



Laguna del Sopotón.

La conservación del sistema de lagunas de Doñana

*Carmen Díaz Paniagua¹, Laura Serrano², Margarita Florencio^{1,3}, Arturo Sousa²
Patricia Siljestrom⁴, Pablo García-Murillo², Rocío Fernández-Zamudio¹ y
Carola Gómez-Rodríguez⁵*

CONSERVAR LA HETEROGENEIDAD DEL SISTEMA PARA CONSERVAR SU BIODIVERSIDAD

La importancia del sistema de lagunas de Doñana radica en la gran cantidad de lagunas y su elevada heterogeneidad, lo que le permite albergar a un gran número de especies, muchas de ellas singulares, al ser exclusivas de este tipo de medios acuáticos, caracterizados por un periodo de desecación recurrente. Esta compleja red de lagunas se ha ido conformando, a lo largo del tiempo, como consecuencia de la interacción de los aprovechamientos tradicionales del suelo sobre las condiciones hidrogeológicas del manto eólico litoral onubense, en un contexto donde fluctúan períodos climáticamente húmedos y secos.

Los medios acuáticos temporales han sido infravalorados durante muchos años, tendiéndose a su destrucción o transformación en muchos casos (Williams y col., 2001; Grillas y col., 2004; Zacharias y col., 2007). Actualmente, las lagunas temporales se reconocen como hábitats prioritarios en la Unión Europea, donde son escasos, y en muchos casos corresponden a hábitats modificados por el hombre (Gauthier y col., 2004). El caso de Doñana es especial, pues se trata de un área sometida a los grados más altos de protección en España, estando el sistema de lagunas incluido dentro de un Parque Nacional. Aunque hubo serios intentos de transformar el Parque Nacional en un área forestal o cultivable antes de los años 60 del siglo XX, e incluso la parte norte

1. Estación Biológica de Doñana-CSIC.
2. Departamento Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla.
3. Dirección actual: Dpto de Ecología, Instituto de Ciências Biológicas, Univ. Fed. de Goiás, Brasil.
4. Instituto de Recursos Naturales de Sevilla-CSIC.
5. Departamento de Zoología, Universidad de Santiago de Compostela.





llegó a mantener una alta densidad de eucaliptos, posteriormente no ha sufrido grandes transformaciones, manteniendo sus suaves irregularidades topográficas que, con las variaciones de los niveles de aguas subterráneas, dan lugar a las lagunas temporales. De hecho, el escaso número de fuertes transformaciones que ha sufrido esta área en el siglo pasado es precisamente lo que explica la gran heterogeneidad de lagunas que encontramos, que en su conjunto contribuyen a dar una mayor riqueza al sistema en general.

A pesar de ello, como hemos visto en el capítulo anterior, las lagunas de Doñana están sometidas a un gran número de amenazas que le llegan del exterior, entre las que hay que destacar sobre todo las relacionadas con la sobreexplotación del acuífero, causada por los cultivos extensivos de los alrededores del Parque o por el abastecimiento a núcleos urbanos próximos. Este y otros problemas del Parque han de solucionarse para conservar este sistema de lagunas y, mientras tanto, hay que dar a conocer la importancia que tiene, especialmente como hábitat de un gran número de especies de flora y fauna.

Dentro de cada uno de los distintos grupos de organismos analizados, hemos descrito ya en capítulos anteriores la gran riqueza del sistema: 81 taxones de microcrustáceos, 128 de macroinvertebrados (entre los que se incluyen 59 especies de coleópteros, 18 heterópteros, 26 odonatos, 8 grandes branquiópodos y 16 familias de dípteros), 11 especies de anfibios, 4 reptiles, 2 mamíferos y unas 200 especies de plantas acuáticas. Al analizar la distribución de las especies, nos encontramos con que la influencia tanto de la temporalidad de los hábitats, como de las características geomorfológicas (y por tanto la composición físico-química de sus aguas) de las lagunas contribuyen a diferenciar la composición de sus agrupaciones de especies, por lo que a lo largo del Parque encontramos lagunas con amplias diferencias tanto en la riqueza de especies, como en las propias especies que las habitan.

RIQUEZA ESPECÍFICA DE LAS LAGUNAS

Uno de los primeros puntos que hay que tener en cuenta para considerar la importancia de las lagunas temporales sobre la conservación de la flora y fauna es el número de especies que albergan, identificando con ello las áreas y puntos de mayor valor ecológico.

Entre 2011 y 2014 hemos visitado y muestreado más de 200 lagunas a lo largo de todo el Parque, y aunque nuestros datos no cubren todo el área, sí nos dan una idea acerca de las zonas y tipos de lagunas con mayor riqueza de especies. En estos muestreos no se han determinado todos los grupos, sino solo macroinvertebrados (coleópteros, heterópteros, grandes branquiópodos y odonatos), anfibios y plantas acuáticas. Basándonos en estos datos, se pueden clasificar las lagunas en relación a la riqueza total de especies y la de cada grupo.

En general, las lagunas con mayor riqueza se encuentran localizadas en la zona norte del Parque y la mayoría se caracterizan por ser las de carácter más permanente: grandes lagunas o lagunas temporales con zacallón (Figura 1). La Tabla 1 enumera las lagunas que contienen mayor riqueza de los principales grupos evaluados, incluyendo un orden de importancia según el total de especies de todos los grupos considerados.

La laguna en la que se encontró mayor riqueza específica general fue la Mata de los Domínguez, una amplia laguna que contiene un zacallón, situada en las Arenas Estabilizadas del Norte. Sin embargo, no es esta la laguna que contiene mayor riqueza de ninguno de los grupos considerados. En general, las lagunas de mayor riqueza vegetal se corresponden con grandes lagunas situadas en la Vera o en la Zona Peridunar, donde hemos detectado más de 40 especies de macrófitos. En cuanto a los anfibios, la mayor riqueza se encuentra en lagunas de las zonas del





Tabla 1. Lagunas muestreadas que presentaron mayor riqueza de especies. Se indica el número especies de vegetación, anfibios, heterópteros, coleópteros y larvas de odonatos. Solo se han incluido lagunas en las que se realizaron muestreos de los cinco grupos considerados. (Lz = laguna temporal con zacallón; t = laguna temporal; lag = grandes lagunas; z = zacallón; n =Arenas Estabilizadas del Norte; p = Zona Peridunar; v = Vera; dm = Dunas Móviles).

Nombre	Id Mapa Fig.1	Zona	Tipo	RIQUEZA (Número de especies)					TOTAL
				Vegetación	Anfibios	Heterópteros	Coleópteros	Larvas de odonatos	
Mata de los Domínguez	1	n	Lz	38	4	7	47	2	98
Cañuelas Altas	2	n	Lz	19	5	15	50	4	93
Sanguijuela	3	p	Lz	42	6	11	26	4	89
Navazo Aragón	4	n	Lz	40	5	7	34	0	86
Pinar Grande	5	v	t	46	4	2	20	2	74
Baquetas	6	n	Lz	19	2	8	40	4	73
Estratificada	7	v	t	35	4	7	22	3	71
Porquera de Rendón	8	v	t	30	3	7	30	0	70
Orfeón	9	n	t	36	7	1	23	3	70
Rincón de Guerrero	10	v	Lz	27	4	6	30	2	69
Navazo de la Sarna	11	n	t	19	6	5	36	2	68
Sapo	12	p	lag	25	2	6	30	5	68
Mogea	13	n	t	26	4	5	31	2	68
Camellero	14	n	Lz	21	5	8	29	4	67
Rico - Camellero	15	n	Lz	31	3	6	25	2	67
Tojar Cano	16	n	Lz	20	4	7	34	1	66
Corral de Félix	17	dm	z	18	5	8	29	5	65
Pequeña del Pinar	18	v	t	25	4	4	31	0	64
Casa del Lobo	19	n	Lz	33	2	3	25	1	64
Zalagalano	20	n	Lz	40	2	2	18	0	62

norte y la Peridunar, destacando para este grupo las lagunas temporales como principales hábitats. Para los coleópteros acuáticos, la mayoría de los puntos de mayor riqueza también se localizan en el norte, y principalmente en los medios más permanentes (lagunas con zacallón), aunque también destaca un zacallón de las Dunas Móviles, con 18 especies de coleópteros acuáticos. La mayor





riqueza de heterópteros se encuentra también en zacallones asociados a lagunas, la mayoría del norte. Como máximo, se encontraron larvas de cinco especies de odonatos en una misma laguna, que corresponden también, como en los grupos anteriores, a los medios más permanentes del norte y peridunares, aunque también se incluyen algunas lagunas temporales en el sur y peridunar. En general, el sistema de lagunas es tan diverso y con una variabilidad temporal tan grande, que no se puede concretar sobre la importancia de conservar una laguna en particular por su riqueza, sino que hay que conservar la heterogeneidad de todo el sistema y su conectividad.

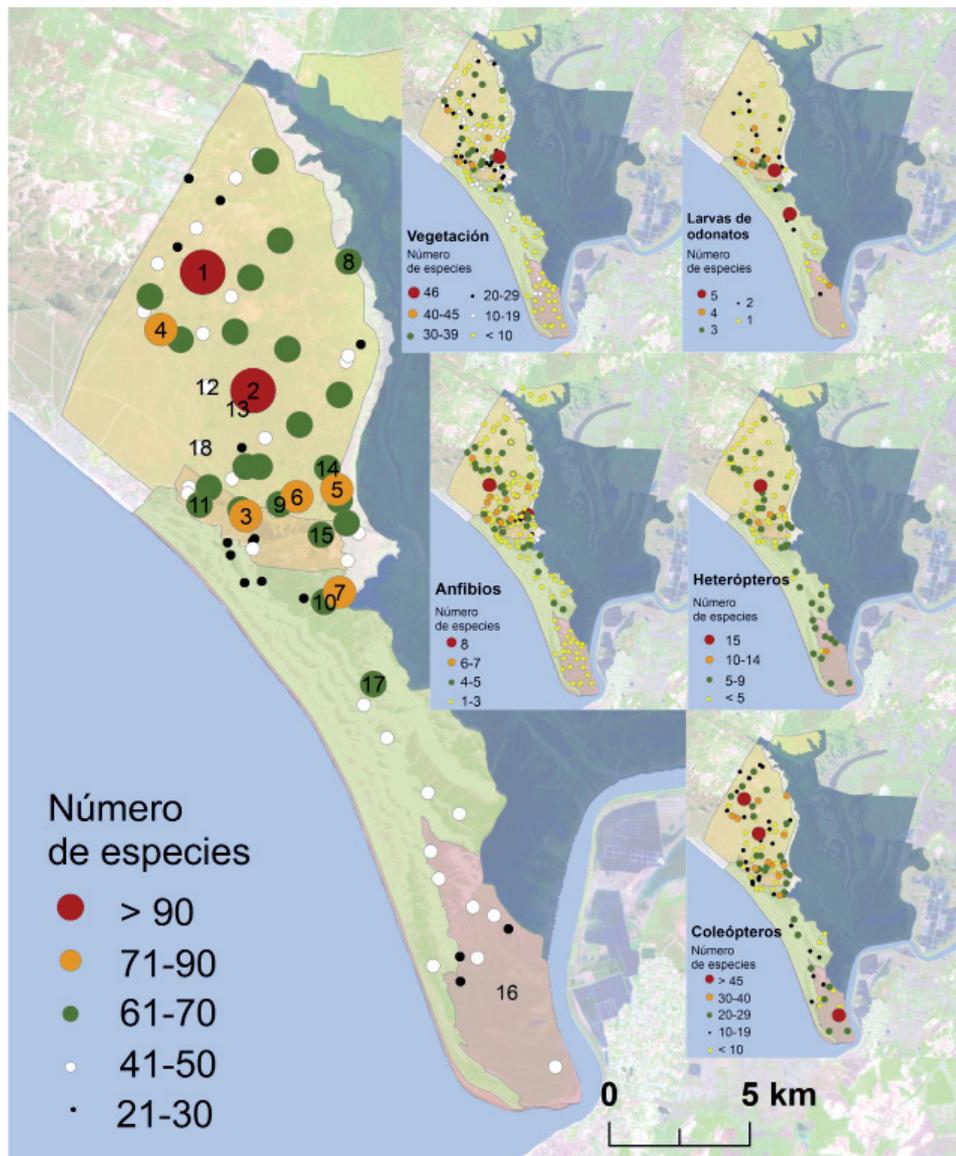


Figura 1. Lagunas muestreadas para los cinco grupos de organismos (plantas acuáticas, anfibios, odonatos, coleópteros y heterópteros) clasificadas según el número de especies registradas (los números corresponden a las lagunas indicadas en la tabla 1 y el mapa de mayor tamaño incluye el total de todas las especies).





ESPECIES SINGULARES O CATALOGADAS CON ALGÚN GRADO DE AMENAZA

El área de Doñana, por su situación reúne especies de distinto origen biogeográfico, y en algunos casos representa el punto más extremo de las áreas de distribución de determinadas especies. Por ello, independientemente de su valor como patrimonio histórico, paisajístico y geomorfológico, las lagunas de Doñana tienen una gran importancia por las comunidades biológicas que albergan. En ellas encontramos endemismos de distinto grado, como los de carácter ibérico o de mayor amplitud (iberomarroquíes, o especies características del oeste del Mediterráneo). Se encuentran algunas especies de distribución muy restringida, como el copépodo *Dussartius baeticus*, los tritones pigmeos o los sapillos moteados, que solo se encuentran en el sur de la Península Ibérica. Cabe destacar, en particular, el caso del rotífero *Lecane donyanaensis*, especie descrita en el área de Doñana, que por ahora podemos considerar con su distribución restringida exclusivamente a esta área, pues no se conoce su presencia todavía en otras localidades.



En la Tabla 2, queremos señalar la lista de las especies que, registradas en los últimos años en las lagunas de Doñana, tienen un interés especial, bien por su grado de amenaza o por su distribución restringida, por lo que merecen ser tenidas en cuenta a la hora de valorar la necesidad de conservar sus hábitats, en este caso las lagunas temporales de Doñana. Entre ellas podemos resaltar 20 especies clasificadas en las más importantes categorías de amenaza (vulnerable, en peligro o en peligro crítico), en las que encontramos 13 especies vegetales, que incluyen cuatro de las seis flotantes autóctonas que se localizan en Doñana. Entre las especies vegetales más amenazadas se puede distinguir a *Avellara fistulosa* y *Caropsis verticillato-inundata*, que se encuentran en peligro crítico en España, y a *Wolffia arrhiza*, *Zannichelia obtusifolia*, *Armeria gaditana*, *Baldellia repens*, *Damasonium bourgaei*, *Erica ciliaris* y *Eryngium corniculatum*, catalogadas con un riesgo de extinción alto (VU) o muy alto (EN) (Bañares y col., 2004, 2006, 2009; Garilletei y Albertos, 2012). Igualmente, entre los invertebrados, podemos destacar entre los crustáceos del zooplancton a *Dussartius baeticus*, por su clasificación como especie vulnerable (Reid, 1996) y al rotífero *Lecane donyanaensis*, hasta ahora solo encontrado en el área de Doñana (Galindo y col., 1994). Entre los crustáceos de mayor tamaño habría que destacar a otras especies que, aunque no evaluadas dentro de los criterios de conservación, presentan una distribución muy restringida, por lo que su conservación en las lagunas puede tener una gran importancia. Así, entre los grandes branquiópodos, cabe señalar a especies que se encuentran en escasas localidades dentro de la Península Ibérica, como *Branchipus cortesi*, *Maghrebstheria maroccana* o *Cyzicus grubei* (Alonso, 1998). Entre otros macroinvertebrados, cabe destacar principalmente a los odonatos, de los que



Branchipus cortesi.





Coenagrion scitulum.



Lestes macrostigma.

la mayoría de las especies citadas en Doñana están catalogadas bajo algún criterio de conservación (Verdú y col., 2013). Aunque en Doñana se han llegado a citar hasta 10 especies con alto grado de amenaza (Díaz-Paniagua y col., 2014a), en los últimos años, solo hemos observado dos de ellas en las lagunas temporales, las vulnerables *Lestes macrostigma* y *Coenagrion scitulum*. Entre los vertebrados, las lagunas de Doñana son importantes para la conservación de los anfibios, todos ellos catalogados en listas rojas (Pleguezuelos y col., 2002). Entre ellos, cabe destacar a *Triturus pygmaeus*, especie considerada en vulnerable estado de conservación en Andalucía (Pleguezuelos y Díaz-Paniagua, 2001), que en Doñana tiene unas poblaciones muy singulares, por su reducido tamaño corporal. Las dos especies de quelonios acuáticos se consideran vulnerables en España (Pleguezuelos y col., 2002), encontrándose en las lagunas de Doñana las poblaciones mejor conservadas y más abundantes de *Emys orbicularis* de España (Keller y Andreu, 2002). También hay que añadir la rata de agua, *Arvicola sapidus*, clasificada como vulnerable en España (Román, 2007), de la que solo ocasionalmente hemos detectado su presencia en las lagunas temporales muestreadas.

Al clasificar las lagunas según su importancia como hábitats de especies amenazadas, los anfibios tienen escaso valor para destacar lagunas con mayor importancia que otras, lo cual se debe a que solo una especie tiene un valor de amenaza superior a las demás (*Triturus pygmaeus*) y además es muy abundante y está muy bien representada en todo tipo de lagunas a lo largo de todo el Parque. No obstante, no es frecuente encontrar lagunas que presenten más de seis especies de anfibios reproduciéndose en ellas en un periodo de tiempo relativamente corto (1-2 años), por lo que son las lagunas de mayor riqueza las que se pueden considerar de mayor importancia. Encontramos lagunas con esta alta riqueza y que además presentan al tritón pigmeo, solo en la mitad norte del Parque, tanto en las Arenas Estabilizadas como en la Zona Peridunar,



Triturus pygmaeus.





incluyendo tanto lagunas de amplias dimensiones, como la laguna Dulce o la del Zahillo, como también lagunas de menor extensión con hidropereodo intermedio, como la del Orfeón u otra próxima al Acebuche de Matalascañas.

La presencia de quelonios acuáticos también debe tenerse en cuenta, aunque estas especies no tienen preferencia por las lagunas temporales, sino por las de mayor permanencia, y los encontramos en amplias lagunas permanentes o semipermanentes, como la laguna Dulce, peridunares de largo hidropereodo como la de los Hermanillos o el Taraje, o asociados a zacallones, como el del Corral de Félix.

Tabla 2. Lista de especies registradas en las lagunas de Doñana, catalogadas bajo algún criterio de amenaza o de distribución restringida. Los criterios de conservación se explican con mayor detalle en los capítulos correspondientes en los que se describe cada grupo de organismos (CR: en peligro crítico, EN: en peligro, VU: vulnerable, NT: casi amenazada, DD: insuficientemente conocida).

VEGETACIÓN	ESTATUS DE CONSERVACIÓN	ENDEMISMO
<i>Lemna trisulca</i>	CR, DD	
<i>Ricciocarpos natans</i>	EN	
<i>Spirodela polyrrhiza.</i>	DD	
<i>Wolffia arrhiza</i>	EN, VU	
<i>Apium inundatum.</i>	NT, DD	
<i>Callitriche lusitanica</i>	EN, DD	Iberoafriana
<i>Callitriche obtusangula</i>	DD	
<i>Callitriche truncata.</i>	DD	
<i>Elatine alsinastrum</i>	NT	
<i>Elatine hexandra</i>	NT	
<i>Isoetes histrix</i>		Mediterráneo occid.
<i>Isoetes velatum</i>	VU	Mediterráneo occid.
<i>Isolepis fluitans</i>	DD	
<i>Juncus heterophyllus</i>	NT	
<i>Potamogeton lucens</i>	DD	
<i>Potamogeton natans</i>	DD	
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	DD	
<i>Zannichelia obtusifolia</i>	VU	
<i>Armeria gaditana</i>	VU	
<i>Avellara fistulosa</i>	CR	
<i>Baldellia ranunculoides</i>	NT	
<i>Baldellia repens</i>	VU	
<i>Caropsis verticillato-inundata</i>	CR	
<i>Carum verticillatum</i>	LC	Pobl. más meridional
<i>Damasonium bourgaei</i>	VU	
<i>Erica ciliaris</i>	VU	
<i>Eryngium corniculatum</i>	VU	
<i>Glyceria spicata</i>	DD	





<i>Gratiola linifolia</i>	NT	
<i>Juncus emmanuelis</i>	DD	
Crustáceos		
<i>Branchipus cortesi</i>		Ibérico
<i>Cyzicus grubei</i>		Iberomarroquí
<i>Daphnia hispanica</i>		Ibérico
<i>Dussartius baeticus</i>	VU	Ibérico
<i>Maghrebestheria maroccana</i>		Iberomarroquí
<i>Triops baeticus</i>		Ibérico
Rotíferos		
<i>Lecane donyanaensis</i>		Ibérico (Doñana)
Coleópteros		
<i>Cybister tripunctatus africanus</i>		Iberoaficano
<i>Hydroporus lucasi</i>		Iberomarroquí
<i>Hygrotus lagari</i>		Iberoaficana
<i>Laccobius revelieri</i>		Iberoaficana
<i>Ochthebius auropallens</i>		Iberoaficana
<i>Bagous revelieri</i>		Iberoaficana
<i>Bagous vivesi</i>		Iberoaficana
<i>Haliphus andalusicus</i>		Rareza en España
<i>Rhantus hispanicus</i>		Rareza en ESpaña
Heterópteros		
<i>Microvelia pygmaea</i>		Iberoaficana
<i>Sigara scripta</i>		Iberoaficana
Odonatos		
<i>Coenagrion scitulum</i>	VU	
<i>Lestes barbarus</i>	NT	
<i>Lestes macrostigma</i>	VU	
<i>Sympetrum meridionale</i>	LC, DD	
Anfibios		
<i>Triturus pygmaeus</i>	VU	Ibérico
<i>Lissotriton boscai</i>	LC	Ibérico
<i>Pleurodeles waltl</i>	NT	Iberomarroquí
<i>Alytes cisternasii</i>	NT	Ibérico
<i>Pelobates cultripes</i>	NT	Ibérico
<i>Discoglossus galganoi</i>	NT	Ibérico
<i>Pelodytes ibericus</i>	DD	Ibérico
<i>Hyla meridionalis</i>	NT	



Reptiles		
<i>Emys orbicularis</i>	VU	
<i>Mauremys leprosa</i>	VU	Mediterráneo occid.
Mamíferos		
<i>Lutra lutra</i>	NT	
<i>Arvicola sapidus</i>	VU	



Laguna del Orfeón.

Entre los macroinvertebrados, son escasas las especies catalogadas con criterios de amenaza, pero sí destacan algunas especies por su distribución restringida o por su rareza en el territorio nacional. Considerando en su conjunto las lagunas en las que hemos registrado coleópteros, branquiópodos y larvas de odonatos amenazados o de distribución restringida, de nuevo se señalan lagunas de la mitad norte del Parque como las más importantes, aunque también se incluye algún zacallón de la zona sur. Entre ellas destacan las lagunas que contienen zacallón, pues tanto las larvas de odonatos como los grandes ditiscidos parecen encontrarse preferentemente en este tipo de medios. La Mata de los Domínguez, Cañuelas Altas, el zacallón del Raposo, el del Puntal, el del Rincón de Guerrero, la laguna del Sapo y el zacallón de la Punta de Zalabar son las lagunas que resultaron más importantes, pero también el Navazo de la Sarna, la Laguna Grande del Pinar de San Agustín y alguna laguna somera y extensa del Puntal, sin zacallón, adquirieron un valor importante, precisamente por la presencia de grandes branquiópodos, que principalmente aparecen en medios someros de corto hidoperiodo de la mitad norte del Parque. También se ha considerado la presencia de odonatos en vuelo, de los que se ha destacado la presencia de las tres especies catalogadas con mayor categoría de amenaza (*Lestes macrostigma*, *Coenagrion scitulum* y *Symptetrum meridionale*). Para este grupo, también se destacan especialmente lagunas con zacallón, o de larga permanencia, como la laguna Dulce y el zacallón del Corral de Félix, que son las únicas que albergaron a las tres especies a la vez.

La vegetación es uno de los grupos más útiles a la hora de clasificar a las lagunas según la importancia como hábitat de especies protegidas, ya que se reconoce una gran cantidad de especies catalogadas. Además, la falta de movilidad de las plantas, en comparación con los animales, permite asociarlas directamente a la localidad en la que las registramos, existiendo mayores probabilidad-





El zacallón de la Mata de los Domínguez mantiene la diversidad de la laguna en los años en que esta no llega a inundarse.

des de su registro en años sucesivos o de que estuvieran en ellas en años anteriores. Por otro lado, esta falta de movilidad también las hace más vulnerables a los cambios ambientales que puedan producirse en las lagunas que habitan. La laguna en la que detectamos mayor cantidad de especies catalogadas, tanto con los mayores criterios de amenaza como por ser endemismos o especies raras, fue Zalagalano, con cinco especies importantes (*Avellara fistulosa*, *Carum verticillatum*, *Eryngium corniculatum*, *Juncus emmanuelis*, *Potamogeton natans*). También se incluye entre las de mayor importancia la Mata de los Domínguez, con la presencia de *Caropsis verticillato-inundata*. Casi todas las lagunas seleccionadas aplicando estos criterios se sitúan en la mitad norte del Parque, y la mayoría contienen un zacallón, que es importante para la conservación de determinadas especies que requieren mantener más tiempo la inundación, o al menos un alto grado de humedad para su subsistencia (como las especies del género *Potamogeton*). En este grupo, se encuentran, además de las citadas, lagunas próximas a la Porquera de Rendón, la del Camellero, el Pajarillo, el Navazo Aragón, el Zahillo, así como algunas lagunas temporales, extensas y de largo hidropereodo, como la Espajosa, la de la Mogeá o la del Alcornoque Escobar, con la presencia de *Isolepis fluitans* y/o *Potamogeton natans*. Otro criterio que se puede aplicar para la selección de lagunas importantes es el hecho de ser uno de los escasos puntos en los que aparece una determinada especie protegida, como ocurre con *Lemna trisulca*, inicialmente registrada en un solo zacallón del sur, pero que en los últimos años ha sido localizada en otras dos localidades próximas. Igualmente, la presencia de *Spirodela polyrrhiza* determina la importancia del único zacallón de las Dunas Móviles que la contiene.

Otra cuestión que hay que tener en cuenta al considerar la presencia de especies singulares en las lagunas es que las diferencias geomorfológicas existentes a lo largo del gradiente norte-sur, hacen que la composición de especies varíe considerablemente entre distintas zonas, con especies que son carac-



Zacallón de Zalabar, importante por la densa capa de *Lemna trisulca* que presenta.





terísticas de las zonas del norte, y otras características de las del sur (Florencio y col., 2015). Esta diferenciación obliga a tener en cuenta la necesidad de conservar tanto las lagunas del norte por la presencia de determinadas especies o grupos de especies, como la de conservar las lagunas del sur por contener otro grupo de especies importantes, aunque en general contengan menor riqueza específica.

En definitiva, atendiendo a criterios de amenaza, como ocurría con los de riqueza, es difícil identificar lagunas concretas que puedan distinguirse significativamente de las demás por su importancia para la conservación de la biodiversidad. Cada grupo de organismos tiene requerimientos diferentes, e incluso dentro de cada grupo hay especies de muy distintos requerimientos. La importancia del sistema de lagunas de Doñana no radica en la presencia de una especie determinada o de algunas lagunas importantes que acogen alta riqueza o diversidad de especies. Su importancia se basa, sobre todo, en la existencia y conservación de un sistema dinámico, que contiene tanto lagunas con alta riqueza como lagunas con escasas especies con mayor o menor grado de amenaza, en el que existe un dinamismo y una variabilidad interanual que hace que sus comunidades sean resistentes a periodos ocasionales de condiciones extremas. Los drásticos cambios que cada laguna puede sufrir de un año a otro tienen consecuencias sobre las agrupaciones de especies que las utilizan como hábitats reproductivos. Unos años las condiciones de cada laguna pueden favorecer el éxito reproductivo de determinadas especies, pero al año siguiente pueden ser otras especies las que encuentren en esa misma laguna sus condiciones óptimas, por lo que a largo plazo existe un reemplazamiento de las especies que contribuye, en general, a mantener la biodiversidad de todo el sistema, en lugar de favorecer siempre a un determinado grupo de especies. Esto se ha descrito en particular para la comunidad de anfibios (Gómez-Rodríguez y col., 2010b), pero podría aplicarse también, probablemente, a los otros grupos. A todo esto también hay que añadir la conectividad existente, sobre todo en las zonas de mayor densidad de lagunas, que permite la colonización y dispersión de especies, lo que parece especialmente importante en el caso de los coleópteros y heterópteros (Florencio y col., 2014).



Lagunas del Puntal. Foto: Héctor Garrido. EBD/CSIC.

El otro factor importante que caracteriza al sistema de lagunas temporales de Doñana es la amplitud del gradiente de hidroperiodo que existe. A mayor gradiente de hidroperiodo, mayor es el número de especies (o de grupos) con distintos requerimientos (por ejemplo especies de mayor o menor duración del periodo larvario), que el sistema de lagunas puede contener. Para determinadas especies, como los coleópteros y heterópteros con gran capacidad de dispersión, es también importante la existencia de medios permanentes en el sistema de lagunas, como las grandes lagunas, o alternativamente los zacallones, que permiten que estas especies tengan un refugio estival dentro del área, lo cual facilita la recolonización que se debe producir en cada ciclo de inundación.





La ausencia (o mayor distanciamiento) de estos medios dificultaría los procesos de recolonización y, probablemente, tendría como consecuencia la disminución de la riqueza de este grupo de organismos o de toda la fauna acuática asociada al sistema de lagunas (Florencio y col., 2011).

AFRONTAR LAS GRANDES AMENAZAS DEL SISTEMA CON MEDIDAS DE MANEJO Y GESTIÓN

Para mantener y conservar el complejo entramado de hábitats y especies singulares que conforman las lagunas del Parque Nacional de Doñana es necesario mantener la integridad de todo el ciclo hidrológico, incluyendo la alimentación y los ciclos naturales de inundación de las lagunas. La presión a la que se ve sometido el sistema de lagunas tienen como consecuencia más directa, además del riesgo de reducción de su superficie, la reducción del número de especies, es decir, una disminución de su biodiversidad, entre las que se perderían especies raras y vulnerables, que suelen ser características de este tipo de medios temporales (Médail, 2004). Entre las más fuertes presiones que hemos detallado en anteriores capítulos, hay dos grandes problemas que no pueden pasar desapercibidos y necesitan la atención de los gestores del medio. Uno de ellos es la introducción de especies exóticas, entre las que destaca por su gran impacto negativo sobre poblaciones de anfibios y de especies vegetales, el cangrejo rojo americano. Para esta y otras especies acuáticas exóticas, como la gambusia o incluso determinadas especies vegetales invasoras, como por ejemplo *Azolla filiculoides*, la temporalidad del medio constituye una defensa efectiva. Así, aunque Doñana fue una de las primeras localidades en que se introdujo el cangrejo americano en Europa, sus poblaciones de anfibios no se han visto tan afectadas como las que se describen en otras zonas europeas (Cruz y col., 2006, 2008; Ficetola y col., 2011), ya que en la mayoría de las lagunas temporales de Doñana, los cangrejos no resisten el periodo de desecación estival. Sin embargo, sí pueden permanecer pequeños núcleos poblacionales en las lagunas que mantienen agua durante todo el año o en los zacallones. Desde este punto de vista, los zacallones pueden ejercer un efecto negativo en el sistema de lagunas, permitiendo la permanencia de especies invasoras, y constituyendo pequeños focos de dispersión desde donde pueden colonizar otras lagunas en épocas de inundación.

El otro problema, de mayor importancia, es la tendencia generalizada de reducción de hidroperiodo detectada por diversos estudios (Coletto, 2003; Serrano y Serrano, 1996; Gómez-Rodríguez y col., 2010a), a lo que también podemos llamar tendencias de desecación de las lagunas. El acortamiento del hidroperiodo lleva consigo la desaparición de lagunas. Inicialmente son las de más corta duración las que no se inundan o lo hacen con menor frecuencia, pasando las de hidroperiodo intermedio a ser de corto hidroperiodo. La pérdida más importante es, sin embargo, la de lagunas de largo hidroperiodo o las más permanentes, que desaparecen como tal y, con ellas, las especies que requieren amplios ciclos de inundación, como determinados grupos de odonatos, de macrófitos (como los flotantes, por ejemplo), o algunas espe-



Las grandes libélulas tienen periodos de desarrollo muy largos, por lo que requieren lagunas permanentes o de larga duración para reproducirse con éxito.
Foto A. Portheault.





Zacallón del Puntal.

cies de anfibios propias de medios permanentes (como las ranas o los sapos comunes) o de largo periodo larvario, como los sapos de espuelas.

Estas amenazas llevan consigo importantes pérdidas de diversidad y riqueza, que serán irremediables si no se toman medidas para impedirlo. Las lagunas de Doñana, grandes o pequeñas, no han tenido hasta ahora una gestión significativa que implique mejoras en su conservación o mantenimiento. Su situación dentro de un Parque Nacional les daba una garantía suficiente para presuponer su conservación, a la par que todo el Parque, amparado bajo una ley específica que, entre otras cosas, “*vela por la cantidad o la calidad de las aguas del Parque Nacional*” (Artículo 3.2 de la Ley 91/1978, de 28 de diciembre, del Parque Nacional de Doñana, BOE 11/1979, de 12 de enero). Sin embargo, ante los descensos de los niveles del acuífero y con la detección del deterioro generalizado del sistema, es necesario realizar acciones que contribuyan a paliar las pérdidas de riqueza.

Tanto la explotación del acuífero, como la introducción de determinadas especies invasoras, son problemas difíciles de resolver. Reducir la cantidad de extracciones a las que anualmente está sometido el acuífero de Doñana es una medida imprescindible, aunque existen dificultades políticas, económicas y sociales que hacen dudar que se consiga resolver a corto plazo. Asimismo, la erradicación de las especies invasoras de mayor impacto, como es el caso del cangrejo rojo americano, se considera actualmente imposible, por lo que ni siquiera se realizan acciones para eliminar o reducir esta plaga.

Aunque a lo largo de los siglos las lagunas de Doñana se han visto afectadas por diversos usos del suelo, las únicas acciones relacionadas con el mantenimiento de la lámina del agua que se vienen realizando en Doñana desde tiempos remotos son las relacionadas con los zacallones. Estos cuerpos de agua, en sí, están asociados a las necesidades iniciales del hombre de tener disponibilidad de agua en un momento determinado, bien para regar un huerto, bebederos para ganado o fauna cinegética, u otras actividades como la producción de carbón. Respondiendo a la dinámica natural de las lagunas, hacer un zacallón era tan sencillo como excavar sobre el fondo de la laguna para que continuara aflorando el nivel freático, con lo que se podía acceder al agua todo el año, requiriéndose también tareas de limpieza de los fondos que se realizaban todos los años para mantener el agua en buenas condiciones. La existencia de los zacallones dejó de ser necesaria cuando los terrenos pasaron a ser Parque Nacional y dejaron de existir explotaciones particulares de ganado o huertos. Durante las últimas décadas se ha cuestionado la necesidad





de estos cuerpos de agua, que han dejado en muchos casos de mantenerse, y sus tareas de limpieza se realizan cada vez a mayores intervalos de años. Además de haber dejado de tener su fin original, asociado a las actividades humanas que anteriormente se hacían en estos terrenos, al considerarse medios artificiales se ha subestimado su valor, lo que ha contribuido al deterioro de la mayoría de ellos. Sin embargo, cada cierto número de años, todavía se realizan las tareas de limpieza en algunos zacallones, en los que se registra un considerable número de especies importantes, entre otras las más características de medios más permanentes, algunas de ellas catalogadas con criterios de amenaza (Tabla 3).

Dadas las tendencias de desecación detectadas en el sistema de lagunas, y mientras no se solucionen los problemas que las causan, es necesaria la existencia de zacallones y su adecuado mantenimiento, lo cual podría considerarse similar a un plan de manejo del sistema de lagunas, que contribuiría a mantener la diversidad de su flora y fauna. Los datos obtenidos en las lagunas de Doñana, especialmente los de vegetación, revelan que algunas de las especies importantes, que estaban asociadas a los medios más permanentes, como las grandes lagunas, en la actualidad se encuentran exclusiva o principalmente en zacallones (Tabla 3). Como hemos indicado antes, también cubren un papel importante como refugio de los coleópteros y heterópteros dispersantes, como hábitats de reproducción de libélulas de periodos larvarios largos, o de determinados anfibios. Además, constituyen prácticamente los únicos hábitats acuáticos que quedan en el manto eólico en periodos de sequía, y los principales en las zonas más secas del Parque, como las de las Arenas del Sur. Por ello, en la actualidad, ya no hay que considerar que el papel de los zacallones es mantener agua para el ganado o la fauna, sino que han adquirido un papel más importante: refugios para la conservación de la diversidad de fauna y flora acuáticas. Actualmente constituyen hábitats acuáticos permanentes que actúan como reservorio de las especies con más requerimientos de permanencia de agua, que ya no se encuentran en las mayores lagunas de Doñana. Por ejemplo, las especies de *Potamogeton* (*P. lucens* y *P. natans*), solo las encontramos hoy día en zacallones, mientras que hace varias décadas se registraban en las grandes lagunas (Galiano y Cabezedo, 1976; Castroviejo, 1980; Rivas-Martínez y col., 1980).

Tabla 3. Especies de vegetación acuática que se encuentra predominantemente en zacallones. Se indica el número de lagunas de cada tipo en los que se ha localizado.

	ZACALLONES	TEMPORALES	LAGUNAS GRANDES
<i>Chara connivens</i>	8	1	4
<i>Isolepis fluitans</i>	8	1	1
<i>Lemna gibba</i>	14	0	0
<i>Lemna trisulca</i>	5	0	0
<i>Potamogeton natans</i>	17	0	0
<i>Potamogeton pectinatus</i>	8	0	2
<i>Potamogeton trichoides</i>	7	0	2
<i>Potamogeton lucens</i>	5	1	1
<i>Ricciocarpus natans</i>	3	0	1
<i>Wolffia arrhiza</i>	6	0	0

Por otra parte, la gestión de los zacallones merece una atención adicional, dado que, si no es la adecuada, estos cuerpos de agua pueden contribuir a la introducción y mantenimiento de poblaciones de especies invasoras (Díaz-Paniagua y col., 2014b; Román, 2014). El papel de conserva-





ción de la fauna y flora acuáticas se pierde en aquellos zacallones que contienen especies invasoras, como gambusias, cangrejos o *Azolla*. Por ello, es importante detectar estos puntos, en los que probablemente la medida más radical y efectiva para eliminar a estas especies sea su desecación, ya sea definitiva o temporal, algo que aún debe ser estudiado en relación a las necesidades de conservación de las especies acuáticas de cada zona. También es importante reanalizar la distribución de los zacallones y analizar en cada caso si cumplen con su papel de refugio de biodiversidad. Habría que evitar su localización en zonas donde se produzca la conexión física con otros cuerpos de agua permanentes, que es la principal vía de introducción de las especies invasoras.

El manejo y gestión de los zacallones no es una medida definitiva para solucionar los problemas que en la actualidad afronta la conservación del sistema de lagunas, pero sí puede contribuir a evitar la pérdida de biodiversidad que se está produciendo, mientras que se sigue luchando por solucionar los graves problemas de conservación del acuífero.

Los problemas de conservación del acuífero hay que contextualizarlos en el marco de las tendencias climáticas recientes, ya que la hidrología del área de Doñana depende en gran medida de la precipitación local y de las tasas de evaporación y evapotranspiración real (Custodio y col., 2009). En este sentido los modelos de escenarios futuros para Doñana predicen una reducción de la recarga de aguas subterráneas para finales del S. XXI (Guardiola-Albert y Jackson, 2011), que intensificaría aún más los efectos derivados de las extracciones de agua subterránea. En los siglos pasados la Dunización Secundaria favoreció la colmatación de los humedales más pequeños y la somerización de los más grandes (Granados, 1993), como consecuencia de la suma de los impactos antropogénicos y las condiciones climáticas. Esto explica la necesidad de controlar todos aquellos impactos que, como las extracciones de agua o la activación de procesos erosivos, van a repercutir directamente en la supervivencia de la red de lagunas del Parque Nacional de Doñana. No hay que olvidar que la importancia de Doñana está ligada al humedal que alberga y que el sistema de lagunas temporales de Doñana, considerado el más importante de Europa, depende del nivel de agua que llegue cada ciclo de inundación a la superficie del terreno. Lo más urgente y necesario, antes que ninguna otra acción, es conseguir el mantenimiento del acuífero con los niveles adecuados para asegurar la persistencia del sistema de lagunas.



Potamogeton lucens en el Zacallón del Corral de Félix.





REFERENCIAS

- Alonso, M. (1998). Las lagunas de la España Peninsular. *Limnetica* 15, 1-176.
- Bañares, Á., Blanca, A., Güemes, J., Moreno, J.C., Ortiz, S. (2004). Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- Bañares, Á., Blanca, A., Güemes, J., Moreno, J.C., Ortiz, S. (2006). Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Adenda 2006. Dirección General para la Biodiversidad-Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid.
- Bañares, Á., Blanca, A., Güemes, J., Moreno, J.C., Ortiz, S. (2009). Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España. Adenda 2008. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino) y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid.
- Castroviejo, S., Valdés-Bermejo, E., Rivas-Martínez, S., Costa, M. (1980). Novedades florísticas de Doñana. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 36, 203-244.
- Coletto, C. (2003). Funciones hidrológicas y biogeoquímicas de las formaciones palustres hipogénicas de los mantos eólicos litorales de El Abalarío-Doñana (Huelva). Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.
- Cruz, M.J., Rebelo, R., Crespo, E.G. (2006). Effects of an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, on the distribution of south western Iberian amphibians in their breeding habitats. *Ecography* 29: 329-338.
- Cruz, M.J., Segurado, P., Sousa, M., Rebelo, R. (2008). Collapse of the amphibian community of the Paul do Boquilobo Natural Reserve (central Portugal) after the arrival of the exotic American crayfish *Procambarus clarkii*. *Herpetological Journal* 18, 197-204.
- Custodio, E., Manzano, M., Montes, C. (2009). Las aguas subterráneas en Doñana. Aspectos ecológicos y sociales. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- Díaz-Paniagua, C., Martín-Franquelo, R., de los Reyes, L., Fernández-Díaz, P., Prunier, F. (2014a). The dragonflies of Doñana: 1959-2013. *Boletín Rola* 4, 5-25.
- Díaz-Paniagua, C., Keller, C., Florencio, M., Andreu, A.C., Portheault, A., Gómez-Rodríguez, C., Gómez-Mestre, I. (2014b). Rainfall stochasticity controls the distribution of invasive crayfish and its impact on amphibian guilds in Mediterranean temporary waters. *Hydrobiologia* 728, 89-101.
- Ficetola, G.F., Siesa, M.E., Manenti, R., Bottoni, L., De Bernardi, F., Padoa-Schippa, E. (2011). Early assessment of the impact of alien species: differential consequences of an invasive crayfish on adult and larval amphibians. *Diversity and Distributions* 17, 1141-1151.
- Florencio, M., Díaz-Paniagua, C., Serrano, L., Bilton, D.T. (2011). Spatio-temporal nested patterns in macroinvertebrate assemblages across a wide hydroperiod range in a pond network. *Oecologia* 166, 469-483.
- Florencio, M., Díaz-Paniagua, C., Gómez-Rodríguez, C., Serrano, L. (2014). Biodiversity patterns in a macroinvertebrate community of a temporary pond network. *Insect Conservation and Diversity* 7, 4-21.
- Florencio, M., Serrano, L., Siljestrom, P., Fernández-Zamudio, R., García-Murillo, P., Díaz-Paniagua, C. (2015). The influence of geomorphology on the composition of aquatic flora and fauna within a temporary pond network. *Limnetica* 33, 327-340.
- Galiano, E.F., Cabezudo, B. (1976). Plantas de la Reserva Biológica de Doñana. *Lagascalía* 6, 117-176.
- Galindo, M.D., Serrano, L., Segers, H., Mazuelos, N. (1994). *Lecane donyanaensis* n. sp. (Rotifera: Monogononta, Lecanidae) from Doñana National Park (Spain). *Hydrobiologia* 284, 235-239.
- Garilleti, R., Albertos, B. (2012). Atlas y libro rojo de los briófitos amenazados de España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Gauthier, P., Grillas, P., Cheylan, M. (2004). Threats to Mediterranean temporary pools. En: Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, P. (Eds.) *Mediterranean temporary pools; vol 1- Issues relating to conservation, functioning and management*. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles. Pp: 63-70.
- Gómez-Rodríguez, C., Bustamante, J., Díaz-Paniagua, C. (2010a). Evidence of hydroperiod shortening in a preserved system of temporary ponds. *Remote Sensing* 2, 1439-1462.
- Gómez-Rodríguez, C., Díaz-Paniagua, C., Bustamante, J., Portheault, A., Florencio, M. (2010b). Inter-annual variability in amphibian assemblages: Implications for diversity assessment and conservation in temporary ponds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20, 668-677.
- Granados, M. (1993). El Hombre en el origen de los paisajes litorales actuales. En: Granados, M., Ojeda, J.F. (Eds.) *Intervenciones públicas en el litoral atlántico andaluz. Efectos territoriales*. Agencia de Medio Ambiente. Sevilla. Pp: 17-25.
- Grillas P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, P. (2004). *Mediterranean Temporary Pools; vol 1- Issues relating to conservation, functioning and management*. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles.
- Guardiola-Albert, C., Jackson, S.R. (2011). Potential impacts of climate change on groundwater supplies to the Doñana wetland, Spain. *Wetlands* 31, 907-920.





- Keller, C., Andreu, A.C. (2002) *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). Galápagos Europeo. En: Pleguezuelos J.M., Márquez, R., Lizana, M. (Eds.) Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid. Pp: 137-142.
- Médail, F. (2004). Plant species. En: Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, P. (eds.) Mediterranean temporary pools. Vol 1- Issues relating to conservation, functioning and management. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles. Pp: 20-26.
- Pleguezuelos, J.M., Díaz-Paniagua, C. (2001). Anfibios y reptiles. En: Franco, A., Rodríguez de los Santos, M. (Coord.): Libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. Pp: 35-46.
- Pleguezuelos J.M., Márquez, R., Lizana, M. (eds.) (2002). Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid.
- Reid, J.W. (1996) *Dussartius baeticus*. The IUCN red list of threatened species. Version 2014.3. www.iucnredlist.org. Descargada en 26 Mayo 2015.
- Rivas Martínez, S., Costa, M., Castroviejo, S., Valdés, E. (1980). Vegetación de Doñana (Huelva). *Lazaroa* 2, 5-190.
- Román, J. (2007). *Arvicola sapidus* Miller, 1908. En: Palomo, L.J., Gisbert, J., Blanco, J.C. (Eds.). Atlas y libro rojo de los mamíferos de España. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. Pp. 408-409.
- Roman, J. (2014). Artificial water points for wildlife management facilitate the spread of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Management of Biological Invasions* 5, 341-348.
- Serrano L, Serrano L. (1996). Influence of groundwater exploitation for urban water supply on temporary ponds from the Doñana National Park (SW Spain). *Journal of Environmental Management* 46, 229-238.
- Verdú, E., Numa, C., Galante, E. (2013). Atlas y libro rojo de los invertebrados amenazados de España (especies vulnerables). Volumen I. Artrópodos. Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Williams P, Biggs, J, Fox, G., Nicolet, P, Whitfield, M. (2001). History, origins and importance of temporary ponds. En: *Freshwater Biological Association (ed.) European Temporary Ponds: A Threatened Habitat*. Freshwater Biological Association, Birmingham. Pp: 7-15.
- Zacharias I, Dimitrou, E., Dekker, A., Dorsman, E. (2007). Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: Threats, management and conservation issues. *Journal of Environmental Biology* 28, 1-9.

