

# CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE DIFERENTES MASAS DE AGUA: I CUENCA DEL TAJO (GUADALAJARA, ESPAÑA)

JOSE LUIS VELASCO<sup>1</sup>, ÓSCAR SORIANO<sup>1</sup>, JOSÉ FERNÁNDEZ<sup>1</sup> Y ÁNGEL RUBIO<sup>2</sup>

## RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados físico-químicos del estudio realizado durante los años 2000-2001 en tres masas de agua distintas pertenecientes a la cuenca del Tajo y localizadas en la provincia de Guadalajara (España). Los datos obtenidos permiten hacer una clasificación de dichas aguas por su composición iónica, grado de salinidad, nivel trófico y contenido en materia orgánica.

**Palabras clave:** Humedales, físico-química, cuenca del Tajo, Guadalajara, España.

## SUMMARY

Physical and chemical characteristics of different water bodies: I Tagus basin (Guadalajara, Spain).

Physical and chemical characteristics of three water bodies in the Tagus basin (Guadalajara, Spain) are studied. This water bodies are classified in order to ionic composition, salinity, trophic level and organic matter content.

**Key words:** Wetlands, physical and chemical, Tagus basin, Guadalajara, Spain.

## INTRODUCCIÓN

Durante los años 2000-2001 se estudiaron tres tipos distintos de masas de agua en la provincia de Guadalajara con el objetivo de caracterizarlas limnológicamente. El estudio se refiere a las lagunas temporales Grande y Chica de Puebla de Beleña, las lagunas cársticas permanentes de Océn y Somolinos, las salinas de

Imón y Rienda, actualmente fuera de explotación, y el ojo de Paredes, formado recientemente.

En la bibliografía consultada sólo se han encontrado algunos datos (conductividad, pH, disco de Secchi y concentración iónica) referidos a las lagunas de Puebla de Beleña (MOPT, 1991). Este tipo de estudio contribuye al mejor conoci-

<sup>1</sup>Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

E-mail: velascoj@mncn.csic.es ; mcnh149@mncn.csic.es ; mcnp115@mncn.csic.es

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Medioambientales. C/ Serrano, 115-bis. 28006 Madrid.

Recibido: 01.07.2002

Aceptado: 21.10.2002

miento hidroquímico de nuestros humedales, básico para seguir su evolución en el tiempo teniendo en cuenta la presión antrópica creciente a que están sometidos: desarrollo de usos agrícolas intensivos, utilización de fertilizantes a gran escala, presencia de ganado y sobreexplotación de acuíferos, sin control en la mayoría de los casos.

## ÁREA DE ESTUDIO

Las tres masas de agua estudiadas se ubican en la submeseta Sur, en el borde NE de la cuenca sedimentaria del Tajo como puede verse en la figura 1.

Estas masas de agua desde un punto de vista genético-funcional pertenecen a categorías diferentes:

- Océn y Somolinos son lagunas cársticas de media montaña. El origen de la primera cubeta es por depresión en área arcillosa debida a la erosión del agua de salida del acuífero cárstico del Jurásico, que sirve de alimentación a la propia laguna, dando lugar también a un arroyo de desagüe. La laguna de Somolinos tiene un origen distinto debido a que ocupa una zona de salida de un carst en contacto con sustrato impermeable en valle abierto por erosión fluvial, y a la formación de una barrera travertínica que induce la retención del agua de la laguna.

- Las lagunas Grande y Chica de Beleña son lagunas someras de carácter temporal, pertenecientes a humedales situados en zonas planas de cuencas de sedimentación procedentes de depresión en depósitos de rañas producida por erosión diferencial a causa de deflacción.
- Las salinas de Imón y Rienda son salinas interiores artificiales adosadas a cursos fluviales ricos en sales.
- Ojo de Paredes tiene un origen peculiar debido al hundimiento del terreno por disolución de material evaporítico subyacente (halita), dando lugar a una cubeta alimentada por surgencia de aguas subterráneas (véase la lámina 1 al final del volumen).

### Características climáticas

En la tabla 1 se resumen los datos más relevantes de las características climáticas de las lagunas y salinas estudiadas.

El clima del área donde se ubican las masas de agua muestreadas corresponde al tipo “Mediterráneo templado”, el régimen térmico es “Mediterráneo cálido” y el régimen de humedad “Mediterráneo seco”. En virtud de estas características se explica, bien la temporalidad, si dependen principalmente de aguas de escorrentía como es el caso de las lagunas de Beleña y las salinas, bien la permanencia durante todo el año, como en el caso de las lagunas cársticas y Ojo de Paredes, alimentadas fundamentalmente por aguas subterráneas.



Figura 1 - Localización de las lagunas en el área de estudio

Figure 1 - Outline map of study area with positions of lakes

	Grande	Chica	Océn	Somolinos	Imón	Rienda	Paredes
Precipitación media (mm)	650,00	650,00	653,00	538,00	538,00	538,00	538,00
Tª media (°C)	11,30	11,30	11,00	10,90	10,90	10,90	10,90
Tª media máxima (°C)	17,30	17,30	16,20	15,30	15,30	15,30	15,30
Tª media mínimas (°C)	5,30	5,30	5,70	6,50	6,50	6,50	6,50
Tª máxima absoluta (°C)	40,40	40,40	37,00	38,00	38,00	38,00	38,00
Tª mínima absoluta (°C)	-15,20	-15,20	-28,20	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00
Estación	Mangirón	Mangirón	Mazarete	Atienza	Atienza	Atienza	Atienza
Periodo (años)	37	37	11	22	22	22	22

Tabla 1. - Características climáticas de la zona estudiada.

Table 1. - Meteorological characteristics from studied area.

### Características geológicas e hidrológicas

La cuenca sedimentaria del Tajo, formada en el Terciario, muestra en su extremo Nororiental, entre la Sierra de Guadarrama y la Serranía de Cuenca, una zona de campiñas y alcarrias donde están localizadas las masas de agua estudiadas.

Las lagunas Grande y Chica de Puebla de Beleña, al pie del extremo oriental de la Sierra de Guadarrama, se sitúan en una zona de rañas formadas por cantos con matriz limo-arcillosa; son de inundación temporal, someras y dependen de aportes de escorrentía y del freático superficial de los materiales detríticos sobre los que descansan; el origen de las cubetas se debe a erosión eólica.

Las lagunas cársticas de Océn y Somolinos se localizan en el borde más oriental de la misma Sierra de Guadarrama, la primera, y en la Sierra de Pela al sudeste de la anterior, en el norte de Guadalajara, la segunda, ambas de carácter permanente. Litológicamente, la laguna de Océn está sobre carníolas y dolomías tableadas (Jurásico) en contacto con margas, arcillas y yesos del Keuper. La cubeta de la laguna de Somolinos litológicamente es de formación aluvial de calizas y dolomías con margas; el llenado de la cubeta es debido al acuífero cárstico aunque también recibe agua superficial.

Las salinas de Imón y Rienda y Ojo de Paredes, se encuentran a medio camino, aproximadamente, de las dos lagunas anteriores. La de Imón es una de las salinas interiores más cono-

cidas de la Península y aunque actualmente está fuera de explotación su estado de conservación es bueno, manteniéndose ahora el llenado de las cubetas exclusivamente por agua de lluvia, ya que los pozos que aprovechaban las salmueras del lavado de sales dentro del Keuper y que antaño las alimentaban, permanecen actualmente fuera de servicio; los estanques de cristalización están construidos sobre depósitos aluviales cuaternarios del río Salado que tapizan materiales triásicos. En Rienda perduran aún las cubetas de las antiguas salinas abandonadas hace mucho tiempo, siendo el deterioro de las mismas más acusado que en el caso anterior y debido a ello, en época de lluvias, las cubetas ofrecen un aspecto más "naturalizado" con desarrollo de abundante vegetación típica de saladares; las cubetas, que en conjunto ocupan una extensión mucho menor que las de Imón, descansan sobre materiales compuestos por margas, limonitas y yesos (Keuper).

Entre las salinas de Rienda y la localidad de Paredes de Sigüenza, en el km 11,1 de la carretera autonómica Gu-153 a 50 m aproximadamente de su margen derecha en dirección a dicha población, se encuentra la masa de agua que aquí llamamos "Ojo de Paredes" de reciente aparición -aproximadamente 20 años según testimonio de vecinos de Paredes- y cuya denominación de "Ojo" se atiene a su origen debido al hundimiento del terreno por disolución de materiales dando lugar a una cubeta redondeada y profunda alimentada por surgencia de aguas subterráneas y en el presente caso de carácter permanente. La primera visita

a esta cubeta, de forma circular aproximadamente, tuvo lugar en noviembre de 1990 y el mes siguiente se procedió a medir su profundidad, que resultó ser 6,5 m en el centro y su diámetro, que puede situarse alrededor de 25 m, siendo el desnivel existente entre la superficie del agua y el borde externo de la cubeta de unos 4 m de altura. Como es habitual en España, esta pequeña masa de agua es utilizada para deshacerse de todo tipo de residuos incómodos. Litológicamente la cubeta se asienta sobre materiales del Triásico superior, correspondientes a facies Keuper, constituidas por su típica litología de limonitas, arcillas y margas abigarradas con gran abundancia de yesos versicolores y otras sales. En la bibliografía consultada no hemos encontrado ninguna referencia en España de cubetas de este tipo, con aguas salinas, originadas por disolución subterránea, aunque en opinión de MONTES & MARTINO (1987) la laguna Salada de Chiprana (Zaragoza) podría tener procesos relacionados, a pesar de que su superficie es mucho mayor (0,23 km<sup>2</sup>) y los iones dominantes distintos ya que dicha laguna es sulfatada magnésica, lo que pone de manifiesto que en ella ha habido disolución de yeso y dolomita (DÍAZ *et al.*, 1998), mientras que en Paredes el material disuelto ha sido halita.

En la tabla 2 se resumen las características morfométricas de las lagunas y salinas estudiadas y las coordenadas UTM de las mismas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo de las lagunas abarcó un periodo comprendido entre otoño de 2000 y verano de

2001. Todas las muestras se tomaron a mano a la mayor distancia posible de la orilla que permitía la profundidad del medio muestreado. Los parámetros físicos: T<sup>o</sup>, pH y conductividad, se midieron "in situ" con electrodos CRISON y con una periodicidad estacional. El resto de los análisis químicos -iones principales, fósforo total, nitratos y materia orgánica- se realizaron en laboratorio a partir de muestras de agua de 1 litro conservadas en hielo y con periodicidad semestral durante el año 2001, coincidiendo con la época de máximo nivel de agua en invierno y mínimo en el estiaje de verano. En el caso de Ojo de Paredes, se incluyen también los datos correspondientes al muestreo efectuado en diciembre de 1990. Los análisis se realizaron siguiendo las recomendaciones standard APHA (1985).

Para precisar la importancia relativa de aniones y cationes principales se han seguido los criterios de EUGSTER & HARDIE (1978), expresando los resultados en % de meq.l<sup>-1</sup>, figurando entre paréntesis los valores menores al 25% y descartando los que no alcanzan el 5% (tablas 4, 5 y 6). El grado de salinidad, establecido por la cantidad total de sales como suma de aniones y cationes, expresado en g.l<sup>-1</sup>, se ha calculado según el sistema de clasificación adoptado por MONTES & MARTINO (1987) para aguas continentales aunando criterios de diferentes autores (POR, 1980; HAMMER *et al.*, 1983; HAMMER, 1986).

Para establecer el nivel trófico de las aguas hemos utilizado como parámetro de referencia valores límite abiertos de fósforo total, siguiendo las recomendaciones de la UNESCO (1992). Los datos que aparecen en el trabajo relativos a

	Grande	Chica	Océan	Somolinos	Imón	Rienda	Paredes
Coordenadas UTM	30TVL785261	30TVL790269	30TWL481328	30TVL946669	30TWL229567	30TWL241649	30TWL236659
Altitud (m)	950	960	1100	1280	920	980	1000
Superficie (Has.)	25,81	16,21	0,83	1,87	8,29	1,35	0,06
Perímetro (m)	1901	1889	338	706	1825	611	78
Anchura máxima (m)	469	264	85	92	-	-	25
Longitud máxima (m)	710	711	104	292	-	-	25
Profundidad máxima (m)	0,50	0,50	-	8,00	-	-	6,5

Tabla 2. - Características morfométricas y coordenadas UTM.

Table 2. - Morphometric characteristics and UTM coordinates.

morfometría (tabla 1), clima (tabla 2), geología e hidrología proceden, salvo los de Ojo de Paredes que son propios, del MOPT (1991).

Las características litológicas de Ojo de Paredes se han obtenido a partir del Mapa Geológico del Instituto Geológico y Minero de España (1978): hoja N.º 434; E. 1:50.000.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros físicos: Tª, pH y conductividad

En la tabla 3 se resumen los resultados de estos parámetros correspondientes a los muestreos de 2000-2001, incluyéndose también los datos obtenidos en 1990 de Ojo de Paredes.

La temperatura del agua muestra una variación típica en regiones templadas, con diferencias mayores de 16 °C, en general, entre las temperaturas medidas en verano e invierno.

La conductividad presenta diferencias extremas entre las lagunas de agua dulce de Puebla de Beleña (74 a 160 µS.cm<sup>-1</sup>) y las aguas hipersalinas de Ojo de Paredes (hasta 124.000 µS.cm<sup>-1</sup> en el año 1990), Imón (hasta 88.900 µS.cm<sup>-1</sup>) y en menor grado Rienda (hasta 26.500 µS.cm<sup>-1</sup>), situándose entre ambos extremos las lagunas cársticas cuyos máximos de conductividad alcanzan 464 µS.cm<sup>-1</sup> (Somolinos) y 1260 µS.cm<sup>-1</sup> (Océn).

El pH varía desde valores ligeramente alcalinos en las lagunas de Beleña, inferiores a 8 (excep-

	Otoño-00	Invierno-01	Primavera-01	Verano-01	
<b>GRANDE</b>					
Tª (°C)		7,1	15,8	32,2	
PH		7,42	7,72	9,18	
Conduct. (mS.cm-1)		74	82	160	
<b>CHICA</b>					
Tª (°C)			15,9		
PH			7,37		
Conduct. (mS.cm-1)			101		
<b>OCÉN</b>					
Tª (°C)	6,9	8,6	15,3	24,3	
PH	8,27	8,26	8,20	7,68	
Conduct. (mS.cm-1)	1.260	1.013	859	1.079	
<b>SOMOLINOS</b>					
Tª (°C)		11,8	12,6	20,4	
PH		8,58	8,56	7,94	
Conduct. (mS.cm-1)		430	382	464	
<b>IMÓN</b>					
Tª (°C)	9,8	11,8	17,5	28,3	
PH	8,61	8,63	8,23	8,69	
Conduct. (mS.cm-1)	49.000	57.900	77.200	88.900	
<b>RIENDA</b>					
Tª (°C)		14,5	17,4	31,1	
PH		8,61	8,69	9,68	
Conduct. (mS.cm-1)		13.900	16.820	26.500	
<b>OJO DE PAREDES</b>					
Tª (°C)	8,8	11,1	14,3	26,1	1990 4,3
PH	8,29	8,00	8,45	8,28	7,45
Conduct. (mS.cm-1)	56.700	21.400	21.100	33.900	124.000

Tabla 3. - Características físicas de las masas de agua estudiadas.

Table 3. - Physical characteristics from water bodies studied.

to la laguna Grande en verano), hasta otros significativamente alcalinos, superiores a 8, más acusados en las salinas y en Ojo de Paredes (excepto en el año 1990) que en las lagunas cársicas.

Los valores fuertemente alcalinos medidos durante el verano en la laguna Grande (9,18) y Rienda (9,68) se deben a la existencia de abundante vegetación acuática en ambas durante esa estación con el consiguiente aumento de la actividad fotosíntesis/respiración.

### Parámetros químicos

#### Composición iónica y grado de salinidad

En las tablas 4, 5 y 6 correspondientes a las lagunas de Beleña, lagunas cársicas y salinas y Ojo de Paredes respectivamente, además de los iones principales, materia orgánica y nutrientes (fósforo total y nitratos), se incluyen valoraciones, en cada laguna, de aniones y cationes dominantes, grado de salinidad por el contenido total de sales disueltas y nivel trófico según el contenido de fósforo total.

Por el contenido total de sales, las aguas estudiadas pertenecen a tres categorías distintas:

dulces, subsalinas y salinas. A la categoría de agua dulce (<~0,5 g.l<sup>-1</sup>) pertenecen las lagunas de Beleña y Somolinos. La laguna de Océn es subsalina (~0,5 - ~3 g.l<sup>-1</sup>) y el resto de las masas de agua -Imón, Rienda y ojo de Paredes- son salinas, variando desde  $\alpha$ -hipersalina la primera a hiposalina la segunda y en el caso de Ojo de Paredes, se observa la evolución desde el máximo contenido en sales ( $\beta$ -hipersalina) medido en 1990, hasta valores mucho más bajos, la sexta parte aproximadamente respecto al valor medio del año 2001, once años después, en que las aguas eran hiposalinas y mesosalinas en invierno y verano, respectivamente. Por la composición relativa de los iones, las lagunas de agua dulce son carbonatadas cálcicas, la de Océn sulfatada cálcica y las salinas de Imón y Rienda y ojo de Paredes cloruradas sódicas. Todas ellas pueden considerarse frecuentes si tomamos como referencia la clasificación de lagunas españolas (ALONSO, 1998), según la importancia relativa de aniones y cationes y la cantidad total de sales disueltas.

Según dicha clasificación las lagunas de Beleña, dentro de las de agua dulce, se sitúan en el grupo de las temporales y dentro de él, por su

	LAGUNAS DE BELEÑA			
	Grande		Chica	
	P	V	P	V
Carbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	0,0	18,0	0,0	
Bicarbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	30,5	31,0	48,8	
Cloruros (mg.l <sup>-1</sup> )	4,3	13,0	5,6	
Sulfatos (mg.l <sup>-1</sup> )	16,0	10,0	11,0	S
Calcio (mg.l <sup>-1</sup> )	14,4	21,0	14,4	
Magnesio (mg.l <sup>-1</sup> )	1,9	7,7	2,9	E
Sodio (mg.l <sup>-1</sup> )	1,5	4,0	2,5	
Potasio (mg.l <sup>-1</sup> )	3,0	6,2	6,0	C
Sílice (mg.l <sup>-1</sup> )	2,3	2,0	2,0	
Fósforo total (mg. l <sup>-1</sup> P)	0,06	0,07	0,05	A
Nitratos (mg.l <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> )	0,9	1,6	1,4	
Mat. Orgánica (MnO <sub>4</sub> ,mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> )	14,4	36,8	12,7	
Dureza total	4,4	8,4	4,8	
AN+CAT (g. l <sup>-1</sup> )	0,073	0,112	0,091	
Aniones dominantes (% meq.l <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub> H - SO <sub>4</sub> - (Cl)	CO <sub>3</sub> - CO <sub>3</sub> H - (Cl) - (SO <sub>4</sub> )	CO <sub>3</sub> H - (SO <sub>4</sub> ) - (Cl)	
Cationes dominantes (% meq.l <sup>-1</sup> )	Ca - (Mg) - (K) - (Na)	Ca - Mg - (Na)-(K)	Ca - (Mg) - (K) - (Na)	
Grado de salinidad	Dulce	Dulce	Dulce	
Nivel trófico (P. Total)	Eutróf-mesotrófica	Eutróf-mesotrófica	Eutróf-mesotrófica	

Tabla 4. - Características químicas de las lagunas de Beleña: P= Primavera de 2001; V= Verano de 2001.

Table 4. - Chemical characteristics from Beleña lakes: P= Spring 2001; V= Summer 2001.

orden secuencial de aniones:  $\text{CO}_3\text{H}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ , son de las más frecuentes y con carácter de continentalidad más acentuado, excepto en la laguna Grande, donde la evolución de primavera a verano experimenta un cambio consistente en la disminución de dicho carácter al ocupar los cloruros el segundo lugar en vez de los sulfatos; este desplazamiento viene acompañado también por la aparición de carbonatos, ausentes en primavera y por el incremento paralelo, hasta 9,18, del valor del pH. La laguna de Somolinos, también de agua dulce aunque algo más mineralizada que las anteriores, pertenece al grupo de torcas que también es el más frecuente en este tipo de aguas (5-10 meq.l<sup>-1</sup>) de aniones y su secuencia de aniones coincide con las anteriores en el caso del perfil menos acentuado respecto a la continentalidad. En todo el grupo anterior de lagunas de agua dulce, la secuencia de cationes principales es:  $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ , que también corresponde a aguas temporales y torcas como en el caso de los aniones.

La laguna subsalina de Océn tiene un perfil iónico:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3\text{H}^-$ ;  $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ , propio de lagunas esteparias y torcas, también de los más

frecuentes en este tipo de aguas con un cierto grado de mineralización.

Las aguas salinas de Imón, Rienda y Ojo de Paredes se caracterizan por la secuencia  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++}$  típica de cuencas sedimentarias con evaporitas de origen marino, keuper en este caso, sometidas a intensa evaporación y consiguiente temporalidad de sus aguas, por lo que es destacable el carácter permanente y altamente salino de Ojo de Paredes. La mayor frecuencia de lagunas cloruradas de este tipo en España residen en la cuenca del Ebro y Guadalquivir.

**Nivel trófico y contenido en materia orgánica**

Por el contenido de fósforo total las lagunas de Beleña pueden considerarse eutróficas-mesotróficas, carácter que puede deberse en parte a la significativa presencia de ganado ovino observada en el terreno y también a los cultivos circundantes.

Las lagunas cársticas evolucionan de oligotrófico-mesotróficas en invierno a eutrófico-mesotróficas en verano. Este cambio podría explicarse, en el caso de la laguna de Océn, por

	LAGUNAS CÁRSTICAS			
	Océn		Somolinos	
	I	V	I	V
Carbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	6,0	6,0	3,0	0,0
Bicarbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	207,0	220,0	253,0	262,0
Cloruros (mg.l <sup>-1</sup> )	16,0	15,0	18,4	25,4
Sulfatos (mg.l <sup>-1</sup> )	361,0	481,0	4,6	5,0
Calcio (mg.l <sup>-1</sup> )	176,0	172,0	72,0	64,0
Magnesio (mg.l <sup>-1</sup> )	44,0	34,0	19,4	25,0
Sodio (mg.l <sup>-1</sup> )	6,0	6,0	3,0	4,0
Potasio (mg.l <sup>-1</sup> )	4,0	3,5	1,0	0,6
Silíce (mg.l <sup>-1</sup> )	8,0	4,5	3,3	3,1
Fósforo total (mg. l <sup>-1</sup> P)	0,011	0,07	≤0,01	0,07
Nitratos (mg.l <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> )	7,0	1,3	4,7	8,0
Mat. Orgánica (MnO <sub>4</sub> , mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> )	5,8	13,6	3,9	8,8
Dureza total	62,0	57,2	26,0	26,4
AN+CAT (g. l <sup>-1</sup> )	0,820	0,938	0,374	0,386
Aniones dominantes (% meq.l <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> - CO <sub>3</sub> H	SO <sub>4</sub> - CO <sub>3</sub> H	CO <sub>3</sub> H - (Cl)	CO <sub>3</sub> H - (Cl)
Cationes dominantes (% meq.l <sup>-1</sup> )	Ca - Mg	Ca - (Mg)	Ca - Mg	Ca - Mg
Grado de salinidad	Subsalina	Subsalina	Dulce	Dulce
Nivel trófico (P. Total)	Oligotróf.-mesotrófica	Eutróf.-mesotrófica	Oligotróf.-mesotrófica	Eutróf.-mesotrófica

Tabla 5. - Características químicas de las lagunas cársticas: I= Invierno de 2001; V= Verano de 2001.

Table 5. - Chemical characteristics from karstic lakes: I= Winter 2001; V= Summer 2001.

	SALINAS			OJO		
	Imón	Rienda	Paredes	Imón	Rienda	Paredes
Carbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	9,0	42,0	6,0	XII-1990	42,0	3,0
Bicarbonatos (mg.l <sup>-1</sup> )	40,0	43,0	7,3	0,0	0,0	18,0
Cloruros (mg.l <sup>-1</sup> )	24495	36192	3692	50,5	8282	94,5
Sulfatos (mg.l <sup>-1</sup> )	1590	3165	1018	67631	2758	7881
Calcio (mg.l <sup>-1</sup> )	560,0	600,0	329,0	3000	520,0	466
Magnesio (mg.l <sup>-1</sup> )	486,0	705,0	193,0	1400	413,0	360,0
Sodio (mg.l <sup>-1</sup> )	14500	22250	2400	656	5100	218,7
Potasio (mg.l <sup>-1</sup> )	165,0	325,0	4,0	40000	55,0	4900
Sílice (mg.l <sup>-1</sup> )	2,4	2,0	1,1	225	14,2	26,0
Fósforo total (mg.l <sup>-1</sup> P)	≤0,01	0,03	≤0,01	-	0,05	4,4
Nitratos (mg.l <sup>-1</sup> NO <sub>3</sub> )	0,3	0,4	0,3	-	0,7	≤0,01
Mat. Orgánica (MnO <sub>2</sub> , mgO <sub>2</sub> .l <sup>-1</sup> )	24,0	76,8	10,0	-	62,4	3,2
Dureza total	340,0	440,0	137,2	-	300	6,6
Aniones+Catiónes (g. l <sup>-1</sup> )	41,84	63,32	7,59	620,0	17,17	12,0
Catiónes dominantes (% meq.l <sup>-1</sup> )	Cl	Cl - (SO <sub>4</sub> )	Cl - (SO <sub>4</sub> )	Cl	Cl - (SO <sub>4</sub> )	Cl
Grado de salinidad	Na - (Mg)	Na - (Mg)	Na - (Ca) - (Mg)	Na	Na - (Mg) - (Ca)	Na - (Mg) - (Ca)
Nivel trófico (P. Total)	α-hipersalina	α-hipersalina	Hiposalina	β-hipersalina	Hiposalina	Hiposalina
	Oligo-mesotrófica	Meso-eutrófica	Oligo-mesotrófica	-	Oligo-mesotrófica	Oligo-mesotrófica
			Eutróf-mesotrófica	-		Mesosalina
				-		Mesotróf-eutrofica

Tabla 6. - Características químicas de las salinas y Ojo de Paredes: I= Invierno de 2001; V= Verano de 2001.  
 Tabla 6. - Chemical characteristics from salines and Ojo de Paredes: I= Winter 2001; V= Summer 2001.

la disminución del volumen de agua observado en verano, la presencia de peces introducidos y la práctica de pesca en sus aguas, así como a la existencia de cultivos en sus inmediaciones. En la laguna de Somolinos, la misma tendencia observada podría deberse al aprovechamiento que de ella se hace para pesca y uso recreativo.

En la salina de Rienda se observa una situación trófica similar a la descrita anteriormente, mientras que en Ojo de Paredes y en la salina de Imón la variación producida de invierno a verano es menos acusada, ya que durante la época de estiaje el nivel alcanzado es de mesotrofia-eutrofia.

El nivel de materia orgánica detectado en el agua de las lagunas también sirve para evaluar el impacto antrópico que reciben. Una característica común en todos los medios muestreados es el aumento significativo que se produce en verano, variando desde el doble aproximadamente, en las lagunas cársicas y de Beleña, hasta cinco y seis veces más en Ojo de Paredes y Rienda, respectivamente. Somolinos y Océn son, en el conjunto de todas las lagunas, las que presenta cantidades más bajas de materia orgánica en las dos épocas del año, pudiendo considerarse como escasamente contaminadas. El resto de los medios acuáticos presentan en verano cantidades altas de materia orgánica, mientras que en invierno sus niveles pueden considerarse moderados.

Finalmente, habría que destacar cómo en la zona estudiada, un área relativamente pequeña del Norte de Guadalajara, coexisten tres tipos de agua con diferencias físico-químicas tan acusadas, tanto en el



grado de salinidad, desde dulces a hipersalinas, como en la composición relativa de aniones y cationes que contienen -bicarbonatadas cálcicas, sulfatadas cálcicas, cloruradas sódicas- y que sugiere, a nivel faunístico y florístico, un elevado potencial de biodiversidad.

Otro aspecto relevante es el impacto antrópico, de diversa naturaleza e intensidad, que reciben todas las masas de agua estudiadas, reflejado en el estado de eutrofia y en los elevados niveles de materia orgánica observados, sobre todo en verano, y que evidencian la creciente degradación a que se hayan expuestas las aguas continentales en nuestro país.

En la corta existencia de Ojo de Paredes, es destacable también la notable disminución (seis veces) de su contenido en sales disueltas observada en los últimos once años de los que tenemos registro.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Raúl López su amabilidad y predisposición en todo momento para facilitar el acceso y toma de muestras en las salinas de Imón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, M. 1998. Las lagunas de la España peninsular. *Limnética* 15: 1-176.
- APHA. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC. 1268 pp.
- DÍAZ, P., GUERRERO, M.C., ALCORLO, P., BALTANÁS, A., FLORÍN, M. & MONTES, C. 1998. Anthropogenic perturbations to the trophic structure in a permanent hypersaline shallow lake: La Salada de Chiprana (north-eastern Spain). *International Journal of Salt Lake Research* 7: 187-210.
- EUGSTER, H.P. & HARDIE, L.A. 1978. Saline lakes. En: A. Lerman (ed.). *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. Springer-Verlag. New York. 237-293 pp.
- HAMMER, U.T. 1986. Saline lake ecosystems of the world. Junk Publ. 616 pp.
- HAMMER, U.T., SHAMES, J. & HAYNES R.C. 1983. The distribution and abundance of algae in saline lakes of Saskatchewan, Canada. *Hydrobiologia* 16: 1-26.
- MONTES, C. & MARTINO, P. 1987. Las lagunas salinas españolas. En: Seminario sobre bases científicas para la protección de humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 95-145 pp.
- MOPT, DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS. 1991. Estudio de las zonas húmedas de la España peninsular: inventario y tipificación. Madrid.
- POR, F.D. 1980. A classification of hypersaline waters, based on trophic criteria. *Mar. Biol.* 1: 121-131.
- UNESCO, 1992. Clasificación de masas de agua en relación con sus pretendidos usos. En: El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, S.A., Madrid. 315-355 pp.