

## **Caracterización de los hábitats de reproducción de anfibios en el Campus de Rabanales (Córdoba) y su entorno**

**Ana García-Berlanga, Ricardo Reques y Diego Jordano**

*Área de Ecología, Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, edificio Celestino Mutis 1ª p. 14071 – Córdoba E-mail: ba2reror@uco.es*

### **Characterization of amphibian's breeding sites in Campus Universitario de Rabanales (Cordoba) and its surroundings**

Palabras clave: Anfibios, conservación, microhumedales, conectividad, Campus Rabanales.

Keywords: Amphibian, conservation, micro-wetlands, connectivity, Campus Rabanales.

#### **Resumen.-**

*Las charcas temporales de agua dulce, tanto naturales como artificiales, son hábitats muy valiosos y esenciales para la reproducción de anfibios en la región mediterránea. Este estudio caracteriza el ensamblaje de cuerpos de agua dulce adecuados para la reproducción de anfibios en el "Campus Rabanales" (Universidad de Córdoba) y sus alrededores en una extensión de 3x3 km. Se encontraron nueve especies de anfibios en el área de estudio, lo que representa un 69% de las especies registradas en toda la provincia. Las charcas con mayor riqueza de especies fueron aquellas con mejor estado de conservación, mayor heterogeneidad ambiental y rodeadas de un paisaje natural. Por el contrario, encontramos una relación negativa entre la riqueza de especies y el área perturbada en los alrededores (infraestructuras, construcciones y canteras), el índice de impacto y la falta de conectividad con otras charcas. La conservación de las poblaciones de anfibios en el área requiere la protección efectiva de las charcas más valiosas y la mejora de otras, favoreciendo especialmente la conexión entre ellas.*

#### **Summary.-**

*Temporal freshwater pools and small ponds are highly valuable habitats, essential for amphibian breeding in the Mediterranean region. This study characterizes the assemblage of freshwater bodies suitable for amphibian reproduction in "Campus Rabanales", University of Cordoba and the surrounding area (3x3 km). Nine amphibian species were found in the study area, accounting for a 69% of the species recorded in the whole province. Ponds with the greatest species richness were those with better conservation status, higher environmental heterogeneity and surrounded by a natural landscape. On the contrary, we found a negative relationship between species richness and disturbed area in the surroundings (infrastructures, constructions and quarries), the impact index and the lack of connectivity with other pools or ponds. The conservation of amphibian populations in the area require the effective protection of the most valuable pools and improvement of others, specially favoring the connection among them.*

## Introducción.-

Las charcas temporales mediterráneas constituyen hábitats fluctuantes e impredecibles de gran interés por la elevada diversidad biológica que albergan. Existen comunidades de flora y fauna muy especializadas que dependen de estos medios y tienen, además, un valor socioeconómico que incluye, entre otras cosas, el almacenamiento de agua, la educación ambiental (facilitada por el reducido tamaño de estas charcas), la investigación científica (especialmente en lo relativo a la adaptación de comunidades bióticas a entornos inestables, etc.), así como valores culturales, especialmente en algunas regiones secas (Reques, 2005; Sancho y Lacomba, 2010). Todo esto hace que las charcas de este tipo estén consideradas como hábitats comunitarios prioritarios (código 3170) y, por tanto, son zonas de interés para su conservación. De la misma forma, el Convenio de Ramsar de Conservación de Zonas Húmedas, adoptó la Resolución VIII.33 sobre charcas temporales, en la octava Reunión de las Partes de la Convención sobre Humedales (celebrada en Valencia, del 18 al 26 de noviembre de 2002), donde se reconoce que las lagunas y charcas temporales de todas las regiones climáticas, contribuyen al mantenimiento de la diversidad biológica mundial. Por otro lado, la Directiva 92/43/CEE, de 14 de abril relativa a la Conservación de los Hábitat Naturales y de la Flora y la

Fauna Silvestres, tiene como finalidad establecer medidas para garantizar la conservación de los hábitats naturales y, para ello, el Real Decreto 1193/1998, en su Anexo I designa las zonas de especial conservación, donde se incluyen las charcas temporales, y en el Anexo II la relación de especies o subespecies de interés comunitario para su conservación, donde se incluyen especies de anfibios, como el sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*), vinculados a estos medios temporales. Por tanto, en general, las charcas de agua dulce de pequeño tamaño, independientemente de su origen natural o artificial, constituyen microhábitats acuáticos de gran valor para muchas especies (Benítez *et al.*, 2017).

Los anfibios, en la actualidad, forman el grupo de vertebrados más amenazado del planeta como se desprende de los últimos datos publicados por la UICN, donde se estima que el 41% de las especies están amenazadas (Stuart *et al.* 2008, Hoffmann *et al.* 2010). Las causas de este declive generalizado se deben a un conjunto de factores diversos, algunos de los cuales aún no son suficientemente conocidos. En Europa, la principal amenaza de las poblaciones de anfibios tiene su origen en la alteración y destrucción directa de sus hábitats; un problema que se ve incrementado por los efectos del calentamiento global del planeta. También son amenazas graves la introducción de especies exóticas invasoras o los

efectos de enfermedades emergentes como la quitridiomycosis, provocada principalmente por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Beebe y Griffiths, 2005; Alford *et al.* 2007). En la península ibérica las poblaciones de anfibios se encuentran en situación grave debido fundamentalmente a la desaparición de puntos de reproducción (García-París y Salvador, 2001).

El clima mediterráneo se caracteriza por la alternancia de periodos de lluvia y de sequía por lo que las especies de anfibios que aquí habitan se reproducen generalmente en arroyos o charcas estacionales y están adaptadas a estos ciclos naturales (Reques, 2000). Algunos factores ambientales como la sequía u otros artificiales como la contaminación del agua pueden comprometer la supervivencia de las larvas y el reclutamiento de individuos al medio terrestre. En este sentido, la fase larvaria de los anfibios determina en gran medida la regulación del tamaño de las poblaciones de anfibios (Wilbur 1980, Berven, 1995).

Recientemente se ha puesto de manifiesto la utilidad de ciertas medidas de gestión, entre las que se incluyen la mejora y restauración de charcas, la manipulación del hidropериодо y la creación de refugios, como actuaciones eficaces para luchar contra la pérdida de diversidad de anfibios debida al efecto del cambio climático (Shoo *et al.* 2011). El cambio climático se consi-

dera una gran amenaza para las poblaciones de anfibios y se ha demostrado que es una causa que está contribuyendo a la inclusión de algunas especies en las listas de especies amenazadas de la IUCN (Hero *et al.* 2006). Uno de los conceptos más importantes que es necesario conocer para el diseño de estas actuaciones es el de metapoblaciones. El término metapoblación hace referencia a un conjunto de poblaciones entre las cuales se establece una conexión genética mediante el intercambio de un número limitado de individuos en migración. El número y la densidad de poblaciones de cada metapoblación varían con el paisaje o la región. La dinámica de las metapoblaciones de anfibios está controlada por dos factores: 1) el número de individuos que se dispersan entre las distintas poblaciones (flujo genético) y 2) la distribución y densidad de charcas en el territorio que determinan las distancias de dispersión y la probabilidad de que estos individuos encuentren una de estas charcas (Marsh y Trenham, 2001). Para conseguir conservar poblaciones a medio y largo es necesario facilitar ese flujo de individuos para mantener la dinámica metapoblacional y, por tanto, es fundamental minimizar las barreras entre ellas (Reques, 2008).

El Plan de Acción de Conservación de Anfibios ([www.amphibians.org](http://www.amphibians.org)) pone de relieve el vacío de conocimiento científico y, muy especialmente, la falta de medidas de conservación

activa dirigidas a mitigar los efectos del cambio climático en anfibios (Gascon *et al.* 2007). Por otro lado, en el informe de Medio Ambiente publicado por la Consejería de Medio Ambiente en 2013 se pone de manifiesto que los anfibios, entre los vertebrados, son el grupo con mayor éxito de recuperación y reinserción en el medio natural tras realizar mejoras ambientales específicas (CMA 2013). Este éxito se debe en gran medida a los proyectos de gestión realizados en diferentes lugares de Andalucía (ver, por ejemplo, Reques *et al.* 2010, Reques 2011, 2012).

Los objetivos de este estudio son: realizar un inventario de las charcas y las pequeñas lagunas del Campus Universitario de Rabanales y su entorno, caracterizarlas física y biológicamente, conocer las especies de anfibios que en ellas se reproducen, y detectar los problemas de conservación existentes.

## Materiales y métodos.-

### Estudio del territorio

Se han estudiado 20 charcas (Figuras 1 y 2) comprendidas en una superficie de 3x3 km (900 hectáreas) que incluye el Campus Universitario de Rabanales y su entorno. La zona de estudio es una zona de transición entre los llanos de la Vega del Guadalquivir y el comienzo del ascenso de Sierra Morena y se divide litológicamente en tres sectores que explican la diferente génesis de las charcas. El sector de mayor tamaño lo componen

materiales aluviales (cambisoles cálcicos) que ocupan la mitad sureste del área (aquí se incluyen lagunas temporales como la de las Quemadas, la Laguneta de Dueñas, dentro del Campus, y otras de menor entidad). Al norte, hay una zona formada principalmente por margas cuya impermeabilidad explica la formación de pequeñas charcas a ambos lados del camino de la Alcaldía. Por último, en el sector noroccidental predominan las areniscas calcáreas que han sido objeto de explotación minera y que han originado charcas artificiales alrededor del Lago Azul. Este último humedal artificial no ha sido incluido en el análisis por su gran tamaño y por la dificultad de muestrear en él. Además, la presencia de peces introducidos imposibilita el establecimiento de poblaciones de anfibios.



Figura 1. Área de estudio (cuadro rojo) y distribución espacial de las 20 charcas estudiadas.



Figura 2. Ejemplos de charcas muestreadas. Entre paréntesis se indica el número asignado. A (1): Bosque Universitario; B (4): Colonia San José; C (5): Charca de los tritones Lago Azul; D (6) Charca del Lago Azul; E (7): Charca del Tanatorio; F (8): Charca junto a la carretera; G (12): La Alcaldía 2; H (15): La Campiñuela 2; I (18) Laguneta de Dueñas.

### Caracterización de las charcas

Para poder caracterizar las charcas hemos recogido datos en el campo mediante visitas a los diferentes puntos de muestreo (Tabla 1) y hemos extraído, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), detalles sobre los usos del territorio y las coberturas vegetales que rodean a estos microhumedales.

Para conocer la riqueza de especies de anfibios de cada una de las charcas se realizaron muestreos de larvas siguiendo las metodologías habituales mediante el uso de una manga de red. Debido a la escasa pluviometría de la temporada 2018-2019, la reproducción ha sido desigual y, en muchos casos, incompleta. Por ese motivo se han utilizado también datos de presencia de especies recopilados de años anterior-

Nombre de la charca  
 Coordenadas UTM y altitud  
 Superficie  
 Profundidad máxima (m)  
 Conductividad (mS)  
 Ph  
 Hidroperiodo  
 Naturalidad  
 Aportes de agua  
 Calidad  
 Opacidad  
 Sustrato  
 Cobertura vegetal dentro de la charca (%)  
 Especies vegetales dentro de la charca  
 Cobertura vegetal fuera de la charca (%)  
 Especies vegetales fuera de la charca  
 Hábitat circundante  
 Uso  
 Vegetación predominante-paisaje  
 Invertebrados acuáticos  
 Barreras  
 Conectividad  
 Amenazas  
 Propuestas de actuaciones

Tabla 1. Ficha de información recogida en el campo para las 20 charcas estudiadas.

res (Reques, *com. per.*). En las charcas en las que ha sido posible realizar los muestreos, se ha registrado la riqueza de especies identificando tanto huevos como larvas de anfibios. Para eso, se realizaron mangueros a diferentes profundidades y distancias de la orilla comenzando siempre por las zonas menos profundas e intentando cubrir zonas con y sin vegetación acuática. Después, se revisaba el contenido de la manga en la orilla, colocando las larvas cuidadosamente en bandejas con agua de la charca. El número de mangueros

por charca dependía del tamaño y de la complejidad de ésta. Se detenían los muestreos cuando se estimaba que el número de pases era suficiente para asegurar que se había tomado una muestra representativa de la charca sin que apareciesen nuevas especies. Una vez terminado el muestreo se identificaron in situ las diferentes larvas capturadas y se devolvían inmediatamente al agua. En estos muestreos también se observaba la fauna más relevante de ese hábitat, tales como odonatos, branquiópodos, ditíscidos, notonéctidos, etc.

La caracterización ambiental de las charcas se ha realizado aprovechando los momentos en los que tenían agua y se han registrado parámetros como pH, conductividad (mS) y temperatura (°C) mediante el uso de un aparato multiparamétrico modelo PCE-PHD 1. Además, con una cinta métrica se han medido la longitud, la anchura y la profundidad. En la misma charca se medía la turbidez y se calculaban los porcentajes de cobertura vegetal dentro y fuera de la charca. Tras la localización de las charcas por las coordenadas UTM se han delimitado sobre fotografía de satélite para calcular su área y su relación espacial con otras charcas, así como la proximidad a posibles barreras (carreteras, canales, etc.) con el fin de conocer la conectividad entre charcas. Mediante el uso de GIS (programa QGIS 2.12.2) se han podido representar en un plano

georreferenciado las coberturas vegetales y estimar las áreas que ocupan. A nivel de paisaje hay áreas alteradas y construidas junto a zonas agrícolas en las que predominan los cultivos de secano y otras zonas de dehesa. Esto tiene interés para conocer el hábitat terrestre circundante de las charcas en las que se reproducen los anfibios y que va a ser el territorio en el que crezcan y pasen la mayor parte de su vida. Igualmente puede ser útil para detectar problemas de conexión entre poblaciones próximas. Para hacer una estima de cómo podrían afectar estos usos a las poblaciones de anfibios de cada charca, a partir del centro de las

charcas, se ha delimitado un buffer de 250 m de radio (Figura 3). Esta superficie ha servido para extraer información sobre el área (medido en hectáreas.) de las distintas coberturas vegetales del territorio. La superficie del área de esa circunferencia delimita el espacio que van a ocupar la mayoría de los individuos de una población de anfibios durante toda su vida para la mayor parte de las especies de anfibios (Semlitsch y Rothermel, 2003).

### Análisis de datos

Para comprender la relación entre las diferentes variables medidas en cada charca se realizó un Análisis de Com-



Figura 3. Buffer de 250m de radio para las distintas charcas estudiadas sobre el mapa de usos y coberturas (CMA, 2003).

ponentes Principales (PCA) para las variables analizadas (Tabla 2). Algunas variables medidas como la conductividad, el pH o la turbidez del agua se descartaron del análisis por no haber variación entre charcas. De la misma forma la variación de altitud de las charcas ha sido insignificante en el área de estudio y no ha sido considerada en los análisis.

Otras variables se han agrupado para sintetizar la información con un sentido ecológico. Así, las coberturas vegetales y usos de suelo se han agrupado en categorías función de su naturalidad: superficies cultivadas, superficies naturales y superficies alteradas. La información sobre el porcentaje de cobertura vegetal fuera y dentro de la charca, la presencia de invertebrados

Nombre (abreviación)	Unidad	Descripción
<b>Riqueza</b>		Número de especies encontradas en cada charca
<b>Área de la charca (A)</b>	m <sup>2</sup>	
<b>Profundidad máxima (P)</b>	m	
<b>Heterogeneidad (H)</b>	Rango (0-5)	0: homogéneo; 5: muy heterogéneo. Se han considerado las variables: -Número de tipos de hábitats en los alrededores (250 m de radio). -Presencia de refugios en la zona (rocas, troncos y setos). -Variedad de flora y fauna (invertebrados acuáticos) dentro de la charca y en los márgenes. Cada uno de los distintos items listados contribuyen por igual al valor final de esta variable.
<b>Superficie cultivada (SC)</b>	ha	Incluye cultivos de secano y regadío
<b>Superficie natural (SN)</b>	ha	Incluye pastizales bien conservados, matorral y arbolado.
<b>Superficie alterada (SA)</b>	Ha	Incluye infraestructuras, superficies construidas y zonas mineras.
<b>Impacto (I)</b>	Rango (0-4)	0: sin impacto; 4: muy alterada. Tipos de impacto evaluados: -presencia de ganado -sin vegetación en los márgenes -especies exóticas (por ejemplo, la gambusia ( <i>Gambusia sp.</i> )). -carretera cercana (menos de 50m) Estos impactos pueden coincidir espacial y temporalmente, por eso se evalúan a la vez. La cercanía de una carretera y la existencia de especies invasoras en la charca han tenido más peso que la presencia de ganado o la ausencia de vegetación en la periferia.
<b>Conectividad (C)</b>	Rango (0-4)	Distancia a la charca más cercana: -0: 0-100 m -1: 100-200 m -2: 200-300 m -3: 300-400 m -4 >400 m

Tabla 2. Variables medidas en cada charca y utilizadas en los análisis.



acuáticos o la existencia de refugios en las inmediaciones se utilizó para categorizar la heterogeneidad de la charca (García-Muñoz *et al.* 2010). Para los análisis estadísticos se utilizó el software Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2004). Las relaciones entre la riqueza de anfibios y las distintas variables estudiadas se analizaron mediante regresiones no paramétricas de Spearman.

## Resultados.-

Las zonas de influencia terrestre que rodean a las charcas tienen un porcentaje elevado de zonas inhóspitas para los anfibios como son infraestructuras y construcciones (22%) o las extensas zonas de cultivo (29%). Por otro lado, también hay zonas naturales bien conservadas con pastizales más o menos alterados, áreas de matorral y de arbolado que tienen gran interés para los anfibios como zonas de conexión terrestre entre charca y lugares de refugio y alimentación. Encontramos un 42% de suelos favorables para la presencia de anfibios (pastizal continuo, pastizal con arbolado, matorral y arbolado y cauces naturales) frente al 58% desfavorables o incluso inhóspitos (cultivos con arbolado, cultivos herbáceos de secano, cultivos de regadío, infraestructuras y construcciones y zonas mineras) (Figura 4).

En el área de estudio se han encontrado nueve especies de anfibios que

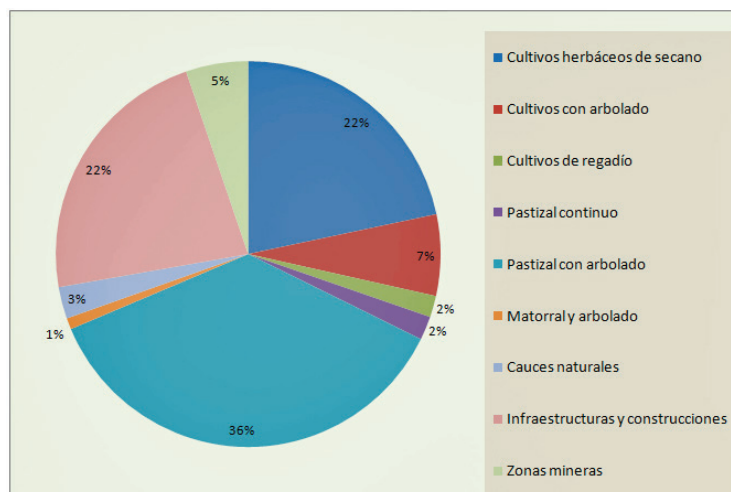


Figura 4. Porcentajes de usos de suelo y coberturas vegetales para el conjunto de charcas estudiadas (Fuente de base cartográfica: CMA 2003).

suponen el 69% de los anfibios de la provincia de Córdoba (Reques, 2000) (Figura 5). Además, otra especie, el sapo común (*Bufo spinosus*), está presente en el área de estudio, vinculada al arroyo de Rabanales, pero no se reproduce en las charcas caracterizadas. Destaca por su interés para la conservación el tritón jaspeado pigmeo (*Triturus pigmaeus*) que aparece en el Libro Rojo de Anfibios de España como especie vulnerable (Pleguezuelos *et al.* 2002). En la Tabla 3 se indica la presencia de las distintas especies en las charcas estudiadas.

En las tres charcas de la zona de la Campiñuela están presentes las nueve especies encontradas en toda el área de estudio y, una de estas especies, la salamandra común (*Salamandra salamandra*), sólo se encontrado allí. En

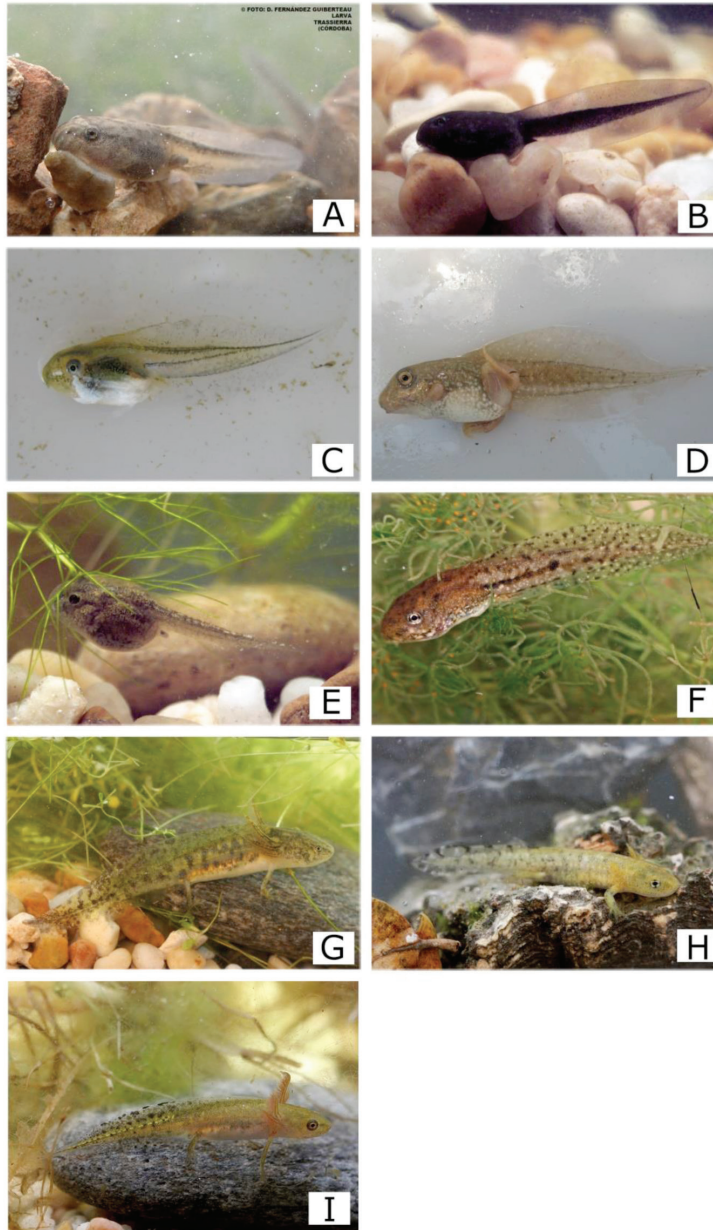


Figura 5. Larvas de anfibios en la zona de estudio. Anuros: A: *Discoglossus galganoi*; B: *Epidalea calamita*; C: *Hyla meridionalis*; D: *Pelobates cultripes*; E: *Pelodytes ibericus*; F: *Pelophylax perezi*. Urodelos: G: *Pleurodeles waltli*; H: *Salamandra salamandra*; I: *Triturus pygmaeus*.

cambio, en dos charcas estudiadas no se ha encontrado ninguna especie de anfibio. Otras especies como la ranita meridional (*Hyla meridionalis*) o la rana común (*Pelophylax perezi*) están presentes en gran parte de las charcas inventariadas.

Debido a que todas las charcas estudiadas se llenan por aportes de agua de lluvia y escorrentía superficial las variaciones entre charcas de parámetros medidos como el pH ( $X=6.86 \pm$

$0.28$ ) o la conductividad ( $X= 0.304 \pm 0.07$  mS) son inapreciables. Tampoco hay diferencias en los porcentajes de turbidez del agua.

Los valores de las variables utilizadas en el PCA se muestran en la Tabla 4. Los tres primeros factores del análisis acumulan algo más del 73.5 % de la varianza entre las charcas. Se ha representado en un diagrama de dispersión las diferentes charcas estudiadas con los dos primeros factores para deter-

Nombre	Plewal	Salsal	Tripyg	Disgal	Pelcul	Pelibe	Epical	Hylmer	Pelper	Riqueza
Bosque Universitario	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
Charca 2 del Lago Azul	0	0	0	1	0	1	1	1	0	4
Charca alargada junto al Tanatorio	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Colonia San José	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
Charca de los tritones Lago Azul	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3
Charca del Lago Azul	1	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Charca del Tanatorio	1	0	1	0	0	0	0	1	1	4
Charca junto a carretera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Charca temporal alargada del Lago Azul	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Charca temporal del Lago Azul	0	0	0	1	0	1	1	1	0	4
La Alcaidía 1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	5
La Alcaidía 2	0	0	0	1	0	1	1	1	1	5
La Alcaidía 3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
La Campiñuela 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
La Campiñuela 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
La Campiñuela 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
Laguna de Cantera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Laguneta de Dueñas	1	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Rabanales 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zacallón del Lago Azul	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3

Tabla 3. Presencia (1)/Ausencia (0) de especies en las charcas estudiadas. Plewal: *Pleurodeles waltl*, Salsal: *Salamandra salamandra*; Tripyg: *Triturus pygmaeus*; Disgal: *Discoglossus galganoi*; Pelcul: *Pelobates cultripes*; Pelibe: *Pelodytes ibericus*; Epical: *Epidalea calamita*; Hylmer: *Hyla meridionalis* y Pelper: *Pelophylax perezi*.

Nombre de la charca	R	A	H	P	SC	SN	SA	I	C
Bosque Universitario	4	23,4	5,0	0,8	11,38	0,83	7,32	4,0	4,0
Charca 2 del Lago Azul	4	1974,0	5,0	0,2	3,53	13,40	2,61	1,0	1,0
Charca alargada junto al Tanatorio	2	2771,0	2,0	0,9	9,74	0,00	9,80	3,0	0,0
Colonia San José	3	13,9	4,0	0,8	7,30	3,47	8,76	0,0	1,0
Charca de los tritones Lago Azul	3	224,0	4,0	0,8	0,00	13,98	5,56	1,0	1,0
Charca del Lago Azul	5	983,0	5,0	1,0	10,18	7,28	2,07	1,0	0,0
Charca del Tanatorio	4	18070,0	2,0	0,9	7,46	0,00	12,07	3,0	0,0
Charca junto a carretera	0	64,2	2,0	0,1	4,91	0,00	14,62	3,0	3,0
Charca temporal alargada del Lago Azul	2	253,0	5,0	0,6	4,94	10,06	4,54	1,0	1,0
Charca temporal del Lago Azul	4	10,7	4,0	0,2	7,50	12,04	0,00	1,0	2,0
La Alcaidía 1	6	5,7	5,0	0,3	7,53	12,00	0,00	1,0	4,0
La Alcaidía 2	5	7,5	5,0	0,4	12,62	6,91	0,00	1,0	0,0
La Alcaidía 3	4	33,4	5,0	0,4	12,22	7,32	0,00	1,0	0,0
La Campiñuela 1	9	21,8	4,0	0,6	0,00	16,04	3,50	1,0	0,0
La Campiñuela 2	9	33,6	4,0	0,8	0,00	16,30	3,24	1,0	0,0
La Campiñuela 3	9	50,4	4,0	0,9	0,00	17,06	2,47	1,0	0,0
Laguna de Cantera	1	5416,0	3,0	2,0	0,00	16,13	3,40	4,0	4,0
Laguneta de Dueñas	5	1133,0	4,0	0,5	4,37	4,10	11,07	0,0	1,0
Rabanales 21	0	653,0	2,0	0,2	4,01	0,00	15,53	3,0	3,0
Zacallón del Lago Azul	3	76,5	3,0	0,6	11,14	7,50	2,29	1,0	0,0

Tabla 4. Valores de las variables utilizadas en el análisis factorial. R: Riqueza; A: área de la charca (m<sup>2</sup>); H: heterogeneidad; P: profundidad (m); SC: superficie cultivada (ha); SN: superficie natural (pastizal, matorral y arbolado) (ha); SA: Superficie alterada (construcciones, infraestructuras, zonas mineras en explotación) (ha); I: impactos y C: conectividad.

minar la distribución de estas charcas según las características evaluadas (Figura 6). El factor 1 puede ser explicado como medida de heterogeneidad de microhábitats y, por tanto, se relaciona con una mayor riqueza específica. Las charcas mejor conservadas se agrupan en los cuadrantes de valores positivos mostrando un incremento en la heterogeneidad al aumentar el valor del factor 1. El factor 2, aunque de forma menos clara, podría estar relacionado

con el grado de alteración del medio terrestre que rodea a la charca. En este caso, los valores negativos corresponden a charcas rodeadas de un paisaje con menos alteraciones. Por ejemplo, la charca La Cantera, pese a tener malas condiciones para la presencia de anfibios, está enclavada en un lugar bien conservado de dehesa y bosque mediterráneo. Por otro lado, el grupo de charcas de «La Campiñuela» mantiene buenas características de hetero-

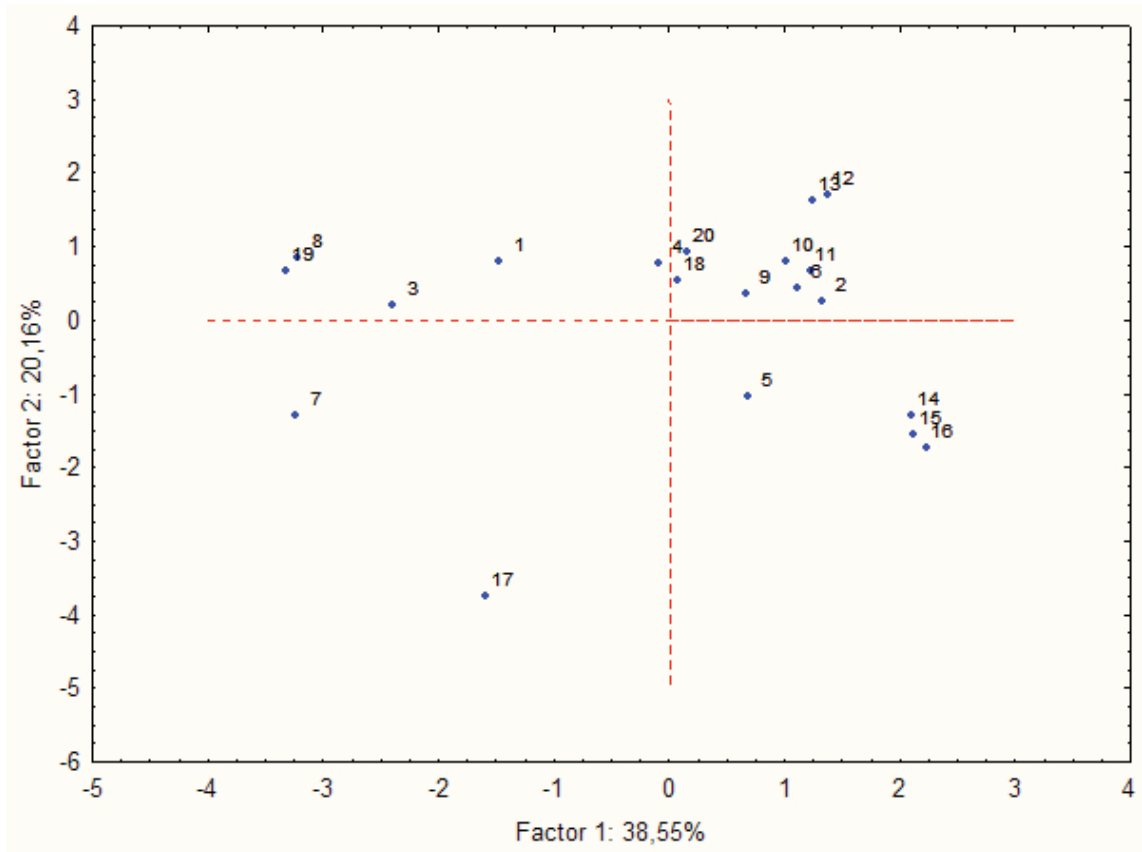


Figura 6. Diagrama de dispersión de las distintas charcas estudiadas en función de los factores 1 y 2. Los puntos representan una charca y su posición la proyección en función de las características medidas. 1: Bosque Universitario; 2: Charca 2 del Lago Azul; 3: Charca alargada junto al Tanatorio; 4: Colonia San José; 5: Charca de los tritones Lago Azul; 6: Charca del Lago Azul; 7: Charca del Tanatorio; 8: Charca junto a carretera; 9: Charca temporal alargada del Lago Azul; 10: Charca temporal del Lago Azul; 11: La Alcaidía 1; 12: La Alcaidía 2; 13: La Alcaidía 3; 14: La Campiñuela 1; 15: La Campiñuela 2; 16: La Campiñuela 3; 17: Laguna de Cantera; 18: Laguneta de Dueñas; 19: Rabanales 21; 20: Zacallón del Lago Azul. Los círculos rojos engloban los puntos en grupos.

geneidad y está enclavado igualmente en un paisaje no demasiado alterado.

Al estudiar la relación múltiple de todas las variables mediante la correlación no paramétrica de Spearman (Tabla 5), se puede observar que la riqueza de anfibios es la que mejor se relaciona con un mayor número

de variables de gran interés desde el punto de vista de la conservación de los microhumedales como son la heterogeneidad y la presencia de hábitats naturales en las inmediaciones de la charca (pastizal, matorral y arbolado). Igualmente, se correlaciona de forma negativa con la superficie alterada de los alrededores (infraestructuras,

	A	H	P	SC	SN	SA	I	C	R
A		-0,4388	0,4067	-0,2773	-0,1887	0,4989*	0,3602	-0,0812	-0,3901
H	-0,4388		-0,1109	0,3237	0,3066	-0,6322*	-0,4166	0,0059	0,4796*
P	0,4067	-0,1109		-0,1351	0,1745	0,0817	0,1685	-0,3334	0,1280
SC	-0,2773	0,3237	-0,1351		-0,5483*	-0,3346	0,0378	-0,1364	-0,0377
SN	-0,1887	0,3066	0,1745	-0,5483*		-0,5606*	-0,3050	-0,0983	0,4625*
SA	0,4989*	-0,6322*	0,0817	-0,3346	-0,5606*		0,3496	0,2311	-0,4996*
I	0,3602	-0,4166	0,1685	0,0378	-0,3050	0,3496		0,3147	-0,4775*
C	-0,0812	0,0059	-0,3334	-0,1364	-0,0983	0,2311	0,3147		-0,4570*
R	-0,3901	0,4796*	0,1280	-0,0377	0,4625*	-0,4997*	-0,4775*	-0,4570*	

Tabla 5. Correlación de Spearman por pares de las distintas variables analizadas. Las relaciones significativas se indican con un asterisco ( $P < 0.05$ ). A: área de la charca ( $m^2$ ); H: heterogeneidad; P: profundidad (m); SC: superficie cultivada (ha); SN: superficie natural (pastizal, matorral y arbolado) (ha); SA: Superficie alterada (construcciones, infraestructuras, zonas mineras en explotación) (ha); I: impactos, C: conectividad y R: Riqueza.

construcciones y áreas mineras), el índice de impactos y la falta de conectividad.

### Discusión.-

El área de estudio está sometida a una gran presión humana que se aprecia por los cambios de uso del suelo que se han producido a lo largo del tiempo al ser sustituidos los paisajes naturales por otros agrícolas, mineros o de construcción. En la zona sur las infraestructuras y las construcciones son los principales elementos de tensión que, además de alterar y destruir los hábitats naturales, han creado barreras infranqueables para los anfibios y, por tanto, han dejado poblaciones muy aisladas. En la zona norte el principal elemento de tensión son las extensas áreas de cultivo con la consiguiente destrucción de los hábitats acuáticos

y terrestres. Por último, en el sector oeste, en el entorno del Lago Azul, el impacto minero que podría ser negativo al destruir el hábitat natural, aunque, por otro lado, al abandonarse temporalmente su explotación se ha facilitado la creación de nuevos microhumedales que son un importante recurso para las especies de anfibios de los alrededores.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los humedales rodeados por zonas naturales con matorral y arbolado y, por tanto, con menor presión humana, son hábitats adecuados para los anfibios habiéndose encontrado allí los valores más altos de riqueza de anfibios del área estudiada. Por el contrario, hay una ausencia completa de especies de anfibios en las charcas más aisladas y muy poca riqueza en aquellas sometidas a impac-

tos altos como son las infraestructuras y construcciones o los campos de cultivo intensivos (charcas de Rabanales 21 (19) y Charca junto a carretera (9)).

Los resultados del Análisis de Componentes Principales y el diagrama de dispersión nos permiten clasificar los distintos microhumedales en diferentes categorías y subcategorías. Se pueden diferenciar dos grupos: a) charcas con alta heterogeneidad y b) charcas con microhábitats muy homogéneos. Dentro del primer grupo se diferencian dos subgrupos: 1) charcas con cierto grado de impacto en el entorno terrestre que las rodea (campos de cultivos, infraestructuras, presencia de barreras, etc.) y 2) charcas cuyo entorno se puede considerar natural (zonas de pastizal, matorral y arbolado) que son, principalmente, las charcas de la zona de la Campiñuela y alguna enclavada en los alrededores del Lago Azul y que mantienen una mayor riqueza de especies de anfibios. Esta subdivisión también se puede hacer en la categoría con charcas con poca heterogeneidad con un subgrupo con microhumedales sometidos a un elevado impacto ambiental como son las infraestructuras cercanas y otras las barreras, y un subgrupo constituido por un único humedal, la Laguna de Cantera, que, a pesar de estar en un enclave bien conservado, la falta de microhábitats y la presión por la presencia de especies invasoras imposibilita la presencia de anfibios.

Entre los impactos encontrados, las construcciones e infraestructuras son los más directos e irreversibles ya que destruyen completamente los hábitats de reproducción y el medio terrestre circundante, lo que impide la viabilidad de las poblaciones de anfibios. Esto ha provocado una importante transformación en el paisaje, afectando negativamente a la fauna en general. Además, la alta densidad de tráfico supone una amenaza para cualquier individuo que intente cruzarla. La mortalidad por atropellos se ha convertido en un grave problema de conservación para la fauna silvestre, incluidos los anfibios (López, 2001). La influencia que puede tener sobre las especies del entorno es variable. Existe una tendencia general a la reducción del número de efectivos o a la total desaparición local de especies de carácter más especializado, asociadas íntimamente a las condiciones originarias, y su sustitución por especies generalistas más prolíficas y adaptables (Mader, 1984). Estas especies pueden contribuir, por procesos de competencia y depredación, a la disminución de efectivos e incluso a la extinción de las poblaciones originales (Velasco *et al.*, 1995). La única forma de evitar los atropellos y crear una permeabilidad entre charcas próximas suele implicar medidas costosas. Sería necesario construir vallados específicos para que los anfibios no puedan atravesar la carretera y, a la vez, construir túneles bajo ellas para que puedan cruzarla sin

el riesgo de atropello. Estas medidas se han llevado a cabo con éxito en algunas carreteras de la provincia de Córdoba (Reques y Tejado, 2008). Esto es especialmente recomendable en humedales que conserven poblaciones de anfibios en buen estado como es el caso, por ejemplo, de la laguna que se forma junto al Tanatorio ubicada entre un polígono industrial y una red de infraestructuras viales con tráfico muy denso.

La conservación de elementos naturales alrededor de las charcas de reproducción es esencial para mantener las poblaciones de anfibios (Hazell *et al.*, 2001). En este sentido, otro elemento de tensión importante en la zona estudiada se debe a la agricultura. La intensificación de la agricultura es una de las alteraciones humanas más importantes para el medio ambiente mundial. La agricultura afecta a los paisajes, a las comunidades de plantas y animales, y promueve el deterioro de la calidad del suelo, del agua y del aire (Stoate *et al.*, 2001), un problema general en gran parte de Europa y en particular en la región de Andalucía. El efecto negativo de los campos de cultivo sobre anfibios ha sido descrito en muchos trabajos (ver, por ejemplo, Bonin *et al.*, 1997; Hecnar y MCloskey, 1997; Beja y Alcazar, 2003; Peltzer *et al.*, 2006) y también los efectos negativos por el uso de las sustancias tóxicas asociados a estos sistemas de producción (Christin *et al.*, 2003; Rohr y

Crumrine, 2005).

Tanto las infraestructuras como las áreas de agricultura intensiva suponen alteraciones que fragmentan los hábitats y tienen un doble efecto: supone la destrucción de una porción de paisaje o de enclaves vitales, y origina una fragmentación del paisaje (Andrew, 1990) aislando poblaciones (Mader, 1984). La pérdida o alteración de estos enclaves impide completar el ciclo biológico a muchas especies y, como consecuencia, se produce una reducción del tamaño poblacional y, por tanto, una pérdida de la diversidad genética, aumentando las posibilidades de extinción local. Además, la fragmentación del paisaje produce una disminución de la capacidad de recolonización de unas poblaciones a otras.

El estudio también pone en evidencia las charcas en las que se podría actuar para mejorar la situación de las poblaciones de anfibios, así como la manera de hacerlo. Conseguir una mayor heterogeneidad en el hábitat acuático y el terrestre que lo rodea facilitaría la presencia de una mayor riqueza de especies. Una de las especies presentes en la zona de estudio con mayor interés para su conservación es el tritón jaspeado pigmeo (*Triturus pygmaeus*) considerada como vulnerable a la extinción según los criterios de la UICN (Pleguezuelos *et al.*, 2002). Se ha encontrado en seis de las 20 charcas estudiadas y en todos los casos en



charcas con buenas condiciones de variedad de microhábitats (Charcas de la Campiñuela (15, 16 y 17), una charca de la Alcaldía (11) y otra del entorno del Lago Azul (5) y la laguna del Tanatorio (7)). De éstas, actualmente, la población más amenazada es la del Tanatorio debido a su aislamiento y al deterioro progresivo del humedal. Se podrían hacer mejoras de estos enclaves aumentando el número de charcas y mejorando las condiciones de éstas. Por ejemplo, se podría evitar la entrada de ganado en algunas de ellas mediante un vallado cinegético que incluya las charcas y un perímetro terrestre circundante y, por otro lado, favorecer la conexión entre los núcleos de la Campiñuela y las del Lago Azul.

En el área de estudio, algunas zonas, como es el entorno del Lago Azul, tienen un gran potencial para consolidar las poblaciones de anfibios mediante la preservación de las charcas ya existentes y su entorno terrestre y la creación de nuevos hábitats diseñados específicamente para algunos taxones vulnerables. También, el sistema que se está creando en el Campus Universitario de Rabanales podría ser mejorado. En marzo de 2009 se construyó una pequeña charca en la Colonia de San José que ha funcionado bien y a la que, en solo un año, ya han llegado especies como el sapillo moteado ibérico (*Pelodytes ibericus*), la ranita meridional (*Hyla meridionalis*) y la rana común (*Pelophylax perezi*). Sería

bueno crear una charca nueva en el área experimental de Ecología del campus Universitario y asegurar así un hidropereodo suficiente para que las distintas especies puedan completar la metamorfosis incluso en temporadas secas en las que la laguna de Dueñas no se llene con las precipitaciones.

Encontramos cuatro áreas de futura investigación dedicadas a aumentar nuestra capacidad para detectar el declive de anfibios y a mejorar nuestra capacidad para conservar sus poblaciones. Primero, es necesario un monitoreo estadísticamente sensible para determinar la distribución y abundancia de las poblaciones, evaluar si están disminuyendo y cuantificar el alcance de estas disminuciones. En segundo lugar, aunque los estudios de poblaciones de anfibios se centran, generalmente, en una zona concreta, su investigación debería realizarse a nivel del paisaje, y los esfuerzos de conservación deberían de hacerse teniendo en cuenta la capacidad de dispersión de las especies. Por tanto, tenemos que ver qué dinámica de metapoblaciones sigue cada especie y saber cómo se puede fortalecer. En tercer lugar, los avances en técnicas de genética molecular permiten deducir eventos demográficos, tales como los efectos de la fragmentación reciente, el cuello de botella o la hibridación. Estas técnicas, junto con los censos son útiles para aumentar el conocimiento sobre los procesos demográficos tales

como la disminución de poblaciones. En cuarto lugar, se necesitan estudios multifactoriales para ver qué factores ambientales afectan simultáneamente a las poblaciones de anfibios en lugares diferentes (Storfer, 2003).

### **Agradecimientos.-**

Este estudio es el resultado de un Trabajo de Fin de Grado realizado en el Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad de Córdoba.

### **Bibliografía.-**

Alford, R. A., Bradfield K. S. y Richards S. J. 2007. Ecology-Global warming and amphibian losses. *Nature*, 447:E3-E4.

Andrew, A. 1990. Fragmentation of habitats by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, 26: 130-141.

Beebee, T. J. C. y Griffiths, R. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation*, 125: 271-285.

Beja P. y Alcazar R. 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians. *Biological Conservation*, 114:317-326.

Benítez, M., Romero, D., Chiroso, M. y Real, R. 2017. Eco-geographical characterization of aquatic microhabitats used by amphibians in the Mediterranean Basin. *Animal Biodiversity and Conservation*, 40.1: 27-40.

Berven, K. A. 1995. Population regulation in the wood frog, *Rana sylvatica*, from three diverse geographic localities. *Australian Journal of Ecology*, 20:385-392.

Bonin J., Desgranges J. L., Rodriguez J. y Ouellet M. 1997. Anuran species richness in agricultural landscape of Québec: foreseeing longterm results of roal call surveys. In: Green DM (ed.) *Amphibian in decline. Canadian studies of a global problem*. Society for the Study of Amphibian and Reptiles. St. Louis

C.M.A. 2001. *Mapa suelos de Andalucía*. IARA - CSIC. Polígonos con asociación de series de suelos. D.G. de Planificación. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

C.M.A. 2003. *Usos de suelo. Instituto de cartografía y estadística de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/index.htm>.

C.M.A. 2013. IMA, *Informe de Medio Ambiente en Andalucía 2012*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de

Andalucía, Sevilla.

Christin M. S., Gendron A. D., Brousseau P., Menard L., Marcogliese D. J., Cyr D., Ruby S. y Fournier M. 2003. Effects of agricultural pesticides on the immune system of *Rana pipiens* and on its resistance to parasitic infection. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22:1127–1133.

Dodd Jr, C.K. y Smith L.L. 2003. Habitat destruction and alteration. 94–110. in R. D. Semlitsch and D. B. Wake, editors. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution, Washington and London.

Duellman, W. y Trueb, L. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw–Hill Book Company, New York.

García-Muñoz, E., Gilbert, J.D., Parra, G. y Gerrero, F. 2010. Wetlands classification for amphibian conservation in Mediterranean landscapes. *Biodiversity Conservation*, 19:901–911. DOI 10.1007/s10531-009-9747-7.

García-París, M. y Salvador, A. 2001. *Anfibios españoles*. Canseco Editores S.L., Talavera de la Reina. 274 pp.

Gascon, C., Collins J. P., Moore P. D., Church D. R., McKay J. E. y Mendelson J. R., III (ed). 2007. *Amphibian Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Hazell, D., Cunningham R., Lindenmayer D., Mackey B. y Osborne W. 2001. Use of farm dams as frog habitat in an Australian agricultural landscape: factors affecting species richness and distribution. *Biological Conservation*, 102: 155–169.

Hecnar, S. J. y McCloskey, R.T. 1997. Patterns of nestedness and species association in a pond dwelling amphibian fauna. *Oikos*, 80:371–381.

Hero, J. M., Morrison C., Gillespie G., Roberts J. D., Newell D., Meyer E., McDonald K., Lemckert F., Mahony M., Osborne W., Hines H., Richards S., Hoskin C., Clarke J., Doak N., y Shoo L. P. 2006. Overview of the conservation status of Australian frogs. *Frogllog*, 65: 2-3.

Hoffmann, M., Hilton-Taylor C., Angulo A., Böhm M., Brooks T. M., Butchart S. H. M., Carpenter K. E., Chanson J., Collen B., Cox N. A., Darwall W. R. T., Dulvy N. K., Harrison L. R., Katariya V., Pollock C. M., Quader S., Richman N. I., Rodrigues A. S. L., Tognelli M. F., Vié J.-C., Aguiar J. M., Allen D. J., Allen G. R., Amori G., Ananjeva N. B., Andreone F., Andrew P., Ortiz A. L. A., Baillie J. E. M., Baldi R., Bell B. D., Biju S. D., Bird J. P., Black-Decima P., Blanc J. J., Bolaños F., Bolivar-G W., Burfield I. J., Burton J. A., Capper D. R., Castro F., Catullo G., Cavanagh R. D., Channing A., Chao N. L., Chenery A. M., Chiozza F.,

- Clausnitzer V., Collar N. J., Collett L. C., Collette B. B., Fernandez C. F. C., Craig M. T., Crosby M. J., Cumberlidge N., Cuttelod A., Derocher A. E., Diesmos A. C., Donaldson J. S., Duckworth J. W., Dutson G., Dutta S. K., Emslie R. H., Farjon A., Fowler S., Freyhof J., Garshelis D. L., Gerlach J., Gower D. J., Grant T. D., Hammerson G. A., Harris R. B., Heaney L. R., Hedges S. B., Hero J.-M., Hughes B., Hussain S. A., Icochea M. J., Inger R. F., Ishii N., Iskandar D. T., Jenkins R. K. B., Kaneko Y., Kottelat M., Kovacs K. M., Kuzmin S. L., La Marca E., Lamoreux J. F., Lau M. W. N., Lavilla E. O., Leus K., Lewison R. L., Lichtenstein G., Livingstone S. R., Lukoschek V., Mallon D. P., McGowan P. J. K., McIvor A., Moehlman P. D., Molur S., Alonso A. M., Musick J. A., Nowell K., Nussbaum R. A., Olech W., Orlov N. L., Papenfuss T. J., Parra-Olea G., Perrin W. F., Polidoro B. A., Pourkazemi M., Racey P. A., Ragle J. S., Ram M., Rathbun G., Reynolds R. P., Rhodin A. G. J., Richards S. J., Rodríguez L. O., Ron S. R., Rondinini C., Rylands A. B., Sado-  
vy de Mitcheson Y., Sanciangco J. C., Sanders K. L., Santos-Barrera G., Schipper J., Self-Sullivan C., Shi Y., Shoemaker A., Short F. T., Sillero-Zubiri C., Silvano D. L., Smith K. G., Smith A. T., Snoeks J., Stattersfield A. J., Symes A. J., Taber A. B., Talukdar B. K., Temple H. J., Timmins R., Tobias J. A., Tsytsulina K., Tweddle D., Ubeda C., Valenti S. V., Paul van Dijk P., Veiga L. M., Veloso A., Wege D. C., Wilkinson M., Williamson E. A., Xie F., Young B. E., Akçakaya H. R., Bennun L., Blac-  
kburn T. M., Boitani L., Dublin H. T., da Fonseca G. A. B., Gascon C., Lacher T. E., Mace G. M., Mainka S. A., Mc-  
Neely J. A., Mittermeier R. A., Reid G. M., Rodriguez J. P., Rosenberg A. A., Samways M. J., Smart J., Stein B. A., y Stuart. S. N. 2010. The Impact of Con-  
servation on the Status of the World's Vertebrates. *Science*, 330:1503-1509.
- López, C. 2001. El impacto de las carreteras en las poblaciones de anfibios. *Quercus*, 183: 14-18.
- Mader, H.J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological and Conservation*, 29: 81-96.
- Marsh, D. M. y Trenham P. C. 2001. Metapopulation dynamics and amphibian conservation. *Conservation Biology* 15: 40-49.
- Peltzer M. P., Lajmanovich R. C., Attademo A. M., Beltzer A. H. 2006. Diversity of anurans across agricultural ponds in Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 15: 3499-3513.
- Pleguezuelos, J. M., Márquez R., y Lizana, M. 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.

Reques, R. 2000. *Anfibios, ecología y conservación*. Recursos Naturales de Córdoba. Diputación de Córdoba, Córdoba. 140 pp.

Reques, R. 2005. *Conservación de la Biodiversidad en los humedales de Andalucía* (2ª edición). Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.

Reques, R. 2008. Establecimiento de nuevos micro-humedales en el Corredor Verde del Río Guadiamar para la conectividad de poblaciones de anfibios. pp 415-423 in CMA (ed.). *Restauración Ecológica del Río Guadiamar y el Proyecto del Corredor Verde. La Historia de un Paisaje Emergente*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.

Reques, R. 2011. Gestión de hábitats para la conservación de anfibios en el Parque Natural Sierra de Cardeña y Montoro. pp 245-258 in J. M. Quero (ed.). *Parque natural Sierra de Cardeña y Montoro. Investigación proyectos y estudios*. Servicio de publicaciones Universidad de Córdoba y Fundación CajaSur, Córdoba.

Reques, R. 2012. Programas de conservación de anfibios en la provincia de Cádiz. *Rev. Soc. Gad. Hist. Nat.*, 6:13-20.

Reques, R., González-Miras E., Sánchez D., y Rosado J. M. 2010. Pro-

grama de conservación activa de los anfibios amenazados de Andalucía. XI Congreso Luso-Español de Herpetología y XV Congreso Español de Herpetología. AHE, Sevilla.

Reques, R. y Tejedo, M. 2008. Crear charcas para anfibios: una herramienta eficaz de conservación. *Quercus*, 273: 15-20.

Rohr J. R., Crumrine P. W. 2005. Effects of an herbicide and an insecticide on pond community structure and processes. *Ecological Applications*, 15: 1135–1147.

Sancho, V. y Lacomba J. I. 2010. *Conservación y restauración de puntos de agua para la biodiversidad de Valencia*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Mediambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Valencia.

Semlitsch, R. D. y B. B. Rothermel. 2003. A foundation for conservation and management of amphibians. Pages 242-259 in R. D. Semlitsch and D. B. Wake, editors. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution, Washington and London.

Shoo, L. P., Olson D. H., McMenamin S. K., Murray K. A., Van Sluys M., Donnelly M. A., Stratford D., Terhivuo J., Merino-Viteri A., Herbert S. M., Bishop P. J., Corn P. S., Dovey L., Griffiths R. A., Lowe K., Mahony M., McCallum H., Shuker J. D., Simpkins

C., Skerratt L. F., Williams S. E., y Hero J. M., 2011. Engineering a future for amphibians under climate change. *Journal of Applied Ecology*, 48:487–492.

StatSoft Inc., “Statistica,” Data Analysis Software System, version 7, 2004.

Stoate C., Boatman N. D., Borralho R. J., Rio-Carvalho C., de Snoo G. R. y Eden P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63: 337–365.

Storfer, A. 2003. Amphibian declines: Future directions. *Diversity and Distributions* 9.2: 151-163.

Stuart, S. N., Hoffmann M., Chanson J. S., Cox N., Berridge R., Ramani P., y Young B. E. 2008. *Threatened Amphibians of the world*. Lynx edition. IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Arlington, Virginia, USA, Barcelona (Spain).

Velasco, J. M., Yanes M. y F. Suárez. 1995. *El efecto barrera en vertebrados*. Madrid. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. 137 pp.

Wilbur, H. M. 1980. Complex life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 67-93.