

# INVENTARIO ABIERTO DE LOS HUMEDALES DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA ALMERIENSE: CONSIDERACIONES SOBRE SU TIPIFICACIÓN

JOSÉ JESÚS CASAS, FRANCISCO CALVACHE, SERGIO DELGADO, JAIME GARCÍA-MAYORAL, SOLEDAD VIVAS, MARÍA DEL MAR BAYO, DALILA LÓPEZ Y MANUEL ORTEGA  
*Dpto. de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Almería, Cañada de San Urbano, s/n, 04120, e-mail: jjcasas@ual.es*

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha destacado la importancia de los humedales como ecosistemas, que se manifiesta en aspectos tales como su papel estructural clave en el paisaje, constituyendo con frecuencia puntos calientes de biodiversidad, o su relevante contribución funcional en la regulación hidrodinámica y de los ciclos hidrogeoquímicos (Mitsch y Gosselink, 2000). En las regiones áridas los humedales suelen tener un particular valor por su especial contribución a la diversificación del paisaje, alta productividad y generación de microclimas de fuerte contraste con la aridez circundante (Gonzalez-Bernáldez, 1989; Hollis, 1990; Gómez *et al.*, 1990). Este reconocimiento, conjuntamente con la documentada alta tasa de desaparición y degradación de humedales (por ejemplo, Keddy, 2000), ha alentado iniciativas científicas y administrativas encaminadas a procurar la conservación y restauración de estos valiosos ecosistemas (por ejemplo, Montes *et al.*, 1995). Incluso, esta tendencia actual está propiciando la construcción de humedales artificiales con fines diversos (por ejemplo, Vymazal, 1995).

Cualquier iniciativa de protección de la naturaleza debe basarse en inventarios, lo más exhaustivos posible, y clasificaciones de los ecosistemas a conservar y gestionar que permitan el desarrollo de planes ajustados a las peculiaridades y valores naturales de cada región. Estos inventarios, si están bien documentados, suelen resultar bastante útiles para el desarrollo de estudios o informes de impacto ambiental. Desde el punto de vista de la investigación limnológica, los inventarios y clasificaciones de humedales son herramientas esenciales para la selección de escenarios en los que desarrollar estudios básicos o aplicados (estudios experimentales de campo y experimentos naturales, limnología regional, biogeográficos, etc.). Además, los trabajos de inventariado y clasificación de humedales deberán tener especial trascendencia en un horizonte próximo, cuando entre en vigor la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) que exigirá una periódica evaluación ecológica de estos ecosistemas con arreglo a una tipología previamente establecida y unas condiciones de referencia para cada tipo.

Según Hollis (1995), en Europa y especialmente en los países mediterráneos, urge la elaboración de inventarios de humedales que incluyan especialmente a los severamente degradados e incluso a los ya desaparecidos, para facilitar el desarrollo de programas prioritarios de restauración. Las labores de inventariado de humedales en España cuentan con un estudio paradigmático, el llevado a cabo por Casado y Montes (1995) para aquellas masas de agua con una superficie de lámina de agua superior a 0,5 ha. Existen también interesantes iniciativas regionales de inventariado y tipificación como, por ejemplo, la de Robledano *et al.* (1991) para los humedales de Murcia.

Los humedales litorales de la provincia de Almería, los más abundantes y extensos, aparecen inventariados en el trabajo de Casado y Montes (1995). Estos humedales han sido bien caracterizados desde el punto de vista de la avifauna que albergan (por ejemplo, Castro, 1993; Paracuellos, 2001) y de las características fisicoquímicas e impactos sobre su calidad ambiental (Ortega *et al.*, 2000; Ortega, 2001; Castro *et al.*, 2001) y en general están amparados por alguna figura de protección administrativa. El único humedal almeriense del que se dispone de una detallada caracterización limnológica es el de las Albuferas de Adra (por ejemplo, Cruz-Pizarro *et al.*, 2002). Otros humedales litorales de menor importancia para la avifauna (por su menor extensión) solo aparecen inventariados en algún trabajo de orientación ornitológica (por ejemplo, Paracuellos, 2001) y están poco o nada caracterizados desde el punto de vista ecosistémico.

El presente estudio pretende hacer un inventario, y caracterización preliminar, de los humedales almerienses ajustado al estado actual de disponibilidad de datos, que eventualmente permita disponer de una referencia básica para la planificación de estudios limnológicos y alentar y nutrir iniciativas de conservación. Igualmente, pretende hacer algunas consideraciones sobre la tipificación de estos humedales a la luz de las propuestas de la Directiva Marco del Agua. En este inventario se incluyen también algunos ríos o arroyos de la zona semiárida que, por sus características de funcionamiento hidrodinámico (discontinuidad espacio-temporal que minimiza la predominante conexión longitudinal característica de un sistema fluvial) y por los rasgos taxonómicos y funcionales de sus comunidades biológicas, se aproximan más a la definición y naturaleza del humedal “sensu stricto”.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la región semiárida de la provincia de Almería, incluyendo algunas localidades en zonas montañosas del Sistema Bético adyacentes: Sierra Nevada, Sierra Alhambra, Sierra de Gádor y Sierra de Filabres (Fig. 1). El gradiente de condiciones climáticas que abarca esta zona es muy amplio. El termotipo va desde el termomediterráneo en la costa hasta el oromediterráneo en alguna sierra. El ombrotipo dominante es el semiárido, con algunas localidades en seco e incluso subhúmedo. En general en el litoral semiárido la temperatura media anual oscila de 17,6 °C a 18,2 °C y la precipitación media anual presenta un rango de variación entre 200 y 250 mm (Capel, 1990).

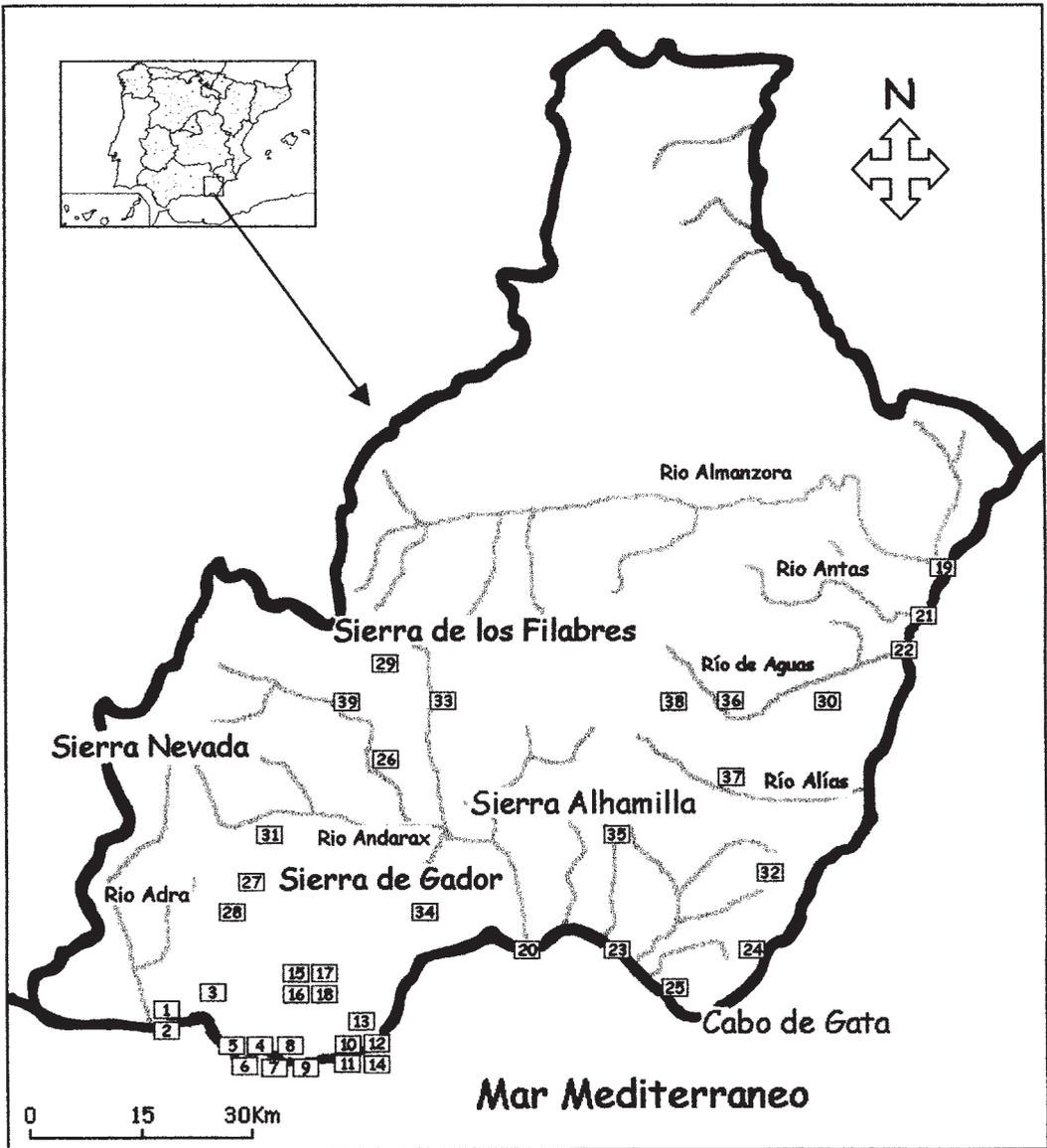


FIG. 1.- Localización de los humedales inventariados en la provincia de Almería. La numeración se corresponde con la que aparece en las Tablas 1-4.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos fisicoquímicos y morfométricos de los humedales Desembocadura del Río Antas, Salinas de Cabo de Gata, Charcón del Hornillo (Salinas de Cerrillos) y Punta Entinas, así como algunos datos de las Albuferas de Adra, han sido recopilados de Sánchez-Martos y Molina (1996), Sánchez-Martos *et al.* (2000), Ortega *et al.* (2000), Ortega (2001), Paracuellos (2001) y Cruz-Pizarro *et al.* (2002). Para el resto de los humedales inventariados se presentan datos, hasta el presente inéditos, obtenidos en campo y laboratorio. Estos datos fueron recopilados, con distinta frecuencia dependiendo del humedal, a lo largo de diferentes campañas de muestreo trimestrales desde la primavera de 1999 hasta el otoño de 2001. Aquellas variables para las que se indica un rango de valores, este incluye al menos 4 medidas anuales (primavera, verano, otoño e invierno).

En campo, se estimó la superficie para las charcas más pequeñas y la anchura y profundidad media en los arroyos. Mediante observación “in situ”, y a veces también mediante encuesta en las poblaciones próximas, se anotó el tipo predominante de drenaje (epigénico/ hipogénico; mixto; abierto/cerrado), la permanencia (permanente/temporal, intermitente para los ríos), así como el origen natural o antropogénico del sistema. “In situ”, se estimaron pH (pH-metro Crison-507) y conductividad (conductivímetro Hanna HI-8733) del agua. También se obtuvo una muestra de agua (volumen entre 0,25 y 2 l) que se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman GF/C. El filtro con el material retenido se conservó protegido de la luz en 10 ml de acetona y se transportó al laboratorio en nevera para la extracción y medida de clorofila *a*. Por último se realizó una investigación mediante encuesta en las poblaciones cercanas y observación “in situ”, en el humedal y su entorno inmediato, de los distintos impactos a los que se encontraba sometido. La magnitud de cada tipo de impacto se valoró en una escala de 0 a 3, según que la intensidad del impacto fuese nula, leve, moderada o fuerte, respectivamente.

Una vez en el laboratorio, se midió espectrofotométricamente la concentración de clorofila *a* (mg/m<sup>3</sup>) previa extracción acetónica y refiltrado según el método tricromático (Wetzel y Likens, 1991). Mediante un estudio de gabinete, se determinaron otras características: altitud (mediante mapa topográfico de escala 1:25.000), superficie de la lámina de agua de las charcas de mayor tamaño (calculada a partir de fotografía aérea), composición litológica mayoritaria de la cuenca de drenaje para los ríos y arroyos (mapa IGME), diferenciando tres categorías de materiales (silíceo, calcáreo y margas y/o evaporitas), así como coordenadas UTM (calculadas a partir de mapas topográficos de escala 1:10.000).

Las consideraciones sobre la tipificación de los humedales se han realizado a la luz de las propuestas incluidas en la Directiva Marco sobre el Agua (DMA en adelante). Esta directiva propone la tipificación de las aguas superficiales adscritas a cada categoría con el objetivo de poder derivar con fiabilidad las condiciones biológicas de referencia específicas de cada tipo, para realizar una calificación de la calidad ecológica lo más ajustada posible a las particularidades de estructura y funcionamiento del sistema. Para la diferenciación de tipos se proponen dos sistemas: el Sistema A, más simple, que parte de la asignación previa del humedal a una demarcación geográfica, y el Sistema B que no parte de esta premisa y atiende a un mayor número de descriptores hidrogeomorfológicos y físico-químicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Humedales litorales

En el presente inventario se han registrado un total de 25 humedales litorales (Tabla 1). No se han incluido 2 salinas abandonadas, las Salinas de San Rafael y las Salinas de Guardias Viejas. Las primeras se encuentran sometidas a una acelerado proceso de urbanización, aunque todavía presentan algunos charcones que se inundan en época de lluvias. Las salinas de Guardias Viejas fueron aterradas entre 1998-2000 para su urbanización; en su lugar se abrieron dos

TABLA 1

*Algunas características físicas y administrativas de los humedales litorales y charcas de montaña inventariadas. Origen y régimen hidrológico: N, natural; IA, intervención antrópica; E, epigénico; H, hipogénico; M, mixto; DA, drenaje abierto; DC, drenaje cerrado; P, permanente; T, temporal. Estatus de protección: PqN, Parque Natural; PrN, Paraje Natural; RN, Reserva Natural; R, Ramsar; Z, ZEPA.*

Humedal	Altitud (m s. n. m.)	Coordenadas UTM (X/Y)	Origen/Régimen hidrológico	Superficie (ha)	Estatus de protección
Sistema litoral palustre de las Albuferas de Adra					
1. Albufera Honda	0	504487/4068090	N, M, DC, P	8,1	RN, R
2. Albufera Nueva	0	504577/4067585	N, M, DC, P	26,3	RN, R
Sistema litoral palustre Guardias Viejas-Almerimar					
3. Charca de Sotomontes	5	514449/4064245	N, M, DA, P	0,5	-
4. Charca litoral Guardias Viejas 1	0	514786/4062145	N, H, DC, P	0,05	-
5. Charca litoral Guardias Viejas 2	0	514844/4062180	N, H, DC, P	0,04	-
6. Lago Victoria 1	0	516522/4062674	IA, H, DA, P	6,0	-
7. Lago Victoria 2	0	516681/4063137	IA, H, DA, P	6,0	-
8. Drenajes de Guardias Viejas	0	517759/4063302	IA, M, DA, P	0,06	-
9. Charca de Almerimar	0	518304/4062555	IA, H, DC, T	0,8	-
Sistema litoral palustre Punta Entinas-Sabinar-Cerrillos					
10. Salinas de Cerrillos- Hornillo	0	529492/4062357	IA, M, DC, P	92,0	PrN, Z
11. Salinas de Cerrillos- Flamenco	0	528261/4061624	IA, E, DC, P	257,6	PrN, Z
12. Salinas de Cerrillos- Noria	0	531307/4062682	IA, E, DC, P	12,3	PrN, Z
13. Salinas de Cerrillos- Charcas extr. áridos	0	532188/4063427	IA, M, DC, P	≈ 5,0	PrN, Z
14. Punta Entinas	0	522163/4060276	N, M, DC, P	131,8	RN, Z
Sistema palustre de La Cañada de las Norias					
15. Las Norias 0	20	522060/4068982	IA, M, DC, P	1,2	-
16. Las Norias 1	20	522921/4068717	IA, M, DC, P	63,7	-
17. Las Norias 2	20	524347/4068556	IA, M, DC, P	66,1	-
18. Las Norias 3	20	523591/4068526	IA, M, DC, P	0,7	-
Desembocaduras de ríos y ramblas					
19. Desembocadura del Río Almanzora	0	608548/4122425	N, M, DA, P	4,6	-
20. Desembocadura del Río Andarax	0	551040/4074314	N, M, DA, P	0,9	-
21. Desembocadura del Río Antas	0	605465/4117878	N, M, DA, P	2,7	-
22. Desembocadura del Río Aguas	0	603946/4112925	N, M, DA, P	1,2	-
23. Desembocadura de la Rambla Morales	0	566296/4072656	N, M, DA, P	6,0	PqN, Z
24. Desembocadura de la Rambla Rodalquilar	0	588923/4079768	N, M, DA, P	0,05	PqN, Z
Salinas en activo					
25. Salinas de Cabo de Gata	0	570018/4068508	IA, E, DC, P	310	PqN, Z, R
Charcas de montaña					
26. Balsica Salobre	500	534360/4099569	IA, H, DC, P	< 0,01	-
27. Charca de Barjalí	1.800	518083/4086096	N, E, DC, P	0,02	-
28. Charca de Sabinar	1.700	512593/4082016	N, E, DC, P	0,02	-
29. Charca de Filabres	1.050	543332/4110662	N, E, DC, T	0,01	-
30. Balsa de Torrecabrera	100	597502/4109293	IA, E, DA, P	2,5	-

TABLA 2

Algunas características físico-químicas y bióticas de los humedales litorales y charcas de montaña inventariadas. Cuando se dispone de más de una medida, se indica el rango de variación de éstas. \*, humedales cuyos datos de pH, conductividad y clorofila han sido obtenidos de los trabajos indicados en Material y Métodos. No se dispone de datos de pH y concentración de clorofila para los charcones Flamenco, Noria y charcas de extracción de áridos de Cerrillos. Cada tipo de impacto se valora de 0 a 3 según su magnitud sea nula, leve, moderada o fuerte

Humedal	pH	Conductividad (mS/cm)	Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Impactos						
				Ganadería	Urbanización	Extracciones de áridos	Circulación de vehículos	Agricultura intensiva	Vertidos sólidos	Vertidos de aguas residuales
Sistema litoral palustre de las Albuferas de Adra										
1. Albufera Honda*	8,3	4,0	17,1-393,1	0	1	0	0	3	1	0
2. Albufera Nueva*	8,2	8,0	8,5-120,7	0	1	0	0	3	1	0
Sistema litoral palustre de Guardias Viejas-Almerimar										
3. Charca de Sotomontes	8,1	6,4	18,7	0	3	2	1	3	3	0
4. Charca litoral Guardias Viejas I	8,9	15,7	21,6	0	2	0	0	0	2	0
5. Charca litoral Guardias Viejas II	7,6	11,6	14,7	0	2	0	0	0	2	0
6. Lago Victoria I	8,1-8,3	18,5-24,8	25,5-77,0	0	2	3	0	1	0	0
7. Lago Victoria II	8,6	18,6	11,2	0	2	3	0	1	0	0
8. Drenaje de Guardias Viejas	7,8	3,0	1,1	0	1	3	0	2	2	0
9. Charca de Almerimar	8,6	10,0	0,7-12,3	0	2	3	0	1	0	0
Sistema litoral palustre de Punta Entinas-Sabinar-Cerrillos										
10. Salinas de Cerrillos- Hornillo*	8,3	30,0-50,0	7,0	0	0	0	0	3	1	0
11. Salinas de Cerrillos- Flamenco*	-	124,0-194,0	-	0	0	0	0	3	0	0
12. Salinas de Cerrillos-Noria*	-	50,0-70,0	-	0	0	0	0	3	0	0
13. Salinas de Cerrillos- Charcas extr. áridos*	-	8,0-70,0	-	0	0	3	0	3	1	0
14. Punta Entinas *	7,5-8,3	24,9-66,8	5,3-42,7	0	0	0	0	1	0	0
Sistema palustre de La Cañada de las Norias										
15. Las Norias 0	8,2	3,2	7,5	0	2	3	0	3	3	1
16. Las Norias 1	8,9-9,2	22,6-22,8	31,0-53,4	0	2	3	0	3	3	1
17. Las Norias 2	8,6- 8,9	16,5- 23,1	2,7-8,0	0	2	3	0	3	3	1
18. Las Norias 3	8,5	10,1	15,7	0	2	3	0	3	3	1
Desembocaduras de ríos y ramblas										
19. Desembocadura del Río Almanzora	8,8	3,7	1,3	2	0	0	0	1	1	0
20. Desembocadura del Río Andarax	9,3	8,4	302,1	0	0	0	2	0	1	0
21. Desembocadura del Río Antas	8,4	8,0-37,3	30,0-461,5	0	3	0	0	0	2	2
22. Desembocadura del Río Aguas	7,4-8,1	3,4-49,9	0,2-128,4	0	2	0	0	0	1	3
23. Desembocadura de la Rambla Morales	10,3	8,1	231,1	2	0	0	0	1	1	3
24. Desembocadura de la Rambla Rodalquilar	9,2	73,2	134,8	0	0	0	0	0	1	0
Salinas en activo										
25. Salinas de Cabo de Gata *	7,7-8,1	59,1-80,9	0-6,8	0	0	0	0	0	0	0
Charcas de montaña										
26. Balsica Salobre	7,8	6,9	8,1	3	0	0	0	0	0	0
27. Charca de Barjali	6,2-8,7	0,1-0,4	0-85,8	3	0	0	0	0	0	0
28. Charca de Sabinar	6,8-8,9	0,1-0,2	0-107,2	3	0	0	0	0	0	0
29. Charca de Filabres	7,6	0,1	118,1	3	0	0	0	0	0	0
30. Balsa de Torrecabrera	9,1	1,2	19,3	1	1	0	0	0	0	0

grandes charcones que se han incluido en el presente inventario y que quedaran en el centro de las futuras construcciones de la llamada Urbanización Lago Victoria. Tampoco se han incluido en la presente caracterización el Saladar de los Canos (Vera) ni las Salinas de Terreros (Pulpí), ya que en las dos ocasiones que se visitaron se encontraron secos.

La mayoría de los humedales que se inventarían están claramente ligados al litoral mediterráneo, aunque algunos se localizan a cierta distancia del mar (Fig. 1, Tabla 1). Entre estos humedales litorales se encuentran los de mayores dimensiones de la provincia, constituyendo los principales enclaves de alimentación, descanso y, a veces, nidificación de un gran número de especies de aves (Paracuellos, 2001; Castro *et al.*, 2001). Estos han sido los principales argumentos que determinaron que algunos de ellos fuesen amparados por algún estatus de protección administrativa y/o declarados de interés internacional (Tabla 1).

Todas estas charcas, charcones, lagunas litorales, e incluso las salinas abandonadas de Cerrillos (números 1-24 en las Tablas 1 y 2) podrían adscribirse “sensu lato” en la categoría de “aguas de transición” propuesta por la DMA para aquellas “masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce”. En general todos estos sistemas presentan aguas desde ligeramente salobres hasta incluso hipersalinas (Salinas de Cerrillos) (ver datos de conductividad en la Tabla 2), principalmente como consecuencia de la cercanía al mar y, también, por el funcionamiento endorreico de muchos de éstos. La influencia de flujos superficiales de agua dulce y marina resulta muy patente en las lagunas y charcas situadas en las desembocaduras de ríos y ramblas y separadas del mar por barras de arena (números 19-24 en la Tabla 2). Las condiciones de semiaridez reinantes en la mayor parte de estos sistemas fluviales (aparte de las derivaciones de agua para distintos usos) determinan que funcionen sólo durante los pulsos de avenida, generando amplias fluctuaciones de salinidad en las lagunas asociadas, que se acentúan cuando la barra de arena se rompe, después de avenidas y/o durante temporales, y ocurre un flujo neto de agua marina hacia el interior de la laguna (Ortega *et al.*, 2000). En los sistemas palustres de Albuferas de Adra, Guardias Viejas-Almerimar y Punta Entinas-Salinas de Cerrillos, los sistemas de drenaje superficiales tienen una menor envergadura y/o presentan entradas mucho más difusas al humedal. Aquí los pulsos de avenida no tienen efectos tan acusados y las entradas de agua dulce se producen mayoritariamente por vía subterránea. Estos flujos subterráneos de agua dulce han sido bien documentados al menos en dos de estos sistemas, Albuferas de Adra (Pulido *et al.*, 1988; El Amrani-Paaza, 1997) y el charcón del Hornillo (Salinas de Cerrillos) (Sánchez y Molina, 1996). Tal característica debe conferir a éstos humedales una menor fluctuación de la concentración salina en términos relativos, como parece deducirse de la serie anual de datos presentada por Ortega *et al.* (2000). No obstante, las entradas de aguas superficiales de escorrentía podrían estar aumentando especialmente en los sistemas palustres de Guardias Viejas-Almerimar y Punta Entinas-Salinas de Cerrillos, teniendo en cuenta que la mayor parte de la superficie de las cuencas de drenaje de éstos humedales está ocupada por invernaderos y que en éstos, las aguas de lluvia generalmente se dejan drenar sin ningún tipo de aprovechamiento o encauzamiento (por ejemplo, Zapata, 2001). Tal hecho, conjuntamente con el bloqueo de los drenajes naturales al mar tras las obras de urbanización, está ocasionando en

la zona de Guardias Viejas frecuentes inundaciones de invernaderos construidos en zonas con franca vocación palustre, que han originado, como medida paliativa aunque de dudosa utilidad, la excavación de varios canales de drenaje que han sido incluidos en el presente inventario. En general, las diferentes magnitudes y combinaciones espacio-temporal de influencias marinas y continentales determinan en estos humedales una alta diversidad de concentración (Tabla 2) y calidad iónica (Ortega *et al.*, 2000). A esta alta diversidad de mineralización contribuyen también intervenciones antrópicas pasadas (salinas abandonadas) y recientes (generación de charcones en huecos de extracciones de áridos) como ha sido demostrado por Sánchez y Molina (1996) para el sistema de las salinas abandonadas de Cerrillos.

La tipificación por el Sistema A, según la DMA, de estos humedales incluidos dentro de la categoría de “aguas de transición”, se efectuaría de acuerdo con la salinidad media anual, ya que para los demás descriptores serían homogéneos: todos estos humedales se localizan en la región mediterránea y están sometidos (si lo están) a un régimen micromareal. Esta tipificación podría resultar satisfactoria para aquellos sistemas de salinidad menos fluctuante. No obstante, para los humedales con amplia fluctuación de concentración salina (desembocaduras), este proceso debe constituir un rasgo distintivo de funcionamiento. Por tanto, resultaría poco probable que un valor medio anual de salinidad permitiera tipificarlos adecuadamente, ya que la estructura y dinámica de sus comunidades deben resultar altamente dependientes de la amplitud y periodicidad de esta fluctuación. En este caso, la aplicación del Sistema B de tipificación quizá produciría tipos más ajustados a las propiedades genético-funcionales de tales humedales, ya que considera entre los factores obligatorios la salinidad y entre los factores optativos las características de la mezcla de aguas. Cabe destacar aquí que todos los Estados miembros de la Unión ya han coincidido en señalar que el Sistema A de clasificación podría resultar insuficiente para adoptar una tipología capaz de satisfacer los requisitos que la DMA impone para la evaluación de la calidad ecológica (Ortiz, 2003).

Una consideración sobre estos humedales litorales, trascendente por condicionar su categorización y tipificación, es el hecho de que en bastantes casos están intervenidos y a veces son consecuencia directa de la actividad humana. La DMA propone para estos casos las categorías de “masas de agua superficial muy modificadas” o la de “masas de agua artificiales”. El sistema palustre de Guardias Viejas-Almerimar estaba formado hasta hace pocos años principalmente por unas salinas abandonadas, siendo en la actualidad las dos masas de agua más extensas consecuencia de una intervención antrópica. En el sistema de Punta Entinas-Salinas de Cerrillos, gran parte de las masas de agua de la zona oriental se localizan en los charcones de salinas abandonadas. Si bien en ambos casos la intervención humana ha sido decisiva para la configuración actual de los humedales, no es menos cierto que el mantenimiento y la dinámica de éstos se debe en gran medida a la propia dinámica natural de las zonas palustres en que se asientan. Por tanto, parece que para estos humedales (números 6-13, Tablas 1 y 2) podría resultar adecuada su categorización como “masas de agua muy modificadas”, y en este caso la DMA sólo exige alcanzar un “buen potencial ecológico”, cuyas características estarían por definir, sin requerir una tipificación previa. No obstante, esta categorización quizás no debería resultar exclusiva, pudiendo subrogarse dentro de la categoría de “aguas de transición” e incluir en alguno de los tipos resultantes para ésta, lo que facilitaría la definición de aquel “buen potencial

ecológico”. Por otra parte, parece claro que las salinas en activo de Cabo de Gata deberían ser adscritas a la categoría de “masas de agua artificiales” ya que el sistema de producción de sal exige la desconexión entre la masa de agua superficial y los drenajes continentales.

Mención aparte merece el sistema palustre de la Cañada de las Norias por sus peculiaridades genético-funcionales. Este sistema se localiza en una depresión, con clara vocación palustre, en pleno Campo de Dalías, aunque la actual gran extensión que ocupa la lámina de agua ha resultado principalmente de las actividades extractivas de arcillas (cuyos huecos de excavación alcanzan el nivel freático), conjuntamente con el abandono de los pozos del acuífero superior por salinización (Pulido *et al.*, 1990, 1998). Este humedal, aunque retirado aproximadamente 8 km del litoral marino, presenta concentraciones salinas comparables, o incluso superiores, a las de algunos humedales litorales (Tabla 2). De hecho, a pesar de la distancia al mar, existen datos que ponen de manifiesto que la salinización del acuífero que mantiene a este humedal puede estar ocurriendo por sobreexplotación, a consecuencia de la movilización de aguas salobres e intrusión marina a través de materiales pliocenos calcareníticos o de calizas (por ejemplo, Molina, 1998; Molina *et al.*, 2001). En este sentido, el sistema de la Cañada de las Norias podría ser categorizado como una “masa de agua de transición”, aunque en su configuración actual encaja igualmente en la categoría de “masas de agua muy modificadas”, y para referenciar su evaluación ecológica se podrían hacer, aquí, las mismas consideraciones que para los humedales de Guardias Viejas y Salinas de Cerrillos.

Los datos de clorofila *a* que se presentan en este inventario (Tabla 2), aunque fragmentarios, permiten concluir que una mayoría de humedales litorales, especialmente las Albuferas de Adra y las desembocaduras de ríos y ramblas, pueden ser calificados como eutróficos, alcanzando alguno niveles de hipereutrófia, según los rangos propuestos por el Programa Internacional Cooperativo de la OCDE para la Supervisión de las Aguas Interiores (OCDE, 1982). La eutrofización de las Albuferas de Adra es un proceso que se ha documentado desde la década de los 80 (Martinez-Vidal y Castro, 1990) y que en el estado actual del conocimiento limnológico e hidrológico de este sistema se puede claramente relacionar con los aportes de nutrientes al sistema procedentes de la actividad agrícola bajo invernadero que encorseta a estas albuferas (Cruz-Pizarro *et al.*, 2002). Las causas de la eutrofización de las lagunas y charcas de desembocaduras han sido menos documentadas, aunque existen algunos datos que indican la existencia de entradas de aguas cargadas de nutrientes disueltos procedentes de depuradoras, e incluso de vertidos directos (Río Aguas, Río Antas, Rambla de Morales) (Ortega *et al.*, 2000; Ortega, 2001). La escasez de sistemas acuáticos en buen estado de conservación, libres de intervención antrópica, es un rasgo típico de la cuenca mediterránea que, sin duda, dificultará la labor de fijación de condiciones de referencia de acuerdo con las exigencias de la DMA. La larga historia de actividad antrópica en la cuenca mediterránea, sobre todo acentuada en las áreas litorales, hace en la práctica imposible desligar las causaciones antropogénicas de los procesos naturales. Incluso, el origen de algunos de estos humedales litorales parece estar directa e indirectamente relacionado con diversas actividades humanas más o menos remotas en el tiempo (por ejemplo, la formación de los deltas de los ríos Adra y Andarax) (Grove y Rackham, 2001). No obstante, la fijación de condiciones de referencia en sistemas leníticos (lagos y humedales) presenta una alternativa a la localización y caracterización de sistemas libres de intervención

antrópica en el estudio de los sedimentos. Los sedimentos de estos sistemas constituyen un archivo histórico donde suele quedar registrada precisa información biótica y abiótica para el conocimiento de la evolución del sistema y el establecimiento de sus condiciones de referencia (por ejemplo, Anderson y Battarbee, 1994).

### **Charcas de montaña**

Las áreas montañosas almerienses son relativamente pobres en lagunas naturales a causa de las condiciones de semiaridez reinantes (sobre todo en la baja y media montaña) y, probablemente también, por razones de altitud y latitud, debido a la escasa incidencia en estas latitudes la formación de cubetas lacustres (Pascual *et al.*, 2000). El presente inventario incluye dos lagunas, situadas en la Sierra de Gádor, (Fig. 1, Tablas 1 y 2), que pueden ser calificadas como de alta montaña, considerando que las condiciones de alta montaña se dan por encima de la cota de los 1.500 m s. n. m. Estas dos lagunas de la Sierra de Gádor se localizan en pequeñas cuencas de drenaje de naturaleza endorreica y presentan un carácter permanente, aunque con amplias fluctuaciones del nivel del agua, probablemente por su estrecha dependencia de los aportes de escorrentía superficial. Características similares presenta la charca inventariada en la Sierra de Filabres, que parece ser temporal, teniendo en cuenta su menor profundidad (menor de 1 m). La mineralización del agua de las tres charcas anteriores es relativamente baja (ver datos de conductividad en Tabla 2), aunque presenta ciertas oscilaciones (lagunas de Sierra de Gádor) que podrían tener que ver con su predominante carácter epigénico y pequeño tamaño.

Los distintos rasgos comentados para las tres charcas podrían servir para la tipificación de éstas de acuerdo con la DMA, tanto por el sistema A (altitud, profundidad, tamaño de la lámina de agua y geología) como por el sistema B que contempla como uno de los factores optativos, por ejemplo, la fluctuación del nivel del agua. No obstante, es de rigor subrayar que estas lagunas (además de otras no inventariadas en el presente estudio por no disponer de datos, pero cuya existencia en ambos sistemas montañosos es conocida) están muy pobremente caracterizadas, y que los escasos datos que se presentan aquí sirven sobre todo para destacar las numerosas incertidumbres que sobre su origen, estructura y funcionamiento existen. Por tanto, una tipificación adecuada debería basarse en una caracterización más detallada. Por ejemplo, uno de los aspectos que no queda resuelto con los datos de que se dispone para el presente trabajo, es si la magnitud de las alteraciones físicas que estas lagunas puedan haber sufrido, como consecuencia de su adecuación para ser usadas como abrevadero para ganado, son lo suficientemente importantes como para adscribirlas a la categoría de “masas de agua muy modificadas” propuesta por la DMA. En efecto, estas charcas se vienen usando tradicionalmente por la ganadería extensiva (rebaños de cabras y ovejas), existiendo algunas evidencias de campo que indican que han sido excavadas (profundizadas) para aumentar su capacidad de almacenamiento de agua y su permanencia durante los meses de sequía. Es muy posible que esta actividad sea la principal responsable de la alta concentración de clorofila *a* registrada en las tres charcas inventariadas (Tabla 2), que según los rangos propuestos por la OCDE (1982) podrían ser calificadas al menos como eutróficas en determinados periodos del año.

Las dos masas de agua restantes incluidas en el apartado de montaña son artificiales y se utilizan como abrevadero (Balsica Salobre, estribaciones de Sierra Nevada) o con fines recreativos (Balsa de Torrecabrera, Sierra de Cabrera).

### Ríos y arroyos

La mayoría de arroyos inventariados en este trabajo (Tablas 3 y 4) presentan un carácter intermitente o son temporales, quedando reducidos, como mucho, a un rosario de pozas durante los meses de sequía. El único sistema con flujo de agua permanente y continuo en un tramo considerable es el Río Aguas. Este se encuentra alimentado principalmente por el manantial de Los Molinos del karst en yesos de Sorbas (además de por otros manantiales de menor envergadura situados aguas abajo) lo que le confiere un régimen de caudal muy inercial, con valores medios de aproximadamente 70 l/s (Calaforra, 1998). Este río puede presentar un flujo continuo aproximadamente a lo largo de unos 10 km (desde la fuente kárstica situada en Los Molinos del Río Aguas hasta un par de kilómetros antes de la localidad de Turre). No obstante durante buena parte de la primavera-verano-otoño, las derivaciones de agua para regadío de las vegas determinan que aguas abajo de la localidad de La Herrería el río se comporte como intermitente. Las sustracciones de agua afectan también al resto de arroyos inventariados cuyas aguas presentan la suficiente calidad (baja salinidad; Tabla 4) como para ser susceptibles de aprovechamiento. Pero en estos casos, los menores caudales determinan el aprovechamiento total del recurso hídrico y la reducción del arroyo a un pequeño tramo desde la fuente hasta la estructura de captación. Este tipo de intervenciones antrópicas, así como las situaciones que provocan en los sistemas fluviales, tienen una larga tradición y son muy frecuentes en la cuenca mediterránea, sobre todo en zonas con clima semiárido y con fuerte demanda hídrica para la agricultura (que suele ser lo común), como ocurre en Almería (obs. pers.). Semejante situación tiene el potencial de generar un conflicto entre las demandas del sector agrícola y los ambiciosos

TABLA 3

*Algunas características físicas y administrativas de los ríos y arroyos inventariados. Origen y régimen hidrológico: N, natural; IA, intervención antrópica; E, epigénico; H, hipogénico; M, mixto; P, permanente; T, temporal; I, intermitente. Estatus de protección: PqN, Parque Natural; PrN, Paraje Natural.*

Río / arroyo	Altitud (m s. n. m.)	Coordenadas UTM (X/Y)	Origen / Régimen hidrológico	Profundidad (m)	Anchura (m)	Litología superficial dominante	Estatus de protección
31. Arroyo de Cacin	1.100	516168/4091074	IA, M, P	0,3	1,5	Calcárea	-
32. Arroyo Las Negras	20	588382/4083363	N, M, I	0,4	0,5	Volcánica	PqN
33. Arroyo Verdelecho	700	547085/4109273	N, M, I	0,4	0,5	Silíceo	-
34. Arroyo de Vicar	300	532254/4063137	N, M, P	0,2	0,5	Calcárea	-
35. Rambla de Inox	550	565866/4091821	N, M, T	0,2	0,6	Calcárea	-
36. Río Aguas	260-60	580729/4106725	N, M, P-I	0,5	0,6	Margas	PrN
37. Río Alias	220	594730/4098758	N, M, I	0,5	0,3	Margas	-
38. Río Jauto	210	588330/4113530	N, M, I	0,5	0,3	Silíceo	-
39. Río Nacimiento	400	531893/4105613	N, M, P	0,1	1,5	Silíceo	PqN

objetivos ecológicos de la DMA. No obstante, según Ortiz (2003) la DMA utiliza como equivalentes las expresiones “masas de agua” y “ecosistemas”, aunque la segunda resulte más apropiada para los objetivos ambientales que se persiguen. Esto podría tener un claro interés pragmático al ofrecer la posibilidad de delimitar (dividir) las “masas de agua” fluviales con tal que exista una cierta homogeneidad en los ecosistemas resultantes, de tal forma que ante situaciones de intervención antrópica, como la anteriormente planteada, un sistema fluvial podría ser considerado como compuesto por “masas de agua” adscritas a distintas categorías (por ejemplo, natural o muy modificada), con lo que se acotarían espacialmente los problemas de consecución de los objetivos de la DMA. Aunque esta posibilidad pueda ofrecer una solución en determinadas situaciones, no habría que abusar de su uso puesto que se desvirtuaría el espíritu de la Directiva y abriría un camino pernicioso hacia el incumplimiento de su objetivo principal en lo que se refiere a los ecosistemas acuáticos epicontinentales, la protección de su estado ecológico.

El Sistema A de tipificación de ríos que propone la DMA sugiere como descriptores, altitud, tamaño y geología de la cuenca de alimentación. Los datos de mineralización del agua y composición litológica de la cuenca que se presentan para los arroyos inventariados (Tablas 3 y 4) ponen de manifiesto que en algunos de estos la concentración salina del agua es mayor de lo que cabría esperar según la composición litológica (atendiendo a la solubilidad de las rocas) dominante en superficie (por ejemplo, arroyos de Las Negras, Jauto

TABLA 4

*Algunas características físico-químicas y bióticas de los ríos y arroyos inventariados. Cuando se dispone de más de una medida se indica el rango de variación de éstas. Cada tipo de impacto se valora de 0 a 3 según su magnitud sea nula, leve, moderada o fuerte.*

Río / arroyo	pH	Conductividad (mS/cm)	Clorofila <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Impactos				
				Ganadería	Circulación de vehículos	Vertidos sólidos	Vertidos de aguas residuales	Extracción de agua superficial
31. Arroyo de Cacín	8,0	0,4	0,1	2	0	0	0	3
32. Arroyo de Las Negras	9,0	4,0	0,6	3	0	0	0	3
33. Arroyo Verdelecho	7,2	2,6	5,1	2	2	0	0	2
34. Arroyo de Vúcar	8,0-8,7	0,6-1,0	0,5	1	0	0	0	3
35. Arroyo de Inox	7,4	1,3	0,0	2	2	0	0	2
36. Río Aguas	7,0-8,5	2,0-11,1	0,0-4,0	2	2	1	1	2
37. Río Alías	7,6	5,8	3,1	2	2	1	0	0
38. Río Jauto	7,3-8,0	1,2-1,6	0,0-2,9	2	2	0	0	1
39. Río Nacimiento	8,1	1,0	21,0	2	3	1	2	2

y Verdelecho). Esta discordancia es debida a la existencia de una composición litológica profunda distinta y al dominio de los aportes subterráneos en la alimentación de éstos manantiales. La salinidad del agua es una de las variables abióticas claves en la determinación de la estructura de las comunidades acuáticas y, por tanto, decisiva en el establecimiento de cualquier tipología. De nuevo se pone en evidencia que el Sistema A de tipificación resultaría insuficiente para estos casos y habría que recurrir al Sistema B que incluye, además de los descriptores antes mencionados, factores optativos como la capacidad de neutralización de ácidos del agua.

Una de las perturbaciones antropogénicas más frecuentes en los ríos mediterráneos, aparte de las derivaciones de caudal, es el vertido de aguas residuales domésticas. Aunque en ríos la concentración de clorofila *a* en el agua no es el mejor indicador de esta contaminación, sus bajas concentraciones en el agua de la mayoría de los arroyos inventariados (Tabla 4) sugieren que están exentos de este tipo de alteración. De hecho, el río Nacimiento es el único que se destaca con un valor sustancialmente mayor, y esto coincide con la recepción de un vertido de aguas residuales urbanas aguas arriba de la localidad donde se tomaron las muestras.

Ya sea por las derivaciones de agua o por los vertidos de aguas residuales, los ríos mediterráneos (especialmente en zonas semiáridas) cada vez con mayor frecuencia son cauces secos (más por impactos que por vocación) que, en un proceso de exaptación (si se permite el término evolutivo), están adquiriendo la función de vías para el desplazamiento de vehículos de todo tipo, actuando también como verdaderas cloacas. Estas perturbaciones tienen una especial incidencia en los tramos medios y bajos de los sistemas fluviales, siendo aquí donde surgirán las mayores dificultades para discernir las condiciones de referencia que permitan llevar a cabo una evaluación de la calidad ecológica ajustada a los requerimientos de la DMA.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido subvencionado por los siguientes proyectos: “Caracterización hidroquímica y calidad ambiental de las zonas húmedas de la provincia de Almería” subvencionado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía; UE-LIFE B4-3200/98/458; CICYT HID98 0323-C05-04 y CICYT REN2001-3438-C07-05.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, N. J. y Battarbee, R. W. (1994). 8: Aquatic community persistence and variability: A paleolimnological perspective. En Giller, P. S.; Hildrew, A. G. y Raffaelli, D. G. (eds.): *Aquatic ecology*, pp. 233-259. Blackwell Science. Oxford.
- Calaforra, J. M. (1998). *Karstología de Yesos*. Monografías de Ciencia y Tecnología. Universidad de Almería, Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería.
- Capel, J. J. (1990). *Climatología de Almería*. Cuadernos monográficos 7. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería.

- Casado, S. y Montes, C. (1995). *Guía de los Lagos y Humedales de España*. J. M. Reyero. Madrid.
- Castro, H. (1993). *Las Salinas de Cabo de Gata. Ecología y Dinámica Anual de las Poblaciones de Aves*. Colección Investigación, 18. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación Provincial de Almería). Almería.
- Castro, H.; Carrique, E.; Aguilera, P.; Ortega, M.; Casas, J.; Rescia, A.; Schmitz, M. F. y Pineda, F. D. (2001). Humedales almerienses: Importancia, problemática y gestión. En Pulido, A., Calaforra, J. M. y Pulido, P. (eds.): *Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas*, pp 47-61. Colección Actas, 42. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería.
- Cruz-Pizarro, L.; Amores, M. V.; Fabian, D.; de Vicente, I.; Rodríguez-París, I.; El Mabrouki, M.; Rodríguez, M. y Rodríguez da Silva, S. L. (2002). La eutrofización de las Albuferas de Adra (Almería). En, Nevado, J. C. y Paracuellos, M. (coords.): *Agricultura y medio ambiente en el entorno de las Albuferas de Adra*, pp. 77-96. Proyecto Life-Naturaleza 1998 *Conservación de las Albuferas de Adra (Almería, España)* (B4-3200/98/458), Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Dirección General de Medio Ambiente (Unión Europea). Almería.
- El Amrani-Paaza, N. (1997). *Caracterización y modelización hidroquímica en el acuífero del delta del Río Adra*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada. Inédito.
- Gómez, R.; Velasco, J.; Vidal-Abarca, M. R.; Ortega, M.; Millán, A.; Suárez, M. L.; Ramírez-Díaz (1990). Las charcas como elemento diversificador del paisaje: El caso del Sureste Ibérico. En, *I Congreso de Ciencia del Paisaje. Monografías de L'EQUIP 3*, pp. 485-452. Barcelona.
- Gonzalez-Bernáldez, F. (1989). Ecosistemas áridos y endorreicos españoles. En, *Seminario sobre Zonas Áridas en España*, pp. 223-238. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- Grove, A. T. y Rackham, O. (2001). *The Nature of Mediterranean Europe. An Ecological History*. Yale University Press. New Haven, London.
- Hollis, G. E. (1990). Environmental impacts of development on wetlands in arid and semi-arid lands. *Hydrological Sciences*, 35: 411-428.
- Hollis, G. E. (1995). Wetland and river restoration in Europe and the Mediterranean. En: Montes, C.; Oliver, G.; Molina, F. y Cobos, J. (eds.): *Bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca mediterránea*, pp 125-142. Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente). Sevilla.
- Keddy, P. A. (2000). *Wetland Ecology. Principles and Conservation*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Martinez-Vidal, J. L. y Castro, H. (coords.) (1990). *Las Albuferas de Adra. Estudio Integral*. Colección Investigación, 9. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación Provincial de Almería). Almería.
- Mitsch, W. J. y Gosselink, J. G. (2000). *Wetlands*. 3ª edición. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Molina, L. (1998). *Hidroquímica e intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Granada. Inédito.
- Molina, L.; Vallejos, A.; Pulido-Bosch, A. y Sánchez-Martos, F. (2001). Caracterización hidrogeoquímica del Campo de Dalías a partir de análisis de facies. En, *Actas V SIAGA*, pp. 237-246. Instituto Tecnológico y Geominero de España. Almería.
- Montes, C.; Oliver, G.; Molina, F. y Cobos, J. (eds.) (1995). *Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales en la Cuenca Mediterránea*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Sevilla.
- OCDE (1982). *Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Final Report*. OECD Environmental Directorate (OECD). Paris.
- Ortega, M. (2001). *Impactos sobre la calidad ambiental de los humedales almerienses. Propuesta de un índice de integridad ecológica*. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Almería. Inédito.
- Ortega, M.; Casas, J. J.; Aguilera, P. A. y Castro, H. (2000). Hydrochemical characterization of wetlands in a semi-arid region of eastern Andalucía (Almería, Spain): a preliminary study. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, 27: 372-377.
- Ortiz, J. L. (2003). El proyecto Guadalmed y la Directiva Europea del Agua. *Limnética*. En prensa.
- Paracuellos, M. (2001). *Estructura y conservación de las comunidades de aves en humedales del sureste ibérico (Almería, España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Almería. Inédito.
- Pascual, M. L.; Rodríguez-Alarcón, A.; Hidalgo-Zamora, J.; Borja, F.; Díaz, F. y Montes, C. (2000). Distribución y caracterización morfológica y morfométrica de los lagos y lagunas de alta montaña de la España peninsular. En Granados, I. y Toro, M. (eds): *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*, pp. 51-77. Colección de Estudios, 63. Universidad Autónoma de Madrid. Murcia.
- Pulido, A.; Morales, G. y Benavente, J. (1988). Hidrogeología del delta del Río Adra. *Estudios geológicos*, 44: 429-443.
- Pulido, A.; Navarrete, F.; Molina, L. y Martínez-Vidal, J. L. (1990). Quantity and quality of groundwater in the Campo de Dalías (Almería, Spain). *Water Sciences and Technology*, 24: 87-96.
- Pulido, A.; Vallejos, A.; Martín, W.; Molina, L.; Andreu, J. M. y Calaforra, J. M. (1998). La surexploitation dans certains aquifères du sud-est espagnol. En, *International Conference on World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Proceedings, pp. 293-298. UNESCO. Paris.
- Robledano, F.; Calvo, J. F.; Esteve, M.A.; Mas, J.; Palazón, J. A.; Suárez, M. L.; Torres, A.; Vidal-Abarca, M. R. y Ramírez-Díaz, L. (1991). Estudios ecológicos de los humedales costeros del sudeste español. I. Inventario y tipificación. *Anales de Biología*, 17: 153-163.
- Sánchez, F. y Molina, L. (1996). Características hidroquímicas de las aguas superficiales de las salinas de Cerrillos (Almería). En, *Actas IV SIAGA*, 2, pp. 453-462. Instituto Tecnológico Geominero de España. Almería.

- Sánchez, F.; Molina, L. y Aguilera, P. A. (2000). Relationship between groundwater and brines in the Cerrillos saltworks (Almería, southern Spain). *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, 27: 2182-2185.
- Vymazal, J. (1995). Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic- State of the art. *Water Science and Technology*, 32: 357-364.
- Wetzel, R. G. y Likens, G. E. (1991). *Limnological Analyses*. Springer-Verlag. New York.
- Zapata, A. (2001). El problema del agua para los cultivos hortícolas de Almería. En, *Actas V SIAGA*, pp. 123-130. Universidad de Almería. Almería.