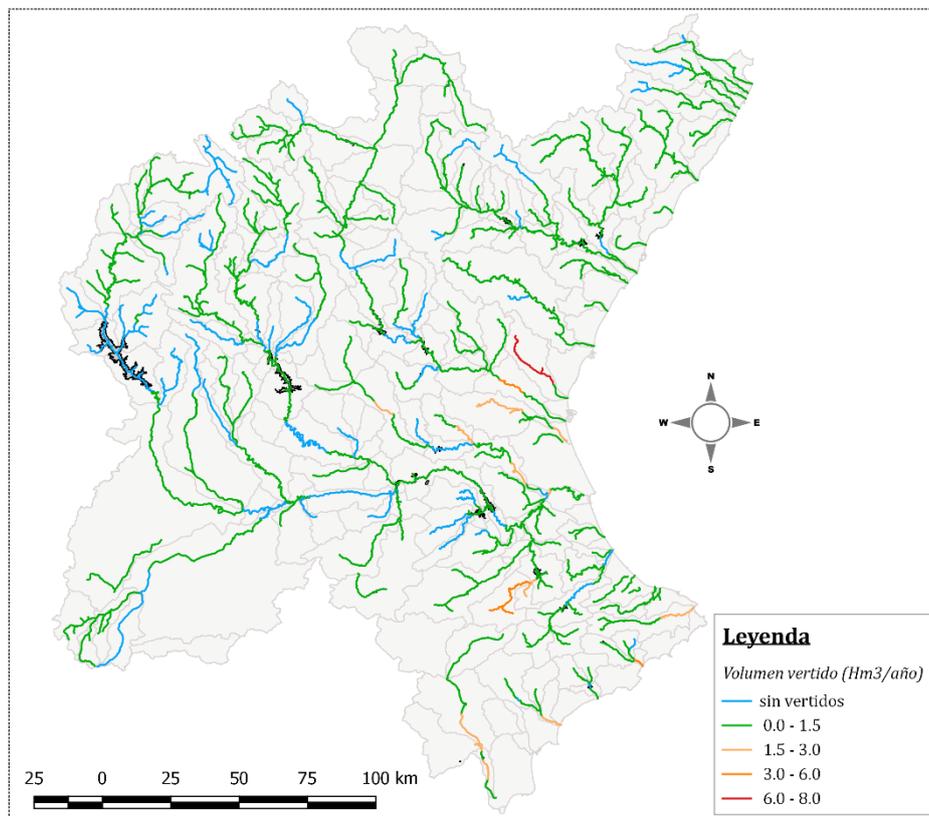


Figura 13 Volumen vertido anualmente por masa de agua

Lo que significa, que no se está produciendo ningún proceso de dilución. Cuando se da la situación descrita, en el modelo, la eliminación del contaminante solo se produce mediante la autodepuración (constantes de degradación). Como ya se ha comentado, la dilución es uno de los fenómenos físicos más importantes para reducir las concentraciones de contaminante en los ecosistemas acuáticos. Por lo que, los ecosistemas acuáticos temporales son especialmente vulnerables a dichos casos.

- **Caso del Palancia:** según los datos observados el río Palancia no sufre presión por contaminación por DBO5, Amonio o Nitratos. En cambio, al ejecutar el modelo, se identifica que las masas de agua 13.05 y 13.06 sí que están sometidas a riesgo ambiental. Tras evaluar el caso, se percató en que la estación de control situada en la masa 13.05 está situada aguas arriba de los puntos de vertido. Por lo que los datos observados pueden no ser representativos del estado ambiental de la masa. Sería necesario disponer de más información sobre la estación de calidad y los vertidos de la zona.
  
- **Caso Vinalopó:** Tras consultar los datos observados de la red de control de calidad de agua se comprobó que las concentraciones de DBO5, Fósforo total, Amonio y Nitratos superan los límites permitidos en la mayor parte del río Vinalopó. El modelo RREA solo es capaz de identificar dichos problemas para el contaminante Amonio. Esta infravaloración del riesgo ambiental en la masa evaluada puede deberse a dos motivos, sobrevaloración de las aportaciones o falta de información de las cargas contaminantes de entrada. En primer lugar, se evaluaron las aportaciones. Como el río Vinalopó no dispone de estaciones de aforo [EA] operativas en la actualidad, se recurrió a las series de aportaciones de las EA de Santa Eulalia y de Aspe. Las cuales disponen de datos durante el periodo 1911-70. A continuación, se representaron gráficamente las aportaciones acumuladas (Patricial) de la masa 31.07 detrayendo al total las demandas actuales, junto con las aportaciones observadas en la estación de Aspe (EA8083). Como se puede apreciar en diagrama de cajas comparativo, las aportaciones empleadas en la simulación del Vinalopó son notablemente superiores a las observadas en el periodo 1911-70. Por ello, el modelo no identifica problemas ambientales en la zona analizada. Dicha diferencia no se puede asociar a demandas que extraigan directamente del cauce, ya que, según el registro aportado por la CHJ la demanda anual para todo el río es de 1.5 Hm<sup>3</sup>. Pero, es posible, que la sobreexplotación de las masas de agua subterráneas en el sistema de explotación Vinalopó-Alacantí estén afectando al nivel piezométrico y que, en la actualidad, el cauce sea perdedor.

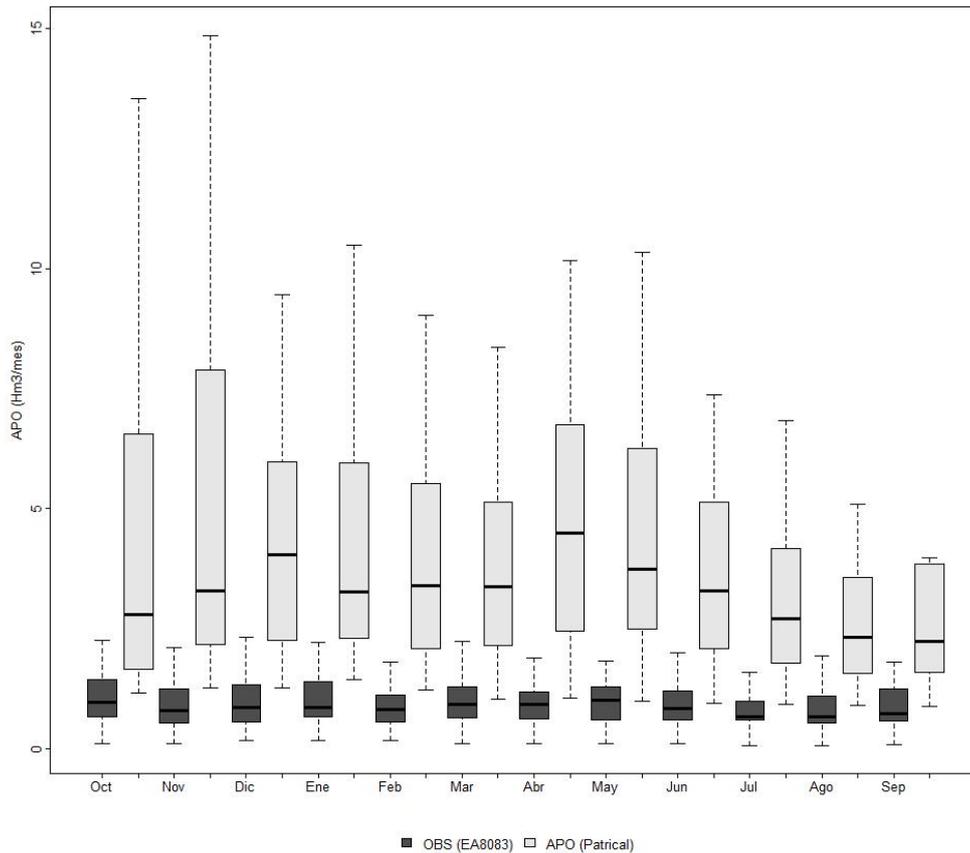


Figura 14 Diagrama de cajas comparativo Aportaciones (Patricial) - Aportaciones (Observadas)

En ese caso, se podría aplicar un coeficiente de reducción de las aportaciones para representar la perdida de caudal por infiltración. Aun así, sería preciso de disponer de más información para identificar correctamente el problema.

## 7. Consideraciones

A fin de conseguir que el modelo se ajuste mejor al caso de estudio se proponen las siguientes mejoras en el desarrollo y la calibración de este:

- Mayor ajuste en la distribución de las temperaturas del agua espacial y estacionalmente.
- La heterogeneidad de las velocidades del agua espacial y estacionalmente.
- Estudio previo de las fuentes de contaminación difusa e inclusión en el cálculo de las cargas por masa de agua.
- Análisis específico de las aportaciones del río Palancia.

## ANEJO 1

En el presente Anejo se presenta una tabla con información específica de: longitudes o tiempos de residencia y el orden de flujo por masa de agua modelada.

Tabla 28 Información por masa de agua (Categoría, orden de flujo, Longitud o tiempo de residencia)

CódigoMasa	Categoría	Longitud (m) o Tiempo de residencia (días)	Orden de Flujo
01.01_	río	12840	0
01.02_	río	4828	1
01.03_	río	7918	2
01.04_	río	18572	3
01.05_	río	11013	4
02.01_	río	11435	0
03.01_	río	34019	0
03.02_	río	46446	1
04.01_	río	22197	0
05.01_	río	15443	0
05.02_	río	51010	1
06.01_	río	30927	0
07.01_	río	21288	0
07.02.01.01_	río	9603	0
07.02_	río	61646	1
08.01_	río	9767	0
09.01_	río	5682	0
09.02_	río	12500	1
10.01_	río	17243	0
10.02_	río	17695	1
10.03.01.01_	río	8924	0
10.03.02.01_	río	18034	0
10.03.02.02_	río	16114	1
10.03.03.01_	río	20289	0
10.03_	río	40522	2
10.04.01.01_	río	10996	0
10.04_	río	28244	3
10.05_	embalse	111	4
10.06.01.01_	río	24523	0
10.06.02.01_	río	5013	0
10.06.03.01_	río	7368	0
10.06_	río	13841	5
10.07.01.01_	río	5420	0
10.07.02.01_	río	27049	0
10.07.02.02_	río	8410	1
10.07.02.03_	río	11835	2
10.07.02.04_	río	25423	3

10.07_	río	16085	6
10.08_	río	11608	7
10.09_	embalse	137	8
10.10_	río	11936	9
10.11_	río	8343	10
10.12.01.01_	río	16499	0
10.12.01.02.01.01.01.01_	río	10052	0
10.12.01.02.01.01_	río	54449	1
10.12.01.02.01.02_	río	37273	2
10.12.01.02_	río	26561	1
10.12.01.03.01.01_	río	20437	0
10.12.01.03_	río	10550	3
10.12.01.04.01.01_	río	14845	0
10.12.01.04.01.02_	río	2073	1
10.12.01.04.01.03_	río	10547	2
10.12.01.04_	río	13604	4
10.12.01.05_	río	5728	5
10.12.01.06_	río	6936	6
10.12_	río	8882	11
10.13_	río	10748	12
11.01_	río	47342	0
12.01_	río	11006	0
13.01_	río	31044	0
13.02_	río	7633	1
13.03_	río	9784	2
13.04_	río	4870	3
13.05.01.01_	río	11997	0
13.05_	río	8867	4
13.06_	río	11440	5
13.07_	río	5228	6
13.08_	río	25420	7
13.09_	río	8299	8
14.01_	río	31452	0
14.02_	río	12993	1
15.01.01.01_	río	13314	0
15.01_	río	93549	0
15.02_	río	19024	1
15.03_	embalse	121	2
15.04.01.01_	río	93699	0
15.04.01.02_	río	30274	1
15.04_	río	8360	3
15.05.01.01_	río	25041	0
15.05_	río	32009	4
15.06.01.01_	río	19864	0
15.06.02.01_	río	47071	0

15.06.03.01_	río	13720	0
15.06_	río	21085	5
15.07.01.01_	río	25265	0
15.07_	río	11868	6
15.08_	río	2597	7
15.09_	río	15685	8
15.10.01.01_	río	10562	0
15.10_	embalse	337	9
15.11_	río	17017	10
15.12.01.01_	río	35148	0
15.12.01.02.01.01_	río	20619	0
15.12.01.02_	río	13471	1
15.12_	embalse	37	11
15.13.01.01_	río	16456	0
15.13.01.02_	río	3104	1
15.13.01.03_	río	12554	2
15.13_	río	10281	12
15.14.01.01_	río	24581	0
15.14.01.02.01.01_	río	20570	0
15.14.01.02_	río	12548	1
15.14.02.01_	río	17926	0
15.14.02.02_	río	7276	1
15.14_	río	32236	13
15.15_	río	8996	14
15.16_	río	3805	15
15.17_	río	5605	16
15.18_	río	3373	17
15.19_	río	12459	18
16.01_	río	26547	0
16.02_	río	16840	1
16.03_	río	4929	2
16.04_	río	7661	3
17.01_	río	8713	0
17.02_	río	5402	1
18.01_	río	51941	0
18.02_	río	13951	1
18.03_	río	6711	2
18.04_	río	29550	3
18.05.01.01_	río	6886	0
18.05.02.01_	río	12962	0
18.05.03.01_	río	23524	0
18.05.03.02_	río	8766	1
18.05.03.03_	río	1743	2
18.05_	río	62259	4
18.06.01.01_	río	4251	0

18.06.01.02_	río	16999	1
18.06.02.01_	río	15772	0
18.06.03.01_	río	12190	0
18.06_	río	95782	5
18.07.01.01_	río	24947	0
18.07.02.01_	río	6706	0
18.07.03.01_	río	13245	3
18.07.04.01_	río	15959	0
18.07.04.02_	río	6353	1
18.07.04.03_	río	18332	2
18.07_	embalse	423	6
18.08_	río	5804	7
18.09.01.01_	río	41428	0
18.09_	río	16901	8
18.10_	río	37509	9
18.11_	río	20348	10
18.12.01.01_	río	31666	0
18.12.01.02_	río	30204	1
18.12.01.03_	río	39325	2
18.12_	río	21888	11
18.13_	río	10190	12
18.14.01.01_	río	21884	0
18.14.01.02_	río	59306	1
18.14.01.03.01.01_	río	24297	0
18.14.01.03.01.02_	río	15924	1
18.14.01.03_	río	14512	2
18.14.01.04_	río	10888	3
18.14.01.05_	río	25369	4
18.14.01.06_	río	32301	5
18.14.01.07_	río	9450	6
18.14_	río	6278	13
18.15.01.01_	río	62997	0
18.15.01.02.01.01_	río	30641	0
18.15.01.02_	río	55827	1
18.15_	río	10781	14
18.16.01.01_	río	13131	0
18.16.02.01_	río	14073	0
18.16_	río	14009	15
18.17_	río	6019	16
18.18_	río	3266	17
18.19_	río	9936	18
18.20.01.01_	río	8354	0
18.20.01.02_	río	8363	0
18.20.02.01_	río	65041	0
18.20_	río	22482	19

18.21.01.01_	río	87193	0
18.21.01.02_	río	10449	1
18.21.01.03_	río	18765	2
18.21.01.04.01.01.01.01_	río	26464	0
18.21.01.04.01.01_	río	17767	1
18.21.01.04_	río	80984	3
18.21.01.05_	río	6436	4
18.21.01.06.01.01.01.01.01_	río	21560	0
18.21.01.06.01.01_	río	99417	1
18.21.01.06.01.02.01.01_	río	30238	0
18.21.01.06.01.02_	río	40107	2
18.21.01.06_	río	71	5
18.21.01.07.01.01_	río	10079	0
18.21.01.07.02.01_	río	52537	0
18.21.01.07.02.02_	río	26131	1
18.21.01.07.02.03_	río	36536	2
18.21.01.07_	río	184	6
18.21.01.08_	río	17694	7
18.21.01.09_	río	49610	8
18.21.01.10.01.01_	río	10638	0
18.21.01.10.01.02_	río	7715	1
18.21.01.10.02.01_	río	26512	0
18.21.01.10_	río	33599	9
18.21_	río	10033	20
18.22_	embalse	38	21
18.23_	río	7767	22
18.24_	río	10191	23
18.25.01.01_	río	20581	0
18.25.01.02.01.01_	río	24120	0
18.25.01.02.02.01_	río	23473	0
18.25.01.02_	río	13952	1
18.25_	río	29453	24
18.26_	río	3452	25
18.27_	río	7092	26
18.28.01.01_	río	7904	0
18.28.01.02.01.01_	río	9160	0
18.28.01.02.01.02_	río	6994	1
18.28.01.02_	río	19768	2
18.28_	río	4541	27
18.29.01.01.01.01_	río	32874	0
18.29.01.01_	río	9352	0
18.29.01.02.01.01_	río	10770	0
18.29.01.02_	embalse	152	1
18.29.01.03.01.01.01.01_	río	14045	0
18.29.01.03.01.01_	río	44373	1

18.29.01.03.01.02_	río	11838	2
18.29.01.03.02.01_	río	13259	0
18.29.01.03_	río	15795	2
18.29.01.04_	río	9067	3
18.29_	río	8725	28
18.30.01.01_	río	6543	0
18.30.01.02_	río	14316	0
18.30_	río	18107	29
18.31.01.01.01.01_	río	23124	0
18.31.01.01_	río	7627	0
18.31.01.02_	río	2090	1
18.31_	río	3121	30
18.32.01.01_	río	38516	0
18.32.01.02_	río	5194	1
18.32.01.03_	río	5730	2
18.32.01.04_	río	9728	3
18.32.01.05.01.01_	río	14511	0
18.32.01.05_	río	28656	4
18.32.01.06_	embalse	265	5
18.32.01.07_	río	8233	6
18.32.01.08.01.01_	río	12128	0
18.32.01.08.01.02_	río	12845	1
18.32.01.08_	río	9267	7
18.32.01.09.01.01_	río	15749	0
18.32.01.09_	río	26159	8
18.32.01.10_	río	12920	9
18.32.01.11_	río	6263	10
18.32.01.12_	río	4736	11
18.32_	río	2697	31
18.33_	río	2837	32
18.34_	río	7618	33
18.35_	río	5163	34
18.36_	río	10015	35
19.01_	río	16073	0
19.02_	río	5649	1
20.01_	río	8890	0
21.01_	río	8347	0
21.02_	río	8054	1
21.03.01.01_	río	23594	0
21.03_	río	19893	2
21.04_	río	6360	3
21.05.01.01_	río	10210	0
21.05_	río	8068	4
21.06_	río	10219	5
21.07.01.01_	río	5105	0

21.07.01.02_	río	24525	1
21.07_	río	10430	6
21.08_	río	8044	7
22.01_	río	19077	0
23.01_	río	9561	0
24.01_	río	5641	0
25.01_	río	14307	0
25.02_	río	20392	1
26.01_	río	8510	0
27.01_	río	35055	0
27.02_	río	16735	1
28.01_	río	5565	0
28.02.01.01_	río	2373	0
28.02.01.02_	río	7225	1
28.02.01.03_	río	6901	2
28.02_	río	9269	1
28.03_	río	4251	3
29.01_	río	9386	0
29.02.01.01_	río	6527	0
29.02_	embalse	377	1
29.03_	río	1592	2
29.04_	río	3399	3
30.01_	río	10026	0
30.02_	río	1605	1
30.03.01.01_	río	9427	0
30.03_	río	9785	2
30.04_	río	2354	3
30.05_	río	8854	4
31.01_	río	7271	0
31.02_	río	18118	1
31.03_	río	7118	2
31.04_	río	6001	3
31.05_	río	12281	4
31.06_	río	22544	5
31.07_	río	3597	6
31.08_	río	8811	7
31.09_	río	8953	8
32.01_	río	14615	0
32.02_	río	1790	1
32.03_	río	4364	2
33.01_	río	45950	0

