

EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA EL SEGUIMIENTO DE ZONAS HÚMEDAS

1.- OBJETIVOS

Dentro del proceso de evaluación del estado de conservación y seguimiento de los espacios incluidos en la Red Natura 2000, el Servicio de Espacios Naturales y Biodiversidad dispone de muchas herramientas enfocadas en las especies (censos, sondeos, citas georeferenciadas en el BDB), pero pocas en los hábitats. Estos no sólo son importantes como sustento de aquellas, sino que requieren igualmente de un análisis de su evolución y estado de conservación para dar cumplimiento con lo dispuesto en la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres).

Dada esta falta de herramientas, se planteó el buscar indicadores, cartografía, análisis o cualesquiera otra fuente de datos en poder de otros Servicios o Administraciones, que, tomados de forma uniforme y en una adecuada escala espacial o temporal, pudieran servir como descriptores del estado y evolución de los hábitats que nos ocupan.

Entre estos, en la Red Natura 2000 destacan los hábitats acuáticos, tanto marinos como fluviales o zonas húmedas. Estas masas de agua son objeto rutinario de control de calidad tanto por parte de las secciones de Calidad Ambiental de los Servicios Territoriales de la Consellería (CITMA), como por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), por lo que se planteó solicitarles sus datos para analizar su calidad y utilidad.

El objeto de este informe es analizar los datos procedentes de la red de control de calidad de aguas de la CITMA para ver su utilidad.

2.- LA RED DE CALIDAD DE AGUAS DE ZONAS HÚMEDAS

La red de control de calidad del agua de la CITMA consta de 55 estaciones de seguimiento. De éstas, 53 recaen sobre los espacios de la Red Natura 2000 (tabla 1).

La relación de parámetros medidos por cada Servicio Territorial de la CITMA en las estaciones de muestreo se indica en la tabla 2, y la frecuencia con la que se realizan habitualmente estos muestreos en cada espacio se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Red de seguimiento de calidad de agua de la CITMA en los espacios de la Red Natura 2000. Se indica el número de estaciones de seguimiento en cada espacio, la frecuencia de muestreo anual y el servicio territorial de la CITMA.

Código	Nombre	Nº de estaciones	Servicio Territorial	Frecuencia anual
ES5222002	Marjal de Peñíscola	3	Castellón	Bimestral
ES0000060	Prat de Cabanes i Torreblanca.	5	Castellón	Mensual
ES0000211	Desembocadura del riu Millars	4	Castellón	Bimestral
ES5223007	Marjal d'Almenara	4	Castellón	Bimestral
ES0000148	Marjal dels Moros.	3	Valencia	4 mediciones
ES0000023	L'Albufera	7	Valencia	Mensual
ES0000147	Marjal de Pego-Oliva.	5	Valencia	Bimestral
ES0000120	Salinas de Santa Pola.	6	Alicante	Bimestral
ES0000058	el Fondo d'Elx-Crevillent	12	Alicante	Mensual
ES0000059	Llacunes de la Mata i Torrevieja.	4	Alicante	Bimestral

Tabla 2. Relación de parámetros medidos por cada servicio territorial de la CITMA

Parámetro	Servicio Territorial		
Prof (cm)			Valencia
Disco de Secchi (cm)			Valencia
Cloruros (mg/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	Alicante	Castellón	Valencia
Dureza (mg CO ₃ Ca/l)	Alicante	Castellón	Valencia
DBO5 (mg O ₂ /l)	Alicante	Castellón	Valencia
DQO (mg/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Turbidez		Castellón	
Materia en suspensión (mg/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Conductividad (ms/cm)	Alicante	Castellón	Valencia
Nitratos (mg NO ₃ /l)	Alicante	Castellón	Valencia
Nitritos (mg NO ₂ /l)	Alicante	Castellón	Valencia
Amonio (mg NH ₄ /l)	Alicante	Castellón	Valencia
Amoniaco (mg/l NH ₃ +		Castellón	Valencia
Fosfatos (mg P/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Nitrogeno			Valencia
Tensoactivos (mg LSNa/l)	Alicante	Castellón	
Cloro residual (mg Cl/l)	Alicante	Castellón	Valencia
pH	Alicante	Castellón	Valencia

Temperatura (° C)	Alicante	Castellón	Valencia
Oxígeno disuelto (mg/ l O ₂)	Alicante	Castellón	Valencia
Clorofila a (mg / l)	Alicante		Valencia
Clorofila b (mg / l)	Alicante		
Clorofila c (mg / l)	Alicante		
Cadmio (mg Cd/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Cinc (mg Zn/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Cobre (mg Cu/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Mercurio (mg Hg/l)	Alicante	Castellón	Valencia
Plomo		Castellón	Valencia
Cromo		Castellón	Valencia
Boro		Castellón	
Manganeso			Valencia
Magnesio			Valencia
Niquel			Valencia
Hierro			Valencia
Fenoles		Castellón	
Mircrocistinas			Valencia

3.- PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos recibidos tienen periodos y formatos muy variables, por lo que para este análisis se escogieron sólo aquellos que aparecían con una serie temporal larga y que pertenecieran a lugares Natura 2000 de gran relevancia. Con estos criterios se escogieron los procedentes del Parc Natural de l'Albufera y del Parc Natural del Hondo.

Los criterios utilizados para seleccionar los parámetros de estudio, las estaciones de muestreo en cada humedal, así como en el tratamiento de los datos de campo se exponen a continuación.

4.- ANÁLISIS DE AGUAS CONSIDERADOS

4.1.- Analítica disponible

Para el periodo estudiado en ambos humedales, existe un registro temporal de los parámetros físico-químicos del agua (tabla 3). La periodicidad de los datos es mensual desde el momento en que se comienzan a registrar. Además, se dispone de los registros

de plaguicides (tabla 4) que se determinan tres veces al año (generalmente en mayo, junio y octubre) para el Hondo y a lo largo de todo el año para l'Albufera.

Tabla 3. Parámetros físico-químicos del agua que se cuantifican en l'Albufera y El Hondo. Se indica el año de inicio de toma de los datos.

Parámetro	Albufera	El Hondo
Profundidad	1995	--
Disco Secchi	1995	--
Cloruros (mg/l)	--	2000
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	1995	2000
Dureza (mg Ca/l)	1995	2000
DBO5 (mg O ₂ /l)	2000	2000
DQO (mg/l)	2000	2000
Materia en suspensión (mg/l)	1995	2000
Conductividad Laboratorio 20º C (us/cm)	1995	2000
Conductividad "in situ" (us/cm)	1996	
Nitratos (mg NO ₃ /l)	1995	2000
Nitritos (mg NO ₂ /l)	1995	2000
Amonio (mg NH ₄ /l)	1995	2000
Amoniaco (mg NH ₃ /l)	1995	--
Tensoactivos (ug LSNa/l)	--	2000
Cinc (ug Zn/l)	2000	2000
Cadmio (ug Cd/l)	2000	2000
Cobre (ug Cu/l)	2000	2000
Cloro residual (mg Cl/l)	1996	2000
Mercurio (ug Hg/l)	2000	2000
Fosfatos (mg P/l)	1995	2000
pH Laboratorio	1995	2000
pH "in situ"	1995	2000
Temperatura (° C)	1994	2000
Oxígeno disuelto (mg / l O ₂)	1995	2000
Clorofila a (ug / l)	1996	2000
Clorofila b (ug / l)	--	2000
Clorofila c (ug / l)	--	2000
Microcistinas	2006	--

Tabla 4. Relación de plaguicidas analizados en las acequias de l'Albufera de Valencia y El Hondo de Elche por la CITMA.

Plaguicida	Humedal
Carbendacima (ug/l)	Albufera
Clorfenvinfos (ug/l)	Albufera y El Hondo
Clorpirifos (ug/l)	Albufera y El Hondo
Deltametrina (ug/l)	Hondo
Diazinon (ppb)	Albufera
Dimetoato (ppm)	Albufera
Endosulfan (ppm)	Albufera y El Hondo
Fenitrotion (ppm)	Albufera
Imazalil (ug/l)	Albufera
Imidacloprid (ppb)	Albufera
Lambda Cihalotrin (ug/l)	Hondo
Lindano (ug/l)	Hondo
Malation (ppb)	Albufera
Metil-Paratión (ug/l)	Hondo
Oxiclordano (ppm)	Albufera
Permetrina (ug/l)	Hondo
Terbuconazole (ppb)	Albufera
Tetradifon (ppm)	Albufera
Tiabendazol (ug/l)	Albufera
Triazinas (ppb)	Albufera

4.2.- Selección de parámetros

Dado el enorme volumen de datos disponibles, se realizó una elección de aquellos que pudiesen indicar la calidad del agua, tras consultar la bibliografía especializada y a personal encargado de la toma de esos datos. Con estos criterios se seleccionaron los parámetros que figuran en la Tabla 5.

Tabla 5. Relación de parámetros físico-químicos seleccionados para estudiar la calidad del agua.

Parámetro	Observaciones (l'Albufera)	Observaciones (El Hondo)
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	--	--
DBO5 (mg O ₂ /l)	El 32% de los datos se indican como "<15"	--
Materia en suspen. (mg/l)	--	--
Conductividad (us/cm)	--	--
Nitratos (mg NO ₃ /l)	El 67% de los datos se indica como "<1"	--
Amonio (mg NH ₄ /l)	El 33% de los datos se indican como "<0,05"	El 19% de los datos se indican como "<0,05"
Fósforo (mg P/l)	El 31% de los datos se indican como "<0,1"	El 90% de los datos se indican como "<0,2"
pH	--	--
Oxígeno disuelto (mg/l O ₂)	--	Sólo datos completos 2000-2002
Clorofila a (ug / l)	--	--

4.3.- Selección de estaciones de muestreo

La localización tipología y coordenadas de las estaciones de muestreo para las que se dispone de datos se indica en las figuras 1 y 2, así como en la tabla 6. En dicha tabla, se aprecia como no se dispone de datos de todos los años para todas las estaciones, destacando particularmente esta carencia de datos en El Hondo a partir de 2008.

Las estaciones de muestreo se pueden clasificar en dos grandes tipos en función del tipo de agua que contienen:

- Canales: Estructuras por donde discurre el agua de entrada o de salida al humedal.
- Laguna costera: Zonas de aguas calmadas que se corresponde con ambientes palustres.



Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo en l'Albufera de Valencia.



Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en El Hondo de Elche

Tabla 6. Localización de las estaciones de muestreo en l'Albufera de Valencia y El Hondo de Elche. Se indican las estaciones relativas a canales y lagunas costeras. Se indica el número de años de seguimiento desde 1995 para l'Albufera y desde el año 2000 para El Hondo.

	Nombre de la estación	Tipología	Nº años	Falta de muestreo
L A l b u f e r a	A1: Entre la mata de San Roc y L'Antina	L. costera	17	--
	A2: Entre la punta Lleveig y la Mata del Rei	L. costera	17	--
	A3: Entre el bco. Massanassa y la punta Lleveig	L. costera	17	--
	B1: Entre la Mata La Barra y mata L'Antina	L. costera	17	--
	B2: Entre la mata San Roc y la mata del Fang	L. costera	17	--
	C1: Frente Tancat de Sacares	L. costera	17	--
	C2: Pto. Medio Punta Lleveig y mata del Rei.	L. costera	17	--
	Acequia Dreta	Canal	17	--
	Acequia Obera	Canal	17	--
	Acequia Alqueresia	Canal	17	--
	Puerto de Silla	Canal	17	--
	F Mariano	Canal	1	Todos excepto 2011
	Albal	Canal	17	--
	Catarroja	Canal	17	--
	Barranco de Chiva	Canal	17	--
	Ravisanxo	Canal	17	--
Acequia Oro	Canal	4	1995-2002, 2004, 2006-2008, 2010	
E l H o n d o d e E l c h e	Embalse Poniente	L. costera	9	2005, 2008, 2011
	Embalse de Levante	L. costera	10	2008, 2011
	La Reserva	L. costera	11	2008
	Canal Norte de Poniente	Canal	11	2008
	Codo de Poniente	Canal	8	2008, 2009, 2010, 2011
	Azarbe de Poniente	Canal	12	--
	Canal Principal	Canal	11	2008
	Azarbe Convenio	Canal	12	--
	Azarbe Orones	Canal	12	--
	Laguna Rincón	Canal	5	--
	Laguna Saladar	Canal	7	--
Azarbe canalillo	Canal	8	2008, 2009, 2010, 2011	

Una primera exploración de los datos hizo patente la gran diferencia en calidad de aguas entre estos dos tipos de estaciones. En las figura 3 y 4, se observa que los valores más elevados de nutrientes (nitratos, amonio y fosfatos) suelen encontrarse en los canales; mientras que las concentraciones de clorofila-a, materia en suspensión, así como la materia orgánica e inorgánica (detectadas mediante la oxidabilidad y el DBO) suelen ser más altos en las lagunas. En la tabla 7, se muestra esta diferencia en las tipologías para todos los parámetros seleccionados.

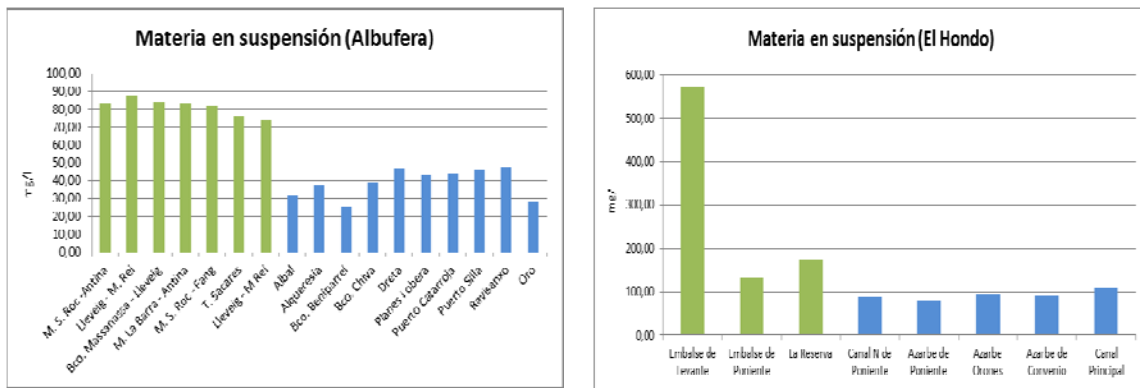


Figura 3. Comparación de los valores medios de la materia en suspensión entre las lagunas costeras y los canales en l'Albufera de Valencia y El Hondo.

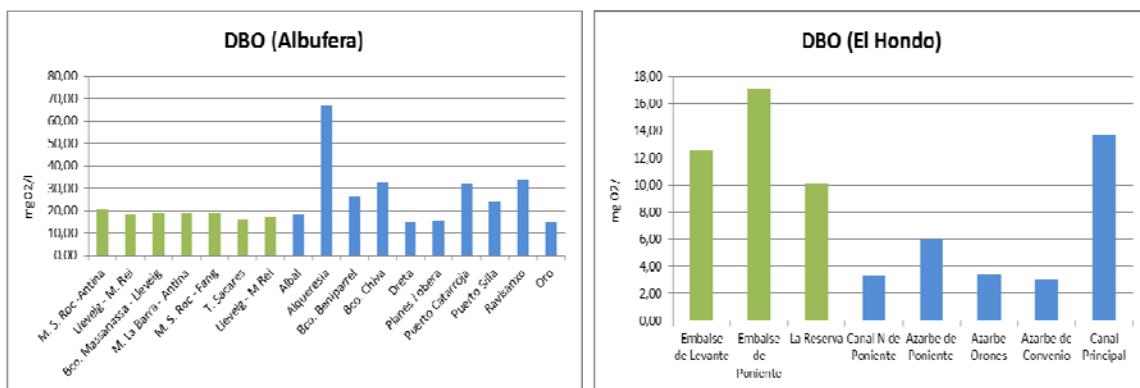


Figura 4. Comparación de los valores medios de la DBO entre las lagunas costeras (verde) y los canales (azul) en l'Albufera de Valencia y El Hondo.

Tabla 7. Valor medio de los parámetros según su tipología (canales o lagunas costeras). Los valores más elevados se indican con la celda sombreada. Se han eliminado las estaciones con un seguimiento inferior a 9 años.

Parámetro	Albufera		El Hondo	
	L. costera	Canal	L. costera	Canal
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	18,62	15,55	23,24	13,70
DBO5 (mg O ₂ /l)	18,30	28,03	14,20	4,82
Materia en suspensión (mg/l)	81,70	38,91	83,45	68,52
Conductividad (us/cm)	2072	1565	12.260	10.978
Nitratos (mg NO ₃ /l)	4,46	44,34	14,37	37,29
Amonio (mg NH ₄ /l)	0,49	5,13	0,64	0,54
Fosfatos (mg P/l)	0,25	0,66	0,20	0,23
pH	8,97	7,73	7,91	7,70
Oxígeno disuelto (mg/ l O ₂)	11,45	6,24	5,79	4,91
Clorofila a (ug / l)	151	19,22	90,79	32,97

Dadas estas acusadas diferencias, se escogieron para posterior análisis sólo aquellas estaciones localizadas en el hábitat más representativo de los espacios considerados. Así, para l'Albufera se escogieron las estaciones del Lago y para El Hondo, los embalses de Levante, Poniente y La Reserva.

4.4.- Tratamiento de los datos

Realizada la selección de variables y de estaciones, antes de analizar los parámetros elegidos se revisaron todos los datos de campo originales, y se realizaron los ajustes necesarios en las bases de datos. Los ajustes realizados fueron los siguientes:

- En los casos en que se tomó más de una medición dentro de un mes natural, el cálculo mensual se ha realizado mediante la media aritmética de todas las mediciones.
- Todos los datos que figuraban como <X, se asimilaron a X (p. ej. Fosfatos >0,2 = Fosfatos 0,2). Esta situación se da en aquellas sustancias en las que existe una limitación en la detección por debajo del umbral requerido (fosfatos, nitratos,

amonio y DBO). Por lo tanto, en estos casos la concentración de la sustancia será siempre inferior a la indicada. Los ajustes realizados se indican en la tabla 8.

- Se eliminaron datos extremos, probablemente debido a errores (p. ej. pH menor de 6, mayor de 10; O2 disuelto superior a 40).

Tabla 8. Relación de ajustes realizados en los parámetros para realizar el cálculo del valor medio.

Parámetro	Lugar	Aparece como	Se indica como
DBO	Albufera	< 5	5
	Acequias	< 15	15
Amonio	Albufera	< 0,05	0,05
	Acequias	< 0,35	0,35
Nitratos	Albufera	< 1	1
	Acequias	< 1	1
		< 5	5
		< 10	10
Fosforo	Albufera	< 0,1	0,1
	Acequias	< 0,1	0,1

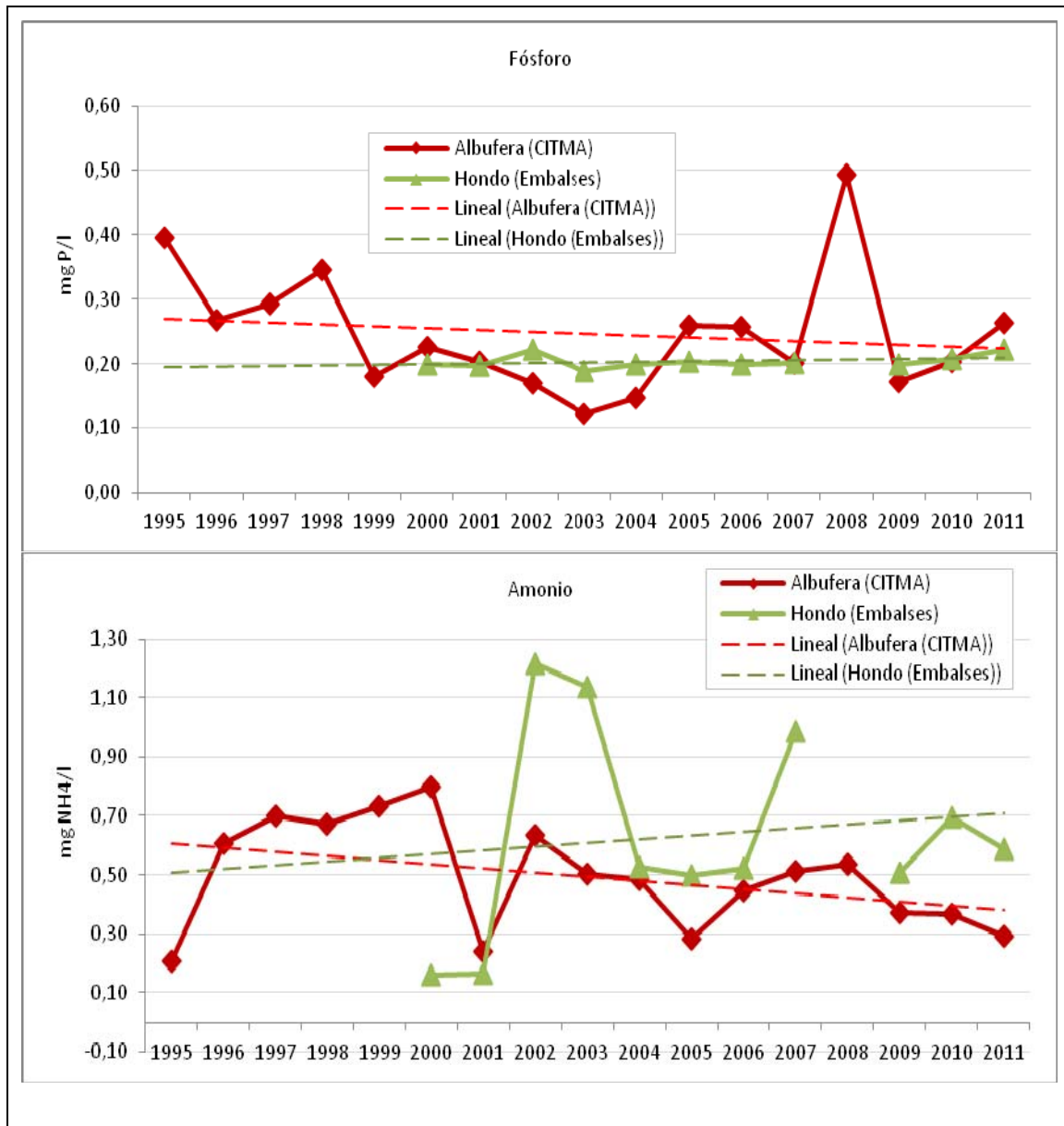
Posteriormente, se estudió la tendencia temporal de cada parámetro mediante la representación gráfica de los valores medios anuales y el ajuste de los mismos a una recta (línea de tendencia lineal) que mejor se acople a los datos utilizando el método de mínimos cuadrados.

5.- RESULTADOS

5.1.- Nutrientes (Nitratos, amonio y fosfatos)

Generalmente los valores de nitrato y amonio son más elevados en El Hondo, mientras que los de fósforo tienden a ser más elevados en l'Albufera. Sin embargo, en este último humedal se observa una tendencia a la baja de las concentraciones de fósforo y amonio, y una suave tendencia al alza de los nitratos (figura 5). Esta leve tendencia al alza habría que analizarla con mayor detalle ya que podría ser consecuencia de los equilibrios en el ciclo del nitrógeno. En El Hondo hay una tendencia al aumento de las concentraciones de estos tres nutrientes siendo el fósforo el que se manifiesta en niveles más estables.

Pese a lo anterior, tal y como se ha indicado en material y métodos (tabla 6), los valores registrados en las tablas como “<X, se ajustaron a X para construir las gráficas. Por lo tanto, la concentración real de estos nutrientes debe ser menor al valor que se ajustó para realizar estos cálculos.



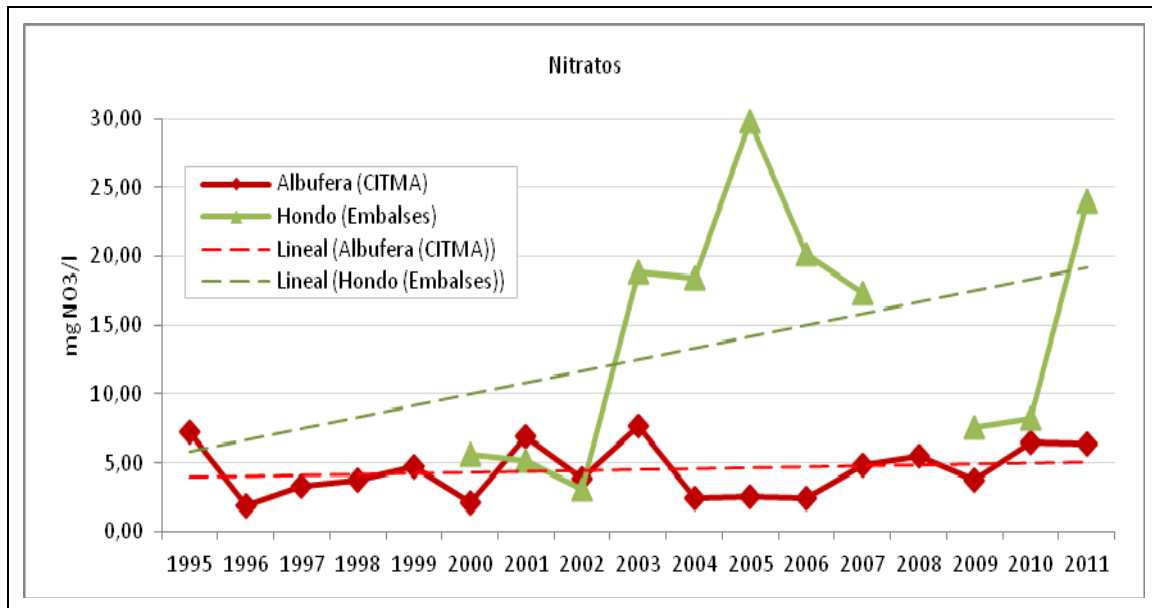


Figura 5. Evolución de los niveles de nutrientes (nitratos, amonio y fósforo) en l'Albufera y El Hondo.

5.2 Materia orgánica e inorgánica (oxidabilidad y DBO)

La oxidabilidad es más alta en El Hondo, mientras que los valores de DBO son mayores en l'Albufera (figura 6). Sin embargo, analizando la tendencia interanual se observa una disminución en l'Albufera para ambos parámetros, mientras que El Hondo muestra una tendencia al alza en la DBO. En este sentido, llama la atención el acusado incremento registrado en ambos humedales durante el año 2011 para la DBO, lo que ha ocasionado que la tendencia global desde el año 2000 en El Hondo sea al alza.

Dado que la oxidabilidad es un indicador de la concentración de materia orgánica e inorgánica oxidable presente en el agua, y que la DBO indica la concentración de materia orgánica, los resultados mostrados en la figura 6, parecen indicar que los aportes de materia inorgánica e inorgánica han disminuido en ambos humedales (exceptuando el año 2011).

Pese a lo anterior, al igual que se ha indicado en los nutrientes, es importante señalar que los datos representados en estas gráficas para el DBO se corresponden con los valores de ajuste en los casos en los que el nivel de detección no fue suficientemente preciso, por lo que la DBO media debe ser algo menor.



Figura 6. Evolución de los niveles de oxidabilidad y DBO en l'Albufera y El Hondo.

5.3. Clorofila, materia en suspensión, oxígeno disuelto y pH

En l'Albufera los niveles de clorofila-a, oxígeno disuelto y pH son generalmente más elevados que en El Hondo, mientras que los de la materia en suspensión son mayores en este segundo lugar. Al examinar la tendencia interanual, se observa una disminución de los valores de estos indicadores en ambos humedales, excepto para el oxígeno disuelto y la materia en suspensión en El Hondo (figura 7).

En l'Albufera la tendencia a la baja del oxígeno disuelto, el pH y la materia en suspensión podría estar relacionada con la disminución en la concentración de clorofila-a. Esto es debido a que, dado que las mediciones de los valores de estos indicadores se realizan durante el día, una disminución en la concentración de clorofila implica una menor actividad fotosintética lo que a su vez provoca una menor cantidad de oxígeno disuelto en el agua y una mayor concentración de CO₂, lo que esto último provoca una disminución del pH. Con los datos disponibles no puede determinarse una tendencia en la concentración de oxígeno en El Hondo.





Figura 7. Evolución de los niveles de clorofila, materia en suspensión, oxígeno disuelto y pH en l'Albufera y El Hondo.

5.4. Conductividad

En El Hondo los valores de conductividad son mucho más elevados y fluctuantes que en l'Albufera de Valencia, presentando una ligera tendencia al alza como consecuencia de los elevados valores registrados durante el año 2010 (los mayores durante todo el periodo de estudio). Por el contrario, en l'Albufera se observa una menor oscilación interanual, con una ligera tendencia a la baja (figura 8).

La explicación a la gran diferencia observada entre ambos humedales (tanto en los niveles de concentración, como en la oscilación interanual) hay que buscarlos en el

origen de las aguas que llegan a los espacios. El Hondo es un humedal que se abastece principalmente de agua del río Segura, seis azarbes y aguas de escorrentía. Las aguas del Segura pueden llegar con valores entre 1000-6000 us/cm³, incrementándose estas cifras en el proceso de embalsado por las características del suelo, por posibles filtraciones del freático y por concentración producida por la evaporación. A esto habría que añadir que cuando la salinidad es muy alta, el agua deja de ser válida para el riego y no se bombea al exterior, incrementándose todavía más la salinidad y la carga orgánica.

En cambio, en l'Albufera además de no recibir aportes de aguas con tan elevada concentración salina, es un humedal con mayor capacidad de amortiguar los puntuales aportes que con mayor concentración salina.

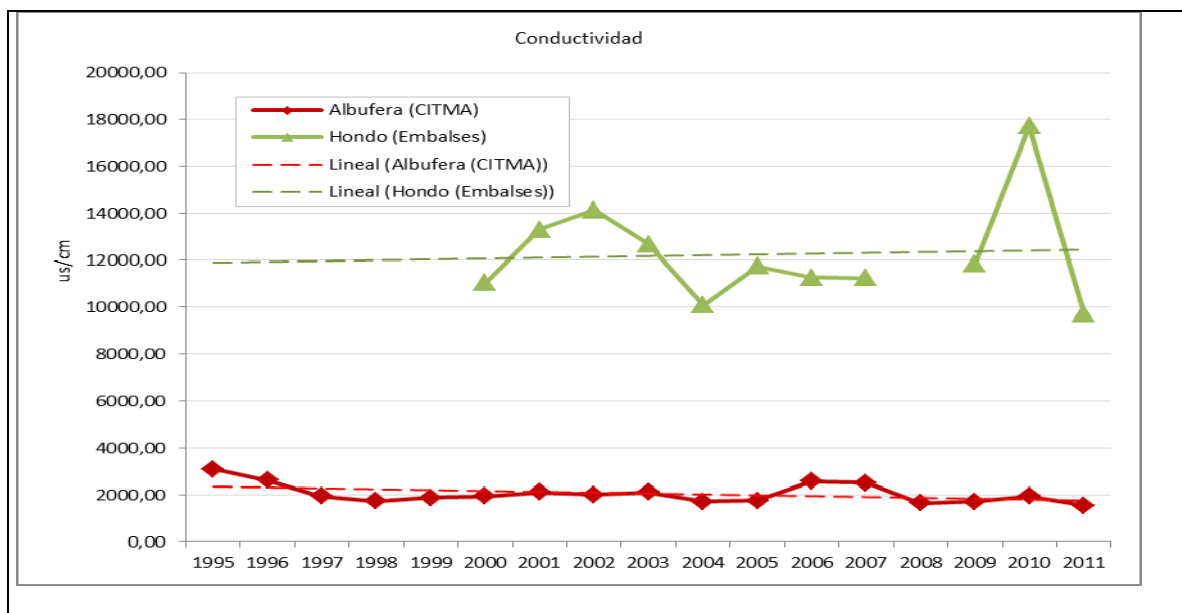


Figura 8. Evolución de la conductividad en l'Albufera y El Hondo.

CONCLUSIONES

En l'Albufera de Valencia la tendencia a la baja en la concentración de todos los parámetros estudiados (excepto para los nitratos), indican un incremento de la calidad de las aguas del humedal durante el periodo de estudio (tabla 9). Sin embargo, en El Hondo la tendencia al alza de los nutrientes, y de parte de los parámetros relacionados con la biomasa algal, parecen estar indicando que está produciéndose una disminución en la calidad de sus aguas. Sin embargo, estos datos habría que analizarlos con mayor detalle ya que tres de los parámetros con tendencia al alza (nitratos, amonio y DBO) no se registran con suficiente precisión, tal y como se ha comentado en material y métodos.

Tabla 9. Tendencia de los parámetros físico-químicos estudiados en l'Albufera y El Hondo.

Parámetro	Albufera	El Hondo
Nitratos (mg NO ₃ /l)	Estable	Alza
Amonio (mg NH ₄ /l)	Baja	Alza
Fosfatos (mg P/l)	Baja	Estable
Oxidabilidad (mg O ₂ /l)	Baja	Baja
DBO5 (mg O ₂ /l)	Baja	Alza
Clorofila a (ug / l)	Baja	Baja
Materia en suspensión (mg/l)	Baja	Alza
Oxígeno disuelto (mg/ l O ₂)	Baja	Alza
pH	Baja	Baja
Conductividad (us/cm)	Baja	Estable

Servicio de Espacios Naturales y Biodiversidad

Diciembre, 2012