

**MODELO DE SEGUIMIENTO DE L'ALBUFERA DE
VALENCIA CON AQUATOOLDMA.
CONSTRUCCIÓN, CALIBRACIÓN, RESULTADO DEL
BALANCE HÍDRICO Y ANÁLISIS DE LOS
REQUERIMIENTOS DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO**

Edición 4.

Febrero de 2012

ÍNDICE

1. Objeto del informe	5
2. Modelo hidrodinámico de seguimiento de L'Albufera de Valencia con AquatoolDMA ...	7
2.1. Introducción y antecedentes	7
2.2. Construcción del modelo hidráulico con SIMGES.....	9
2.2.1. Esquema general del modelo	9
2.2.2. Definición de las series de aportaciones.....	15
2.2.3. Modelo del acuífero	21
2.2.4. Modelo de regadíos	22
2.2.4.1. Riegos del ámbito Turia	23
2.2.4.2. Riegos del ámbito ARJ.....	24
2.2.4.3. Riegos del ámbito Ribera Baja margen izquierda.....	25
2.2.5. Definición de los embalses arrozal: cultivo y perellonà.....	26
2.2.6. Definición del embalse lago	29
2.3. Construcción del modelo de calidad con GESCAL.....	30
2.3.1. Caracterización de la conductividad en las series de aportaciones.....	30
2.3.2. Caracterización de la conductividad en los elementos del esquema conceptual ..	32
2.4. Resultados del modelo SIMGES. Calibración con los datos observados de salidas por las golas	33
2.4.1. Salidas del Parque.....	35
2.4.2. Salidas del lago	36
2.4.3. Salidas de la Ribera Baja margen izquierda al mar	37
2.4.4. Análisis de los resultados	38
2.4.4.1. Salidas al mar desde el Parque Natural	38
2.4.4.2. Salidas al mar desde el ámbito del lago y desde la Ribera Baja margen izquierda	38
2.5. Resultados del modelo GESCAL. Calibración con la serie de conductividad observada en el lago.....	39
2.6. Conclusiones respecto a la calibración del modelo	41
2.6.1. Limitaciones del modelo a la vista de los resultados de calibración	41
2.6.2. Posibles mejoras a implementar en el modelo Simges.....	43

3. Definición de los requerimientos hídricos del lago: volúmenes de entrada y número de renovaciones anuales	46
3.1. Introducción	46
3.2. requerimientos hídricos y físico-químicos	48
3.2.1. Aproximación a los requerimientos de régimen hidrológico de L'Albufera.....	51
3.2.2. Aproximación a los requerimientos asociados a los objetivos de salinidad.....	54
3.2.3. Relación del régimen hidrológico con otros indicadores de calidad	55
3.3. Estudios técnicos para el estudio de los requerimientos	57
3.3.1. Actuaciones para garantizar el volumen de aportes	59
3.3.1.1. Experiencias de lavado rápido del lago (<i>flushing</i>)	59
3.3.1.2. La relación con el Plan de modernización de los regadíos tradicionales	61
3.3.2. Red de monitorización, control y adecuación de los indicadores ambientales	62
3.4. Caracterización de la situación actual de los requerimientos hidrológicos en L'Albufera.....	64
3.4.1. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones anuales.....	64
3.4.2. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones en perellonà....	66
3.4.3. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones invernales o ambientales.....	68
3.4.4. Relación de la evolución de la conductividad del lago con los requerimientos hidrológicos	68
3.4.5. Evolución del sector Albufera Sur en el acuífero de la Plana de Valencia	71
3.4.6. Resumen de la caracterización de la situación actual	72
3.5. Definición de los valores umbral para los requerimientos hidrológicos en el lago	74
3.6. Definición del valor umbral para el requerimiento físico-químico de conductividad	79
3.7. Requerimientos hídricos y fisicoquímico propuestos y valores umbral	81
3.8. Proceso de implantación	82

1. OBJETO DEL INFORME

El presente documento se elabora en el marco del contrato de “Seguimiento de diversas actuaciones relativas al sistema hídrico Parque Natural de La Albufera de Valencia” (CHJ, 2012), del que Técnica y Proyectos S.A. (TYPESA) resultó adjudicataria.

La finalidad del informe es doble. En primer lugar, tiene por objeto la **descripción del modelo de seguimiento del sistema hídrico de L'Albufera construido con AquatoolDMA, modelo que ha sido objeto de una serie de mejoras y actualizaciones con respecto a las versiones anteriores, por lo que se han realizado las operaciones de calibración y validación pertinentes.** Todo ello se plasma en este documento.

El modelo AquatoolDMA-Albufera es la herramienta principal empleada por la Oficina de Planificación Hidrológica (en adelante OPH) de la Confederación Hidrográfica del Júcar para el **seguimiento del balance hídrico del lago de L'Albufera de Valencia y para la simulación de su posible evolución; hasta la fecha el modelo permite además reproducir las dinámicas de la conductividad en el lago,** aunque está preparado para simular otros parámetros de calidad, si se realizan las tareas necesarias de finalización de la construcción, calibración y validación para este tipo de parámetros. En referencia al balance hídrico del sistema, en la actualidad este modelo se emplea como herramienta de estimación y seguimiento de los requerimientos hídricos necesarios del sistema, entre los que destacan el volumen de entada al lago y el número de renovaciones del mismo. Dichas tareas se ejecutan en coordinación con los trabajos de redacción del nuevo Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar, y se plasman en otro documento redactado en el marco del contrato de “Seguimiento de diversas actuaciones relativas al sistema hídrico Parque Natural de La Albufera de Valencia” (CHJ, 2012), que se denomina *Modelo de seguimiento de L'Albufera con AquatoolDMA. Escenarios de simulación* (CHJ, 2012).

Las tareas de mejora, actualización, nueva calibración y validación surgen ante la necesidad, por una parte, de **acoplar este modelo con otros modelos de gestión de los aportes hídricos que emplea la propia OPH** en el marco del nuevo Plan Hidrológico de cuenca, también en formato Aquatool: modelos de gestión Aquatool-Sistema Júcar y Aquatool-Sistema Turia. Esta necesidad surge dado que dichos sistemas de explotación son las principales fuentes de aportes al Parque Natural y de allí al lago. AquatoolDMA-Albufera es además la fuente que proporciona las series de flujos de entradas al lago en el modelo Sobek Rural-WQ, modelo empleado por la OPH para el estudio de objetivos ambientales relacionados con la calidad de las aguas, como es el caso de las concentraciones de clorofila-a y de fósforo total en el lago.

Por otra parte, el modelo AquatoolDMA-Albufera se alimentaba con series de datos del periodo 1995/2000 mientras que en la actualidad se dispone de datos hasta el año hidrológico 2009/2010. Este hecho hacía necesaria la **actualización del modelo alargando las series de datos.**

Como se ha comentado, con los trabajos que se presentan en el presente documento **se dispondrá de una herramienta con la que valorar el grado de desviación o de**

proximidad a los requerimientos hídricos del lago en el futuro. Estos requerimientos se analizan en la **segunda parte del documento.**

En primer lugar se realiza una **aproximación a los requerimientos de régimen hidrológico de L'Albufera y los estudios técnicos realizados hasta la fecha en esta materia en el ámbito del Parque Natural de L'Albufera de Valencia**, desde aquellos desarrollados a raíz del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua, en el marco del *Estudio para el desarrollo sostenible de L'Albufera de Valencia* (MARM, 2004), en adelante *EDSAV*, pasando por los distintos informes sobre la Conducción Júcar-Vinalopó; hasta los trabajos actuales para garantizar el volumen de aportes al lago.

Este análisis precederá a la caracterización de la **situación actual del lago de L'Albufera en lo que a estos requerimientos se refiere, y a la propia definición de los mismos que se proponen para el lago**, que se presenta en este documento de manera justificada. Los valores que se proponen aún así serán objeto de cuantas revisiones y modificaciones resulten necesarias ante la situación de mejora del conocimiento.

2. MODELO HIDRODINÁMICO DE SEGUIMIENTO DE L'ALBUFERA DE VALENCIA CON AQUATOOLDMA

2.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Mediante el módulo hidráulico de AquatoolDMA, SIMGES, y a partir de los datos de caudales proporcionados por las distintas redes de control de la Confederación Hidrográfica del Júcar, en adelante CHJ, (SAIH, Geshidro y la red de control de L'Albufera) se ha construido un modelo del balance hídrico que permite estimar los flujos de entrada y salida del sistema lago y del sistema parque (lago y arrozales) y que ha sido calibrado con los registros de aforos en las cinco golos o salidas al mar del Parque Natural.

Aunque el modelo SIMGES se trata de un modelo general para la simulación de la gestión de cuencas (*Paredes et al, 2007*), en una primera fase de trabajo con SIMGES se pretende construir un modelo del sistema hídrico que reproduzca con la mayor precisión posible el funcionamiento del sistema hídrico de L'Albufera y los resultados obtenidos son los que se presentan en el informe que nos ocupa.

Para el modelo de calidad de aguas se ha utilizado el módulo de AquatoolDMA GESCAL. Esta herramienta permite la modelación de la calidad del agua a escala de cuenca (*Paredes et al, 2007*), representando la evolución espacio-temporal de la calidad del agua como fruto de las diferentes actuaciones en materia de depuración, contaminación y gestión de los recursos realizadas en el entorno del Parque Natural hasta la actualidad. En la primera fase de construcción del modelo GESCAL de L'Albufera, únicamente se ha trabajado con datos de conductividad para la definición de la calidad del agua tanto de los influentes como la final en el lago tras el proceso de mezcla de los distintos tipos de aporte. En una próxima fase, se podrán incorporar otros patrones de gran relevancia para la caracterización de la calidad del agua del lago como son la clorofila a, el fósforo total y distintas formas del nitrógeno.

En cuanto al punto de partida de los trabajos en SIMGES y GESCAL para L'Albufera, son numerosos los modelos tanto de balance hídrico como de calidad de aguas que han precedido a los presentes, desde que en el año 2002 comenzasen los trabajos que culminaron en la elaboración del *EDSAV* (MARM, 2004) y que supusieron una gran mejora del conocimiento del sistema hídrico, así como sentaron las bases de los modelos de cantidad y calidad de aguas en los que hoy en día se continua implementando mejoras y mediante los cuales se está simulando escenarios de gestión mediante herramientas como Sobek y AquatoolDMA.

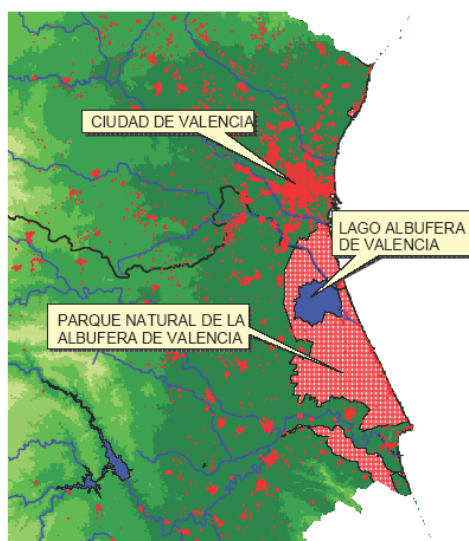


Figura 1. Delimitación del Parque Natural de L'Albufera y de la masa de agua del lago.

La primera edición del modelo SIMGES de L'Albufera fue creado por la Confederación Hidrográfica del Júcar en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia. Se trataba de un modelo integrado de los sistemas Júcar, Turia, Mijares y Palancia (*Modelo Júcar General*) conectado con L'Albufera y el acuífero de la Plana de Valencia. La última actualización de este modelo data de mayo de 2009.

Dada la complejidad de este modelo, se creyó conveniente desarrollar un modelo específico de L'Albufera y el acuífero, que permitiera una mayor escala de detalle para la correcta definición del funcionamiento hídrico del sistema Albufera y que estuviera independizado del *Modelo Júcar General*. A este modelo que hemos descrito por ser el modelo de seguimiento de L'Albufera en AquatoolDMA nos referiremos en adelante como *Modelo AquatoolDMA-Albufera*.

Simultáneamente, la CHJ proseguía con los trabajos de actualización del balance hídrico de L'Albufera, edición 6 del modelo de balance hídrico *Segbal* (CHJ, 2009) el cual aplicaba la metodología de estimación de las entradas al Parque desarrollada durante la elaboración del *EDSAV* (MARM, 2004) e incorporando para la calibración del modelo los datos de aforos de caudal en las cinco golas del parque, que hasta la fecha, aportaban datos de salidas desde el parque y desde el lago de dos años hidrológicos completos.

Este modelo de balance hídrico se ha estado actualizando anualmente, prolongando las series de datos de las distintas redes de control y ha sido validado con los datos de salidas observadas por las golas. La última edición de este modelo, *Segbal v.7*, incorpora las series de escorrentía del régimen natural de Patricál¹ (Pérez, 2005) en sustitución de las series

¹ Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y de la calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para las grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Agua. Tesis Doctoral (Pérez, 2005).

Este modelo permite construir modelos del ciclo hidrológico y calidad de las aguas distribuidos espacialmente, con paso de tiempo de simulación mensual.

SIMPA² (CEDEX, 1996) usadas en ediciones anteriores. También incorpora la actualización de los coeficientes de pérdidas y retornos de las UDA ubicadas o que retornan al Parque Natural, conforme a los trabajos desarrollados al respecto por la Oficina de Planificación Hidrológica de la CHJ, con fecha de octubre de 2011.

En la fase que nos ocupa, de construcción y calibración del modelo de L'Albufera en AquatoolDMA, las series de entrada al modelo SIMGES se han tomado de las series de entradas elaboradas según la metodología del EDSAV (MARM, 2004), e utilizadas en la última actualización de *Segbal v.7*, así como también las curvas de almacenamiento anual de los arrozales, que proceden de este modelo.

Por tanto, el modelo de partida para la construcción del modelo detallado de L'Albufera ha sido el *Modelo Júcar General*, sobre el cual se han realizado las modificaciones necesarias para su desconexión del mismo de los sistemas Turia y Júcar. Para la alimentación del modelo SIMGES se han tomado como series de aportaciones las series de entradas del modelo de balance hídrico *Segbal v.7*.

En cuanto a la incorporación del módulo GESCAL para la evaluación de la calidad del agua, no se tienen antecedentes de trabajos previos realizados con esta herramienta en el ámbito del sistema hídrico de L'Albufera.

2.2. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO CON SIMGES

2.2.1. Esquema general del modelo

El modelo de partida para la construcción del modelo AquatoolDMA-Albufera fue desarrollado por la UPV en 2009, e integraba en un modelo único de gestión los sistemas Júcar, Turia, Mijares y Palancia con L'Albufera y el acuífero de la Plana de Valencia.

La Figura 2 muestra el esquema conceptual global de dicho modelo. Y en las figuras posteriores se indican detalles de las conexiones del sistema hídrico de L'Albufera con los ríos Júcar y Turia.

² El Sistema Integrado para la Modelización de la Precipitación-Aportación (SIMPA) es un modelo hidrológico conceptual cuasidistribuido de simulación continua mensual, integrado en un sistema de información geográfica, desde el cual es posible gestionar y analizar la información temporal y espacial procedente de las bases de datos de los Organismos de Cuenca.

Estrela, T y L. Quintas, 1996^a. El sistema integrado de modelización-precipitación SIMPA. Revista de Ingeniería Civil, no 104. CEDEX. Ministerio de fomento, 1996.

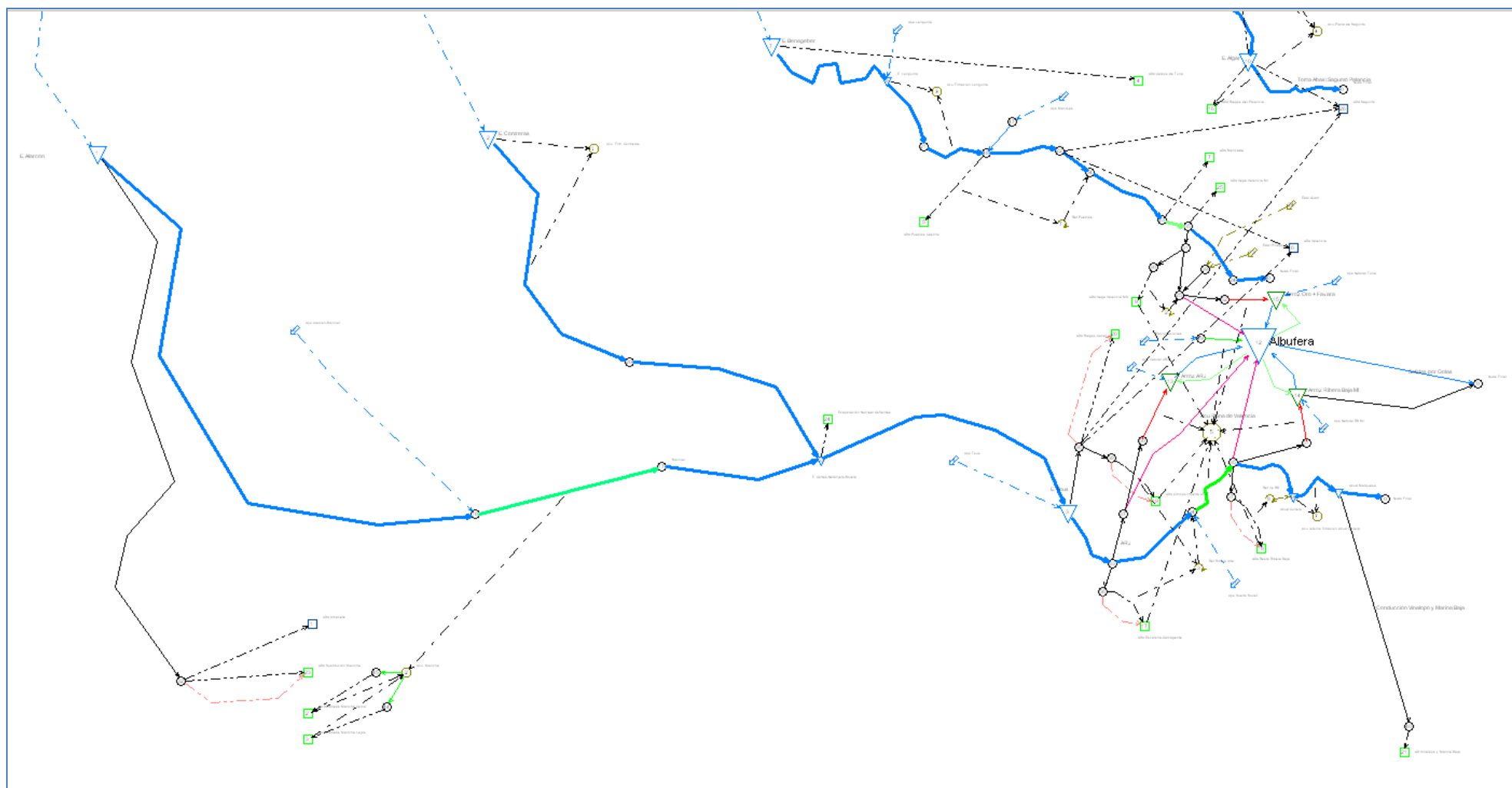


Figura 2. Esquema general del modelo SIMGES "Júcar General.bda" (UPV, 2009). Modelo de gestión del sistema Júcar, Turia, Mijares y Palancia junto con L'Albufera y el acuífero de la Plana de Valencia.

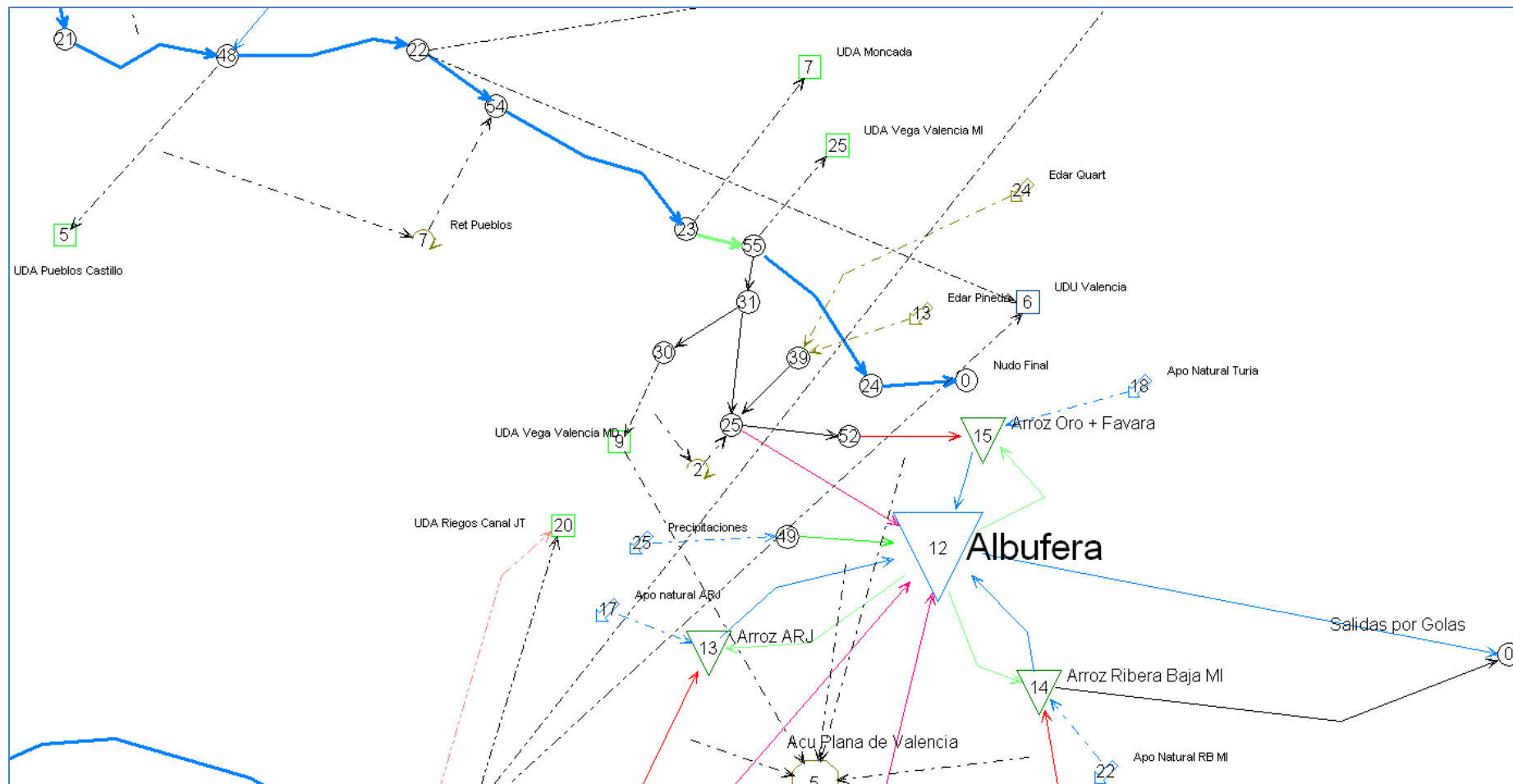


Figura 4. Detalle de la conexión con el río Turia. Esquema general del modelo SIMGES "Júcar General.bda" (UPV, 2009).

Para la construcción del nuevo modelo de seguimiento, se requería por un lado un modelo más sencillo a nivel de cuenca, independizado de las reglas de operación de los embalses del Turia y Júcar, y que, por otro lado, permitiese definir con un mejor nivel de detalle las necesidades y el funcionamiento del sistema hídrico del Parque Natural de L'Albufera. La Figura 5 muestra el esquema conceptual final que se ha planteado en el modelo de seguimiento de L'Albufera.

El esquema planteado se diferencia del original principalmente en la **desconexión del sistema hídrico del entorno del Parque Natural de L'Albufera de los ríos Turia y Júcar**. En su lugar, se introducen a las distintas zonas regables consideradas las correspondientes series de aportaciones que constituirán los “suministros” desde dichos ríos a las zonas de huerta, cítricos y arroz del entorno del Parque Natural de L'Albufera y que se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1. Zonas regables consideradas en el modelo AquatoolDMA-Albufera y aportaciones superficiales para el suministro al riego de dichas zonas.

<i>Zonas regables consideradas</i>		<i>Aportación superficial para el suministro</i>
Ámbito Turia	UDA La Vega Margen Derecha	Suministro La Vega MD
	Arrozal de Oro y Favara	Suministro Favara
Ámbito Ribera Alta	Huerta y cítricos de la ARJ	Suministro ARJ Huerta + Cítricos
	Arrozal de la ARJ	Suministro Arroz ARJ
Ámbito Ribera Baja margen izquierda (MI)	Huerta y cítricos de Sueca	Suministro Huerta + Cítricos Sueca
	Arrozal de Sueca	Suministro Arroz Sueca
	Huerta y cítricos de Cullera MI	Suministro Huerta + Cítricos Cullera MI
	Arrozal de Cullera MI	Suministro Arroz Cullera MI

Por otro lado, se ha mantenido la conceptualización de los arrozales como embalses, de forma que se puedan modelar los períodos de inundación de la época invernal y de la época del cultivo. A diferencia del *modelo Júcar General*, los arrozales se modelan con 4 elementos embalse, en lugar de 3. **El embalse definido inicialmente para el arroz de la Ribera Baja margen izquierda (MI), se divide en dos embalses independientes, embalse arrozal de Sueca y embalse arrozal de Cullera MI**. De esta forma, se mejora la distribución de los retornos del arrozal de la Ribera Baja MI según si van al lago o al mar, puesto que los retornos de Cullera MI no alcanzan el lago, mientras que los de Sueca en condiciones excepcionales sí pueden alcanzarlo.

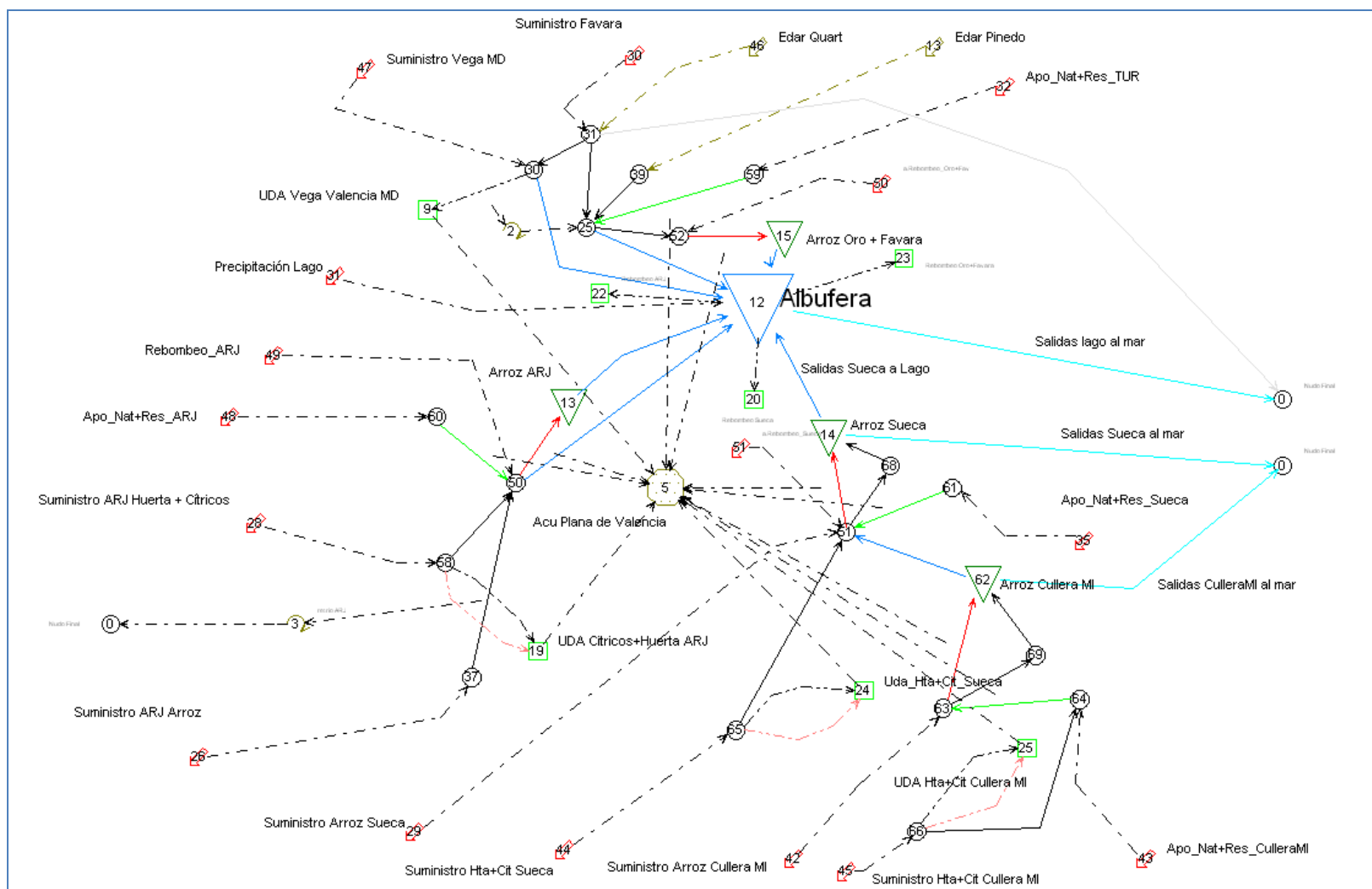


Figura 5. Esquema general del modelo AquatoolDMA –Albufera.

2.2.2. Definición de las series de aportaciones.

Se han utilizado un total de 19 aportaciones para la definición del régimen natural y del régimen alterado. Entre las series del régimen alterado, es decir, los suministros para el riego, se distinguen:

- Los suministros de agua superficial desde Turia y Júcar para las UDA de huerta y cítricos y de arroz de los cuatro ámbitos geográficos incluidos en el modelo (Turia, ARJ, Sueca y Cullera MI).
- Los rebombes para el riego del arroz en ARJ, Sueca y Cullera margen izquierda.
- Las series de reutilización de la EDAR de Quart-Benàger y de la EDAR de Pinedo.

Como aportaciones del régimen natural se consideran las series de escorrentía superficial y subterránea dadas por el modelo Patrical (Pérez, 2005) y la serie de precipitación directa sobre lámina de agua (sobre lago y sobre superficie de arrozal inundado) procedentes de datos SAIH medidos en las estaciones “Barranco del Poyo”, “Chiva”, “Picassent” y “Sueca”.

Adicionalmente, por simplificación del esquema del modelo, se ha incorporado a la componente natural el resto de series de entradas contempladas en los modelos de balance hídrico y de calidad de aguas, desarrollados en trabajos previos al trabajo en Aquatool, las cuales tienen un papel fundamental para la determinación de la calidad del influente a L'Albufera. Se trata de las series de aguas residuales urbanas (ARU), las series de descargas de los sistemas unitarios (DSU), y los efluentes del resto de estaciones depuradoras (EDAR) ubicadas en la zona de influencia del Parque Natural de L'Albufera.

Tabla 2. Aportaciones incluidas en el modelo AquatoolDMA-Albufera.

<i>Series de aportaciones consideradas en el modelo</i>		
Ámbito Turia	Suministro La Vega MD	Suma de las derivaciones en los azudes de Quart y Mislata, para los riegos de huerta de las acequias del mismo nombre. Fuente: datos de explotación (CHJ, 2011).
	Suministro Favara	Suma de las derivaciones en los azudes de Rovella y Repartiment ³ para el riego de la huerta de dichas acequias y el arrozal de Favara. Fuente: datos de explotación (CHJ, 2011).

³ Las derivaciones en el azud del Repartiment son estimadas ya que no se dispone de datos de aforos. Estimaciones realizadas según la metodología desarrollada en el documento “03_Ampliacion_Entradas_año_hidrologico_LT_Ed4.xls”, (OPH, 2007).

<i>Series de aportaciones consideradas en el modelo</i>		
	Apo_Nat+Res_TUR	<p>Obtenido como suma de las componentes de entradas del régimen natural y de aguas residuales en el embalse arrozal del Turia: precipitación (P), escorrentía superficial (ESUP), escorrentía subterránea (ESUB), descargas de sistemas unitarios (DSU) y aguas residuales urbanas (ARU).</p> <p>Series de precipitación. Fuente: SAIH (CHJ, 2011).</p> <p>Series de escorrentía ESUP y ESUB. Fuente: Patrical (Pérez, 2005).</p> <p>Series ARU y DSU: Fuente Segbal v.7⁴.</p> <p>Series EDAR. Fuente: EPSAR.</p>
	EDAR Quart	<p>Efluentes de la EDAR Quart-Benàger, desde la fecha de puesta en funcionamiento, en enero de 1997.</p> <p>Fuente: Datos de la EPSAR hasta diciembre de 2006. Datos de explotación desde enero de 2007(CHJ, 2011).</p>
	EDAR Pinedo	<p>Efluentes de la EDAR de Pinedo desde su puesta en funcionamiento, en octubre de 1984.</p> <p>Fuente: Datos de la EPSAR hasta noviembre de 2005. Datos explotación desde diciembre de 2005 (CHJ, 2011).</p>
	Rebombeos Oro+Favara	<p>Se prevé una serie de aportación para rebombeos para el cultivo del arroz de Oro y Favara, en caso de requerirse simulaciones considerando éstos, aunque la serie actualmente tiene valor nulo.</p>
Ámbito Ribera Alta	Suministro Huerta+Cítricos ARJ	<p>Serie construida a partir de los datos de explotación de suministro tanto a la huerta y cítricos como al arroz de la ARJ que incluye los suministros a la nueva conducción de la ARJ en Tous y al antiguo canal en Antella, para la totalidad de los riegos de huerta y cítricos de la UDA ARJ. Se obtiene por proporcionalidad a la demanda de la huerta y cítricos frente a la demanda total de la ARJ.</p>
	Suministro ARJ Arroz	<p>Análogamente, se obtiene por proporcionalidad a la demanda del arroz frente a la demanda total de la ARJ.</p>

⁴ Segbal v.7 (CHJ, 2011) es el modelo para el seguimiento del balance hídrico de l'Albufera en su última actualización de 2011, y a su vez, construido a partir del modelo de balance hídrico desarrollado por la CHJ para el EDSAV (MMA, 2004), y cuyo esquema conceptual ha servido de base para la construcción del modelo de l'Albufera en Aquatool.

Series de aportaciones consideradas en el modelo		
	Apo_Nat+Res_ARJ	<p>Obtenido como suma de las componentes de entradas del régimen natural y de aguas residuales en el embalse arrozal de la ARJ: precipitación (P), escorrentía superficial (ESUP), escorrentía subterránea (ESUB), descargas de sistemas unitarios (DSU), aguas residuales urbanas (ARU) y otras EDAR.</p> <p>Series de precipitación. Fuente: SAIH (CHJ, 2011).</p> <p>Series de escorrentía ESUP y ESUB. Fuente: Patricial (Pérez, 2005).</p> <p>Series ARU y DSU: Fuente Segbal v.7.</p> <p>Series EDAR. Fuente: EPSAR.</p>
	Rebombeos ARJ	<p>Serie de explotación de rebombeos para el cultivo del arroz de la ARJ. Puesto que el rebombeo se modela como una aportación más al cultivo, a su vez se define una demanda variable de valor igual al volumen rebombeado a consumir desde el lago.</p>
Ámbito Ribera Baja	Suministro Huerta+Cítricos Sueca	<p>Serie construida a partir de los datos de explotación de derivaciones en el azud de Sueca tanto para el consumo de la huerta y cítricos como del arroz. Se obtiene por proporcionalidad a la demanda de la huerta y cítricos frente a la demanda total.</p>
	Suministro Sueca Arroz	<p>Se obtiene a partir de la serie de explotación de derivaciones en el azud de Sueca, por proporcionalidad a la demanda del arroz frente a la demanda total.</p>
	Apo_Nat+Res_Sueca	<p>Obtenido como suma de las componentes de entradas del régimen natural y de aguas residuales en el embalse arrozal de Sueca: precipitación (P), escorrentía superficial (ESUP), escorrentía subterránea (ESUB), aguas residuales urbanas (ARU) y otras EDAR.</p> <p>Series de precipitación. Fuente: SAIH (CHJ, 2011).</p> <p>Series de escorrentía ESUP y ESUB. Fuente: Patricial (Pérez, 2005).</p> <p>Series ARU y DSU: Fuente Segbal v.7.</p> <p>Series EDAR. Fuente: EPSAR.</p>
	Rebombeos Sueca	<p>Serie de explotación de rebombeos para el cultivo del arroz de Sueca. Puesto que el rebombeo se modela como una aportación más al cultivo, a su vez se define una demanda variable de valor igual al volumen rebombeado a consumir desde el lago.</p>

<i>Series de aportaciones consideradas en el modelo</i>		
	Suministro Cullera MI Huerta+Cítricos	Serie construida a partir de los datos de explotación de derivaciones en el azud de Cullera tanto para el consumo de la huerta y cítricos como del arroz. Se obtiene por proporcionalidad a la demanda de la huerta y cítricos frente a la demanda total de la margen izquierda.
	Suministro Cullera MI Arroz	Se obtiene a partir de la serie de explotación de derivaciones en el azud de Cullera MI, por proporcionalidad a la demanda del arroz frente a la demanda total de la margen izquierda.
	Apo_Nat+Res_Cullera MI	Obtenido como suma de las componentes de entradas del régimen natural y de aguas residuales en el embalse arrozal de Cullera MI: precipitación (P), escorrentía superficial (ESUP), escorrentía subterránea (ESUB), aguas residuales urbanas (ARU) y otras EDAR. Series de precipitación. Fuente: SAIH (CHJ, 2011). Series de escorrentía ESUP y ESUB. Fuente: Patrical (Pérez, 2005). Series ARU y DSU: Fuente Segbal v.7. Series EDAR. Fuente: EPSAR.
	Rebombeos Cullera MI	Se dispone de la serie de explotación de rebombeos para el cultivo del arroz de Cullera MI. Dado que este rebombeo no supone detracción alguna del lago por estar fuera del ámbito de influencia del mismo, sino que se satisface con el sobrante circulante por acequia, esta serie se considera nula.
Ámbito Lago	Precipitación Lago	Serie de precipitaciones construida, hasta septiembre de 2001, con la precipitación del modelo SIMPA para la cuenca 127. A partir de esta fecha, se ha obtenido como valor promedio de la precipitación registrada por las estaciones SAIH de Picassent y Sueca.

Las series de aportaciones desde los sistemas Turia y Júcar construidas para la realización del balance hídrico de L'Albufera tienen comienzo en el año hidrológico 1963/64 hasta 2009/10. El modelo de Aquatool evalúa los últimos 30 años, es decir, el periodo comprendido entre 1980/81 y la actualidad, 2009/10.

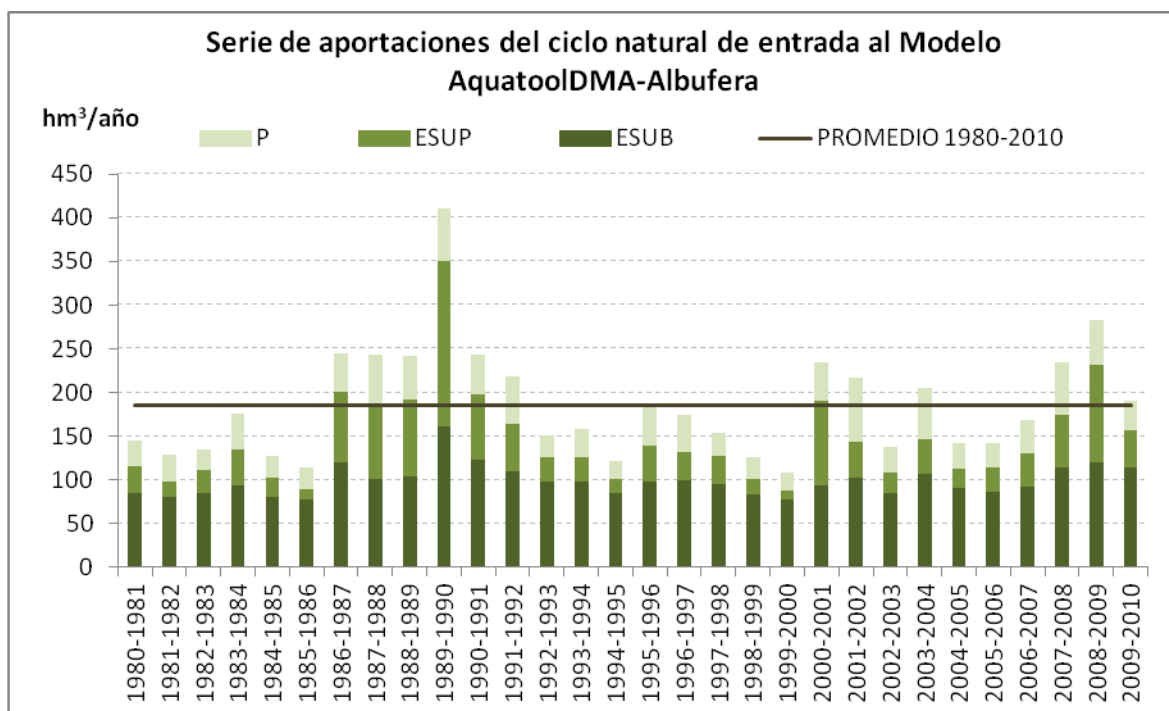


Figura 6. Series de aportaciones de entrada al modelo AquatoolDMA –Albufera correspondientes al ciclo natural desde los diferentes ámbitos. Fuente: Serie de entradas por precipitación calculadas a partir de datos SAIH (indicadas como “P”). Series de escorrentía superficial (“ESUP”) y subterránea (“ESUB”) procedentes del modelo Patrical (Pérez, 2005).

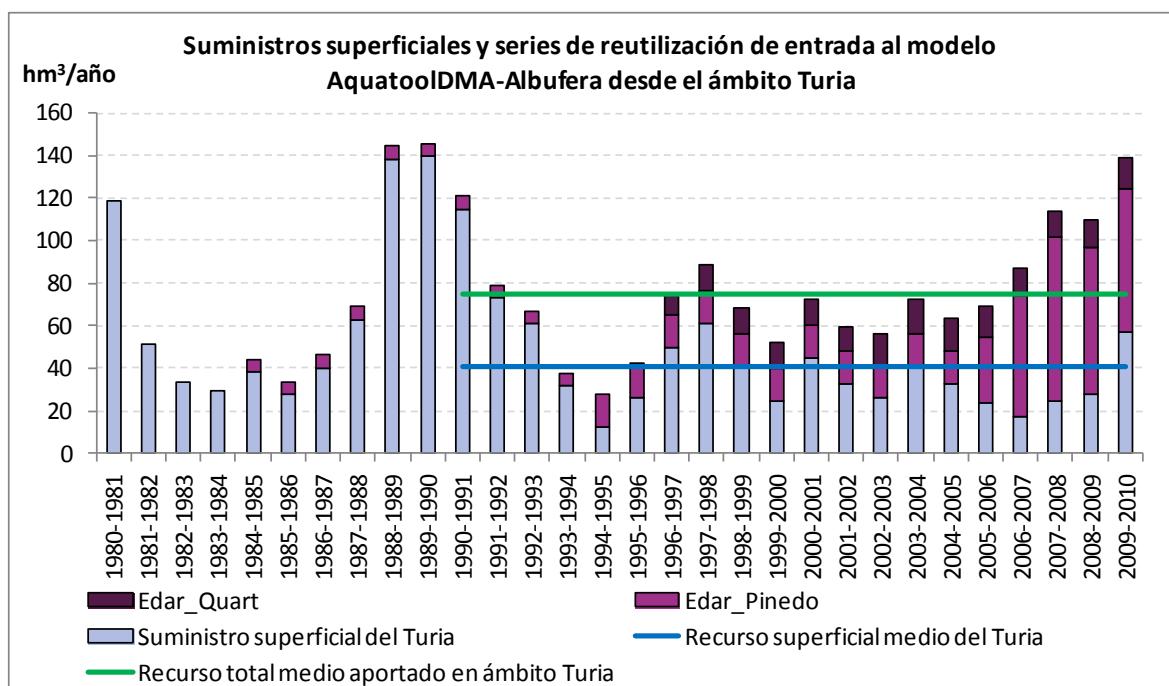


Figura 7. Series de aportaciones de entrada al modelo AquatoolDMA –Albufera en el ámbito Turia correspondientes a suministros superficiales desde el Turia y reutilización. Fuente: Datos de explotación de reutilización y de derivaciones en el azud de Quart, Mislata y serie de derivaciones estimadas en el azud del Repartiment (CHJ, 2011).

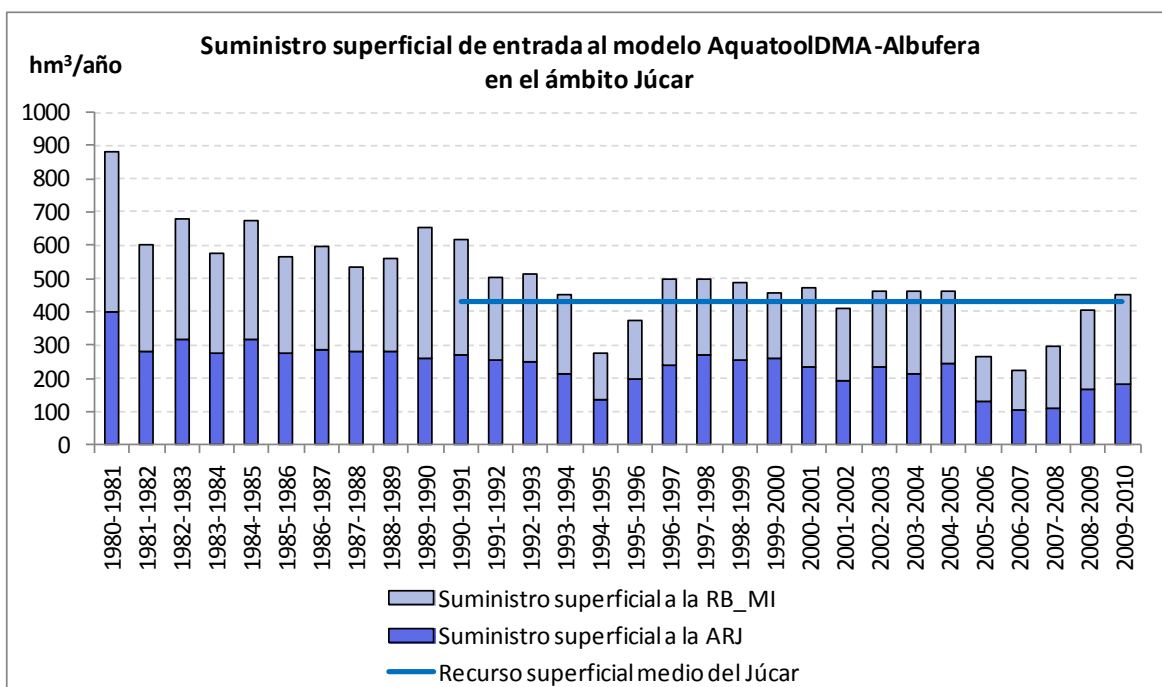


Figura 8. Series de aportaciones de entrada al modelo AquatoolDMA-Albufera desde el ámbito Júcar (ARJ y Ribera Baja) correspondientes a suministro superficial desde el Júcar. Fuente: Datos de explotación de las derivaciones a la Acequia Real del Júcar desde 1997. Valores anteriores procedentes del SAIH (CHJ, 2009); Datos de explotación de las derivaciones a la Ribera Baja.

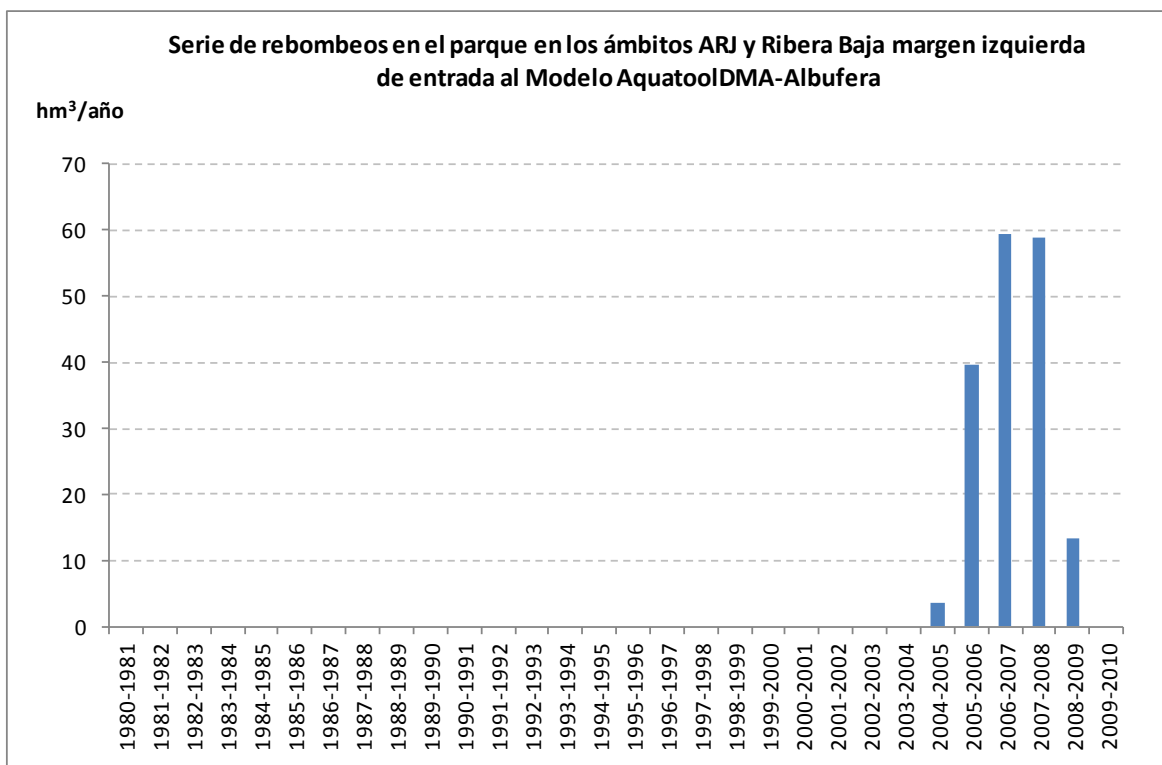


Figura 9. Series de rebombes en los ámbitos ARJ y Ribera Baja-margen izquierda de entrada al modelo AquatoolDMA-Albufera. Fuente: Datos de explotación (CHJ, 2011).

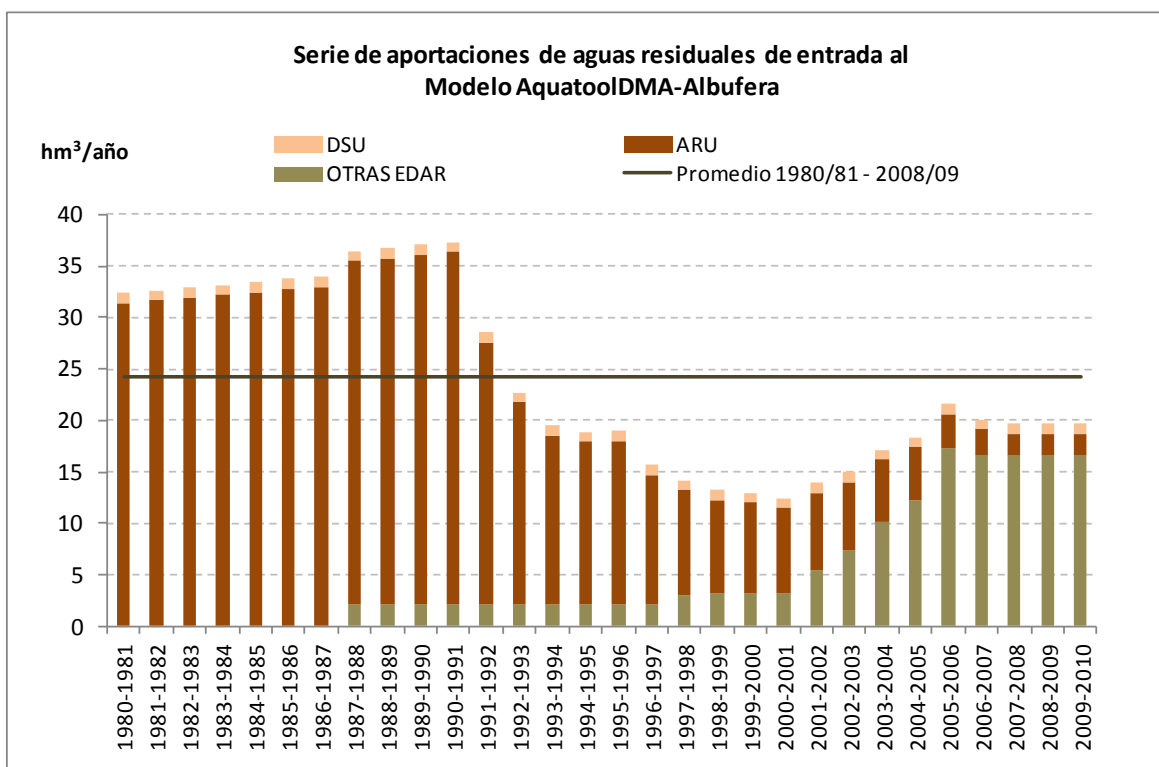


Figura 10. Series de aportaciones de entrada al modelo AquatoolDMA-Albufera desde los diferentes ámbitos correspondientes a aportaciones de aguas residuales desde el Júcar. Fuente: Series de datos estimados según la metodología de cálculo recogida en la hoja de cálculo “Entradas_Año_Hidrológico.xls” generada por la OPH en 2003 y última actualización de la Oficina Albufera en 2010.

2.2.3. Modelo del acuífero

El acuífero definido en el modelo de seguimiento de L'Albufera con AquatoolDMA se ha modelado según el esquema de un acuífero unicelular conectado hidráulicamente con el sistema mediante un coeficiente de desagüe α , que responde a las ecuaciones (Andreu, 1983):

$$V_n = V_{n-1}e^{-t\alpha} + \frac{R_n}{\alpha}(1 - e^{-t\alpha})$$

$$Q_n = \alpha V_n = Q_{n-1}e^{-t\alpha} + R_n(1 - e^{-t\alpha})$$

En estas ecuaciones, V_n es el volumen del acuífero en el mes n , R_n es la recarga neta en el mes n y Q_n es el caudal de relación río acuífero. Si Q_n es positivo, el flujo va del acuífero al río y si es negativo va del río al acuífero.

Como datos de partida hay que definir el valor del coeficiente de desagüe α , que por defecto toma un valor de 0.18 y el volumen inicial del acuífero V_0 , que ha sido tomado del modelo Segbal v.7. En este último, cuya serie temporal comienza en el año hidrológico 1963/64, el acuífero presenta un volumen en el mes oct-80, mes de comienzo de la serie temporal del modelo de L'Albufera con AquatoolDMA, de valor 15.02 hm^3 . El modelo de partida “Júcar General” partía de un valor inicial nulo.

La conexión con el acuífero en el modelo de AquatoolDMA se realiza de tres formas distintas. Por un lado, las UDA de huerta y cítricos están conectadas directamente con el acuífero, al que le transfieren la infiltración durante el riego mediante la definición de un coeficiente de infiltración, el cual se aplica sobre la demanda bruta de la UDA correspondiente.

En el caso del arroz, la infiltración en cada embalse arrozal se modela a través de una conducción tipo 2 (conducción con filtraciones), conectada al acuífero, al cual le transfiere un porcentaje del flujo que por ella circula (el equivalente a un coeficiente de infiltración), es decir, de la demanda bruta del arrozal.

Por último, el retorno total del acuífero al sistema se reparte entre los cuatro embalses arrozal a través de una conducción tipo 3 que abastece a cada uno de ellos. Esta metodología difiere de la utilizada en la primera edición del modelo Aquatool-Albufera, en la que el retorno total del acuífero al sistema se realizaba directamente en el lago sin pasar por el arrozal. La presencia constatadas de retornos del acuífero al parque a través de los ullals y la posibilidad de distribuir geográficamente estos retornos han justificado este cambio en el modelo conceptual.

El reparto de los retornos del acuífero a los distintos ámbitos se ha realizado de forma análoga a la seguida en el modelo *Segbal v.7*, de forma que 0.61 del retorno total del acuífero retorna al arrozal de la ARJ, 0.3 retornan al arrozal de Sueca, 0.06 al arrozal de Cullera MI y 0.03 al arrozal de Favara. Dicho reparto se aproxima al volumen de agua que los diferentes ullals introducen en el parque, en sus distintos ámbitos, aunque cabe señalar que se dispone de una limitada información y conocimiento con respecto a los mismos.

Tabla 3. Coeficientes de reparto de los retornos del acuífero a los distintos embalses arrozal.

Zona del retorno	Coefficiente de reparto
Embalse Arroz Oro y Favara	0.03
Embalse Arroz ARJ	0.61
Embalse Arroz Sueca	0.30
Embalse Arroz Cullera MI	0.06

2.2.4. Modelo de regadíos

La realización del balance hídrico en el sistema de L'Albufera comporta una detallada definición del funcionamiento de los regadíos presentes en la zona, o que retornan a la misma.

Ello ha determinado la diferenciación, dentro de las distintas UDA, de los diferentes tipos de cultivo clasificándolos en dos grupos, según se trate de cultivos de huerta y/o cítricos, o de arrozal. Aunque ello supone la definición de un esquema conceptual algo más complejo, se consigue una mayor precisión en la definición de las necesidades hídricas de los cultivos y, por tanto, de los retornos de riego que generan.

En el esquema conceptual del modelo de L'Albufera en Aquatool, el cultivo de arroz se ha modelado mediante la definición de elementos embalses. De esta forma, en base a datos

observados en campo, se define una curva de almacenamiento a lo largo del año que se corresponde con el volumen de agua requerido por el riego a manta del arroz en la época de cultivo, así como la inundación invernal o perellonà.

Por otro lado, se define la curva de evaporación del embalse en mm/mes, mediante la superposición de la demanda neta del cultivo y el volumen de pérdidas. Para la definición de la infiltración del arroz se ha requerido disponer una conducción tipo 2 o conducción con filtraciones, a la entrada de cada embalse arrozal.

A continuación se describe el funcionamiento del modelo de regadíos diseñado en Aquatool para las distintas UDA que intervienen.

2.2.4.1. Riegos del ámbito Turia

Tabla 4. Descripción de los regadíos considerados dentro del ámbito de riego del Turia.

Riegos del ámbito Turia	Descripción
UDA La Vega Margen Derecha	<p>Cultivos: riegos de huerta y cítricos de La vega MD, incluida la huerta y cítricos de la Acequia de Favara, (no incluido el arroz).</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro Vega MD”, y recibe parcialmente de “Suministro Favara” y “Edar Quart”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: arroz de Favara.</p> <p>Demanda bruta: 25,9 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 9,4 hm³/año</p>
Arrozal de Oro y Favara	<p>Cultivos: arrozales de la Acequia de Favara y de la Acequia del Oro. También incluye la huerta de esta última, por no ser viables incorporarla a la huerta de La Vega MD.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Edar Pinedo” y parcialmente “Suministro Favara” y “Edar Quart”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: retornos del arrozal al lago, y en caso de excedentes de riego, retornos directos al lago sin pasar por el arrozal.</p> <p>Demanda bruta: 46,9 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 16,6 hm³/año</p>

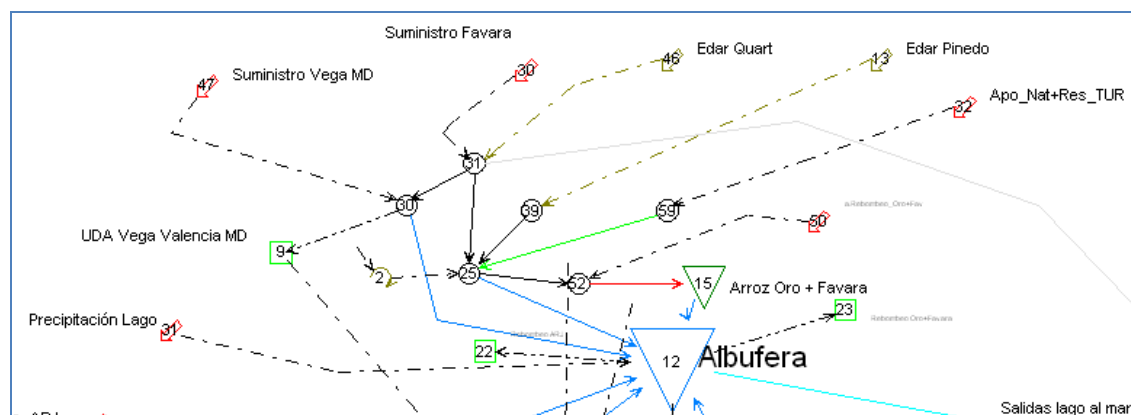


Figura 11. Detalle del ámbito Turia en el modelo AquatoolDMA-Albufera.

2.2.4.2. Riegos del ámbito ARJ

Tabla 5. Descripción de los regadíos de la ARJ.

Riegos del ámbito ARJ	Descripción
Huerta y cítricos de la ARJ	<p>Cultivos: riegos de huerta y cítricos del antiguo canal de la Acequia Real del Júcar así como de la conducción.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro ARJ Huerta + Cítricos”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: retornos al río Júcar del tramo de huerta y cítricos de aguas arriba del sifón de Guadassuar; el tramo de aguas abajo retorna al arrozal de la ARJ y en caso de excedentes, retornos directos al lago sin pasar por el arrozal.</p> <p>Demanda bruta: 127,3 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 64,4 hm³/año</p>
Arrozal de ARJ	<p>Cultivos: arrozal de la Acequia Real del Júcar.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro ARJ Arroz” y “Rebombeos ARJ”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: retornos del arrozal al lago, y en caso de excedentes de riego, retornos directos al lago sin pasar por el arrozal.</p> <p>Demanda bruta: 84,7 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 41,7 hm³/año</p>

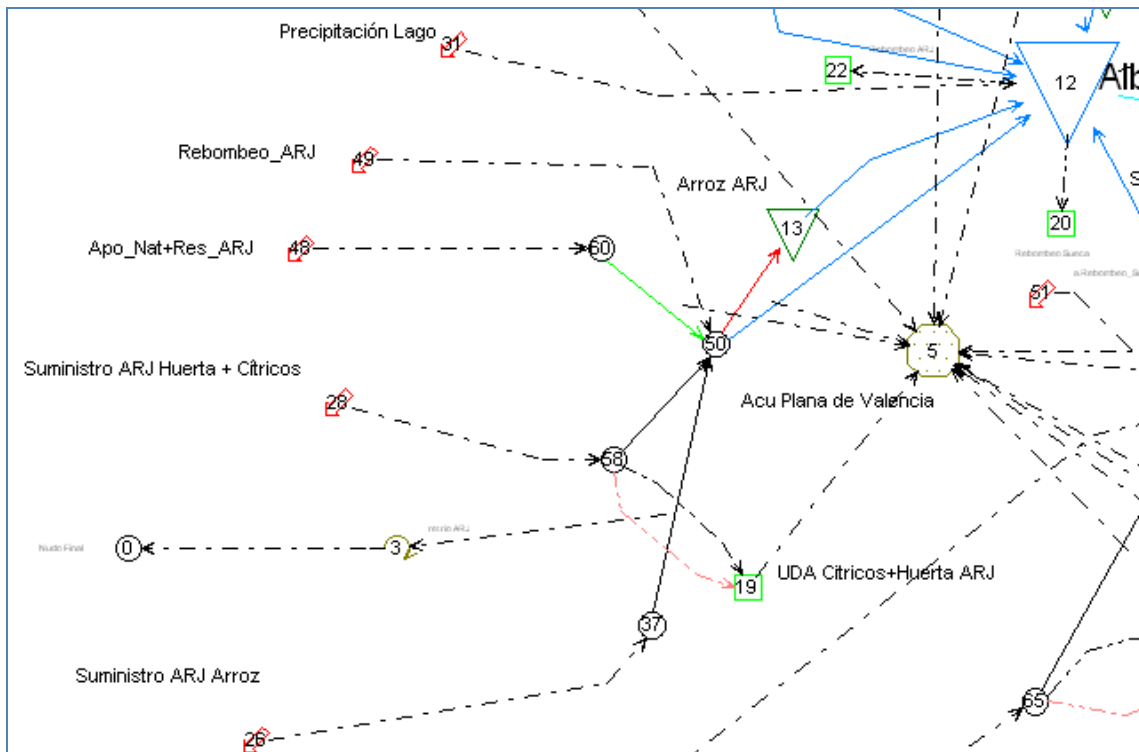


Figura 12. Detalle del ámbito ARJ en el modelo AquatoolDMA-Albufera.

2.2.4.3. Riegos del ámbito Ribera Baja margen izquierda

Tabla 6. Descripción de los regadíos de la Ribera Baja margen izquierda.

<i>Riegos del ámbito Ribera Baja MI</i>	<i>Descripción</i>
Huerta y cítricos de Sueca	<p>Cultivos: riegos de huerta y cítricos de la Acequia Mayor de Sueca.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro Huerta + Cítricos Sueca”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: Retornos al arrozal de Sueca.</p> <p>Demanda bruta: 11,7 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 5,9 hm³/año</p>
Arrozal de Sueca	<p>Cultivos: arrozal de la Acequia Mayor de Sueca.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro Arroz Sueca” y “Rebombeos Sueca”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: generalmente los retornos van al mar, salvo en condiciones excepcionales en sequía, que pueden llegar al lago⁵</p> <p>Retornos que recibe: además de los retornos de la huerta y cítricos de Sueca, puede recibir retornos de riego del arrozal de Cullera MI.</p> <p>Demanda bruta: 159,1 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 66,3 hm³/año</p>
Huerta y cítricos de Cullera MI	<p>Cultivos: riegos de huerta y cítricos de la Acequia de Cullera MI.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro Huerta + Cítricos Cullera MI”.</p> <p>Destino de los retornos que genera: arrozal de Cullera MI.</p> <p>Demanda bruta: 6,7 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 3,0 hm³/año</p>
Arrozal de Cullera MI	<p>Cultivos: arrozal de la Acequia de Cullera MI.</p> <p>Aportaciones que recibe: “Suministro Arroz Cullera MI”</p> <p>Destino de los retornos que genera: al mar y al arrozal de Sueca.</p> <p>Demanda bruta: 19,1 hm³/año</p> <p>Demanda neta: 6,8 hm³/año</p>

⁵ Los retornos de Sueca al lago están condicionados a la activación de una regla de operación definida en la conducción de entrada al lago desde el embalse arrozal, de manera que sólo permite retornos al lago en caso de que los suministros al arroz de Sueca no superen un valor umbral de 16 hm³ en el mes de mayo o de 2,5 hm³ en el mes de octubre.

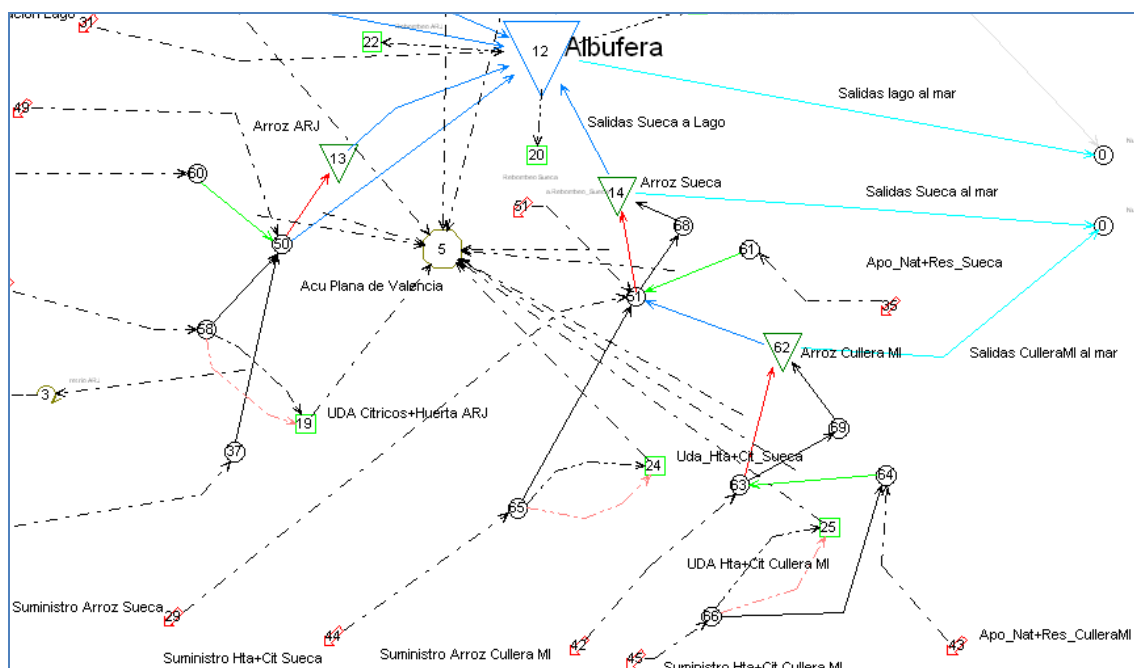


Figura 13. Detalle del ámbito Ribera Baja MI en el modelo AquatoolDMA-Albufera.

2.2.5. Definición de los embalses arrozal: cultivo y perellonà

En la definición de los embalses arrozal se requiere definir dos curvas de especial importancia de cara a la correcta representación del funcionamiento del sistema hídrico del sistema.

En primer lugar, la curva denominada por SIMGES “Tasa de evaporación” en unidades de mm/mes, en el caso concreto de los embalses arrozal, viene definida con el valor resultante de sumar los valores mensuales de evapotranspiración de la planta del arroz y de pérdidas producidas en el transporte, la distribución o/y la aplicación.

En segundo lugar, es necesario definir tres curvas de almacenamiento para cada embalse (curva de volumen máximo, volumen objetivo, y volumen mínimo), de manera que el embalse se regula asegurando como mínimo la curva de volumen mínimo en épocas de escasez, y vertiendo el excedente en caso de rebasar el volumen máximo. Para la definición de estas curvas, se considera que el arroz tiene que estar sometido a dos inundaciones al año.

La primera de estas inundaciones se produce en el periodo de mayo a agosto, ambos inclusive, coincidiendo con la época de cultivo del arroz, y se construye aplicando un calado mínimo de 8 cm y un calado objetivo o máximo de 12 cm, a la superficie total del cultivo.

La segunda inundación, conocida como perellonà, abarca los meses de octubre a febrero, y se construye aplicando un calado de 15 cm (como mínimo) y 20 cm (como máximo u objetivo), a la superficie de perellonà, la cual es inferior a la superficie de cultivo y variable en el periodo, dado que tanto el llenado como el vaciado se producen de forma progresiva.

El resto de los meses, los embalses arrozal deberían permanecer vacíos, pero para evitar posibles errores de cálculo en los procesos de calidad que tienen lugar en los arrozales cuando interviene el módulo de calidad, GESCAL, se le asigna un valor mínimo correspondiente al 10% del volumen definido para la época de cultivo.

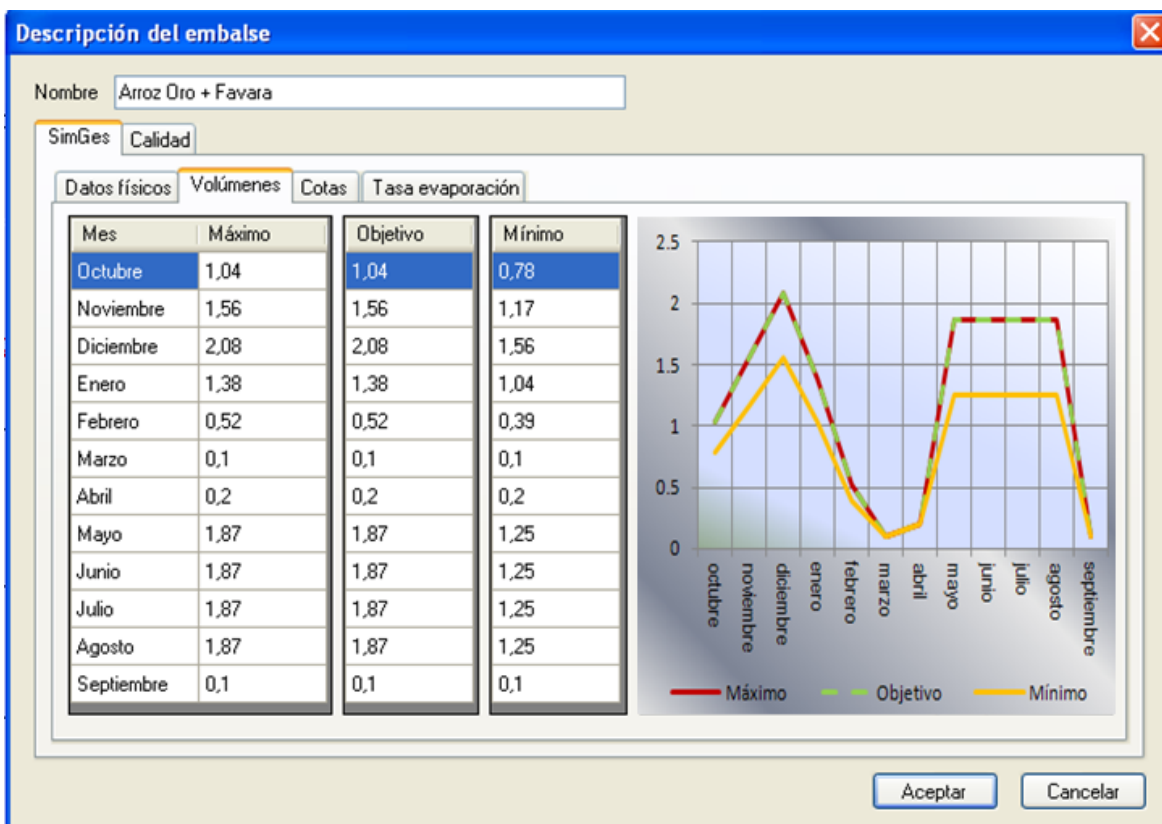


Figura 14. Curvas de almacenamiento mensual para el embalse Arrozal de Oro y Favara.

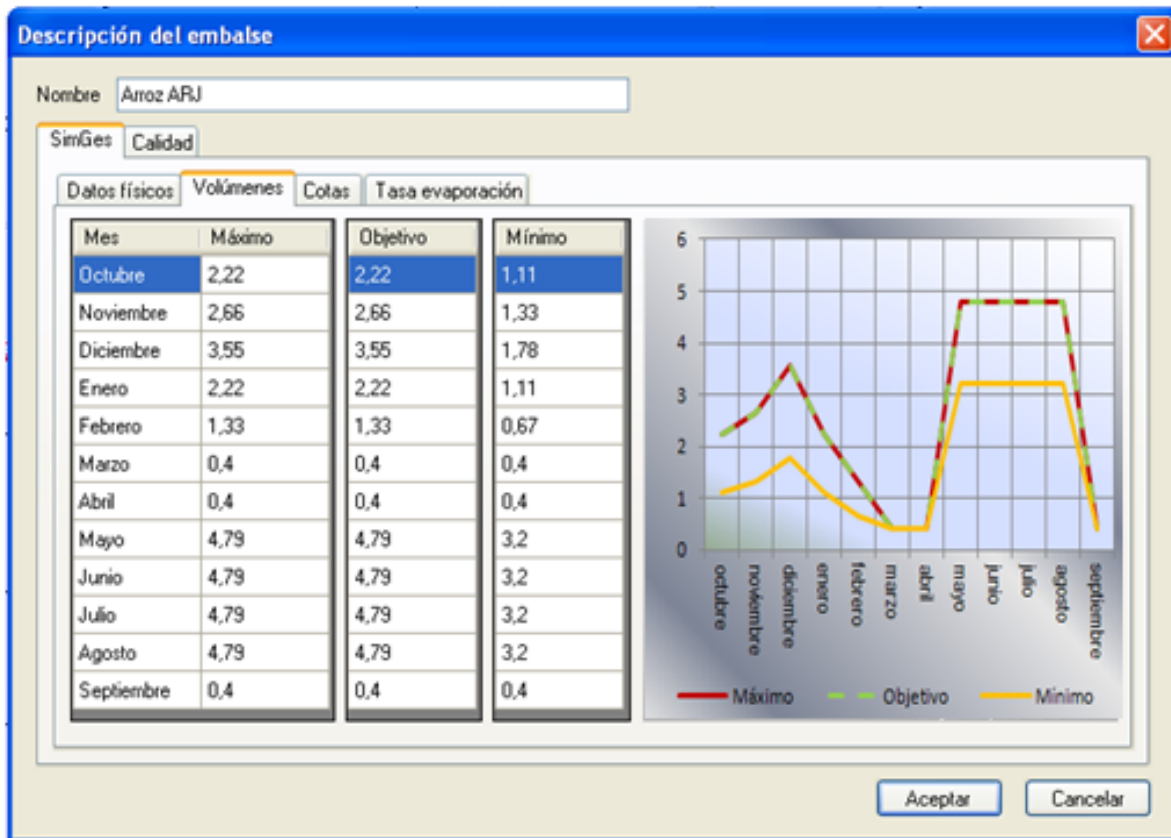


Figura 15. Curvas de almacenamiento mensual para el embalse arrozal de ARJ.

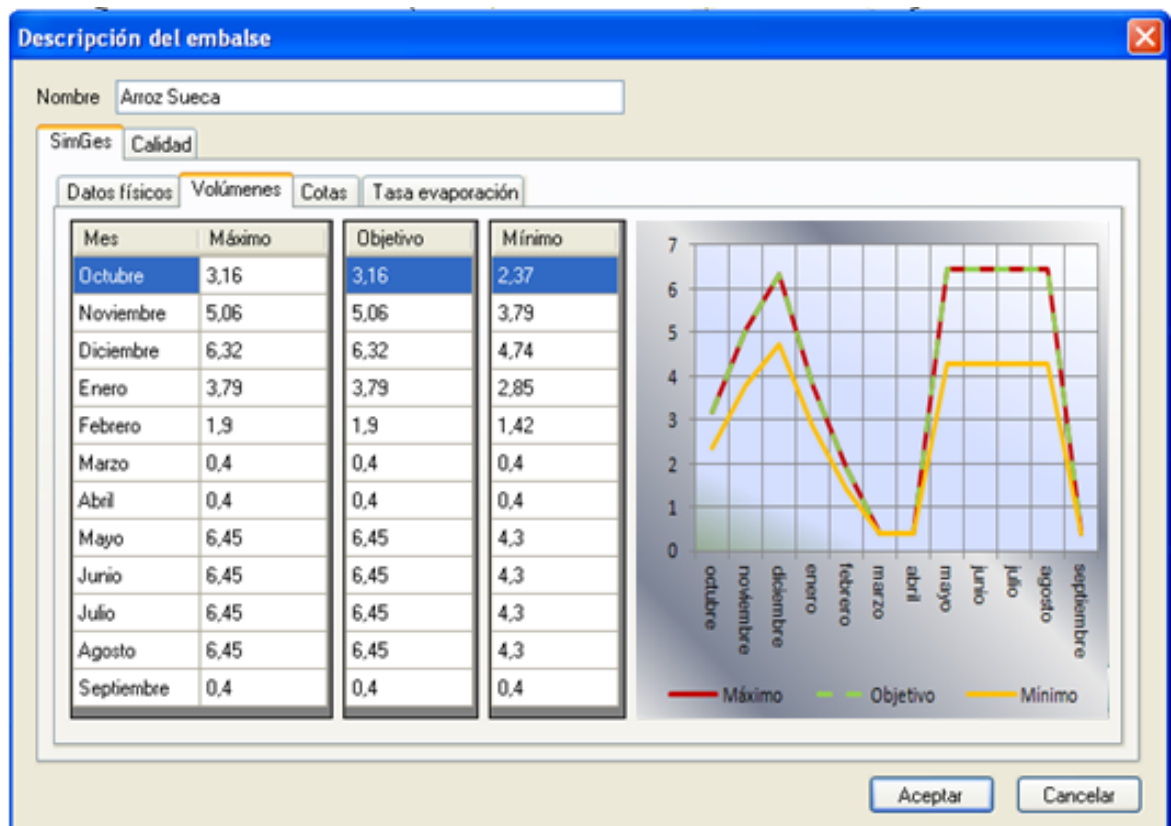


Figura 16. Curvas de almacenamiento mensual para el embalse arrozal de Sueca.

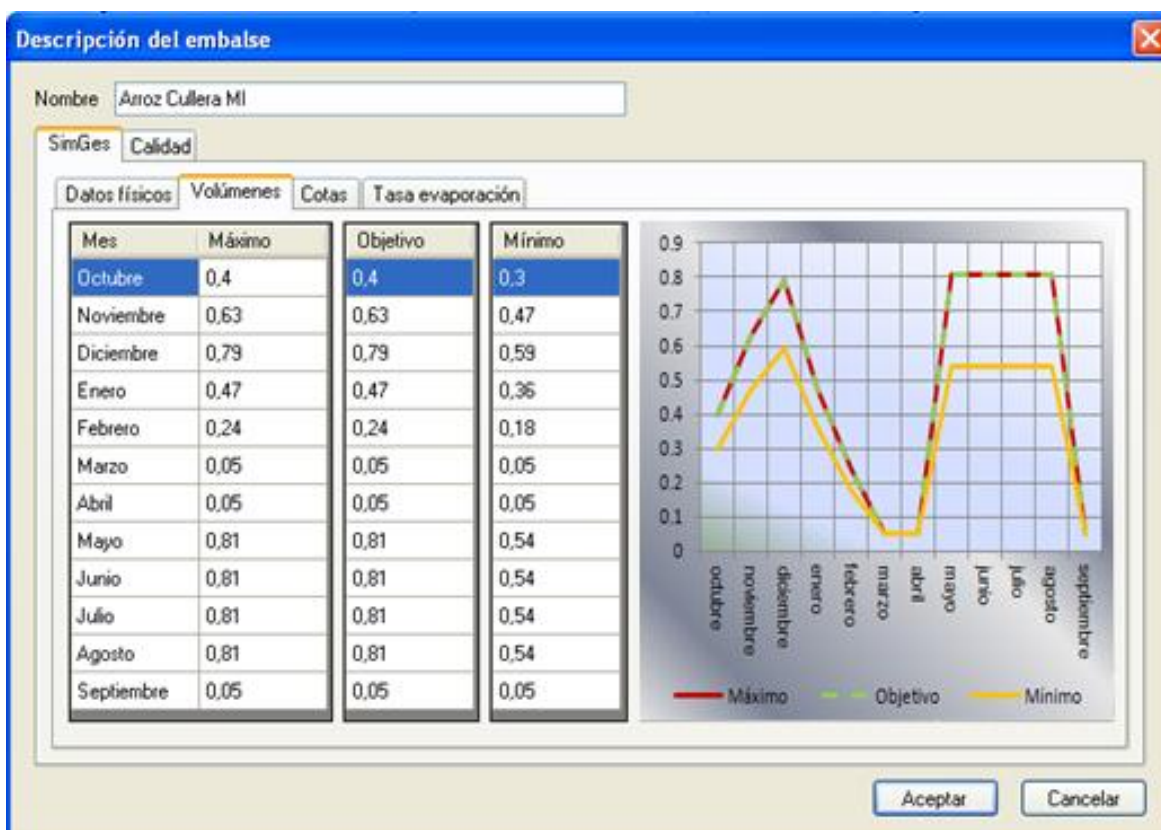


Figura 17. Curvas de almacenamiento mensual para el embalse arrozal de Cullera MI.

2.2.6. Definición del embalse lago

En el caso del lago, la curva de evaporación definida se corresponde con la evaporación sobre lámina de agua en mm/mes según datos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) correspondientes a la estación de Picassent y que viene a suponer una evaporación anual de 1082 mm/año.

Tabla 7. Curva de evaporación mensual en el lago (IVIA, 2011).

mes	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
mm/mes	65	43	34	43	45	81	101	124	150	157	144	95

Para el cálculo de las curvas de almacenamiento mínimo, objetivo y máximo del lago, se han utilizado los registros de nivel medidos por la sonda de nivel de la CHJ instalada en el embarcadero de Pujol desde enero de 2006, y la curva de almacenamiento del lago⁶ resultado de los trabajos batimétricos realizados para el EDSAV (MARM, 2004).

⁶ Mediante el levantamiento batimétrico realizado en el lago y su entorno durante la realización del EDSAV (MARM, 2004) se obtuvo la curva de almacenamiento del lago: $Vol (hm^3) = 23.6577 * n (m.s.n.m.m) + 16.7459$.

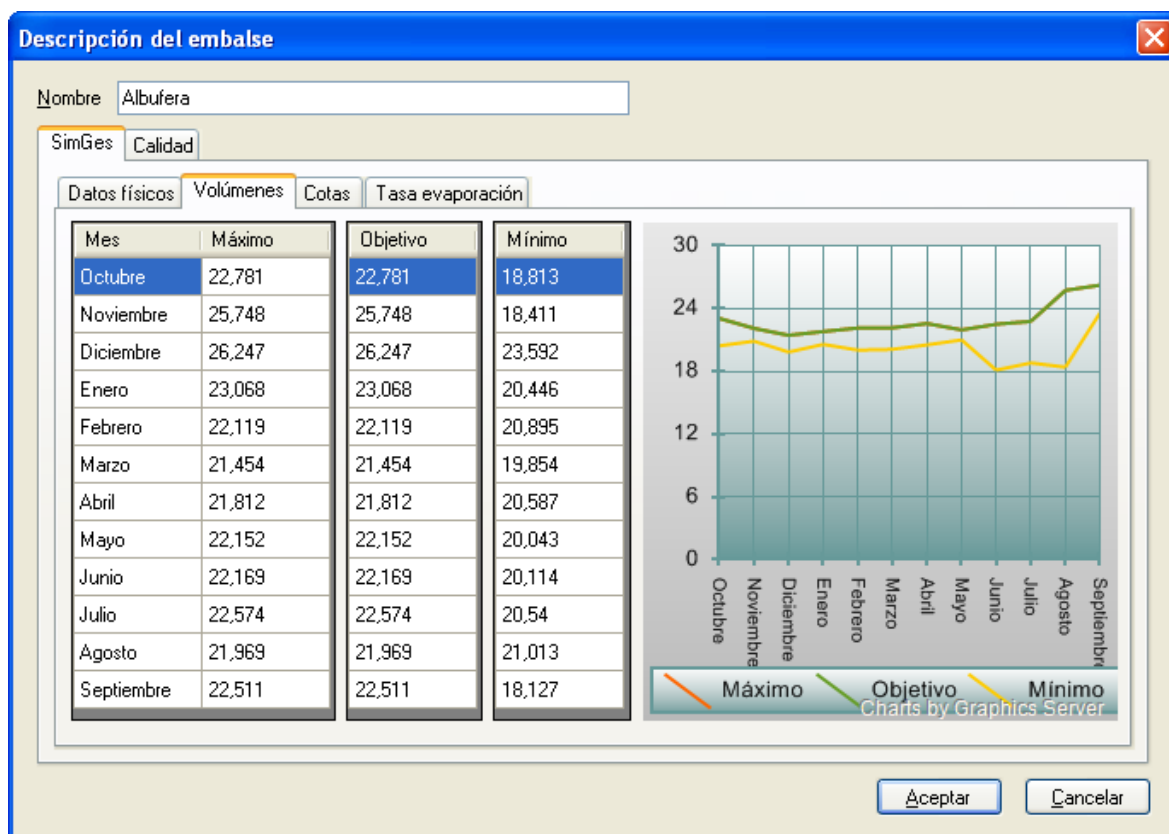


Figura 18. Curvas de almacenamiento mensual para el embalse Albufera.

2.3. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE CALIDAD CON GESCAL

2.3.1. Caracterización de la conductividad en las series de aportaciones

A continuación se adjunta los patrones asignados a cada uno de los tipos de aportes, en lo que a conductividad respecta, y su justificación, así como los valores de conductividad final de las distintas series de aportaciones incorporadas en el modelo:

Tabla 8. Conductividad patrón de los distintos tipos de aporte y conductividad final de las series de aportaciones.

Tipo de aporte	Conductividad patrón ($\mu\text{S/cm}$)	Aportación	Serie o valor de entrada en Gescal ($\mu\text{S/cm}$)
Suministro Superficial Júcar	1400 ¹	Suministro ARJ Huerta+Cítricos y Arroz	1400
		Suministro Sueca Huerta+Cítricos y Arroz	1400
		Suministros Cullera MI Huerta+Cítricos y Arroz	1400
Suministro Superficial Turia	1400 ¹	Suministro La Vega MD	1400
		Suministro Favara	1400
EDAR	1797 ¹	Edar Quart	1797

<i>Tipo de aporte</i>	<i>Conductividad patrón ($\mu\text{S/cm}$)</i>	<i>Aportación</i>	<i>Serie o valor de entrada en Gescal ($\mu\text{S/cm}$)</i>
		Edar Pinedo	1797
Aguas residuales urbanas (ARU) Descargas de sistemas unitarios (DSU) Escorrentía superficial Escorrentía subterránea	1700 ¹	Apo Nat+Residuales TUR	Variable: [528 -1783] ²
	1000 ¹	Apo Nat+Residuales ARJ	Variable: [814-1734] ²
	1000 ¹	Apo Nat+Residuales Sueca	Variable: [302, 1607] ²
	1800 ¹	Apo Nat+Residuales Cullera	Variable: [371, 1602] ²
Precipitación	0	Precipitación lago	0
Rebombeos del lago	Variable ³	Rebombeos Oro+Favara	Variable: [1563, 4268]
		Rebombeos ARJ	
		Rebombeos Sueca	

[1] Los valores de conductividad patrón establecidos para las aportaciones de EDAR y suministros superficiales desde el Turia y el Júcar se han definido constantes a lo largo de la serie histórica. Los valores establecidos proceden de datos de muestreos en acequias realizados durante eventos de lluvia, tomados por la CHJ en el marco de los trabajos realizados por la Oficina Albufera en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia (CHJ, 2008), así como a partir de datos de calidad de los efluentes de las depuradoras (EPSAR, 2009).

[2] La conductividad que define la mezcla de las series de aportaciones naturales y las residuales se calculan mediante un balance másico de sales a partir de los caudales de cada tipo de aporte y de la conductividad patrón correspondiente a cada uno de ellos.

[3] Los rebombeos del lago, por tratarse de agua bombeada directamente desde éste, deberían tener en cada momento asignada la conductividad calculada en el lago por Gescal en el instante inmediato anterior. Sin embargo, para este cálculo en Aquatool se requería un proceso iterativo, que no sólo ralentizaría en gran medida los cálculos, sino que además supondría una gran dificultad de programación. A raíz de estos inconvenientes, y a diferencia del esquema inicial, los rebombeos pasaron a ser, en lugar de un resultado del modelo, una serie de aportación de entrada. De igual forma fue necesaria la creación de una serie para caracterizar la conductividad de dicha aportación. Dado que la conductividad del lago varía notablemente a lo largo del año y también a lo largo de la serie histórica, en función del volumen de entradas que recibe, fue necesario crear una serie sintética con valores de conductividad variables mes a mes. Ésta fue calculada a partir de los datos de conductividad observada en el lago a partir de los muestreos de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, con comienzo en 1985. Los diferentes años hidrológicos de la serie histórica se clasificaron según tres tipos: año seco-extremo

(94/95 y 06/07), año medio-seco (85/86, 95/96 y 05/06) y año medio-húmedo (el resto de años del periodo comprendido del 85/86 al 08/09), en base a los valores de conductividad alcanzado en los meses de cultivo del arroz de la serie observada. Para cada año tipo, se obtuvo la curva mensual de conductividad, promediando los valores para cada mes de los años del mismo tipo, obteniéndose finalmente tres curvas. Por último, y por orden cronológico, a cada año se le asignó la curva de conductividad que le correspondía en función de si se trataba de un año seco-extremo, medio-seco y medio-húmedo.

En la figura siguiente se puede observar la curva de conductividad obtenida para cada año tipo a partir de los valores de conductividad en lago observados:

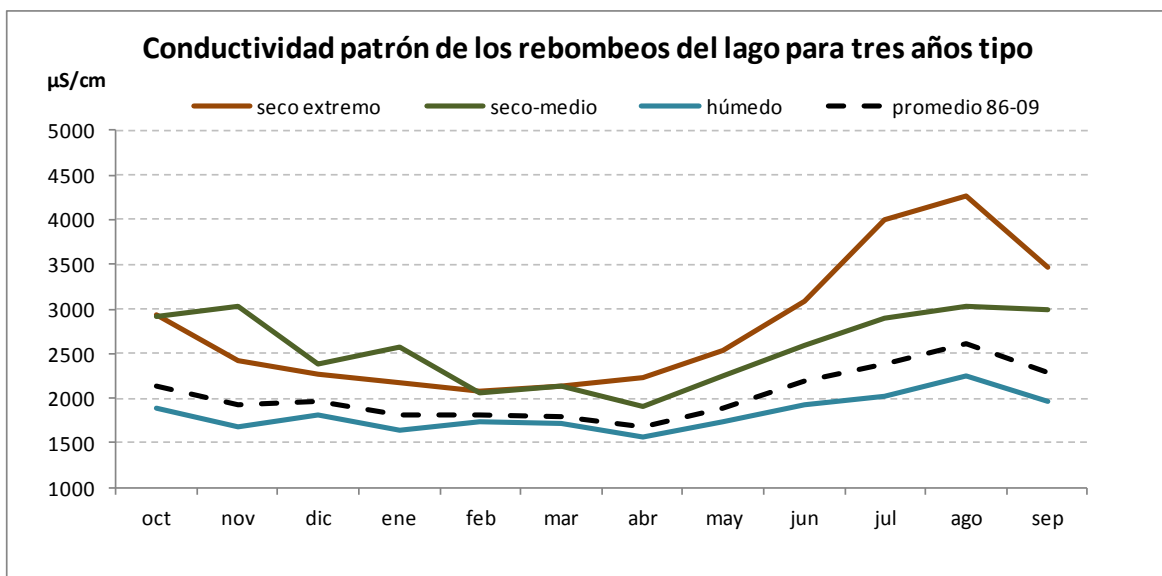


Figura 19. Curvas de conductividad para los tres años tipo para la construcción de la serie sintética de conductividad a asignar a los rebombes desde el lago.

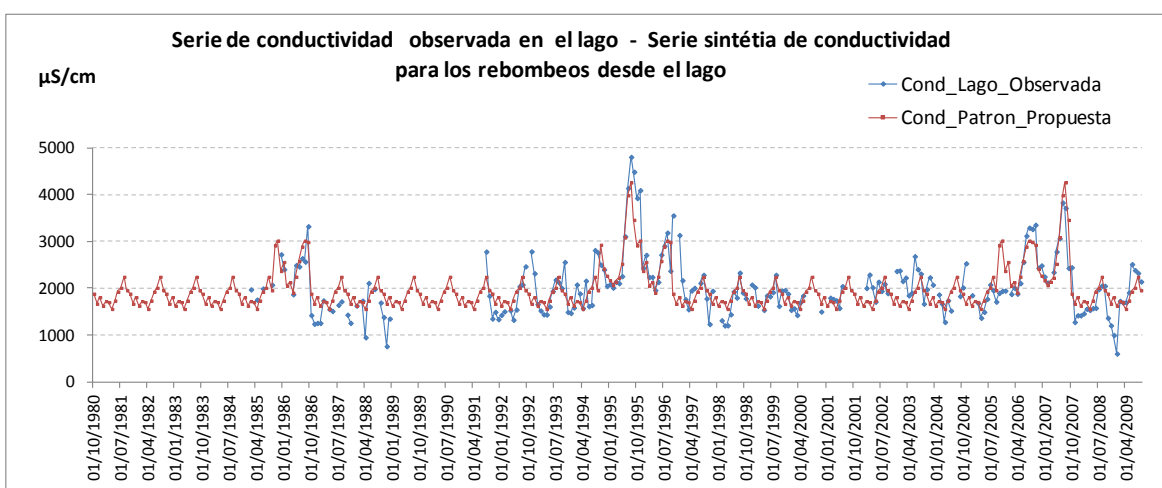


Figura 20. Serie de conductividad observada en el lago (CMA, 2011) y serie sintética de conductividad para la caracterización de las aportaciones de rebombes.

2.3.2. Caracterización de la conductividad en los elementos del esquema conceptual

Además de las series de aportaciones, tanto los elementos embalse como el acuífero requieren la definición de una conductividad inicial para el correcto inicio del cálculo de este parámetro. A continuación se indican las conductividades iniciales fijadas en cada elemento.

Tabla 9. Conductividades iniciales de los elementos del esquema conceptual del modelo AquatoolDMA-Albufera.

Elemento	Conductividad patrón ($\mu\text{S/cm}$)
Acuífero	1700
Embalses arrozal	1540
Embalse lago	2000

Los valores de conductividad de partida en los tres elementos se establecen de forma aproximada, en ausencia de datos observados, tras contrastarse con valores definidos en trabajos previos para la modelación de la conductividad en el lago, en el marco del presente contrato de “Seguimiento de diversas actuaciones relativas al sistema hídrico Parque Natural de La Albufera de Valencia” (CHJ, 2012).

2.4. RESULTADOS DEL MODELO SIMGES. CALIBRACIÓN CON LOS DATOS OBSERVADOS DE SALIDAS POR LAS GOLAS

A partir de la definición de aportaciones, almacenamientos en los embalses, consumos de los distintos cultivos y coeficientes de pérdidas y retornos, el modelo calcula los flujos que desde los distintos embalses arrozal y otras UDA retornan al lago, al río y al mar.

Tras la primera prueba con el esquema descrito hasta el momento, el modelo no conseguía reproducir de forma satisfactoria las salidas al mar desde el lago y desde el parque. Ha sido necesario realizar un proceso previo de calibración, para conseguir reproducir con mayor exactitud estas salidas, las cuales están cuantificadas desde que en el año 06/07 la OPH implantase la red de control de caudales en el Parque Natural de L'Albufera.

El proceso de calibración en *SIMGES* ha consistido en el ajuste de caudales en ciertos elementos clave del sistema mediante reglas de operación. En el caso que nos ocupa, las reglas de operación han supuesto principalmente la limitación de flujos a valores máximos o en la imposición de flujos mínimos en ciertas conducciones por diversas causas que a continuación se describen.

En la zona del ámbito Turia se ha limitado el caudal de la Acequia de Favara a un valor máximo de $5,5 \text{ hm}^3/\text{mes}$, por los condicionantes propios de capacidad de la acequia.

En la zona de la Ribera Baja se han limitado las salidas máximas del arrozal de Cullera MI al mar que; de otra forma, podrían ser superiores a las salidas observadas por la Gola de Sant Llorenç. De este modo, se generan retornos que alcanzan el arrozal de Sueca reduciendo el déficit hídrico en ciertos periodos más secos.

También se ha requerido la regulación de los retornos de Sueca al lago para la correcta reproducción del reparto de las salidas al mar según si su procedencia es del lago o de los arrozales de la Ribera Baja. El modelo, por defecto, tiende a introducir los retornos de Sueca en el lago, de manera que las salidas de la Ribera Baja al mar alcanzan valores muy por debajo de los datos observados. La realidad pone de manifiesto que la conexión hídrica del arrozal de Sueca con el lago está altamente condicionada por el nivel de almacenamiento en el lago, de forma que si el nivel en el lago es alto, el gradiente

hidráulico entre el lago y las acequias que desaguan el arrozal de Sueca no es suficiente para forzar la entrada de los retornos en el lago.

Para la regulación de los retornos de Sueca al lago, se ha recurrido al diseño de una regla de operación. Teóricamente esta regla debería poner en relación directa los retornos de Sueca al lago con el nivel en el mismo; sin embargo, el modelo presenta como limitación el no poder definir el almacenamiento del lago según el registro histórico de niveles, si no en base a curvas de almacenamiento medias (según se explica en el apartado 2.2.6.), por lo que se ha buscado un criterio alternativo. Asumiendo que una situación de déficit hídrico en la zona de Sueca supone, en general, una situación hídricamente deficitaria a nivel del parque en su totalidad, la regla de operación se ha gestionado conforme al volumen de suministro superficial destinado al arroz de Sueca. De esta manera, en caso de suministros abundantes al arrozal en la época de cultivo, no se permite la entrada de retornos de Sueca al lago dirigiéndolos al mar, ya que la curva de almacenamiento en el lago se ajusta a la curva de niveles máximos. Por el contrario, en caso de suministros inferiores a un umbral mínimo ($15 \text{ hm}^3/\text{mes}$ en los meses de mayo y $2 \text{ hm}^3/\text{mes}$ en los meses de octubre), se permite la entrada de los retornos de Sueca en el lago, asegurando un caudal mínimo se salida al mar desde Sueca. Con esta regla de operación, el único año que se producen retornos de Sueca al lago es en la sequía de 2006/07.

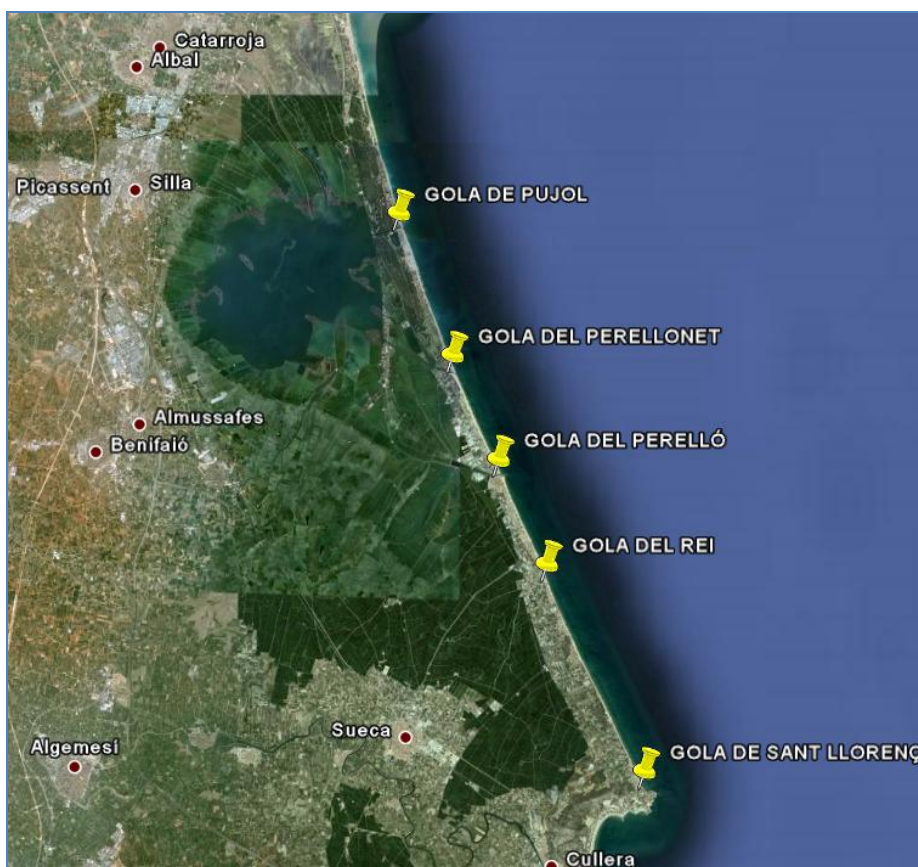


Figura 21. Imagen del Parque Natural de L'Albufera e identificación de las golas o canales de salida al mar.

A continuación se presentan los resultados calculados por el modelo de Aquatool de salidas al mar desde el lago y desde el parque, para la serie completa desde 1980/81 a 2009/10, frente a los datos observados de salidas al mar desde 2006/07 de la red de control de la CHJ.

2.4.1. Salidas del Parque

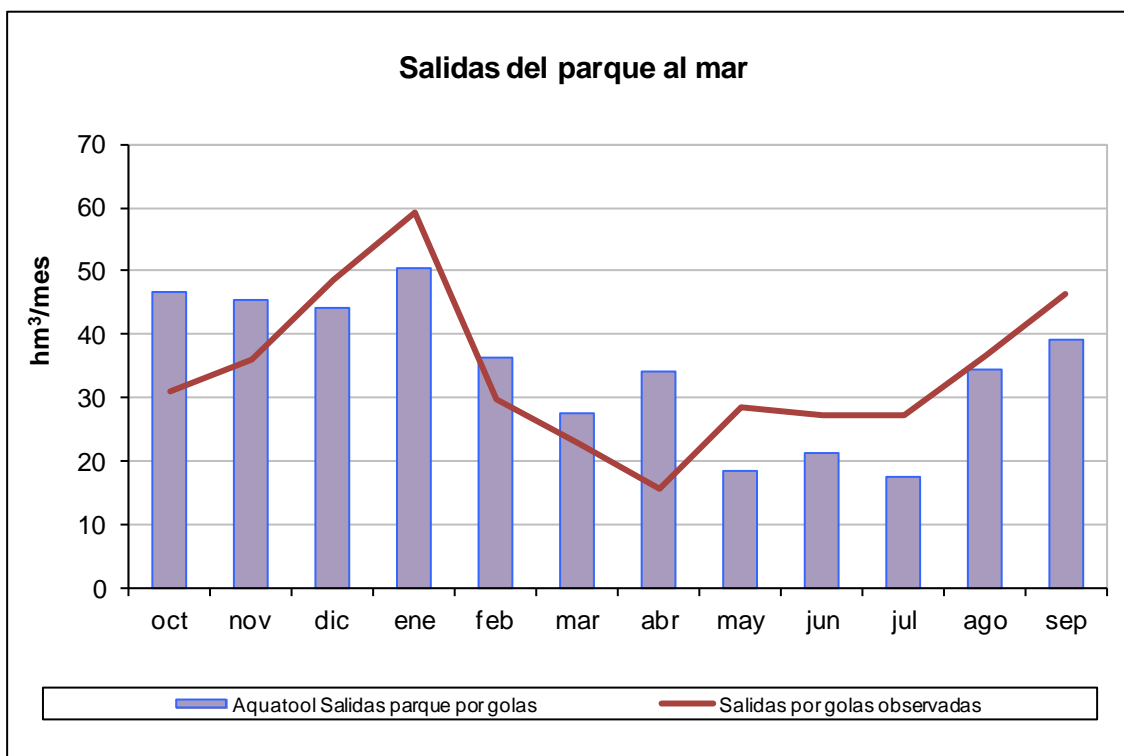


Figura 22. Salidas calculadas del parque al mar en el año medio 1990/91-2009/10 frente a las salidas observadas en el año medio 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011).

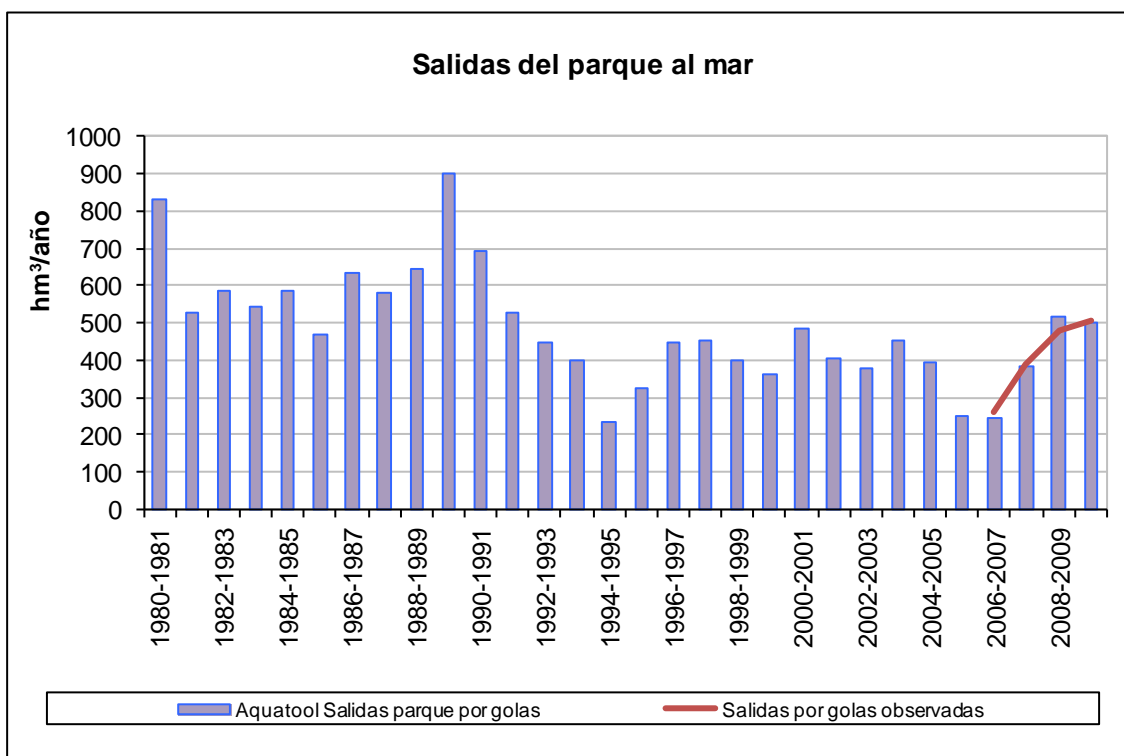


Figura 23. Salidas del parque al mar calculadas en el periodo 1980/81-2009/10 frente a las salidas observadas en el periodo 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011).

2.4.2. Salidas del lago

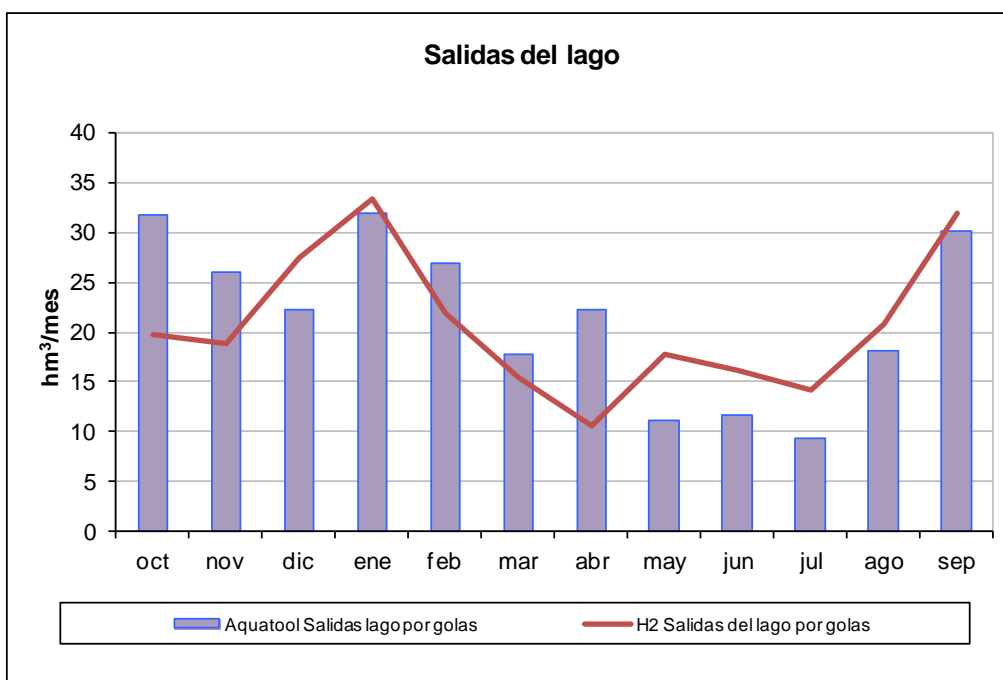


Figura 24. Salidas calculadas del lago al mar en el año medio 1990/91-2009/10 frente a las salidas estimadas⁷ en base a datos observados en el año medio 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011)

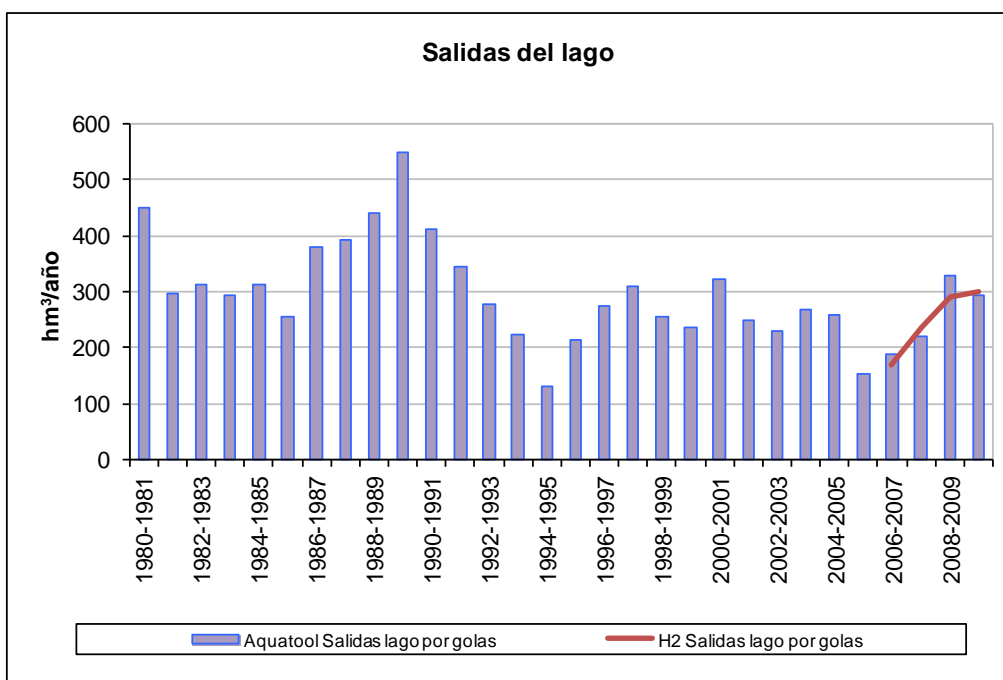


Figura 25. Salidas del lago al mar calculadas en el periodo 1980/81-2009/10 frente a las salidas del lago estimadas⁷ en base a datos observados en el periodo 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011).

⁷ Las salidas del lago se estiman a partir de los datos observados en las golas de Pujol, Perellonet y Perelló, en base a diversas hipótesis (CHJ, 2008). La que se representa en esta figura corresponde a la hipótesis de conductividad (CHJ, 2008).

2.4.3. Salidas de la Ribera Baja margen izquierda al mar

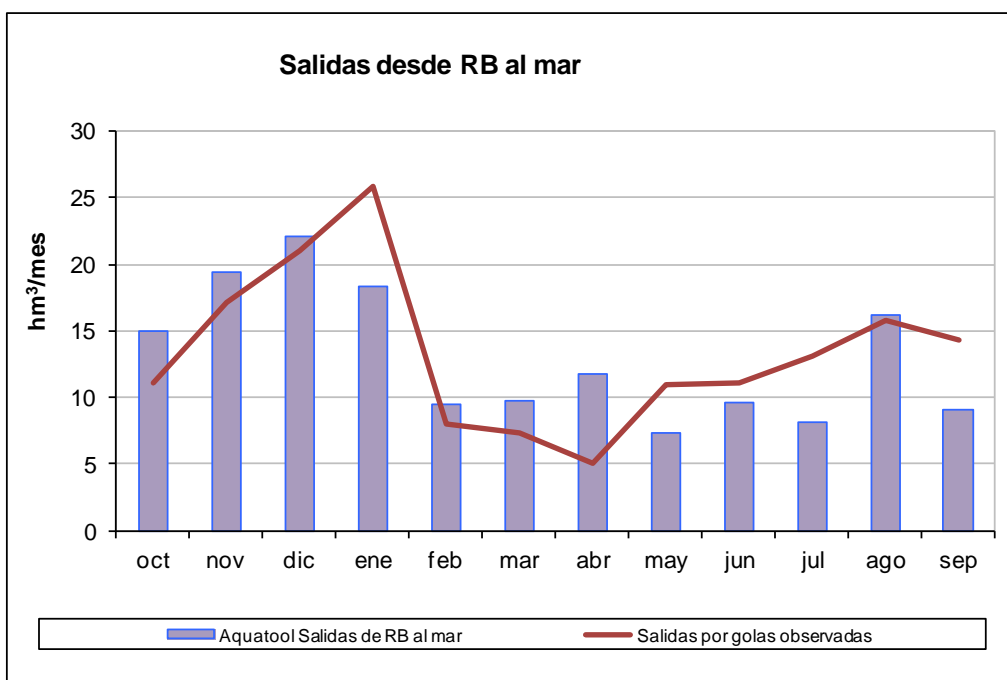


Figura 26. Salidas calculadas desde los arrozales de Sueca y Cullera MI al mar en el año medio 1990/91-2009/10 frente a las salidas estimadas⁸ en base a datos observados en el año medio 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011).

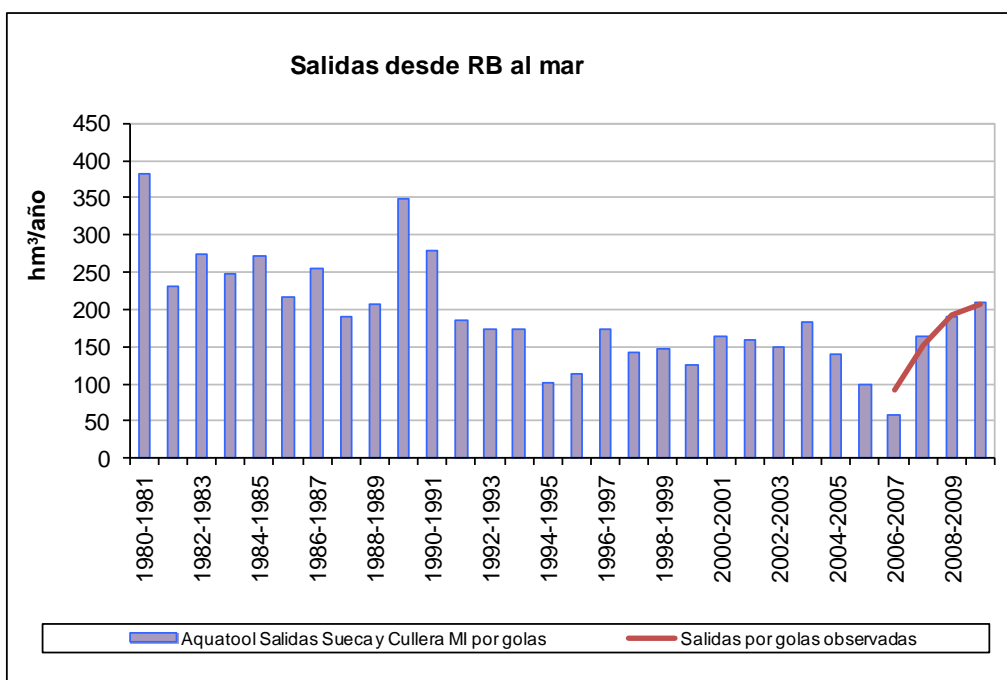


Figura 27. Salidas calculadas de los arrozales de Sueca y Cullera MI al mar en el periodo 1980/81-2009/10 frente a las salidas estimadas⁸ en base a datos observados en el periodo 2006/07-2009/10 (CHJ, 2011).

⁸ Las salidas de la Ribera Baja al mar se calculan como la diferencia existente entre los datos observados de salidas totales al parque y las salidas estimadas del lago según la hipótesis de conductividad (CHJ, 2008).

2.4.4. Análisis de los resultados

A la vista de las gráficas de resultados presentadas, se pueden realizar diversas observaciones a la calibración del modelo:

2.4.4.1. Salidas al mar desde el Parque Natural

El ajuste de las dinámicas obtenidas con respecto a los datos experimentales se estima satisfactorio. En los cuatro últimos años de la serie histórica, correspondientes al periodo de calibración, se observa un óptimo ajuste anual de las salidas del parque (Figura 23), si bien en el año 2008/09, el modelo estima las salidas del parque por exceso con respecto a los datos observados.

En cuanto a las salidas mensuales en el año medio (Figura 22), en el periodo de cultivo del arroz (meses de mayo a julio, ambos inclusive) el modelo retorna al mar un volumen del orden de un tercio inferior al volumen aforado (en promedio $7 \text{ hm}^3/\text{mes}$ menos), lo cual podría explicarse bien por un consumo excesivo del arrozal o bien por un desajuste en el reparto de pérdidas y retornos superficiales y subterráneos. Por el contrario, atendiendo al resto de meses fuera del cultivo, el modelo retorna un mayor volumen de lo observado en los meses de octubre, noviembre y abril, que podría deberse a la infravaloración del volumen almacenado en los arrozales en dichos meses (octubre y noviembre como meses de perellonà, y abril por tratarse del mes de preparación del campo, previo al cultivo).

Comparando en la gráfica de salidas del parque en el año medio, la desviación acumulada por exceso entre valores observados y calculados, con la desviación por defecto, ambos volúmenes quedan prácticamente compensados, siendo el primero ligeramente superior al segundo, lo cual parece indicar que mejorando las distribuciones de almacenamiento tanto en perellonà como en cultivo se podría mejorar el reparto mensual de las salidas.

2.4.4.2. Salidas al mar desde el ámbito del lago y desde la Ribera Baja margen izquierda

El análisis de las salidas históricas al mar particularizado a estos dos ámbitos (Figura 25 y Figura 27), señala que el exceso de volumen de salidas totales del parque observado en el año 2008/09, procede del ámbito del lago, ya que en el ámbito de la Ribera Baja MI las salidas al mar calculadas presentan un buen ajuste con respecto a las observadas. Considerando que en 2008/09, el modelo no produce retornos de Sueca al lago, el exceso de retornos al lago que ocasiona mayores salidas desde éste al mar, debe por tanto proceder de los ámbitos Turia y/o ARJ.

Con respecto al volumen mensual de salidas para ambos ámbitos, en el año medio, (Figura 24 y Figura 26), ambos resultados denotan lo ya señalado para las salidas totales del parque, es decir, un volumen inferior de salidas con respecto a los datos observados en la época del cultivo, mientras que ciertos meses fuera de la época de cultivo, principalmente al comienzo de la perellonà y el mes de vaciado previo al cultivo, las salidas calculadas son mayores a las observadas, denotando posiblemente un desajuste en la definición de las curvas de almacenamiento de los arrozales, o bien en el reparto mensual de las demandas.

2.5. RESULTADOS DEL MODELO GESCAL. CALIBRACIÓN CON LA SERIE DE CONDUCTIVIDAD OBSERVADA EN EL LAGO

Desde 1985, la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente realiza muestreos mensuales, para el análisis de ciertos parámetros físico-químicos y biológicos de especial interés, tanto en lago como en acequias del Parque Natural. La serie observada de conductividad en el lago utilizada para la calibración del modelo de GESCAL se ha obtenido como el valor promedio de la conductividad medida en los 7 puntos del lago que dicha Conselleria explota, distribuidos como indica la Figura 28.

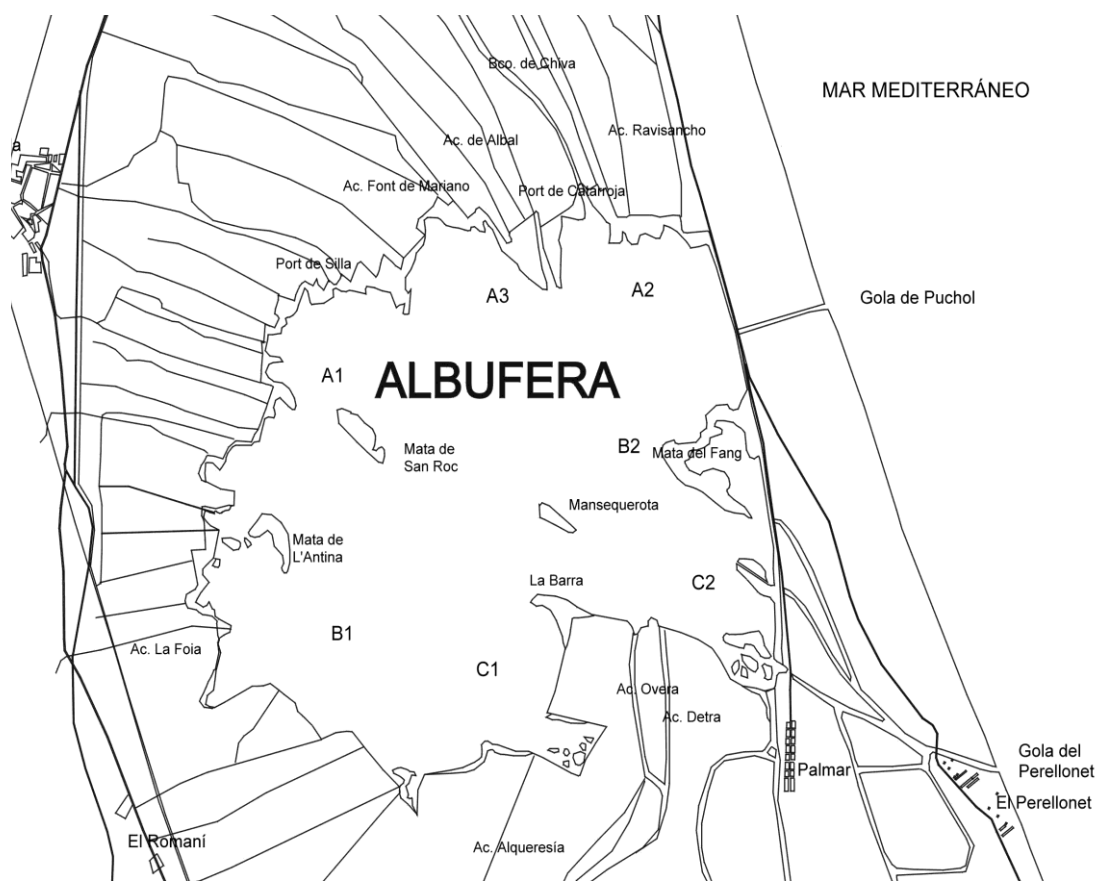


Figura 28. Puntos de muestreo en el lago de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente (CITMA, 2010).

Los resultados de conductividad en el lago obtenidos con el modelo de GESCAL se presentan en la Figura 29. Como se observa, el modelo reproduce de forma muy aproximada la conductividad media del lago a lo largo de toda la serie histórica.

Las conductividades más altas registradas coinciden con épocas de sequías extremas, acontecidas en los años 1994/95 y en 2006/07, reproduciendo ambas por el modelo con gran exactitud. Comparando los resultados del modelo AquatoolDMA-Albufera en ambos episodios, en el de 1994/95 el volumen de suministro superficial al arrozal de Sueca es suficiente como para que no llegue a activarse la regla de operación de los retornos de Sueca, es decir, que el nivel de almacenamiento en el lago es suficiente como para que los retornos del arrozal de Sueca vayan al mar. En la sequía de 2006/07,

sin embargo, el suministro superficial es inferior al de 1994/95, y adicionalmente se aporta un volumen de rebombes desde el lago, por lo que el descenso de almacenamiento en la zona de confluencia de las acequias de Sueca y el lago permite la entrada de los retornos de Sueca al lago, aumentando la carga de sales de entrada al lago procedente de los retornos del arrozal.

Analizando el resto de la serie histórica de conductividad, en épocas más húmedas y por tanto con conductividades más bajas, el modelo no llega a reproducir los valores mínimos y sobrestima las puntas de conductividad propias del periodo estival. Podrían ser diversas causas las que motiven este funcionamiento del modelo de calidad: una caracterización diferenciada de la conductividad de las distintas aportaciones según años secos o años húmedos podría permitir reproducir los valores mínimos de conductividad, generalmente propios de la época invernal. Por otra parte, la adición del volumen de pérdidas a la demanda neta del arrozal, que en los embalses se modela con la curva de evaporación, también podría estar causando la sobreestimación de la conductividad en la época estival.

Independientemente de estas limitaciones, el modelo favorece la obtención de resultados más conservadores, es decir, más próximos a los valores máximos.

A continuación se adjunta la serie de conductividad para el lago simulada frente a la observada para el periodo 1980/81-2009/10:

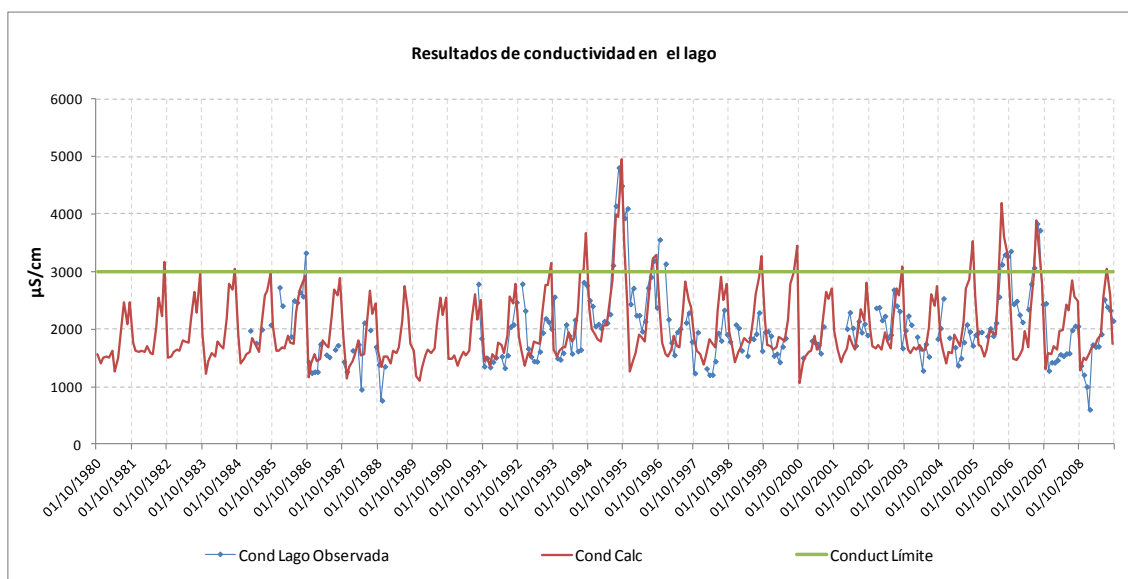


Figura 29. Serie de conductividad en el lago observada (CMA, 2010) y calculada por el modelo AquatoolDMA-Albufera.

2.6. CONCLUSIONES RESPECTO A LA CALIBRACIÓN DEL MODELO

A la vista de los resultados obtenidos tanto desde el punto de vista de la cantidad como de la calidad (conductividad), se puede concluir que el modelo de seguimiento de L'Albufera en AquatoolDMA reproduce el funcionamiento del sistema hídrico de forma satisfactoria.

Prueba de ello es el óptimo resultado de calibración de las salidas al mar desde el lago y el parque. No obstante, el periodo de calibración es relativamente corto ya que sólo se dispone hasta el momento de una serie de 4 años de datos observados, hasta 2009/10. En una próxima fase, el modelo podría validarse con la incorporación a las series del último año hidrológico, 2010/11, puesto que ya se dispone de datos observados de la red de control de L'Albufera de la OPH (2011).

En cuanto a los resultados de conductividad en el lago, la serie simulada también ha presentado un buen ajuste con la serie observada a lo largo de la práctica totalidad de la serie histórica, dado que se tienen datos observados desde el año 1985/86, aunque se han detectado ciertas limitaciones que podrían ser objeto de estudio en una fase posterior de los trabajos.

A continuación se exponen algunas de las limitaciones que se han observado durante la construcción y calibración del modelo, así como posibles mejoras que pueden ser implementadas en próximas ediciones del mismo.

2.6.1. Limitaciones del modelo a la vista de los resultados de calibración

Limitaciones del modelo a medio/largo plazo por la definición de la regla de operación.

Para el periodo de estudio, 1980/81-2009/10, la regla de operación entre el suministro de Sueca y el volumen de retornos de Sueca al lago ha proporcionado un buen resultado de calibración de las salidas del sistema al mar, aunque se presume que a largo plazo podrían darse situaciones en que las asunciones tomadas para la definición de dicha regla no se ajusten de forma fidedigna a la realidad.

No se puede obviar que la gestión del nivel del lago es objeto de interés de diversas partes, desde regantes, pescadores y cazadores, y por tanto, la gestión que del nivel del lago se realiza a través de las compuertas y de los bombeos, puede estar supeditada a los intereses de las distintas partes implicadas, pudiéndose mantener niveles altos ante una situación de déficit hídrico o, por el contrario, mantener niveles bajos en situación de abundancia de recursos superficiales.

Por ello, se considera que la regla de operación deberá ser revisada para cada actualización del modelo, de forma que se asegure la representatividad de la misma en la definición del funcionamiento del sistema hídrico. No se descarta la posibilidad de diseñar nuevas reglas de gestión que se adapten mejor al funcionamiento del sistema, en el supuesto caso de que se pueda incorporar al modelo la definición del almacenamiento del lago mediante la serie histórica de nivel en el lago, en lugar de utilizarse

almacenamientos medios como sucede en la actualidad, o introduciendo reglas de gestión que equivalgan a la gestión de las compuertas.

Limitaciones en la caracterización de la conductividad del agua de los rebombes.

Una de las principales limitaciones del modelo de AquatoolDMA-Albufera a nivel de evaluación de la conductividad en el lago se atribuye a la forma de definición de la conductividad asociada a los rebombes desde el lago.

Teóricamente el agua de bombeo aplicada en un instante dado, debería tener la conductividad del agua del lago en el instante inmediatamente anterior. Ello supondría la necesidad de creación de un bucle a ser evaluado en cada time-step. La implementación de este bucle fue considerada durante el proceso de definición del modelo y finalmente se determinó que supondría un incremento de la complejidad de la programación y una ralentización significativa del proceso de cálculo, que no resultaría compensable con la mejora de los resultados obtenidos de cara a la calibración del modelo.

Alternativamente a esta forma de cálculo, se probó otra solución que asimismo fue desestimada por la complejidad manual de ejecución y por suponer una situación de mayor probabilidad de introducción de errores durante el cálculo. Ésta consistía en la ejecución de una serie de iteraciones. En la primera de ellas al bombeo se le asignó una serie de conductividad sintética, la cual se construyó por la repetición de la conductividad de un único año tipo (el obtenido de la serie de valores observados en el lago en el periodo 1997-2005). La serie de conductividad resultante en esta primera iteración se introdujo como serie de bombeo de partida en la segunda iteración; la serie de conductividad resultante sería de nuevo la serie de conductividad asignada al bombeo en la tercera iteración. Este proceso iterativo se realizaba tantas veces como fuera necesario hasta que la diferencia entre dos resultados consecutivos de conductividad en el lago se considerase despreciable.

Ante esta limitación, se adoptó una solución final que ha sido expuesta en el apartado 2.3.1. del presente documento, y que supone una simplificación de la metodología teórica que se acaba de describir. En concreto se ha optado por la construcción de una serie de conductividad sintética resultado de caracterizar la conductividad en el lago según tres años tipo, año seco extremo, año seco-medio y año húmedo, y asignar esta conductividad tipo a cada uno de los años de la serie histórica evaluados. El cálculo del año tipo medio se realiza en base a los datos de conductividad en el lago de que se dispone, desde 1985 a 2009, por lo que se estima una simplificación contrastada y adecuada.

No obstante, en una fase posterior de los trabajos se ha podido determinar que la simplificación adoptada en el modelo actual podría suponer cierta limitación en el análisis del efecto acumulativo que sobre la conductividad del lago podría tener el bombeo, como consecuencia de una sequía más prolongada que aquellas observadas en la serie histórica, por lo que podría ser objeto de análisis en próximos trabajos.

2.6.2. Posibles mejoras a implementar en el modelo Simges

Separación del embalse arrozal Oro y Favara en dos embalses independientes

En el proceso de ajuste de las garantías y de calibración global del balance del lago en el modelo AquatoolDMA-Albufera, se ha identificado un punto débil en el modelo en la definición de los riegos del ámbito Turia. Por un lado, se contempla la UDA de huerta y cítricos de La Vega MD y por otro lado, todo el arrozal de este ámbito, arrozal de la Acequia de Favara y arrozal de la Acequia del Oro, que se unifica en un único embalse arrozal.

La limitación que esto representa se debe a que ambas acequias funcionan de forma independiente, aunque existen vías de intercambio entre ellas de las que se tienen ciertas limitaciones en el conocimiento, por lo que en el modelo por el momento se consideran como un único elemento. Toman sus aguas de orígenes distintos (Oro exclusivamente de la EDAR Pinedo, mientras que Favara recibe también agua del Turia y de la EDAR Quart Benàger) y las aplican estrictamente para la satisfacción de las necesidades hídricas de sus cultivos, sin conocerse posibles vías de intercambio de recursos entre ellas. Al considerar en el modelo un único embalse arrozal, se está asumiendo que los recursos de ambas acequias son compartidos por el arrozal, por lo que se pueden estar induciendo errores en la estimación de los retornos de riego desde un único embalse.

A pesar de estas limitaciones en el conocimiento de las posibles conexiones hídricas entre ambos embalses arrozal, se cree conveniente la separación del embalse arrozal Oro+Favara en dos embalses independientes de forma que, tanto la asignación de los recursos como el cálculo de los retornos, reproduciría más fielmente el reparto de asignaciones establecidas en el modelo del Turia de Aquatool que se está empleando para la modelización de escenarios en el marco del nuevo PHC.

Corrección de la serie de aportaciones desde la EDAR Pinedo

La serie de reutilización de entrada al modelo de Aquatool recoge los datos de explotación facilitados por la EPSAR. Según estos datos, el valor medio de efluente de Pinedo reutilizado en el parque en el periodo 2006/07 a 2009/10 supone un volumen próximo a 67 hm³/año, considerando que parte son destinados al cultivo de huerta y arrozal de las acequias de Favara y Oro y el resto son entradas al lago.

El seguimiento en campo de las derivaciones que desde el sifón de Pinedo se realizan al Canal Nuevo del Oro, han puesto de manifiesto que parte del caudal vertido a este canal acaba finalmente saliendo al mar tras derivarse mediante la gestión de compuertas a una de las acequias que discurren paralelas al nuevo cauce del río Turia. Por tanto, se sabe que el volumen de entradas al parque desde Pinedo es inferior al facilitado por la EPSAR, aunque se requiere hacer un seguimiento más detallado, así como solicitar información a la Comunidad de Regantes de la Acequia del Oro para poder realizar una estimación del volumen que es derivado al mar. Con estas medidas podría mejorarse el conocimiento del volumen que realmente entra al lago a través del Canal de Oro desde la EDAR de Pinedo.

Mejoras en la calibración de las salidas mensuales desde el Parque

Tras el análisis de los resultados obtenidos con el modelo SIMGES para la calibración de las salidas por las golases se ha observado que el resultado anual no muestra una desviación muy significativa con respecto a las salidas monitorizadas en el parque, por lo que se estima un ajuste adecuado. Sin embargo, observando la serie de salidas mensuales, se han detectado ciertos desequilibrios, de modo que en los meses de cultivo se estaría retornando al lago menos de lo observado, y en los meses fuera del cultivo, más de lo experimental. Ante esta observación, se estima oportuno realizar una revisión y reajuste de las curvas de almacenamiento del arrozal a lo largo del año, con lo que se podría alcanzar una calibración mensual más óptima. Este ajuste se podría realizar revisando los límites máximos y mínimos de almacenamiento que se han definido en los embalses arrozal hasta la fecha.

Una vez implementada esta mejora y en vista de que los resultados sean más o menos favorables, podrán plantearse otras alternativas de reajuste, como por ejemplo la realización de un estudio más detallado de la evapotranspiración del arrozal a lo largo del periodo de cultivo.

Mejoras en la caracterización de la conductividad del agua de las distintas aportaciones

Como se ha indicado en la Tabla 8, hay ciertas series de aportaciones que se han caracterizado con un valor de conductividad constante en base a los datos de numerosas fuentes disponibles, como se expone en el apartado correspondiente, y con el criterio experto del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

Aunque estos valores de conductividad se estiman representativos de la situación media, a la vista de los resultados de conductividad en el lago obtenidos con el modelo, se considera que la calibración, que resulta adecuada y conservadora, podría ser susceptible de mejora para la reproducción de los valores mínimos en periodos húmedos, en los que el modelo sobrevalora la conductividad en el lago. Definiendo una serie de conductividad variable y más ajustada según a los periodos secos y húmedos sucedidos a lo largo de la serie histórica, para aportaciones como el suministro superficial desde Turia y Júcar y efluentes de EDAR, el resultado de la calibración podría representar más fielmente los valores mínimos alcanzados.

Consultando datos de la red ICA de la CHJ, se han llegado a registrar valores de conductividad de 902 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el azud de Antella, 1070 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Azud de Sueca (en mayo de 2010), y valores mínimos de 851 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el azud del Repartiment (en marzo del 2000).

Para los efluentes de EDAR podrían analizarse los datos de la EPSAR y estudiar la variabilidad de la conductividad tanto estacional como en periodos de sequía.

Tabla 10. Extracto de la Tabla 8. Conductividad patrón de los distintos tipos de aporte y conductividad final de las series de aportaciones. Valores utilizados en el modelo de calibración.

<i>Tipo de aporte</i>	<i>Conductividad patrón ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</i>
Suministro Superficial Júcar	1400
Suministro Superficial Turia	1400
EDAR	1797
Aguas residuales urbanas (ARU)	1700
Descargas de sistemas. unitarios (DSU)	1000
Escorrentía superficial	1000
Escorrentía subterránea	1800
Precipitación	0
Rebombeos del lago	Variable

3. DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL LAGO: VOLÚMENES DE ENTRADA Y NÚMERO DE RENOVACIONES ANUALES

3.1. INTRODUCCIÓN

L'Albufera de Valencia, por su singularidad y relevancia, ha sido objeto de un estudio detallado durante la última década. Con fecha julio de 2003 las autoridades españolas remitieron al Banco Europeo de Inversiones un informe sobre las aportaciones hídricas al Parque Natural de L'Albufera de Valencia (CHJ, 2003⁹). En diciembre de 2004 se redactó un informe sobre la Conducción Júcar-Vinalopó (CHJ, 2004¹⁰) cuyo capítulo cuarto describía las conclusiones del estudio sobre la Albufera y la sustentabilidad del ecosistema. Ambos documentos estaban basados en el *EDSAV* (MMA, 2004), estudio que supuso un hito en la mejora del conocimiento del sistema, y cuyas conclusiones sirvieron de base para las actuaciones desarrolladas desde entonces, tanto de mejora de los aportes como de seguimiento de parámetros hidromorfológicos, físico-químicos y biológicos.

En julio de 2007, las autoridades españolas redactaron un informe (CHJ, 2007¹¹) que, en lo relativo al humedal de L'Albufera de València, describía las actuaciones previstas para dar cumplimiento a esta condición y actualizaba la información recogida en los dos informes antecedentes.

En la revisión de junio de 2009 (CHJ, 2009¹²) se incorporaron las aportaciones de los miembros del Grupo Técnico de Seguimiento que pudieron ser atendidas y se describieron los avances realizados hasta la fecha. Como respuesta a las sugerencias de Xúquer Viu, se efectuó una primera cuantificación del impacto de la modernización de regadíos y una identificación de los más relevantes elementos de calidad hidromorfológicos, físico-químicos y biológicos. El documento analizó la evolución reciente de dichos indicadores y, dentro del apartado destinado a describir los trabajos del nuevo Plan Hidrológico, efectuó una aproximación provisional a los requerimientos hídricos de L'Albufera.

⁹ CHJ, 2003. Informe complementario para el Banco Europeo de Inversiones sobre la Conducción Júcar-Vinalopó, Comunidad Valenciana (España). Las Aportaciones al lago de la Albufera. Confederación Hidrográfica del Júcar. Disponible en <http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Mejora%20del%20Conocimiento/AlbuferaBEI.pdf>

¹⁰ CHJ, 2004. Informe a la Comisión Europea sobre la Conducción Júcar-Vinalopó, Comunidad Valenciana (España). Confederación Hidrográfica del Júcar. Disponible en: http://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Mejora%20del%20Conocimiento/InformeJ%20C3%20Bacar-Vin_CE_Dic2004_definitivo.pdf

¹¹ CHJ, 2007. Informe sobre el estado de las condiciones del artículo 2 de la Decisión C(2006) 6739. Confederación Hidrográfica del Júcar.

¹² CHJ, 2009. Informe sobre el estado de las condiciones del artículo 2 de la Decisión C(2006) 6739. Confederación Hidrográfica del Júcar.

Como actualización a la revisión de junio de 2009, la versión de enero de 2011 mantiene los principales contenidos de CHJ (2009) e incorpora los siguientes nuevos contenidos¹³:

- En el apartado 6.2. se actualiza la evolución reciente de los indicadores hidromorfológicos en el lago, gracias a los datos de las redes de control, y de la evolución del Sector Albufera Sur en el acuífero de la Plana de Valencia
- Se añade un nuevo apartado 6.2.3. *Aspectos singulares de la evolución reciente de L'Albufera de Valencia*, cuyo objetivo es proporcionar una imagen sobre determinados indicios de recuperación del los ecosistema que se vienen observando en los últimos años. En él se habla de las denominadas *fases claras*, con una referencia sobre las experiencias recientes de lavado rápido (*flushing*), de la gestión de los filtros verdes existentes, de la recuperación de la vegetación sumergida (macrófitos) y de determinados aspectos relativos a la avifauna.
- En el apartado 6.4. *Descripción de las actuaciones previstas* se pone al día el estado de las actuaciones en marcha por las distintas administraciones.

En el informe sobre la Conducción Júcar-Vinalopó (CHJ, 2007) ya se expuso la situación ambiental de las masas de agua del Parque Natural de L'Albufera y se enunciaron los problemas que persistían a pesar de las inversiones en materia de infraestructura hidráulica. De forma resumida, el lago central, su elemento más destacado, era descrito como un sistema hipertrófico, resultado de entradas excesivas de materia orgánica alóctona y nutrientes inorgánicos, y que había perdido completamente la vegetación sumergida, elemento clave para su buen funcionamiento ecológico.

El lago de L'Albufera de Valencia fue calificado de hecho en los documentos de desarrollo del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua (DMA), como una masa de agua muy modificada, dado que tanto sus niveles, como sus superficies inundadas dependen de la operación antrópica de las golas de conexión con el mar y de las labores agrícolas. Esto determina como objetivo general el proteger y mejorar su estado para lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales.

La Instrucción de Planificación Hidrológica define un buen potencial ecológico como aquél que garantice el mantenimiento sostenible de la funcionalidad y estructura del ecosistema, proporcionando las condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de estos ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, mediante la preservación de los procesos ecológicos necesarios para completar sus ciclos biológicos.

En el Esquema de Temas Importantes del borrador de Plan Hidrológico de cuenca (ficha 1.03), se definen los indicadores de calidad biológicos y físico-químicos que se consideran representativos de la situación de L'Albufera y que veremos a continuación; no obstante, no existen hasta la fecha condiciones de referencia para el lago de L'Albufera, ante lo que resulta complejo el establecimiento de los objetivos a alcanzar.

¹³ CHJ, 2011. Informe sobre el estado de las condiciones del artículo 2 de la Decisión C(2006) 6739. Confederación Hidrográfica del Júcar.

En los trabajos de desarrollo del artículo 5 de la DMA ya se hizo una aproximación a los objetivos ambientales, a partir de las conclusiones del panel de expertos en temas relacionados con L'Albufera, que puede sintetizarse como la rehabilitación del sistema hídrico para alcanzar la calidad ecológica de los años sesenta, caracterizada por:

- Agua clara y sedimento superficial oxigenado.
- Fitoplancton típico de las lagunas costeras, con diatomeas y otras algas, pero sin crecimientos explosivos de cianobacterias. Concentraciones de clorofila correspondientes a ecosistemas acuáticos meso-eutróficos, inferiores a 50 µg/l.
- Zooplancton filtrador integrado por especies de tamaño grande.
- Flujo y renovación del agua adecuados para la salud ecológica del ecosistema.
- Mantenimiento del cultivo del arroz mediante prácticas sostenibles.
- Riqueza de la fauna vertebrada de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
- Buen estado de las formaciones riparias.

Los objetivos ambientales y los requerimientos hídricos del lago han sido objeto de estudio detallado en el marco de la Oficina Albufera desde 2007, aunque como se ha visto los estudios se han iniciado con anterioridad. Las principales conclusiones que se extraigan de este y el resto de documentos asociados al presente contrato de la Oficina Albufera serán incorporadas en el nuevo borrador de Plan Hidrológico de cuenca, actualmente en redacción.

3.2. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS

La Confederación Hidrográfica del Júcar está controlando la evolución del balance hídrico y de la calidad de L'Albufera aplicando las técnicas desarrolladas en el *EDSAV* (MMA, 2004) y utilizando el conjunto de información disponible en la red de control. En esta red destacan las estaciones comenzadas a implantar a finales de 2005 por el MARM y aquellas de la Generalitat Valenciana que cuenta, desde 1991, con diez estaciones en las acequias y cauces del parque natural, y con siete estaciones en el propio lago.

Los indicadores ecológicos para la valoración del potencial ecológico en el lago se estructuran en las siguientes categorías de indicadores:

- Índices físico-químicos: principalmente concentración de fósforo total.
- Índices biológicos: principalmente concentración de clorofila-a.

Además de estos indicadores, los requerimientos hídricos y físico-químicos del lago que, según la IPH, deben contribuir a la consecución de los objetivos ambientales son los siguientes:

- Requerimientos hidrológicos: principalmente volumen de entrada al lago y número de renovaciones asociado.
- Requerimiento físico-químico adicional: valores de conductividad en el lago, sobre todo en época de cultivo del arrozal

No obstante, a diferencia del indicador físico-químico que se utiliza para la definición de buen potencial, la conductividad se establece como requerimiento físico-químico en el periodo de cultivo del arroz (mayo a agosto), siendo este parámetro importante desde el

punto de vista de los riesgos asociados al uso agrícola y a la sostenibilidad del arrozal y que por lo tanto condiciona el funcionamiento global del humedal, pero no afecta sustancialmente al ecosistema, que tolera grandes variaciones respecto a este parámetro. De hecho el establecimiento de la conductividad va ligado a asegurar unos aportes hídricos suficientes en época de riego, evitando un uso excesivo de los rebombes de agua superficial existentes.

Asimismo, se ha considerado de interés analizar de forma complementaria la situación piezométrica de las aguas subterráneas relacionadas de forma importante con el humedal.

En relación con lo anterior, una de las principales líneas de trabajo para la redacción del nuevo Plan Hidrológico de cuenca se refiere a la fijación de los objetivos ambientales de todas las masas de agua, y de forma adicional la estimación de los requerimientos hídricos de los humedales que contribuyan a alcanzar los mencionados objetivos. El citado nuevo Plan Hidrológico de cuenca incorporará, en materia de L'Albufera de Valencia, las principales conclusiones que se plasman en este y en otros documentos en el marco del presente contrato.

Como se ha comentado con anterioridad, el lago de L'Albufera de Valencia fue calificado en los documentos de desarrollo del artículo 5 de la Directiva Marco del Agua como una masa de agua muy modificada, lo que determina como objetivo general el proteger y mejorar su estado para lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales. Sin embargo, por el momento no se dispone de condiciones de referencia en una masa de agua muy modificada tipo humedal como es L'Albufera de Valencia, por lo que resulta complejo el establecimiento de los objetivos y requerimientos a alcanzar.

La IPH define buen potencial ecológico como aquél que garantice el mantenimiento sostenible de la funcionalidad y estructura del ecosistema, proporcionando las condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de estos ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, mediante la preservación de los procesos ecológicos necesarios para completar sus ciclos biológicos. **Asimismo, indica que el objetivo fundamental de los requerimientos hídricos ambientales de los lagos y zonas húmedas es contribuir a alcanzar su buen estado o potencial ecológico.**

Sin embargo, por el momento no se dispone de condiciones de referencia en una masa de agua muy modificada tipo humedal como es L'Albufera de Valencia, por lo que resulta complejo el establecimiento de los objetivos y requerimientos a alcanzar.

A pesar de ello, los trabajos realizados por la CHJ desde julio 2007 han permitido profundizar en la definición de los requerimientos hídricos (Tabla 11) y de los objetivos ambientales (Los requerimientos hídricos de L'Albufera serán aquellos que permitan alcanzar los objetivos ambientales definidos para el lago que se caracterizan a través de los indicadores que se presentan en la tabla siguiente. La determinación de dichos requerimientos es una tarea compleja, por la singularidad del sistema hídrico y por su estrecha relación con la calidad de los aportes que recibe. En esta tarea se tendrán en

cuenta las sugerencias que pueden llegar de la administración autonómica que tiene las competencias sobre la gestión del humedal.

Tabla 12).

Tabla 11. Síntesis de los requerimientos hídricos y físico-químicos para el lago de L'Albufera, que van a ser objeto de análisis en el presente documento.

TIPO	REQUERIMIENTO	INDICADOR	UNIDADES
HM	Régimen hidrológico del lago	Entradas anuales al lago.	hm ³ /año
		Entradas al lago en perellonà (octubre-febrero)	
		Entradas al lago en el periodo invernal (septiembre-abril)	
		Número de renovaciones al año	adimensional
		Número de renovaciones en perellonà (octubre-febrero)	
		Número de renovaciones en periodo invernal (septiembre-abril)	
FQ	Condiciones generales: Salinidad	Conductividad. Valor medio de la conductividad eléctrica a 20° C en el lago durante los meses del cultivo del arrozal (mayo-agosto)	µS/cm

Los requerimientos hídricos de L'Albufera serán aquellos que permitan alcanzar los objetivos ambientales definidos para el lago que se caracterizan a través de los indicadores que se presentan en la tabla siguiente. La determinación de dichos requerimientos es una tarea compleja, por la singularidad del sistema hídrico y por su estrecha relación con la calidad de los aportes que recibe. En esta tarea se tendrán en cuenta las sugerencias que pueden llegar de la administración autonómica que tiene las competencias sobre la gestión del humedal.

Tabla 12. Síntesis de los indicadores físico-químicos y biológicos en estudio, y objeto de análisis en el documento Modelo Sobek-WQ 1D-2D de calidad de aguas en L'Albufera de Valencia. Construcción, calibración y análisis de los indicadores de calidad físico-químicos y biológicos (CHJ, 2012).

TIPO	OBJETIVO AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDADES
FQ	Condiciones generales: Nutrientes	Fósforo total. Media anual de la concentración de fósforo total en el lago	mg P/l
B	Fitoplancton	Clorofila a. Media anual de la concentración de clorofila en el lago	µg/l

Por su parte, la clasificación del estado químico vendrá determinada por el cumplimiento de las normas de calidad medioambiental respecto a las sustancias de la Lista I y la Lista II prioritaria del Anexo IV del RPH, si bien no se dispone de datos para ninguno de estos elementos en la actualidad.

Los trabajos de redacción del futuro Plan de cuenca están apuntando tres líneas de trabajo claras (Tabla 13). Cada una de ellas requerirá la formulación umbrales y valores

límite y la construcción de modelos que permitan simular determinados escenarios de gestión hídrica.

Tabla 13. Líneas de trabajo: objetivos, metodología y escenarios.

(HM) RÉGIMEN HIDROLÓGICO	(FQ) SALINIDAD	(BI) FITOPLANCTON
OBJETIVOS: INDICADORES Y VALORES LÍMITE		
METODOLOGÍA Modelos Balance Hídrico	METODOLOGÍA Modelos Balance Hídrico+Calidad	METODOLOGÍA Modelos. Calidad de aguas 2D
ESCENARIOS Asignaciones y reservas que aseguren los objetivos Excepciones		

El presente documento presenta un análisis de los requerimientos de L'Albufera de Valencia en materia de régimen hidrológico y de conductividad, como se verá más adelante. En concreto se analiza la evolución histórica de estos indicadores, y se definen los valores mínimos y máximos recomendables a alcanzar en la masa de agua, según el caso, a partir del análisis de los datos históricos.

3.2.1. Aproximación a los requerimientos de régimen hidrológico de L'Albufera

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (en adelante **Directiva Marco del Agua**), incluye entre sus consideraciones la necesidad urgente de proteger las aguas comunitarias tanto en términos cualitativos como cuantitativos y de evitar el deterioro del estado de las aguas a nivel comunitario. En el caso de masas muy modificadas, la Directiva determina que los estados miembros las deberán proteger y mejorar con objeto de alcanzar un buen potencial ecológico y un buen estado químico.

El potencial ecológico se asocia a masas de agua muy modificadas por la acción de la actividad humana o artificiales, que si bien no pueden alcanzar su buen estado ecológico al haber sido alteradas, sí que pueden alcanzar un buen potencial ecológico, en función de lo dispuesto por los indicadores contemplados por la Instrucción de Planificación Hidrológica, en adelante IPH (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica).

En este marco, y antes de la publicación de la citada IPH, el **EDSAV** (MMA, 2004), en el documento de la “Jornada de debate sobre el desarrollo sostenible de L'Albufera. Documento de conclusiones”, especifica que, dentro de la calidad hidromorfológica se necesita: *Flujo y renovación del agua adecuados para la salud ecológica del ecosistema. Garantía de aportes hídricos suficientes y de buena calidad, no sólo para controlar la eutrofización, sino también la salinización. Entrada de caudales superficiales importantes por el norte y oeste para equilibrar la dominancia de flujos entrantes por el sur.*

Como punto principal del citado documento, se indica que *L'Albufera necesita un caudal de agua limpia para asegurar unas adecuadas tasas de renovación*, y se hace un llamamiento a la importancia de la caracterización de los *aspectos relativos al balance hídrico y de la necesidad de asegurar los volúmenes mínimos que necesita el sistema (atendiendo tanto a su calidad como a su cantidad y estacionalidad)*.

Posteriormente, la **IPH** define en 2008 los indicadores de los elementos de calidad hidromorfológicos, que para masas de agua de las categorías ríos y lagos muy modificados y artificiales por la presencia de presas (embalses), quedan de la siguiente manera:

Tabla 14. Indicadores para la evaluación de los elementos de calidad hidromorfológicos en embalses. Fuente: IPH.

ELEMENTO DE CALIDAD	INDICADOR
Régimen hidrológico del lago	Aporte de caudal medio
	Salidas del embalse.
	Variación del volumen interanual
	Nivel de agua medio
	Tiempo de permanencia
Condiciones morfológicas	Variación media de la profundidad

Aunque el lago de L'Albufera no es un embalse en carácter estricto, su funcionamiento no dista mucho de serlo. Esto se debe al control de las salidas a través de las golgas, por lo que los indicadores especificados por la IPH y los especificados en el presente documento, presentan una relación estrecha. En negrita se han sombreado aquellos indicadores que resultarían homólogos a los que se plantean a continuación, a falta de una definición específica de indicadores hidromorfológicos por parte de la IPH.

Por otra parte, el CEDEX publica en 2010 en el marco del proyecto de “Asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materia de competencia de la Dirección General del Agua (2007-2011)”, el documento técnico *Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y físico-químicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lagos en aplicación de la Directiva Marco del Agua* (CEDEX, 2010). En este documento se establecen las métricas para la evaluación de los elementos hidromorfológicos para lagos naturales, así como los valores umbral de cambio de clase de estado ecológico. Entre los elementos a estudiar, destacan el volumen e hidrodinámica del lago y el tiempo de permanencia:

Tabla 15. Métricas para la evaluación de elementos hidromorfológicos en masas de aguas tipo lago. Fuente: Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y físico-químicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lagos en aplicación de la Directiva Marco del Agua (CEDEX, 2010).

ELEMENTOS	MÉTRICAS
Volumen e hidrodinámica del lago	Alteraciones en el régimen de llenado Alteraciones en el régimen de vaciado Alteraciones en el régimen de estratificación Alteraciones en el hidropериodo y régimen de fluctuación del nivel agua
Tiempo de permanencia	Alteraciones en el régimen de llenado Alteraciones en el régimen de vaciado Alteraciones en el hidropериodo y régimen de fluctuación del nivel agua
Conexión con las aguas subterráneas	Alteraciones del régimen de llenado
Variación de la profundidad del lago	Alteraciones en el estado y estructura de la cubeta
Cantidad, estructura y sustrato del lecho del lago	Alteraciones en el estado y estructura de la cubeta
Estructura de la zona ribereña	Alteraciones en el estado y estructura de la zona ribereña

Volviendo a la propuesta de definición de los requerimientos hídricos mínimos que se realiza en el presente documento, desde el punto de vista teórico, el tiempo de renovación del agua en el lago es una función del volumen del lago y el volumen de aportaciones de agua que recibe el mismo, función inversa a la que se conoce como tiempo de residencia del agua en el lago.

Desde el punto de vista de la calidad del ecosistema, el número de renovaciones, además de representar a varias características hidrodinámicas, es de gran importancia para la calidad físico-química y biológica del agua. Esto se debe a que el flujo de agua a través del sistema conlleva la renovación de la misma y la eliminación de contaminantes. Como tal, es un aspecto clave para el control de la eutrofización y determinante para el tiempo de respuesta a cambios en las cargas de nutrientes que entran en el sistema. De la misma manera, el flujo de agua contribuye a la creación de diferentes hábitats y facilita la migración de especies, por lo que es un factor que afecta a la biodiversidad.

Dado que los requerimientos hídricos definidos, volumen de entradas al lago y número de renovaciones, están íntimamente ligados, siendo uno la resultante del otro, se analizarán de manera conjunta y se establecerá cuál es el número de renovaciones adecuado para mantener al lago de L'Albufera, y se hará especial mención a los volúmenes ambientales necesarios para asegurar una correcta inundación invernal, o *perellonà*. Esta determinación se hará mediante el análisis histórico de las entradas totales al lago, tanto anualmente como en inundación invernal.

3.2.2. Aproximación a los requerimientos asociados a los objetivos de salinidad

La conductividad es un parámetro físico-químico básico en el control de la calidad de las aguas, y de los ecosistemas y usos a los que sustentan. En función de su valor nos encontraremos con aguas de distinta dureza y salinidad, lo que influye de manera determinante en los usos agrícolas, no sólo por la tolerancia que presente el cultivo objetivo, y por tanto por la productividad de la cosecha, sino también por el grado de salinización de los terrenos sobre el que la actividad económica se sustenta, lo que a su vez repercute en la productividad a medio-largo plazo. Dado que la agricultura requiere agua con baja salinidad, existe un importante estímulo para evitar un incremento en los niveles de este parámetro.

Sin embargo, la propia actividad agrícola puede influir significativamente en este parámetro, y aunque ha sido tradicionalmente una garantía para la aportación de agua al sistema, las tendencias de modernización de sistemas de regadío conllevan a la reducción de los sobrantes de riego y al incremento de las concentraciones de sales en los sobrantes.

Desde el punto de vista ambiental, determina el tipo de ecosistema. De hecho, tal y como se indica en el documento técnico “Establecimiento de condiciones hidromorfológicas y físico-químicas específicas de cada tipo ecológico en masas de agua de la categoría lagos en aplicación de la Directiva Marco del Agua” (CEDEX, 2010), *se trata de la salinidad, junto con la temporalidad, de uno de los indicadores que mejor caracteriza a muchos de los sistemas lagunares de nuestro país, condicionando claramente a las comunidades biológicas en ellos presentes, que se encuentran adaptadas a determinados rangos de este indicador, y por tanto es una variable característica del tipo de lago y se debe mantener en los rangos típicos de éste...* A pesar de ello, en el caso de L'Albufera hay gran cantidad de especies tolerantes a ciertos niveles de salinidad, debido a la amplitud de rango de valores de conductividad a lo largo del año, que ha oscilado desde que es un sistema lagunar cerrado al mar, entre 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximos en época de sequía próximos a 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Debido a la tolerancia del ecosistema, la conductividad es un factor cuya influencia es más destacable sobre el uso del arrozal.

Por otra parte, la conductividad se entiende en este contexto también como una medida de la intrusión salina, por lo que es especialmente relevante para el lago y los ullals. No hay que olvidar que el lago de L'Albufera está separado del mar por la restinga arenosa, y que es la aportación de agua dulce a través de las acequias, barrancos y ullals, la que mantiene una presión positiva en el sistema mediante el cual se controla la intrusión salina.

Los ullals pueden indicar la salinización de los acuíferos. Además, en todo este frente existe habitualmente una descarga subterránea hacia el mar, ya que la duna litoral es permeable, pero puede también existir infiltración de agua marina asociada a los picos

de conductividad que se observan al Norte de la gola de Pujol en la parte más estrecha y permeable de la restinga.

Los canales que conectan el lago con el mar (golas) podrían resultar vías de penetración de agua marina. Ahora bien, la gestión de las compuertas se hace teniendo en cuenta las necesidades del cultivo del arroz con la cual se opera con ellas de modo que se bloquee la progresión de la cuña salina desde las golas hacia el interior del lago.

Más importante resulta tener en cuenta la relación con los campos de cultivo cuya superficie se halla por debajo del nivel del lago en época del cultivo del arroz, denominados *tancats*. En muchos de ellos el nivel de cultivo se halla incluso por debajo del nivel del mar. Por ello pueden inducirse por el fondo, ascensos del agua salada especialmente en meses en que el arrozal esté seco con niveles freáticos locales bajos.

Por otra parte, un alto tiempo de permanencia del agua en el lago, es decir, una baja tasa de renovación, sumado al efecto de la evaporación, provoca un aumento de la concentración de sales, por lo que el mantenimiento de ciertas entradas al lago favorece la limitación de ambos procesos, intrusión y concentración. El cultivo del arroz también parece tener influencia en la evolución de la conductividad en el lago. De hecho, durante la época de cultivo los arrozales reciben aguas de diferentes fuentes, se mezclan, evapotranspirándose el consumo del arrozal, se aportan fertilizantes y otros productos y la mezcla sobrante, con su calidad química y biológica modificada es devuelta al lago por gravedad o mediante estaciones de bombeo. Especialmente en época de sequía, las aguas del lago pueden además ser incorporadas al ciclo de cultivo mediante rebombeos.

El análisis de los requerimientos asociados a la salinidad tendrá en cuenta estos aspectos. Las estrategias de gestión para cumplir este requerimiento pueden ser diversas y deberán tener en cuenta la calidad de los posibles orígenes del agua.

El sistema de ayuda a la decisión Aquatool presentado en este documento, incluye actualmente un modelo de simulación de la calidad de las aguas asociadas a la gestión mediante el módulo GESCAL (Paredes et al., 2006), que se está empleando en los estudios sobre la conductividad. Éste es un requerimiento físico-químico que está directamente relacionado con un objetivo general como es la sostenibilidad del cultivo del arrozal.

3.2.3. Relación del régimen hidrológico con otros indicadores de calidad

El análisis de los requerimientos hídricos no se verá limitado al análisis del número de renovaciones y a los aportes totales que llegan al lago; tampoco al análisis de la conductividad, uno de los parámetros físico-químicos de mayor interés en el ámbito de estudio. El motivo se centra en que en el lago, masa de agua muy modificada con elevados niveles de eutrofia, el fitoplancton y los nutrientes son fundamentales para entender la dinámica que ha presentado los últimos años. Desde los años 70, se han estado produciendo unas entradas elevadas de las formas del nitrógeno y sobre todo del

fósforo, que han provocado elevados desarrollos de productores primarios, sobre todo de mayo a octubre, limitando la recuperación del lago y afectando a otros indicadores, como son los macrófitos o la diversidad de macroinvertebrados y de ictiofauna.

Así pues, en lo relativo al ciclo de nutrientes y el crecimiento del fitoplancton se prevé utilizar los modelos construidos, calibrados y validados en el *ESDAV* (MMA, 2004), tras la realización de todas las actualizaciones y modificaciones oportunas. Estos modelos fueron desarrollados con el paquete informático Sobek desarrollado por WL|Delft Hydraulics inicialmente para la simulación del flujo y la calidad del agua en canales unidimensionales y planas de inundación bidimensionales. El modelo hidráulico bidimensional en el lago contiene formulaciones por diferencias finitas para las ecuaciones de balance de volúmenes y momentos (Verwey, 2001). Como producto adicional de estos modelos hidráulicos se ha podido ampliar la modelización mediante la utilización de la prestigiosa librería de procesos de calidad de aguas Delwaq conectada al modelo hidrodinámico 2D del lago. Delwaq contiene una biblioteca de procesos de calidad de aguas que recoge más de 25 años de experiencia de Delft Hydraulics (Postma et al., 2003).

En cuanto a los indicadores biológico y físico-químico comentados, el elemento clave en la simulación de escenarios será la caracterización de la calidad físico-química de los distintos aportes hídricos del sistema, especialmente en lo relativo a las diversas formas de los nutrientes esenciales. Es por ello por lo que en los estudios de escenarios que se están desarrollando en la actualidad, se separa la línea de estudio de la cantidad de los aportes hídricos al lago de la línea que estudia la calidad del mismo. Con ello se quiere poner de manifiesto que la prioridad para mejorar la calidad de las aguas del lago será asegurar una mayor calidad de los aportes actuales al lago, más que facilitar mayores aportaciones hídricas de buena calidad.

Ello no implica que no se deba favorecer un volumen mínimo de aportes al lago, y por tanto un número de renovaciones mínimo, ya que el aseguramiento de unos caudales determinados ayudará a la consecución de los objetivos ambientales del lago. Ahora bien, revertir un estado de dominancia del fitoplancton es una tarea muy compleja (Moss, Madwick & Phillips, 1996). Deben tenerse en cuenta diversas precauciones:

- Los lagos someros son sistemas complejos con múltiples factores interrelacionados, y donde las dinámicas del fitoplancton no han sido suficientemente estudiadas. Hay un modelo razonable de comportamiento, pero subsistirán incertidumbres, especialmente en lo relativo a la fertilización interna por los nutrientes que se liberen de los fangos del fondo. De modo estimativo (Moss, Madwick & Phillips, 1996) esta fertilización podría incrementar las cargas externas en un 50%.
- Los análisis se han centrado en las cargas de nutrientes pero en el futuro deberá profundizarse en la cuantificación de los flujos y tiempos de renovación. De este modo, por poner un ejemplo, es conocido que un flujo de agua reduce las poblaciones de cianobacterias filamentosas. En L'Albufera se ha comprobado

que cuando se abren las compuertas para desaguar los arrozales (enero y febrero) se produce una drástica reducción de las poblaciones de cianobacterias llegando en algunos años a verse el fondo del lago. Otras algas más comestibles por el zooplancton ocupan el hábitat y se desarrollan poblaciones de zooplancton filtrador grande (*Daphnia magna*), que contribuyen a reducir la biomasa algal. Cuando se cierran las compuertas, vuelve a haber un crecimiento explosivo de aquellas poblaciones.

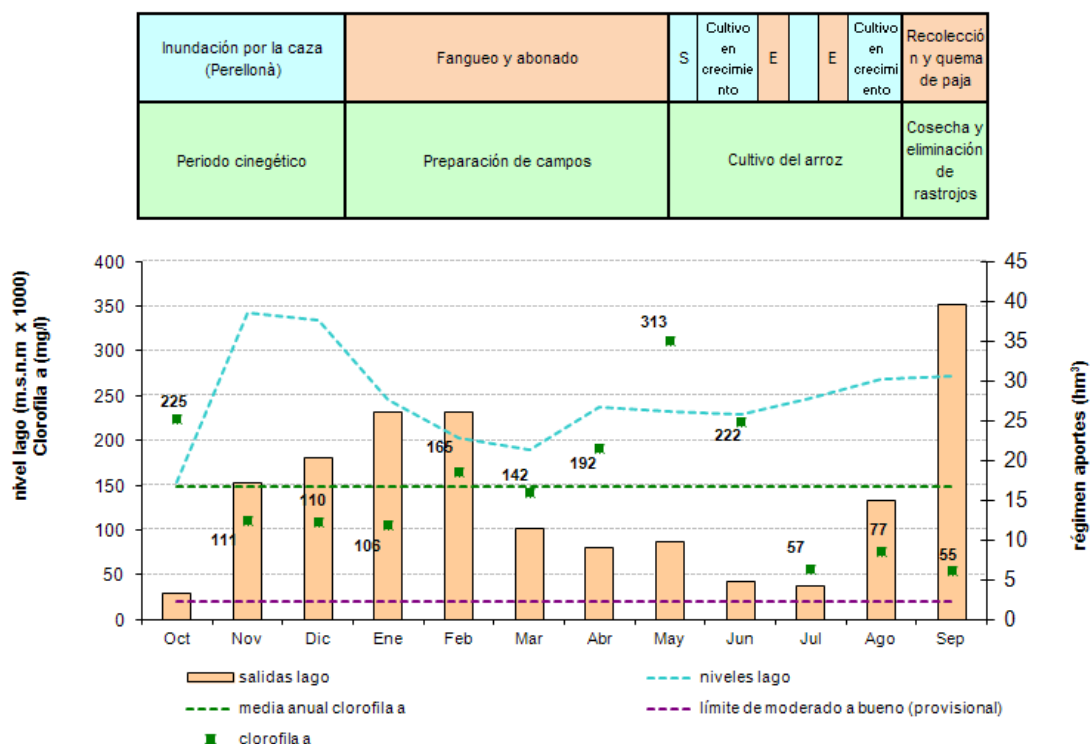


Figura 30. Ilustración en la que se observa la relación entre los aportes hídricos al lago y la evolución del indicador biológico clorofila-a en el lago de L'Albufera.

Las incertidumbres existentes en la actualidad sobre el efecto a largo plazo de incrementar las aportaciones de flujo y reducir los tiempos de renovación justifican el planteamiento de separar la línea de estudio de calidad y cantidad. Un análisis detallado de la otra línea de trabajo se puede consultar en el documento *Modelo Sobek-WQ 1D-2D de calidad de aguas en L'Albufera de Valencia. Escenarios de simulación* (CHJ, 2012). Para consultar el análisis histórico de estos indicadores, siendo el indicador físico-químico fósforo total y el indicador biológico del fitoplancton clorofila-a, puede consultarse el documento *Modelo Sobek-WQ 1D-2D de calidad de aguas en L'Albufera de Valencia. Construcción, calibración y análisis de los indicadores de calidad físico-químicos y biológicos* (CHJ, 2012).

3.3. ESTUDIOS TÉCNICOS PARA EL ESTUDIO DE LOS REQUERIMIENTOS

El vigente **Plan Hidrológico de cuenca** estima las necesidades hídricas del Parque Natural de L'Albufera en 100 hm³/año. En los últimos años, a pesar de la situación de sequía, los aportes estimados de entrada al lago (sensiblemente menores que en el

conjunto del parque natural) se han situado por encima de este valor por lo que el objetivo a establecer en el Plan hidrológico de cuenca será superior para asegurar de forma conservadora el mantenimiento de un adecuado balance hídrico. En este sentido, el Plan deberá asegurar que la gestión ordinaria, junto con las aportaciones naturales, garanticen estos aportes mínimos y asegurar aportes extraordinarios cuando no sea así.

A partir del importante antecedente establecido, como se ha comentado anteriormente, en el marco del *EDSAV* (CHJ, 2004), y en particular en su documento de la *Jornada de debate sobre el desarrollo sostenible de l'Albufera. Documento de conclusiones*, y dado que por la complejidad del sistema natural de L'Albufera se requiere un proceso de gestión adaptativa, una de cuyas claves será la evaluación del progreso de los indicadores ambientales a medida que se desarrolla el programa de actuaciones, resultan de gran interés los esfuerzos ya realizados y en curso para la monitorización de la cantidad y calidad del sistema.

Es por ello, por lo que a partir de este importante antecedente, y hasta principios de 2009, la CHJ trabajó con un modelo del sistema hídrico basado en los trabajos del citado estudio, con varias mejoras integradas en versiones posteriores que incluyeron la calibración de determinados parámetros a partir de la comparación con valores medidos en la red de control, así como la extensión de su ámbito (inicialmente limitado al lago central) a todo el humedal.

A partir de estos trabajos, y con la colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), la CHJ ha construido un modelo detallado del sistema hídrico sobre el paquete informático Aquatool, modelo cuya última versión ha sido detallada en el presente documento. Como se ha comentado, es un completo sistema de ayuda a la decisión en la gestión integrada de cuencas (Andreu, Capilla, & Sanchis, 1996), y permite el cálculo de balance hídrico del lago y del humedal desde un doble análisis, mensual y anual y, por tanto, sus resultados pueden ser comparados mensual y anualmente con valores observados.

Será este modelo el soporte utilizado para la estimación de las entradas históricas al parque y al lago, y para el establecimiento de los requerimientos hídricos mínimos.

La red de monitorización existente permite una estimación en continuo de los volúmenes de entrada al lago y al Parque Natural. Esta red apoyará en la toma de decisiones sobre los caudales adicionales a aportar al sistema en caso de no alcanzarse los requerimientos mínimos de volumen total de entradas o de número de renovaciones. Para tales aportaciones existen distintos orígenes posibles de modo que puede plantearse la utilización de recursos del sistema Júcar (desde tomas en la Ribera Alta o en la Ribera Baixa), del sistema Turia (derivando caudales ecológicos del río en su tramo final) o bien efluentes de plantas depuradoras, especialmente de la de Pinedo que proporciona volúmenes anuales muy importantes y que cuenta con instalaciones avanzadas de tratamiento terciario.

Ahora bien, estos aportes hídricos deberán contar con una calidad suficiente para garantizar el cumplimiento de los objetivos para los indicadores físico-químicos y biológicos anteriormente expuestos. Así, aportes de la depuradora de Pinedo pueden contribuir claramente a la mejora de los tiempos de renovación y a la reducción de las

condiciones de salinidad en época de sequía, pero pueden, al mismo tiempo, empeorar las condiciones de eutrofización en caso de que no presenten la calidad suficiente, por lo que es necesario un análisis conjunto del sistema hídrico.

Dado que existen equipos de medición de caudal en continuo en todos los canales de salida del humedal al mar (golas), incluyendo los tres que están conectados con el lago, la estimación de los flujos de salida tiene una menor incertidumbre que la de los flujos de entrada. Es por ello que se está considerando una nueva formulación provisional de los requerimientos hídricos para pasar a contemplar salidas en lugar de entradas.

A continuación se detalla una relación de los estudios técnicos y su contenido, en relación a las necesidades hídricas y a la calidad de aguas, factores íntimamente relacionados.

3.3.1. Actuaciones para garantizar el volumen de aportes

3.3.1.1. Experiencias de lavado rápido del lago (*flushing*)

En los últimos veinte años la CHJ ha dedicado una atención especial al análisis de los aportes de las cuencas del Júcar y Turia, con el fin de establecer un *vínculo hídrico* entre ambos ríos y L'Albufera, que asegure las relaciones ecológicas entre los corredores fluviales y el ecosistema del humedal. Algunas de los conocimientos adquiridos en este sentido pueden consultarse en los **Informes Júcar-Vinalopó de 2009 y 2011**, aunque en el presente documento se incluye un resumen de los principales resultados de este tipo de corredores.

En base a dicho conocimiento y a la experiencia adquirida fundamentalmente en los últimos diez años en términos de vínculo hídrico con la L'Albufera, la CHJ es concedora de los principales condicionantes para el establecimiento de dicho vínculo y, como primera aproximación, se ha establecido una red de corredores preferentes de entre la red de acequias existente y determinados cauces naturales, para aportar flujos a L'Albufera con fines ecológicos. Desde 2008 se vienen analizando diferentes estrategias de gestión para el aporte de recursos destinados a la regeneración del lago mediante técnicas de lavado rápido (*flushing*), fundamentalmente a través de los corredores principales del ámbito Turia y ARJ, así como para el mantenimiento de flujos base en el sistema, para lo cual se dispone además de los corredores del ámbito Sueca.

Tras las lluvias producidas en el otoño de dicho año, el sistema Júcar vio aumentadas sus reservas hídricas, de modo que para mantener los resguardos previstos en las normas de explotación del embalse de Tous, se realizó un desembalse técnico en el río Júcar, cuyos caudales se derivaron en un 62% por las acequias Mayor y Campanar en Sueca, y en un 31% por ARJ. Una gran parte de los volúmenes desembalsados (63 hm³ entre el 18 de octubre y el 30 de noviembre de 2008), fueron destinados a usos ecológicos en L'Albufera, con el objetivo de efectuar un lavado rápido del lago en una época en que el sistema suele tener una escasa renovación, de modo que los flujos de salida del lago al mar se incrementaron notablemente con respecto a los del año precedente. Este lavado rápido del lago permitió mejoras en diversos parámetros físico-químicos (como una reducción importante de las concentraciones de amonio) y un incremento generalizado de la transparencia en el lago, donde las medidas con el disco

de Secchi pasaron de 20-25 cm, en fechas similares de años anteriores, a algo más de 45 cm en 2008 una vez finalizado el proceso.

Posteriormente, en octubre de 2009, se repitió el proceso, aunque en cuantía inferior al desembalse de 2008, y fueron destinados fundamentalmente a la inundación del arrozal aumentando los volúmenes de agua almacenados en el ecosistema. El lavado del lago se produjo unos meses más tarde (de enero a marzo) tras el vaciado de los arrozales.

Se derivaron flujos desde el canal Júcar-Turia hacia acequias del entorno de L'Albufera, que se estimaron en aproximadamente 1,5 m³/s; y gran parte de los caudales fluyentes por el río Júcar fueron derivados a través de las acequias de Sueca, aunque tuvieron reducida repercusión en el lago ya que únicamente alcanzaron el mismo los flujos transportados por la acequia de Dreta, con un caudal del orden de 1 m³/s.

En enero de 2010 se produjo otro episodio de *flushing*, en el que presentó mayor relevancia los aportes procedentes del sistema Turia, concretamente desde Loriguilla, cuyas derivaciones a través del azud del Repartiment y la acequia de Favara y el canal nuevo del Oro, supusieron un caudal medio circulante extraordinario con fines fundamentalmente ecológicos de 1.7 m³/s durante un período de aproximadamente cinco meses (de enero a principios de julio).

Tabla 16. Tabla resumen con las diferentes experiencias de desembalses técnicos desde los ríos Turia y Júcar y su repercusión en el Parque Natural de L'Albufera.

AÑO	EVENTOS Duración	SISTEMA ENTRADA	DISTRIBUCIÓN	VOLUMEN DERIVADO A AC. PRINCIPALES (Hm ³)	TOTAL (Hm ³)	VOLUMEN ESTIMADO DE ENTRADA AL PARQUE *(Hm ³)	TOTAL (Hm ³)
2008/09	18 oct - 30 nov (44 días)	Júcar	CJT	24.5	89.8	4.5	62.3
			ARJ	19.4		11.9	
Sueca	39.2		39.2				
Cullera MI	6.7		6.7				
		Turia	Repartiment	8	8	7.6	7.6
2009/10	6 - 25 oct (20 días)	Júcar	CJT	8.1	27.5	2.9	20.7
			ARJ	1.6		0	
	Sueca		15.3	15.3			
Cullera MI	2.5		2.5				
		Turia	Favara	1.4	1.4	0.7	0.7
	27 ene - 1 may (95 días)	Turia	Favara	13.3	13.3	10.0	10.0
2010/11	31 ene - 14 mar (43 días)	Júcar	ARJ	20.2	26.2	13.0	19.0
			Sueca	4.5		4.5	
			Cullera MI	1.5		1.5	
2011/12	16 oct - 22 nov (38 días)	Júcar	ARJ	9.8	37.9	3.6	31.6
			Sueca	23.3		23.3	
			Cullera MI	4.8		4.8	

La entrada de caudales ambientales desde el Turia es muy beneficiosa para el sistema y se presume que éstos contribuyeron significativamente al episodio de fase clara que experimentó el lago en el mes de marzo de 2010.

El siguiente episodio de aportaciones extraordinarias al Parque Natural tuvo comienzo en 29 de enero de 2011 desde el embalse de Tous y tuvo fin el 13 de marzo, si bien las tomas desde las diferentes acequias y canales que permiten la entrada de estos aportes al Parque Natural y Lago de L'Albufera, se produjeron de forma intermitente a lo largo de todo el periodo de duración del desembalse.

Según las estimaciones realizadas durante el seguimiento del desembalse, el volumen extraordinario vertido al río Júcar desde Tous en todo el periodo se estimó en 22.4 hm³. De ellos, la Acequia Real del Júcar en Antella tomó, entre el 31 de enero y el 14 de marzo, un caudal medio de 5.44 m³/s, de los cuales, según datos de la ARJ entorno a 16.5 hm³ alcanzaron el parque distribuyéndose un 70% por las acequias del Sur y Suroeste del lago, y el 30% restante por el Oeste. En el azud de Sueca, se derivaron un total de 4.5 hm³, de los cuales, 2.7 hm³, alcanzaron las proximidades del lago, según el medidor de la Acequia del Clot.

El último episodio de desembalse técnico, con origen el sistema Júcar, tuvo comienzo el 16 de octubre de 2011 y ha tenido una duración de 37 días. La vía de entrada preferente al Parque Natural ha sido a través de las acequias de la Ribera Baja MI. En el azud de Sueca, además de las derivaciones para la inundación de los arrozales en perellonà, se concedieron 4 m³/s extras. La finalidad era hacer llegar un flujo continuo de agua a zonas próximas al lago por la zona Sur, tras detectarse focos puntuales afectados por la descomposición de la paja del arroz. En el periodo indicado, y según la información de las redes de control de la CHJ, en el azud de Sueca se derivaron 23 hm³, de los cuales 10 hm³ se han estimado corresponden al desembalse técnico con carácter ambiental, y alcanzaron las zonas próximas al lago. Con el fin del desembalse técnico y la apertura de las golgas de la zona de Sueca, se dio por finalizado el episodio sin que se registrasen nuevos problemas derivados de la descomposición de la paja del arroz.

Como conclusión, el conocimiento de las vías preferentes para realizar aportes extraordinarios de origen fluvial cuando, por efecto de la modernización o de la sequía, la gestión ordinaria, junto con las aportaciones naturales, no garanticen los aportes mínimos puede ser de gran utilidad en el futuro.

3.3.1.2. La relación con el Plan de modernización de los regadíos tradicionales

Dado que los ecosistemas del marjal y del lago de L'Albufera se encuentran íntimamente ligados a los regadíos tradicionales del Júcar, puesto que los retornos de las zonas regables son una importante fuente de recursos de ambos hábitats, se ha estudiado los retornos totales de los regadíos tradicionales del Júcar en situación actual y modernizada, estimándose que un 14% de la demanda de la Acequia Real y un 25% de la demanda de la Ribera Baja margen izquierda retornan superficialmente dentro de los límites del Parque Natural de L'Albufera.

Se estima que con la modernización de los regadíos de la Acequia Real del Júcar, los retornos superficiales al Parque Natural podrían reducirse en torno a un 42%, mientras

que es esperable una menor reducción de los retornos superficiales al parque procedentes de la Ribera Baja, al disponer de una mayor proporción de cultivo del arroz.

La caracterización de los volúmenes ambientales a respetar para que la modernización de regadíos no afecte al ecosistema del Parque Natural de L'Albufera está en fase de estudio detallado, pero debe incluir una estimación mínima de los aportes totales, con independencia de su origen, para que en aquellos periodos en que no se alcance este umbral deba plantearse la posibilidad de recursos adicionales.

3.3.2. Red de monitorización, control y adecuación de los indicadores ambientales

La CHJ ha llevado a cabo la implantación y seguimiento de una red de medida de los principales parámetros hidromorfológicos, físico-químicos y biológicos, y ha establecido una Oficina Albufera destinada a efectuar el seguimiento de la misma que viene operando desde diciembre de 2007. La red de monitorización se compone de:

- ***Red Piloto de cantidad o de control hidromorfológico***, inicialmente con estructuras de medida en continuo de caudal en la Gola de Pujol y en la acequia Overa y de nivel en el lago. El diseño del sistema de control fue basado en un modelo conceptual del sistema hídrico. En 2006, esta red se amplió con seis puntos de control adicionales, conformando la ***Red Definitiva de cantidad o de control hidromorfológico***. Con esta ampliación se monitorizaron las restantes cuatro golas del Parque Natural y otras dos de las acequias más caudalosas del ámbito de influencia de ARJ y Sueca, como son las acequias de Dreta y del Clot.

Eventualmente, y durante un periodo de un año, se estableció una red interior de monitorización a lo largo de un perímetro de control próximo al lago, a grandes rasgos a lo largo de un perímetro de control asociado a la máxima superficie ocupada por el lago fluctuante durante la inundación invernal (*perellonà*). Esta red, complementaria de la red principal de equipos medidores en continuo, realizó medidas mensuales y quincenales tanto de caudal como de calidad de las aguas influentes en el lago.

Los puntos de control de la red complementaria se distribuyeron evitando en lo posible canales con flujos reversibles. Se controlaron finalmente 65 puntos entre estaciones secundarias (medidas quincenales) y terciarias (medidas mensuales) con estimación de caudal a través de marcado con colorante o corrientímetro. Los datos obtenidos durante el periodo de funcionamiento de esta red fueron utilizados por la Oficina Albufera para la calibración de los modelos matemáticos desarrollados en la elaboración del balance hídrico de L'Albufera, siendo el período de calibración de enero a diciembre de 2008.

En 2009, la red definitiva de cantidad fue ampliada para el control de tres nuevos puntos, el primero instalado en la Acequia de Favara, permitiendo el control de una de las principales entradas al parque desde el ámbito Turia, y otros dos puntos en las Carreras de la Reina Este y Oeste, acequias que pueden tener funcionamiento reversible y, por tanto, pueden ofrecer información de interés sobre las entradas al lago desde la zona de Sueca.

Tabla 17. Estaciones de la Red de control hidromorfológico (cantidad).

ESTACIONES EN SERVICIO	
ESTACIONES PRINCIPALES	Número de estaciones
Aportes por acequias. Perfilador Doppler. Medida en continuo	6
Salidas por golas. Perfilador Doppler. Medida en continuo	5
Nivel en el lago. Medida en continuo	1
ESTACIONES SECUNDARIAS Y Terciarias. Perímetro de control	Número de estaciones
Estaciones secundarias: lectura quincenal.	21
Estaciones terciarias: lectura mensual	44

Por su parte, la red exterior constituye un sistema de medición en origen de los aportes hídricos. Los datos proceden de estaciones ya existentes en las distintas administraciones:

- Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la CHJ (sistema de regadíos: estaciones del azud de Antella, azud del Repartiment, azud de Sueca y acequia Real del Júcar en Guadassuar)
- Medidores de caudal en efluentes de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (Generalitat Valenciana)

Finalmente, algunas variables son obtenidas mediante modelos hidrológicos (escorrentía superficial procedente del ciclo natural, descargas del acuífero).

A partir de los datos se evalúan, con el apoyo de modelos matemáticos del balance hídrico, las Entradas al lago, Salidas desde el lago al mar, Entradas al parque natural y Salidas desde el parque natural al mar, entre otros.

- **Red Piloto de calidad o de control físico-químico y biológico** para el seguimiento de los principales parámetros de calidad de aguas en el lago y en las principales acequias, que combina medidas en continuo y tomas de muestras discontinuas que incluyen tanto muestreos rutinarios como controles en situaciones excepcionales. La información de esta red, se complementa a su vez con la información proporcionada por la red de control de la Conselleria de Medio Ambiente, la cual muestrea con periodicidad mensual y/o quincenal en 6 puntos distribuidos en el lago y en trece acequias vertientes al mismo, desde el año 1985.

En 2006 se inició la Red Piloto con la instalación de una estación de control físico-químico en la gola de Pujol, punto clave en la hidrodinámica del sistema. Sus aguas son representativas de la calidad en el lago y se dispone de una

estación de medida de caudales y niveles en las proximidades. La estación cuenta con sondas conducidas y toma de muestras a tres alturas, y admite siete sensores de modo que los parámetros medidos son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad y turbidez.

Recientemente, desde octubre de 2011, se han incorporado 3 equipos adicionales para el control en continuo de la conductividad en la Acequia de Favara, en la Acequia del Clot y en el lago, de manera que se podrá recabar datos de conductividad de los retornos de riego de aguas del Turia y del Júcar.

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS REQUERIMIENTOS HIDROLÓGICOS EN L'ALBUFERA

3.4.1. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones anuales

A continuación se representan los volúmenes anuales de entrada al lago y su equivalente, en número de renovaciones. Esta serie se obtiene como resultado de la realización del balance hídrico según el modelo de seguimiento de L'Albufera en AquatoolDMA (CHJ, 2011) y que ha sido calibrado con datos de salidas por las golas de la red de control hidromorfológico instalada en el parque para los últimos cuatro años de la serie.

Del balance entre las entradas al parque natural de los distintos tipos de aportes, los consumos de los regadíos y el almacenamiento en los arrozales, se obtiene un resultado intermedio que son las entradas al lago, y que se muestra en la figura siguiente. Se hace distinción de los tipos de aportes de entrada al lago para el estudio de la afección que pueda derivarse en la calidad del agua.

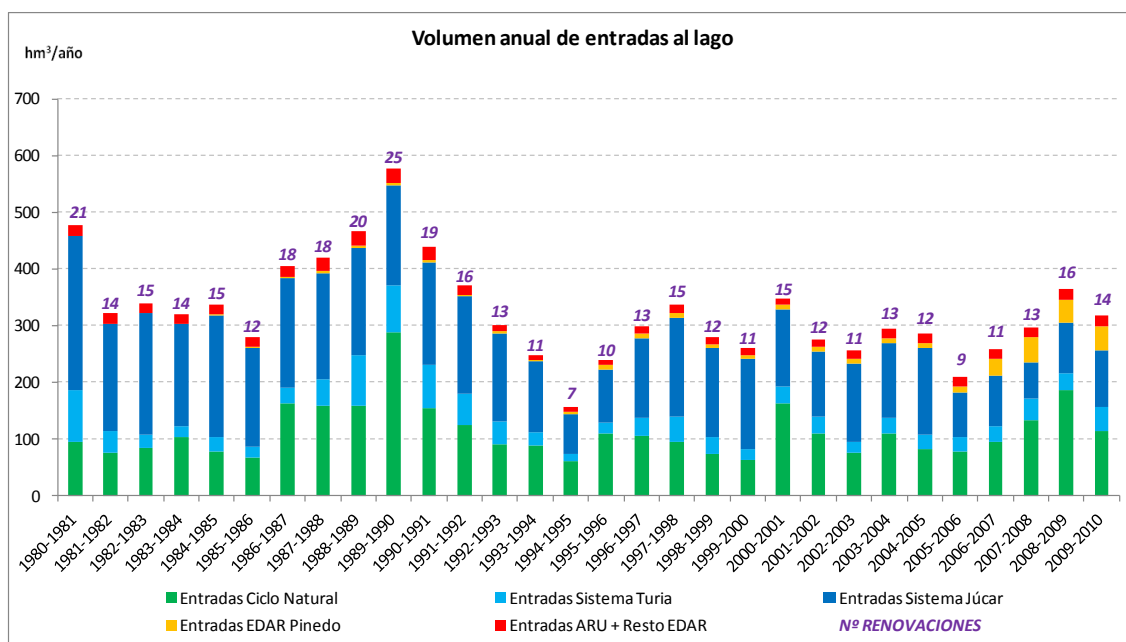


Figura 31. Estimación de las entradas totales al lago (hm³) y el número de renovaciones del lago de L'Albufera. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Los volúmenes anuales de entrada al lago a lo largo de la serie histórica han variado sustancialmente tanto en volumen como en origen de las entradas. En la década de los 80 los aportes de agua al lago de L'Albufera se cuantificaban en un rango de 280-575 hm³/año, de los que aproximadamente el 50% procedían de retornos de riego de la Acequia Real del Júcar, aunque la fiabilidad de los datos foronómicos en estos primeros años de la serie, es menor que los registrados desde 1990/91. Ello supondría entre 12 y 25 renovaciones al año. Desde esta fecha en adelante, las entradas totales han disminuido, quedando entre 156-438 hm³/año, de las que el 43% siguen procediendo de retornos de la ARJ. Es por ello por lo que el número de renovaciones ha descendido entre 7 y 19 veces al año.

Tabla 18. Resumen de entradas al lago por tipos de aporte y en ciertos periodos de interés para análisis de la evolución experimentada en los últimos 30 años. Resultados del Modelo AquatoolDMA-Albufera.

	Entradas Ciclo Natural	Entradas Sistema Turia	Entradas Sistema Júcar	Entradas EDAR Pinedo	Entradas otras EDAR	Entradas ARU	Entradas Totales
AÑO SECO 94/95	60,8	12,2	70,6	5,4	1,3	6,5	156,7
PROMEDIO 90/91-09/10	105,5	32,4	126,2	13,0	8,6	6,1	291,8
PROMEDIO 06/07 - 09/10	132,0	34,1	85,4	40,0	16,4	1,4	309,3

En un año especialmente seco, el 1994/95, las entradas al lago registraron un mínimo histórico, 156 hm³/año, lo que equivale a unas 7 renovaciones, aunque se mantiene la contribución de la ARJ a las entradas en un 45%.

Por último, atendiendo a los últimos 4 años, 2006/07-2009/10, coincidiendo con el periodo de calibración de la serie, las entradas al lago han oscilado entre 258-364 hm³/año, lo que supone entre 11 y 16 renovaciones al año, mientras que se observa un cambio de tendencia en el origen de los aportes principales de entrada al lago. Los retornos de la ARJ disminuyen hasta representar el 28% de las entradas, mientras que las entradas de Pinedo pasan a suponer un 13% de la totalidad.

Las últimas actuaciones en materia de depuración, reutilización de aguas residuales y gestión de los recursos hídricos, con el comienzo de la modernización de los riegos tradicionales del Júcar en 2005, están cambiando el panorama hídrico de L'Albufera y su entorno. En cuanto al futuro, y en base a la experiencia adquirida en la gestión de la última sequía, se están definiendo las normas de explotación de los recursos hídricos de la cuenca en el seno del PHC del Júcar. Por ello, en una siguiente fase, y a partir del modelo de seguimiento de L'Albufera en AquatoolDMA, se van a simular los escenarios de evaluación a nivel cuantitativo de dichas medidas en la evolución de L'Albufera y su entorno.

La distribución mensual de las entradas (Figura 32) muestra que los meses con mayores máximos en las entradas son los de la estación otoñal (septiembre-octubre), por ser las

épocas con mayor volumen de escorrentía de lluvia, al igual que el comienzo de la inundación invernal, con aportaciones desde Turia y Júcar. Los mínimos más bajos coinciden con la época de cultivo del arroz.

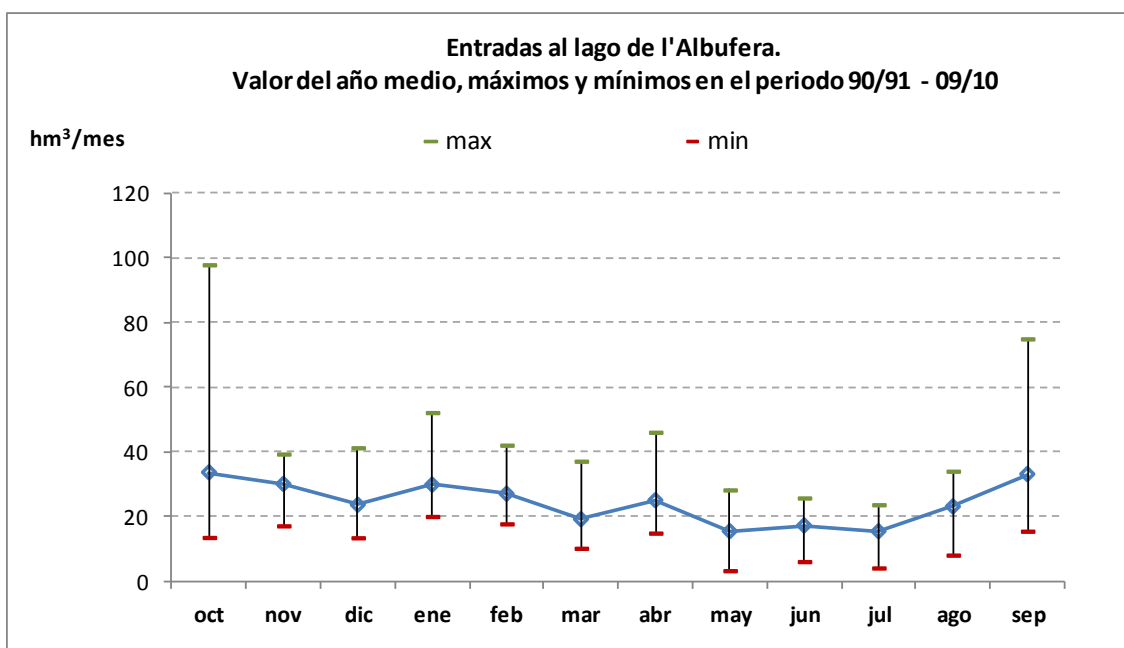


Figura 32. Medias mensuales, máximos y mínimos de los volúmenes de entrada al lago desde el año hidrológico 1990/91. Resultados del Modelo AquatoolDMA-Albufera.

En cuanto a los valores medios, de nuevo los valores más altos se registran en otoño-invierno, siendo las medias más elevadas las correspondientes a los meses de septiembre y octubre; las medias más bajas se registran en el periodo del cultivo del arroz, sobre todo de mayo a julio, meses en los que las entradas se sitúan por debajo de 20 hm³/a.

3.4.2. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones en perellonà

A continuación se presenta la serie histórica de entradas al lago durante los meses de la perellonà o inundación invernal, que comprende el periodo de octubre a febrero (figura 33). Durante estos cinco meses una gran superficie de arrozales en todo el Parque Natural de L'Albufera permanece inundado por razones fundamentalmente ambientales. Los arrozales más próximos al lago o tancats, puesto que se encuentran a cota inferior a la propia del lago, almacenan una lámina de agua que en algunos de ellos puede ser superior al metro de agua. En otros casos, y conforme nos alejamos del lago, la lámina de agua disminuye, pudiendo variar desde pocos centímetros (5 cm) hasta 40 cm en algunos casos.

Durante el mes de octubre, los arrozales comienzan a inundarse desde las zonas más alejadas hacia las zonas más próximas al lago. La inundación máxima se alcanza hacia finales de diciembre o principios de enero, para posteriormente dar lugar a la apertura de las golas, y con ello, al vaciado de los campos de arroz, el cual queda culminado a finales de febrero.

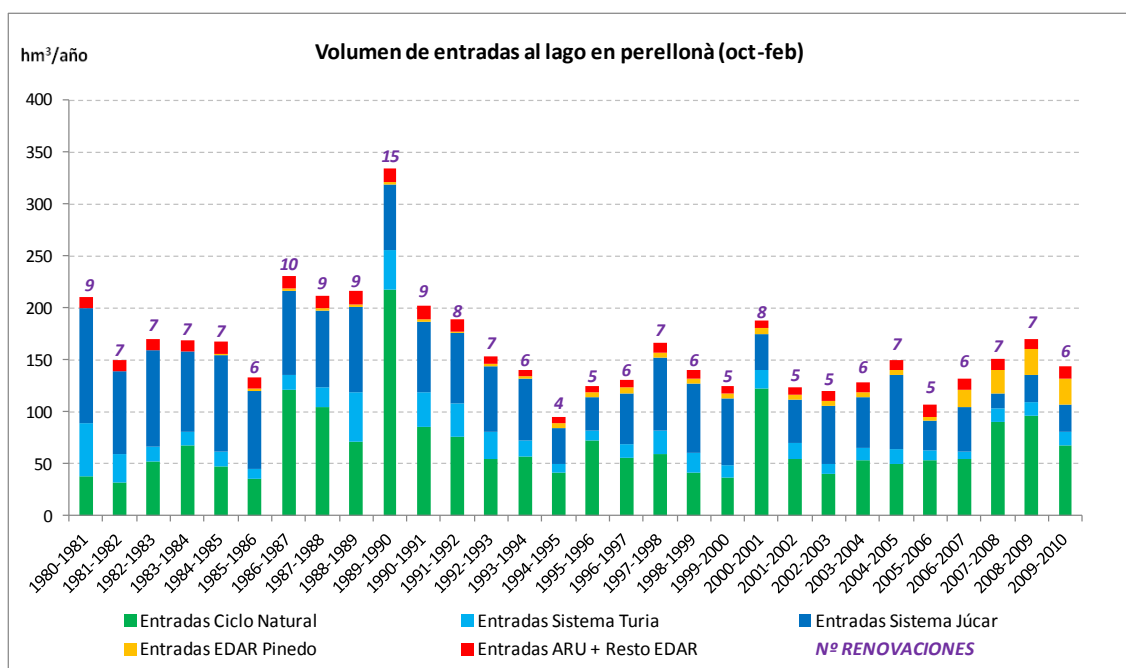


Figura 33. Estimación de las entradas al lago durante la perellonà (hm³) en el periodo octubre-febrero (incluidos) y el número de renovaciones equivalente en el lago. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Con respecto a la evolución histórica de las entradas al lago en perellonà, se observa en la primera década entradas que varían desde 133 a 334 hm³, lo que equivale a una renovación en este periodo entre 6 y 15,5 con respecto al total de renovación anual, que se recuerda oscila entre 12 y 25 veces al año. Esto supone una renovación del 50% del total que se produce anualmente en el lago, siendo por tanto un proceso de vital importancia en el lago.

A partir de 1990/91 y hasta la actualidad el volumen de entrada al lago en esta época del año se ha reducido, estimándose valores de 94 a 201 hm³. No obstante, esta reducción de los aportes en perellonà, se ha producido proporcionalmente a la reducción de los aportes totales anuales. Así, en los dos periodos indicados, el volumen de entradas al lago en perellonà ha supuesto el 50% de las entradas anuales.

El importante lavado que se produce en el lago asociado al vaciado de los campos de arroz ha venido acompañado en algunos años por lo que se denomina una “fase clara” en el lago. Esta fase clara se ha producido normalmente en marzo, tras finalizar la época de la perellonà, por lo que parece evidente que estos aportes juegan un papel ambiental importante en la calidad del agua del lago.

Los beneficios observados que se asocian a este lavado son un aumento de la transparencia del agua y la producción de un importante cambio ecológico en la columna de agua. Este cambio se debe a una reducción drástica de las densidades algales de cianofíceas, que se ve sustituida por especies que favorecen un desarrollo poblacional zooplanctónico. Este zooplancton a su vez limita el crecimiento algal, aunque los beneficios han tenido una duración marcadamente temporal. Ello se debe a la conjunción de un aumento en la inestabilidad atmosférica con la escasa profundidad del lago, lo que favorece la resuspensión de la materia sedimentada, retornando a su estado eutrófico habitual.

3.4.3. Evolución de las entradas al lago y del número de renovaciones invernales o ambientales

Además del estudio de los volúmenes de entrada y de las tasas de renovación anuales y en época de perellonà, otro análisis de gran interés a tener en consideración en la evaluación de las entradas al lago, de cara a futuros escenarios de simulación en que se pretenda la introducción de aportes ecológicos o ambientales a L'Albufera, es el correspondiente a las entradas al lago que se producen fuera de la época del cultivo del arroz (periodo de septiembre a abril), también denominadas entradas ambientales o invernales.

La figura siguiente presenta la serie histórica de entradas invernales al lago. Al igual que se ha indicado anteriormente, en la década de los 80, las entradas durante estos ocho meses del año variaron entre 214 – 463 hm³, lo que corresponde con unas tasas de renovación de entre 9 y 20 veces al año; sin embargo, a partir de los 90 los volúmenes descendieron a valores entre 135 - 327 hm³.

Al igual que en la época de perellonà, las entradas ambientales o invernales han disminuido proporcionalmente a las entradas anuales, de manera que en ambos periodos, el previo y el posterior al año hidrológico 1990/91, representan un 75% sobre las entradas totales.

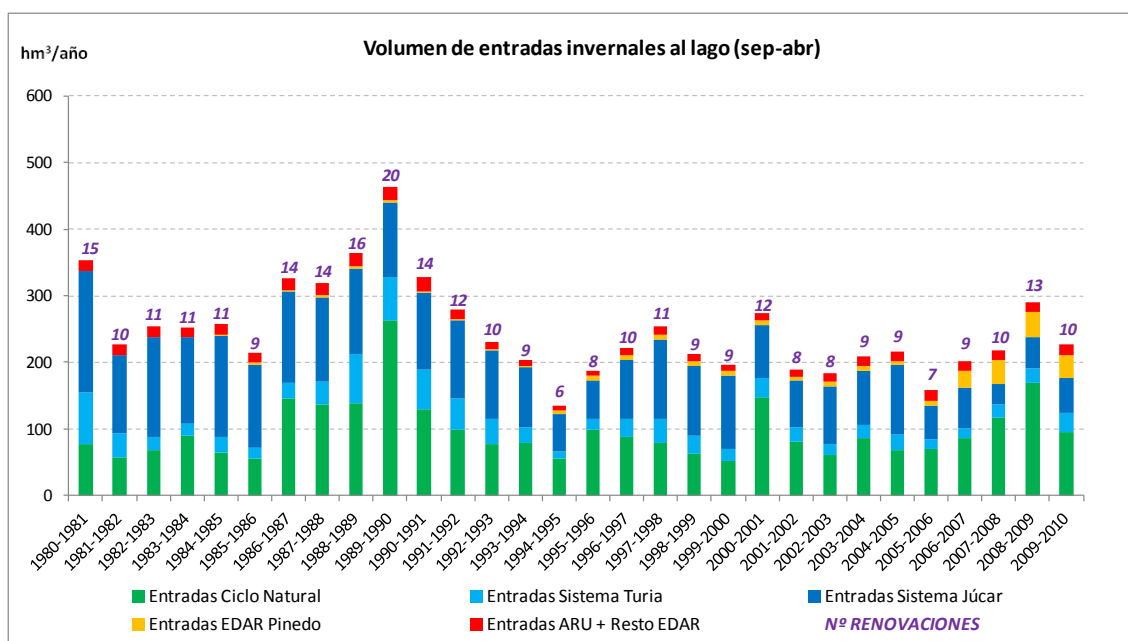


Figura 34. Estimación de las entradas invernales en el lago en el periodo de septiembre-abril (fuera de cultivo del arroz) en hm³, y número de renovaciones equivalente. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

3.4.4. Relación de la evolución de la conductividad del lago con los requerimientos hidrológicos

El análisis de los requerimientos asociados a la salinidad deberá considerar múltiples aspectos, como la relación lago-mar a través de la restinga arenosa, la gestión de las compuertas en los canales de salida al mar (golas), las prácticas agrícolas incluyendo los rebombeos, o el comportamiento de la interfase agua dulce-agua marina teniendo en cuenta que la superficie de algunos campos de cultivo se halla por debajo del nivel del

mar. Las estrategias de gestión para cumplir el requerimiento en materia de salinidad pueden ser diversas y se deberá tener en cuenta la calidad de los posibles orígenes del agua. En la tabla siguiente se adjunta los valores de conductividad fijados para los distintos tipos de aportes en el modelos AquatoolDMA-Albufera.

Tabla 19. Valores de conductividad eléctrica a 20° C ($\mu\text{S/cm}$) para los diferentes tipos de aportes, utilizados en el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Fuente: Resumen de patrones de calidad en acequias vertientes al lago (Mayo, 2010).

<i>Tipo de aporte</i>	<i>Conductividad patrón ($\mu\text{S/cm}$)</i>
Suministro Superficial Júcar	1400
Suministro Superficial Turia	1400
EDAR	1797
Aguas residuales urbanas (ARU)	1700
Descargas de sistemas. unitarios (DSU)	1000
Escorrentía superficial	1000
Escorrentía subterránea	1800
Precipitación	0
Rebombeos del lago	Variable: [1563, 4268]

En lo que se refiere a la salinidad, se ha adoptado como parámetro de referencia el valor medio de la conductividad eléctrica en los meses de cultivo del arroz (mayo-agosto), como se verá más adelante en este documento, ya que dicho valor condiciona su evolución agronómica, considerada importante en el propio Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Natural. La problemática de un posible incremento de conductividad está relacionada, no tanto con su moderada incidencia en un ecosistema mediterráneo de aguas someras con una buena tolerancia a la salinidad, como con los riesgos asociados al uso agrícola y a la sostenibilidad del arrozal, y como consecuencia al funcionamiento global del humedal.

Se ha apreciado que, si bien muchos años las medias anuales no difieren de las que se alcanzan durante el período de cultivo del arroz, en los años muy secos estas diferencias son importantes. En los períodos más rigurosos de sequía es posible recircular el agua superficial, mediante los denominados rebombeos, para complementar el suministro superficial de agua a los arrozales del entorno. Como consecuencia, y en conjunción con otros factores, se produce una concentración de sales en las acequias y en el propio lago que se manifiesta en un incremento de la conductividad eléctrica. Este proceso se realiza bajo condiciones de estricta vigilancia ambiental, tal y como se ha realizado en la última sequía, con un seguimiento detallado de la Comisión Permanente de la Junta de

Gobierno de la CHJ, partir de datos quincenales de este parámetro. Una vez recuperado el sistema y finalizadas las fases de Alerta y Emergencia, se detiene la utilización de este recurso adicional de carácter temporal, lo que permite reducir la salinidad del agua y minimizar la posible afección ambiental.

En años de hidrología normal el valor del indicador puede situarse entre los 1.600 y los 2.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en los años de sequía ha ascendido hasta valores de 4.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1994/95) o de 3.300 más recientemente (2006/07). Las medias para el periodo 1994/95-2009/10 asciende a algo más de 2.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aunque en el periodo 2006/07-2009/10 ha descendido sensiblemente, en torno a 2.085 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

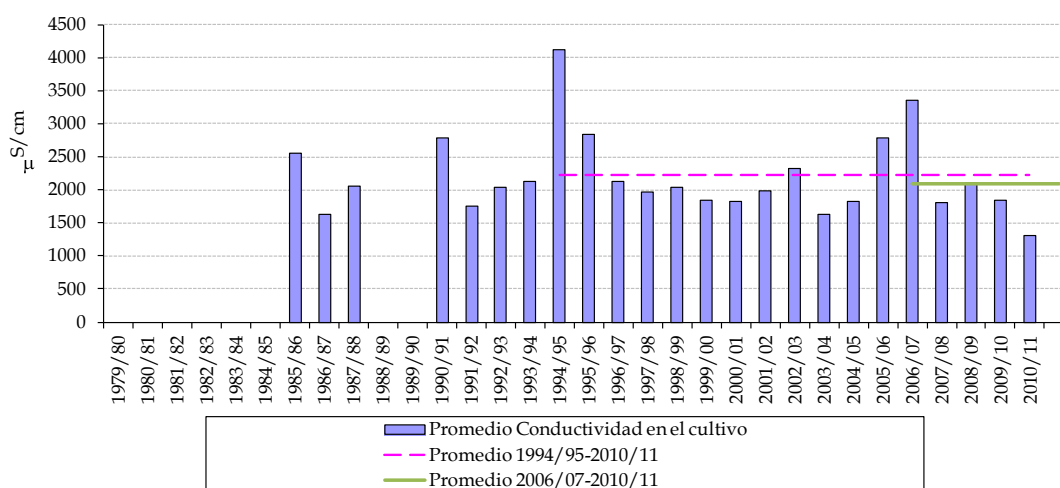


Figura 35. Evolución y tendencia de la conductividad en el periodo 1979/80 – 2010/11*. Medias de los valores de conductividad registrados durante los meses del cultivo el arroz (mayo-agosto). Fuente: CMAAUV.

*El año hidrológico 2010/2011 no es completo, faltando el último trimestre del año.

La figura siguiente, de medias mensuales para el año medio obtenido para el periodo 1994/95-2009/10, ilustra cómo los máximos crecen en los meses veraniegos, de mayo, con valores de conductividad que rozan los 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a agosto, momento del máximo, en torno a 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este incremento de la conductividad del lago de produce coincidiendo con el momento de mayor evaporación y con la temporada del cultivo del arroz. Históricamente, y coincidiendo con un año de fuerte sequía, se han alcanzado máximos de hasta 5.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ al finalizar el período de cultivo (agosto de 1995).

En el periodo 2006/07-2009/10 el año medio es ligeramente distinto, ya que en el periodo fuera del cultivo se observa un ligero cambio en la tendencia observada desde septiembre a abril, siendo descendente en el caso de la serie completa, y ligeramente ascendente en la serie reciente. A pesar de ello, los valores medios de conductividad son más bajos en general que en la serie completa, incluyendo el mes de agosto, en el que las medias rondan los 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Parámetro fisicoquímico en el lago: Conductividad. Año medio, máximos y mínimos en el periodo 1994/95-2010/11

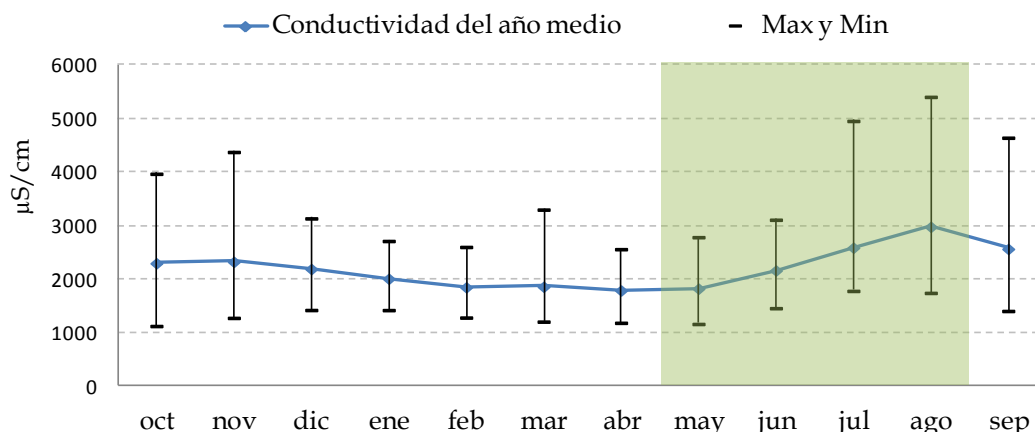


Figura 36. Valores máximo, promedio y mínimo de las medias mensuales de conductividad eléctrica desde el año hidrológico 1994/95. Fuente: CMAAUV

Parámetro fisicoquímico en el lago: Conductividad. Año medio, máximos y mínimos en el periodo 2006/07-2010/11

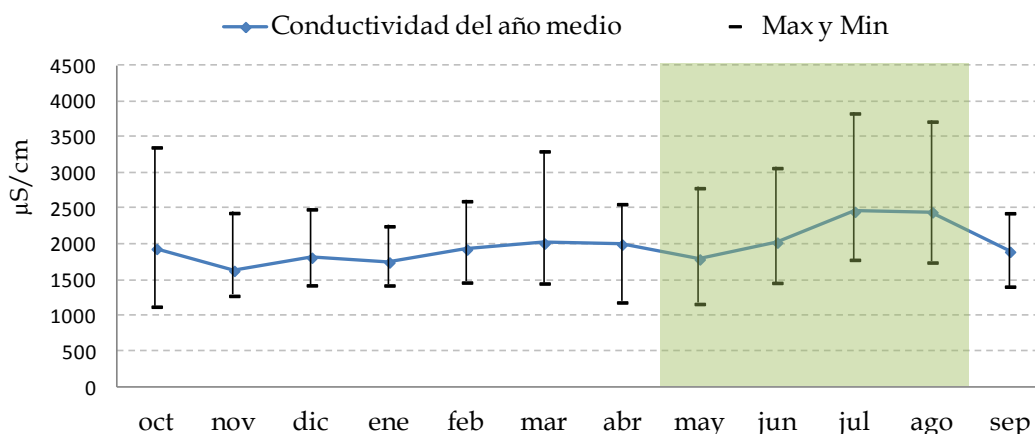


Figura 37. Valores máximo, promedio y mínimo de las medias mensuales de conductividad eléctrica desde el año hidrológico 2006/07 hasta el año 2010/11*. Fuente: CMAAUV

*El año hidrológico 2010/2011 no es completo, faltando el último trimestre del año.

3.4.5. Evolución del sector Albufera Sur en el acuífero de la Plana de Valencia

Por otra parte, motivado por la importante sequía padecida desde el año 2004/05 hasta 2008/2009, se está realizando el seguimiento de la evolución de los acuíferos del entorno mediante convenio de colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), analizándose la evolución piezométrica y de calidad.

El sector Albufera Sur es uno de los sectores relacionados con el humedal por lo que es objeto de especial atención y de informes periódicos que, hasta el momento, concluyen que no se aprecian diferencias significativas entre la evolución de este sector y el del acuífero de la Plana de Valencia Sur en el que se ubica, debido a la puesta en

funcionamiento de pozos de sequía durante este período. La figura 35 muestra la evolución de un piezómetro significativo de este sector en los últimos años, apreciándose ascensos recientes respecto a los niveles alcanzados en años hidrológicos precedentes. En consecuencia, tampoco se han apreciado descensos significativos debido a la puesta en funcionamiento de pozos de sequía durante este período. A partir de finales de la primavera de 2010 se han recuperado completamente los niveles promedio anteriores.

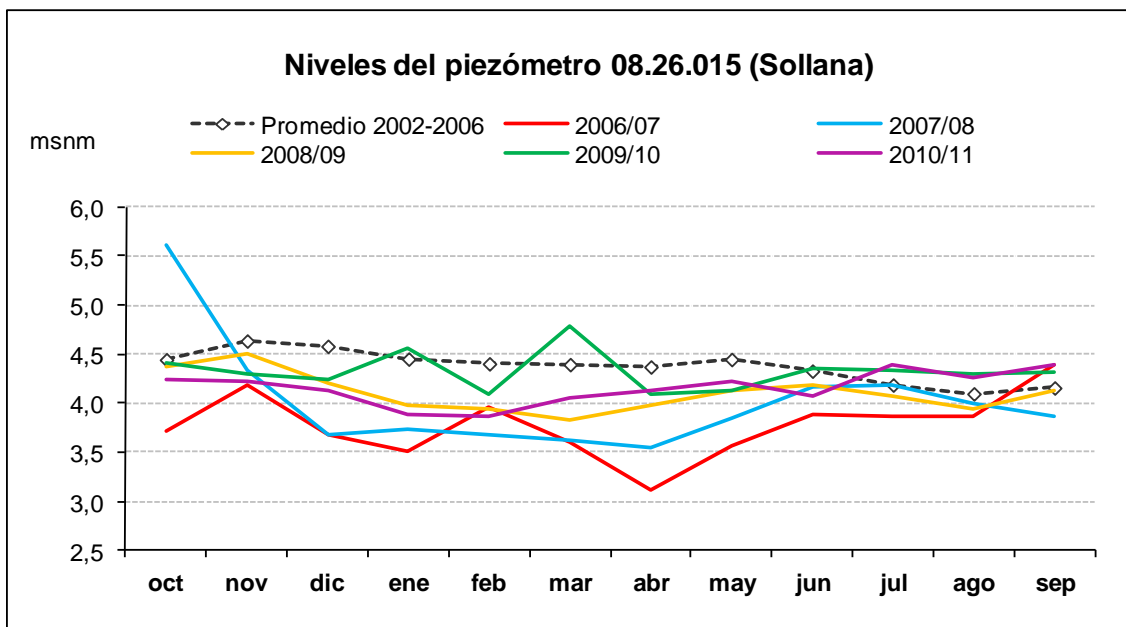


Figura 38. Evolución de niveles en el piezómetro de Sollana, sector Albufera Sur.

3.4.6. Resumen de la caracterización de la situación actual

Como resultado del análisis actual, considerando como situación actual el periodo 1990/91 – 2009/10 para el caso de los requerimientos hidrológicos, y 1994/95-2010/11 para el caso de la conductividad, las tablas siguientes sintetizan la caracterización del estado actual del lago e incluye comentarios sobre diferentes líneas de actuación que se desarrollan en los apartados posteriores:

Tabla 20. Tabla Síntesis del estado actual del lago de L'Albufera y líneas de actuación en materia de requerimientos hidrológicos.

CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL			
REQUERIMIENTO		RANGO CARACTERÍSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL (1990/91 – 2009/10)	COMENTARIOS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN
DEFINICION	UD		
Volumen anual de entradas al lago y número de renovaciones anuales	hm ³ /año	Volumen medio para el periodo = 291 Rango de volúmenes= [157-438]	Las entradas recientes al lago están proporcionando entre 7 renovaciones registradas en el año hidrológico 1994/95 (6,8) y 19 (19.1) renovaciones registradas en el año hidrológico 1990/91. Esto supone una renovación media de 13 veces al año, para el periodo comentado (12,7). Existen diferentes estrategias para mantener y mejorar la renovación de las aguas en función de los objetivos que se planteen para los indicadores físico-químicos y biológicos anteriormente expuestos. Así, aportes de la depuradora de Pinedo pueden contribuir a la mejora de los tiempos de renovación y a la reducción de las condiciones de salinidad en época de sequía, y habrá que controlar los parámetros de entrada para que no influyan negativamente en las condiciones de eutrofización
Volumen de entradas al lago y número de renovaciones en perellonà (oct-feb)	hm ³	Volumen medio para el periodo = 143 Rango de volúmenes= [94-201]	Las entradas recientes al lago están proporcionando entre 4 renovaciones registradas en el periodo oct-abr de 1994/95 (4,1) y 9 renovaciones en el mismo periodo de 1990/91 (8,8). Esto supone una renovación media de 6 veces en el periodo oct-feb (6,3).
Volumen de entradas invernales o ambientales al lago y número de renovaciones (sep-abr)	hm ³	Volumen medio para el periodo = 220 Rango de volúmenes= [135-327]	Las entradas recientes al lago están proporcionando entre 6 renovaciones registradas en el periodo sep-abr de 1994/95 (5,9) y 14 renovaciones para el mismo periodo de 1990/91 (14,2). Esto supone una renovación media de 10 veces en el periodo sep-abr (9,6).

Tabla 21. Tabla Síntesis del estado actual del lago de L'Albufera y líneas de actuación en materia del requerimiento fisicoquímico conductividad.

CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL			
REQUERIMIENTO		RANGO CARACTERÍSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL (1994/95 – 2010/11)	COMENTARIOS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN
DEFINICION	UD		
Salinidad. Valor medio de la conductividad eléctrica a 20° C en el lago durante los meses de cultivo del arrozal	µS/cm	<p>Situación normal: [1600- 2400]</p> <p>Situación de sequía: crecimientos hasta 4.100 (año 1994/95) o 3.300 (año 2006/07)</p>	<p>La media mensual en sequía ha llegado a superar los 4.800 µS/cm al final del período de cultivo (agosto 1995). Existen diferentes estrategias para reducir la conductividad, aportando recursos externos al arrozal o directamente al propio lago.</p>

3.5. DEFINICIÓN DE LOS VALORES UMBRAL PARA LOS REQUERIMIENTOS HIDROLÓGICOS EN EL LAGO

En el apartado anterior, se ha realizado un análisis de la evolución histórica de las entradas al lago desde el año 1980/81 hasta el 2009/10, a partir de los resultados obtenidos con el modelo AquatoolDMA-Albufera.

De este análisis se puede destacar el progresivo descenso de los recursos disponibles a L'Albufera desde los sistemas Turia y Júcar, como consecuencia fundamentalmente del aumento de las demandas suministradas desde cabecera, la progresiva disminución de la superficie de cultivo en zonas de influencia de L'Albufera y los efectos eventuales pero difícilmente controlables de las sequías sobre los recursos hídricos disponibles.

Para intervenir de forma eficiente sobre la gestión de estos recursos es necesario, previo profundo conocimiento del sistema hídrico, proceder al establecimiento de unos valores umbral que aseguren el mantenimiento de unas aportaciones hídricas al sistema que ayuden a favorecer la consecución de los objetivos ambientales.

En las figuras y tablas siguientes, se pone de manifiesto para la muestra conformada por las entradas anuales al lago en el periodo 1990/91-2009/10, los volúmenes de entradas frente a la probabilidad de ser superados. La definición de los requerimientos hídricos mínimos recomendables a mantener en el sistema, coincide aproximadamente con el percentil 85% de la serie de entradas anuales al lago en el periodo comentado, con lo que se deja en el 15% restante los eventos correspondientes a las sequías más severas (1994/95 y 2005/06).

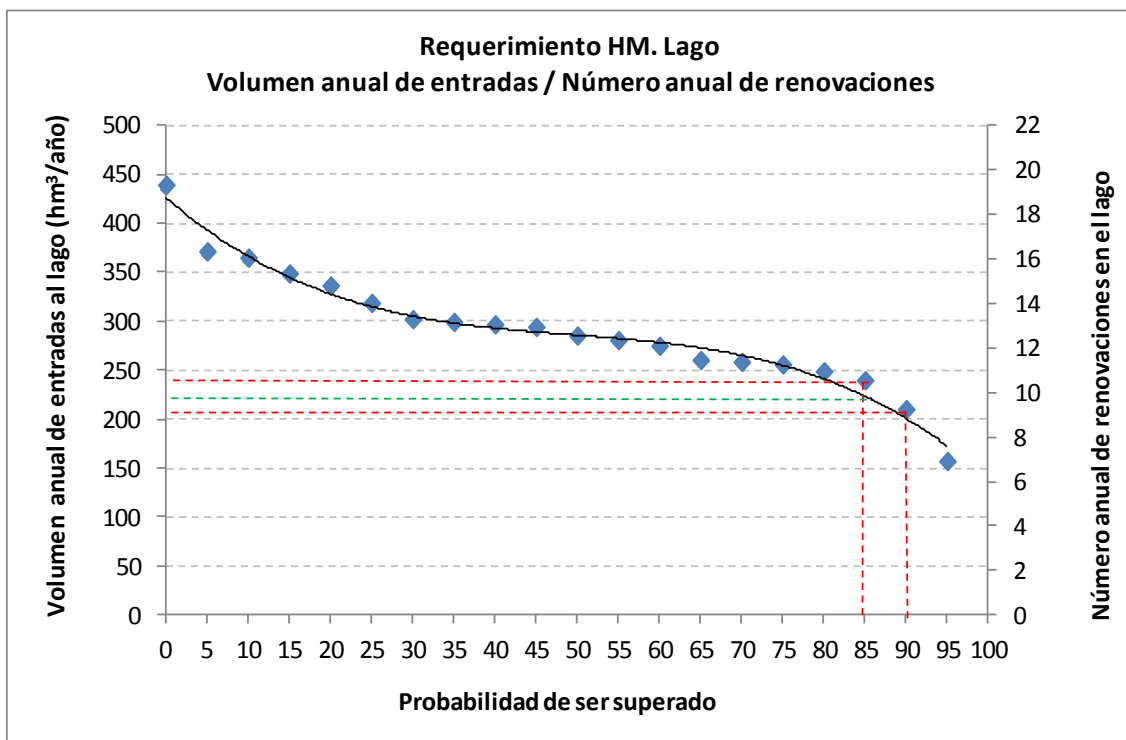


Figura 39. Requerimiento hidromorfológico de volumen anual de entradas a lago y número de renovaciones equivalente. Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Tabla 22. Propuesta de valor umbral establecido para el volumen anual de entradas al lago y número de renovaciones en el lago de L'Albufera de Valencia.

		Cota superior: entrada lago P.85	Cota inferior: entrada lago P.90	Valor umbral propuesto
Percentil	hm³	239	210	225
85	nº renov	10	9	10

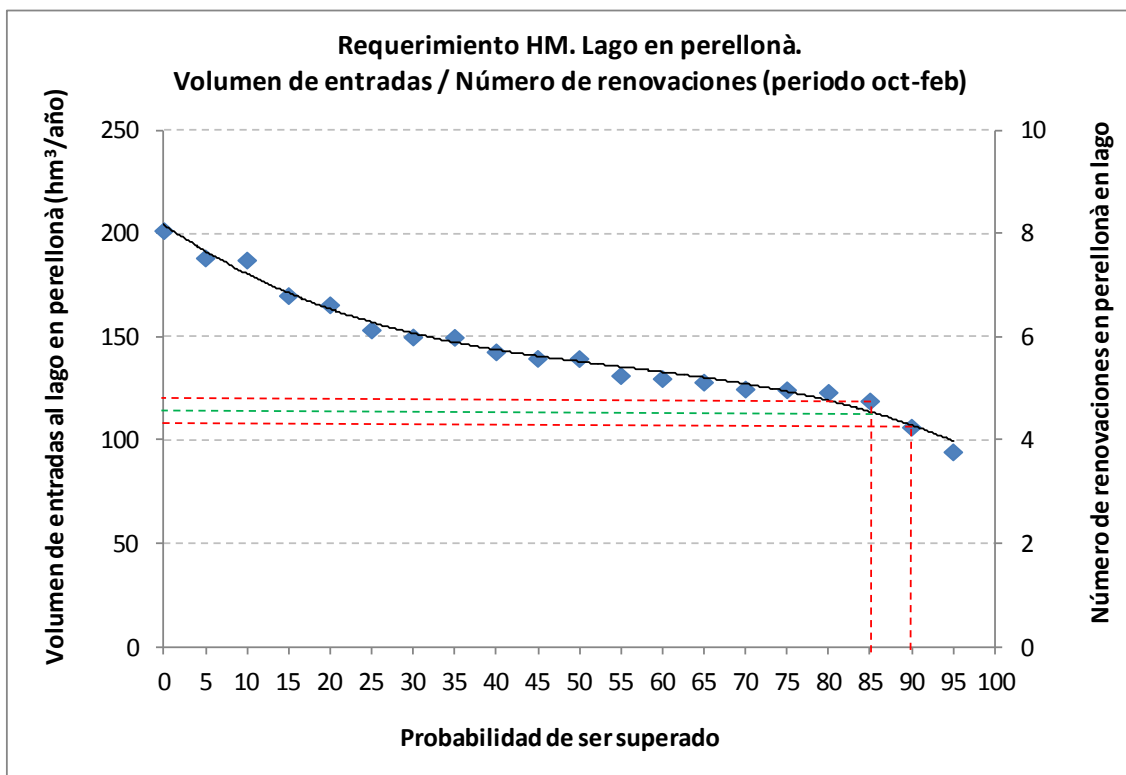


Figura 40. Requerimiento hidromorfológico de volumen de entradas a lago y número de renovaciones equivalente en la época de perellonà. Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Tabla 23. Propuesta de valor umbral establecido para el volumen de entradas al lago y número de renovaciones en perellona, en el lago de L'Albufera de Valencia.

		Cota superior: entrada lago P.85	Cota inferior: entrada lago P.90	Valor umbral propuesto
Percentil	hm³	119	107	113
85	nº renov	5	5	5

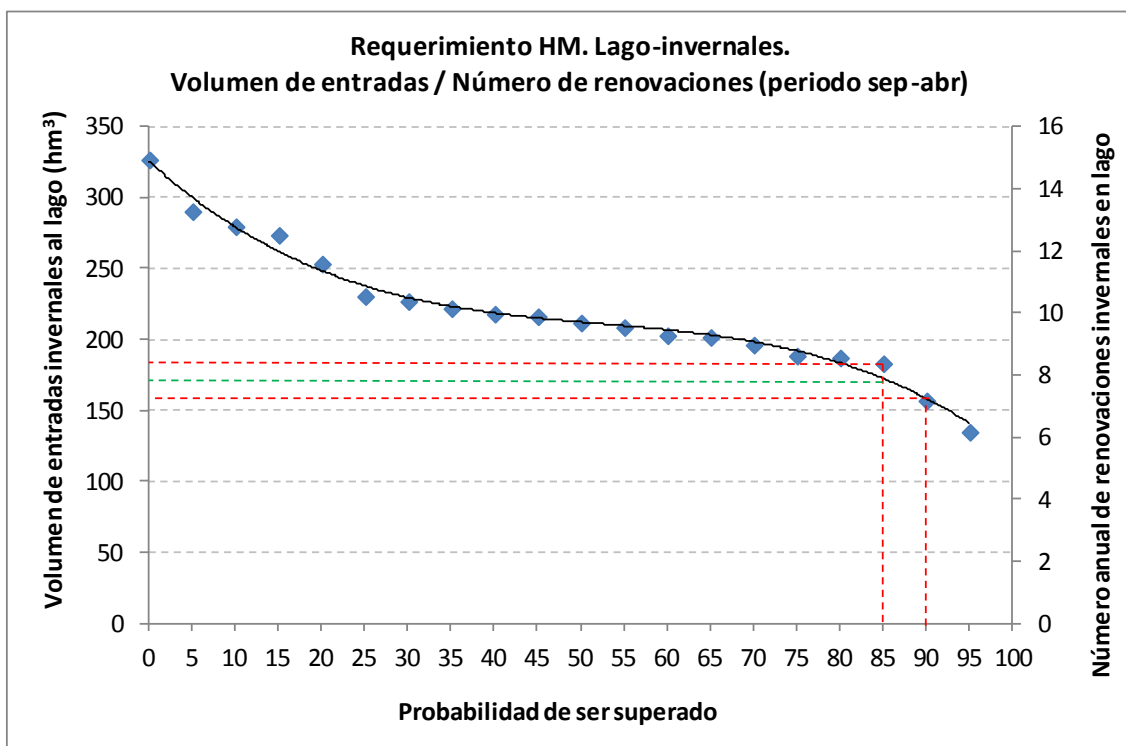


Figura 41. Requerimiento hidromorfológico de volumen de entradas invernales o ambientales en el lago y número de renovaciones equivalente. Modelo AquatoolDMA-Albufera.

Tabla 24. Propuesta de valor umbral establecido para el volumen de entradas invernales al lago y número de renovaciones equivalente en el lago de L'Albufera de Valencia.

		Cota superior: entrada lago P.85	Cota inferior: entrada lago P.90	Valor umbral propuesto
Percentil	hm³	184	157	171
85	nº renov	8	7	7

Una vez definidos los umbrales mínimos recomendables, a continuación se analiza el estado del sistema a lo largo de la serie histórica en relación a los mismos, para los años hidrológicos 1990/91 a 2009/10, y para los tres periodos temporales definidos: volumen y tasa de renovación anual, en perellonà e invernal.

Como puede observarse en las figuras siguientes, se produciría un incumplimiento en todos los casos en los años hidrológicos 1994/95 y en 2005/06, coincidiendo con los años de importante sequía, cumpliéndose en el resto de años.

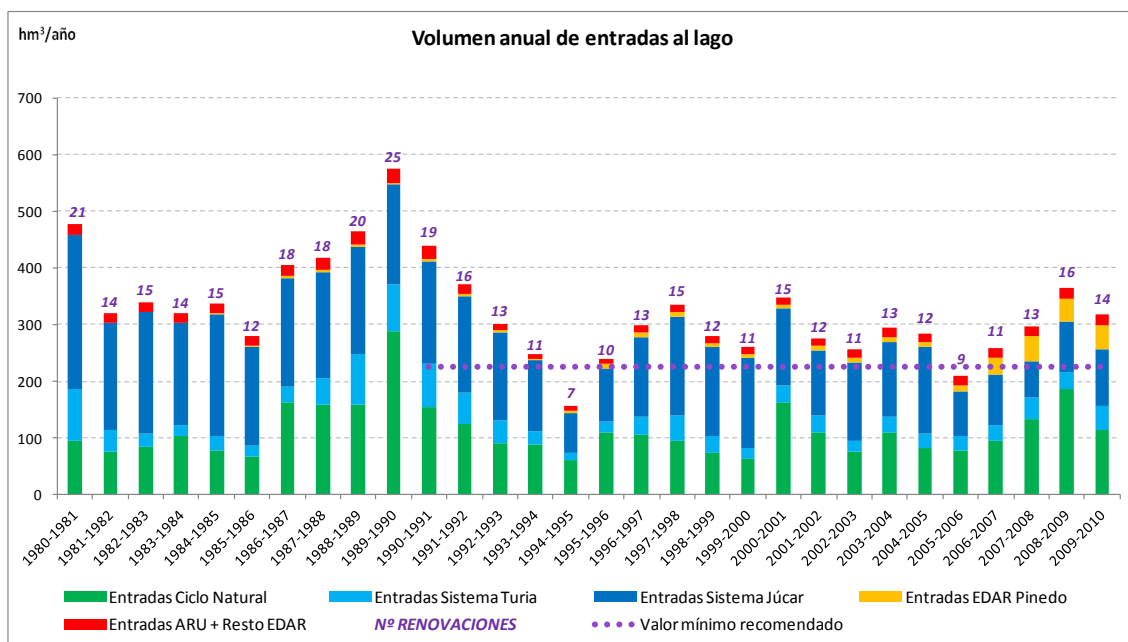


Figura 42. Estimación de las entradas totales al lago (hm^3) y el número de renovaciones del lago de L'Albufera, e indicación del requerimiento hidromorfológico establecido. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

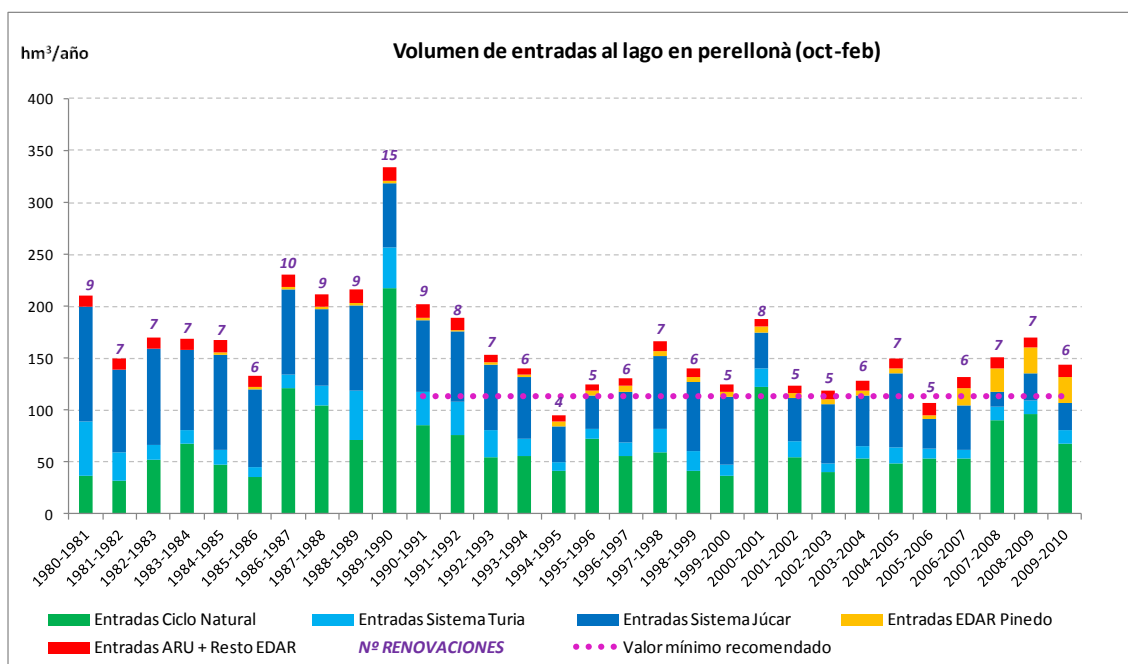


Figura 43. Estimación de las entradas al lago durante la perellonà (hm^3) en el periodo octubre-febrero (incluidos) y el número de renovaciones equivalente en el lago, e indicación del requerimiento hidromorfológico establecido. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

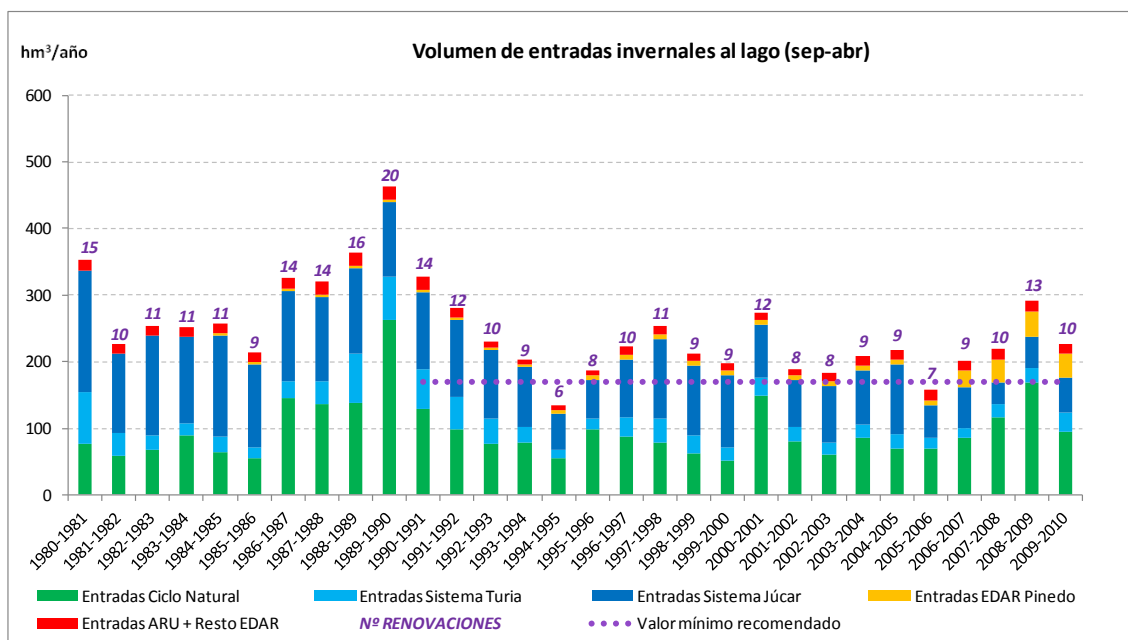


Figura 44. Estimación de las entradas invernales en el lago en el periodo de septiembre-abril (fuera de cultivo del arroz) en hm^3 , y número de renovaciones equivalente, e indicación del requerimiento hidromorfológico establecido. Resultados obtenidos mediante el Modelo AquatoolDMA-Albufera.

3.6. DEFINICIÓN DEL VALOR UMBRAL PARA EL REQUERIMIENTO FÍSICO-QUÍMICO DE CONDUCTIVIDAD

Por otra parte, estos aportes hídricos deberán contar con una calidad suficiente para garantizar el cumplimiento de los objetivos físico-químicos y biológicos. Además, deberán mantener un régimen anual que evite valores puntuales extremos sobre todo en lo referente a la conductividad pero también para la clorofila-a y el resto de parámetros.

También para garantizar la consecución del requerimiento de conductividad, relacionado con la sostenibilidad del cultivo del arroz, objetivo incluido en el propio PRUG del parque Natural. Para ello, el indicador se refiere al valor medio durante los meses de cultivo del arroz (de mayo a septiembre ambos inclusive). Los valores de la conductividad están influenciados por diversos factores geomorfológicos (intrusión), hidrológicos (calidad de los aportes hídricos), climatológicos (evaporación) o antrópicos (aportes de efluentes de depuradora, reutilización de agua del lago gracias al sistema de rebombes existente, utilización de fertilizantes). La condición límite a mantener en el lago en dicho periodo se obtiene del R.D. 1620/2007 sobre reutilización de aguas:

Tabla 25. Propuesta de valor límite recomendado para el requerimiento de calidad físico-químico conductividad en el lago de L'Albufera de Valencia, y referencias.

LAGO DE L'ALBUFERA				
REQUERIMIENTO			ESTABLECIMIENTO DEL VALOR LIMITE RECOMENDADO	REFERENCIAS
TIPO	DEFINICION	UD		
FQ	Condiciones generales. Salinidad. Valor medio de la conductividad eléctrica a 20° C en el lago durante los meses de cultivo del arrozal (mayo-agosto)	µS/cm	3000	RD 1620/2007 de reutilización de aguas (asumido como referencia para la sostenibilidad del arrozal)

A continuación se compara el valor límite establecido, con la serie histórica obtenida a partir de datos observados en el lago, concluyendo que salvo en años de sequía, la conductividad del lago ha permanecido dentro del rango de requerimiento establecido, salvo los años de excepcional sequía, los años hidrológicos 1994/95 y 2006/07.

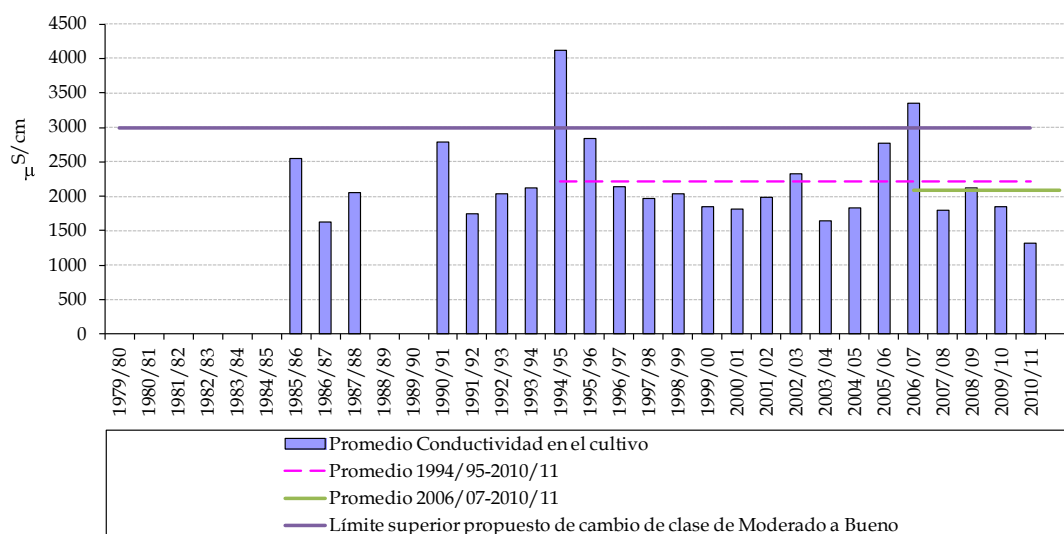


Figura 45. Evolución tendencial de las medias de los valores de conductividad registrados durante los meses del cultivo el arroz (mayo-agosto), en el periodo 1979/80 – 2010/11*, e indicación del límite superior propuesto para el requerimiento de conductividad en el lago. Fuente: CMAAUV.

*El año hidrológico 2010/2011 no es completo, faltando el último trimestre del año.

3.7. REQUERIMIENTOS HÍDROLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICO PROPUESTOS Y VALORES UMBRAL

A modo de resumen, la tabla siguiente sintetiza los requerimientos en materia de hidrología y físico-química analizados, así como los valores aconsejables a mantener con la finalidad de favorecer la consecución de los objetivos ambientales en el lago:

Tabla 26. Resumen de los requerimientos, valores límite y referencias.

LAGO DE L'ALBUFERA. REQUERIMIENTOS Y VALORES MÍNIMOS (HM) Y LÍMITE (FQ) RECOMENDADOS				
REQUERIMIENTOS			VALORES MÍNIMOS Y VALOR LÍMITE RECOMENDADOS	REFERENCIAS
TIPO	DEFINICION	UD		
HM	Volumen anual de entradas al lago	hm ³ /año	225	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10
	Nº de renovaciones anuales en el lago	Nº renovaciones	10	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10
	Volumen de entradas al lago en <i>perellonà</i>	hm ³ /año	113	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10. Supone un 50% del total de volumen anual que entra al lago.
	Nº de renovaciones en el lago en <i>perellonà</i>	Nº renovaciones	5	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10. Supone un 50% del total de renovaciones anuales del lago.
	Volumen de entradas invernales o ambientales al lago	hm ³ /año ³	171	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10. Supone un 76% del total de volumen anual que entra al lago.
	Nº de renovaciones invernales o ambientales en el lago	Nº renovaciones	7	Percentil del 85% respecto a los valores estimados para la serie histórica 1990/91 a 2009/10. Supone un 75% del total de renovaciones anuales del lago.
FQ	Condiciones generales. Salinidad. Valor medio de la conductividad eléctrica a 20° C en el lago durante los meses de cultivo del arrozal (mayo-agosto)	µS/cm	3000	RD 1620/2007 de reutilización de aguas (asumido como referencia para la sostenibilidad del arrozal)

3.8. PROCESO DE IMPLANTACIÓN

Desde el punto de vista volumétrico se aprecia una cierta estabilización de los aportes y salidas, ya que las nuevas entradas, procedentes especialmente del terciario de la EDAR de Pinedo, están compensando la reducción resultado tanto de las actuaciones de modernización y mejor gestión de los sistemas de riego como de la reciente sequía. Tampoco se han apreciado descensos piezométricos significativos debido a la puesta en funcionamiento de pozos de sequía durante este período.

En lo que respecta a los requerimientos hídricos necesarios, el vigente Plan Hidrológico del Júcar estima las necesidades del Parque Natural de L'Albufera en 100 hm³/año. En los últimos años, a pesar de la situación de sequía, los aportes hídricos estimados en el lago (sensiblemente menores que en el conjunto del parque natural) se han situado por encima de este valor, en torno a 225 hm³/año, por lo que el objetivo a establecer en el Plan hidrológico de cuenca será este nuevo valor para asegurar de forma conservadora el mantenimiento de un adecuado balance hídrico. En este sentido, el Plan deberá asegurar que la gestión ordinaria, junto con las aportaciones naturales, garanticen estos aportes mínimos y asegurar aportes extraordinarios cuando no sea así.

Por otra parte, se establece la necesidad de cumplir unos requerimientos mínimos en materia de conductividad en el lago, establecido en 3.000 µS/cm, sobre todo en los meses de cultivo del arroz, dado que es un requerimiento que está directamente relacionado con la sostenibilidad del mismo, y por tanto del ecosistema en general. El grado de cumplimiento histórico es bueno, por lo que es importante mantener las aportaciones necesarias para que este cumplimiento se mantenga, y se consiga en la medida de lo posible en época de sequía, que es cuando más sufre el sistema.

El cumplimiento de los requerimientos hídricos mínimos en el futuro, que se evalúa en el documento *Modelo de seguimiento de L'Albufera con AquatoolDMA. Escenarios de simulación* (CHJ, 2012), ayudará a su vez a la consecución de los objetivos ambientales. Estos objetivos ambientales se ven definidos en la actualidad a través del indicador biológico clorofila-a y del indicador físico-químico fósforo total. Sin embargo no será suficiente mantener unos volúmenes determinados en el lago, sino favorecer el que estas entradas lo hagan con buena calidad. En referencia a este importante aspecto, la Oficina Albufera ha realizado estudios de definición de los valores umbral a cumplir para el buen potencial ecológico, y ha desarrollado una serie de escenarios de simulación para evaluar el grado de cumplimiento de los mismos ante determinadas actuaciones en el marco del Parque Natural. Estos estudios pueden consultarse en los documentos *Modelo Sobek-WQ 1D-2D de calidad de aguas en L'Albufera de Valencia. Construcción, calibración y análisis de los indicadores de calidad físico-químicos y biológicos* (CHJ, 2012) y *Modelo Sobek-WQ 1D-2D de calidad de aguas en L'Albufera de Valencia. Escenarios de simulación* (CHJ, 2012).