

# Charcas temporales del entorno de Sierra Carbonera (La Línea de la Concepción – San Roque, Cádiz)

Francisco J. Peralta-Cornejo<sup>1,2\*</sup>, Carlos M. García<sup>1,3,4,6</sup>, Rafael Cerpa<sup>1</sup>, J. Ángel Gálvez<sup>3,4,6</sup>, Ricardo Reques<sup>5</sup>, Francisco Hortas<sup>1,4,6</sup>, Juan García-de-Lomas<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Sociedad Gaditana de Historia Natural (SGHN).

<sup>2</sup> Instituto Universitario de Investigación del Agua, Universidad de Granada, C/Ramón y Cajal, 4, Granada 18071, España.

<sup>3</sup> Grupo de Investigación "Estructura y Dinámica de Ecosistemas Acuáticos", Universidad de Cádiz, España.

<sup>4</sup> Dpto. Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, España.

<sup>5</sup> Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, España.

<sup>6</sup> Instituto Universitario de investigación Marina (INMAR), Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), Universidad de Cádiz, Avda. República Árabe Saharaui s/n, 11510 Puerto Real, Spain.

Recibido: 2 de octubre de 2023. Aceptado (versión revisada): 9 de enero de 2024. Publicado en línea: 28 de enero de 2024.

## Temporary ponds in Sierra Carbonera (La Línea de la Concepción – San Roque, Cádiz)

**Palabras claves:** charcas temporales mediterráneas; Anostraca; anfibios; macrófitos acuáticos; conservación; protección.

**Keywords:** Mediterranean temporary ponds; Anostraca; amphibians; aquatic macrophytes; conservation; protection.

### Resumen

Se describen cinco charcas temporales presentes en la falda sur de Sierra Carbonera (Cádiz, España). Se caracterizan y comparan algunas variables físico-químicas, así como la comunidad biológica. Las charcas estudiadas destacan como zonas de cría de siete especies de anfibios: *Salamandra salamandra* subsp. *longirostris*, *Pleurodeles waltl*, *Triturus pygmaeus*, *Pelodytes ibericus*, *Pelobates cultripes*, *Hyla meridionalis* y *Pelophylax perezi*. Cinco de estas especies (salvo *S. salamandra* subsp. *longirostris* y *P. perezi*) están incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (aprobado por el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero) y/o el Listado Andaluz de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (según Decreto 23/2012, de 14 de febrero). Asimismo, este estudio amplía la distribución de *Linderiella jebalae*, citada por primera vez en 2023 para la península ibérica, y presenta inventarios de invertebrados acuáticos y flora presente en cada charca.

### Introducción

Las lagunas y charcas temporales son sistemas acuáticos someros alimentados principalmente por el agua de lluvia. Intercalan un ciclo de inundación con una fase de desecación más o menos prolongada, determinándose así su hidropериodo o fase de permanencia del sistema acuático. Las lagunas y charcas temporales mediterráneas se consideran hábitats de interés comunitario prioritario por la Unión Europea según la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, poniendo en valor la conservación del conjunto de especies que albergan estos ambientes. La mayoría de especies que integran la comunidad característica de estos ecosistemas acuáticos temporales están adaptadas

### Abstract

Five temporary ponds on the southern slopes of Sierra Carbonera (Cádiz, Spain) have been described. Some physico-chemical variables have been characterised and compared, as well as the biological community. The studied ponds are breeding sites for seven species of amphibians: *Salamandra salamandra* subsp. *longirostris*, *Pleurodeles waltl*, *Triturus pygmaeus*, *Pelodytes ibericus*, *Pelobates cultripes*, *Hyla meridionalis* and *Pelophylax perezi*. Five of these species (except *S. salamandra* subsp. *longirostris* and *P. perezi*) are included in the List of Wild Species under Special Protection Regime (approved by Royal Decree 139/2011, of February 4) and/or the Andalusian List of Wild Species under Special Protection Regime (according to Decree 23/2012, of February 14). Likewise, this study expands the distribution of *Linderiella jebalae*, reported for the first time in 2023 for the Iberian Peninsula, as well as it presents data on aquatic invertebrates and flora present in each pond.

a superar la fase de desecación mediante diferentes mecanismos biológicos. Ejemplos de esto son la latencia (en forma de quistes o huevos de resistencia), la sincronización del crecimiento y la metamorfosis, alternando fases de vida larvaria acuática y fases adultas terrestres (Williams 2006). Por otro lado, la biota típica de lagunas temporales en general es incapaz de persistir en masas de agua permanentes. Esto se debe a que o bien las especies son desplazadas por competencia interespecífica, o bien son eliminadas debido a la eficaz depredación por animales propios de aguas permanentes (especialmente peces). Esto confiere a este tipo de ecosistemas acuáticos una fauna y flora muy característica que integran la comunidad reconocida en la mencionada directiva de la Unión Europea.

Estudios realizados en humedales temporales mediterráneos han demostrado una alta riqueza de especies (Waterkeyn *et al.* 2008; Rhazi *et al.* 2012; Gilbert *et al.* 2015; Blanco *et al.* 2020) con la aparición de especies endémicas o raras a escalas regionales (Blanco *et al.* 2019; Blanco *et al.* 2019; Marrone *et al.* 2020). Además, estos ecosistemas también muestran una alta singularidad (Boix *et al.* 2008) y valores de unicidad que, junto con la alta riqueza de especies, los convierten en puntos calientes de biodiversidad, jugando un papel clave en el mantenimiento de la diversidad biológica regional, aunque la información sobre ellos es escasa o de difícil acceso. Otro rasgo relevante es la conectividad, tal como indican Parra *et al.* (2021), respaldando la hipótesis, acorde con teoría de islas, de que los conjuntos de especies tienden a ser más ricos en áreas que facilitan la dispersión y colonización de propágulos, como los humedales temporales conectados. En la misma dirección, las típicas fluctuaciones intra- e inter-anales inherentes a las características limnológicas de los humedales afectan drásticamente la variación estacional en la estructura y dinámica de la comunidad acuática, lo que conduce a una mayor heterogeneidad y, posteriormente, a la biodiversidad (Parra *et al.* 2021).

Actualmente, las especies adaptadas a estos ambientes están sufriendo una progresiva desaparición en todo el mundo, principalmente motivada por la pérdida de hábitat (Zacharias y Zamparas 2010). La provincia de Cádiz no es una excepción y ha registrado también la desaparición o deterioro de numerosas lagunas temporales (García-de-Lomas *et al.* 2004, 2016). A pesar de su alto nivel de protección legal, este tipo de hábitats es escaso en Europa y siguen en continuo retroceso debido, por un lado, a su reducido tamaño y escasa profundidad (Grillas *et al.* 2004) y, por otro, a factores antropogénicos como el desarrollo agrícola y urbanístico, unidos a la dificultad de percepción y conocimiento, especialmente en las más pequeñas. Además, cambios en los patrones de precipitación y evapotranspiración debidos al cambio climático (IPCC 2014) han aumentado en algunas áreas la duración de los períodos secos (Döll y Zhang 2010) teniendo también importantes implicaciones para los pequeños ecosistemas acuáticos (Rosset *et al.* 2010; Tuytens *et al.* 2014; Pinceel *et al.* 2018). Otra amenaza es el desfase temporal entre la emisión de advertencias científicas y la respuesta social y política que conduce a acciones mitigativas (Parra *et al.* 2021).

Existe una creciente comprensión del valor de estos ecosistemas que contrasta marcadamente con el desinterés general mostrado por los políticos y los encargados de la toma de decisiones que en gran medida no reconocen la importancia de estos ecosistemas (Gardner y Finlayson 2018). En este sentido, colectivos de expertos y aficionados, muchas veces en colaboración con instituciones públicas en un esfuerzo que se integra en las llamadas “iniciativas de Ciencia Ciudadana”, son cada vez más fundamentales en la prospección de territorio y conocimiento del mismo. En la

provincia de Cádiz, la Sociedad Gaditana de Historia Natural (SGHN) promueve desde hace años el proyecto de divulgación y conservación “Conservación de *Linderiella baetica* y charcas temporales” (ver enlace:

<https://sociedadgaditanahistorianatural.com/conservacion-linderiella-baetica/>) en el que pueden enmarcarse estas prospecciones que aquí se presentan. Sin embargo, la mayoría de esfuerzos de este proyecto se habían centrado hasta ahora en el área occidental de la provincia. La escasez de inventarios y estudios científicos sobre este tipo de hábitats han limitado el conocimiento de nuevas ubicaciones potenciales donde aplicar medidas de conservación que reduzcan el ritmo de desaparición de determinados hábitats acuáticos y taxones asociados a los mismos.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la existencia de un complejo de charcas temporales ubicadas en el oriente gaditano (La Línea de la Concepción y San Roque), y describir sus características, flora y fauna, dando a conocer su valor ecológico y vulnerabilidad, como base para su gestión y protección.

Para ello se ha realizado una prospección en la zona baja y sur del paraje Sierra Carbonera, para luego realizar una caracterización tanto de las nuevas charcas temporales inventariadas como de las dos (El Tejar y La Peña) ya conocidas, en las que se citó una nueva especie para la península ibérica, *Linderiella jebalae* (García-de-Lomas *et al.* 2023). En esta caracterización se han registrado datos de tamaño, profundidad e hidropereodo; de variables físico-químicas, y se han realizado inventarios de la comunidad biológica asociada. Se ha prestado especial atención a la presencia de taxones protegidos en la legislación vigente, así como a la presencia de *Linderiella jebalae* en charcas vecinas. Además, se analizan y discuten brevemente las amenazas a las que están sometidas estas pequeñas masas de agua y sus especies singulares con el fin de contribuir a mejorar su conservación y gestión.

## Material y métodos

### Área de estudio

La zona de estudio se encuentra entre los términos municipales de La Línea de la Concepción y San Roque, junto al Polígono Industrial del Zabal Bajo, cubriendo una extensión aproximada de 35 hectáreas entre las cotas 25 y 55 m s. n. m. (Fig. 1). Estas charcas temporales se desarrollan sobre un afloramiento rocoso que pertenece a la denominada Unidad del Aljibe o Manto Numídico, una unidad litológica de edad Aquitaniense que se caracteriza por ser una arenisca silíceo muy pura, compuesta por granos muy redondeados y con más del 90% de cuarzo en su composición (Alonso-Chaves *et al.* 2004; Pendón *et al.* 2004), sobre el que se desarrolla un monte bajo con vegetación arbustiva dominada por *Calicotome villosa*, *Genista linifolia*, *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*,



Figura 1. Área de estudio. Foto: Google Earth 2023.

*Cistus crispus*, *Stauracanthus boivinii*, *Olea europaea*, *Chamaerops humilis*, *Rhamnus alaternus*, *Osyris alba*, *Clematis cirrhosa* y *Aristolochia baetica* (García-de-Lomas *et al.* 2023).

#### Localización de nuevas charcas temporales

Se realizó un trabajo previo analizando las imágenes de la zona de estudio con *Google Earth Pro*. Mediante el modelado 3D de esta aplicación es posible visualizar el relieve del terreno consiguiendo llegar a apreciar las posibles cubetas de charcas potenciales. Una vez detectadas estas posibles cubetas se geolocalizan y durante el inicio del ciclo de inundación se visitaron esas localizaciones para comprobar si realmente se formaron charcas durante el periodo estudiado.

#### Registros de variables, muestreos e identificación

Se realizaron un total de siete muestreos durante el período comprendido entre el 29 de diciembre de 2021 y el 4 de febrero de 2023. Durante el año hidrológico 2021-2022 se muestreó con una frecuencia mensual excepto en febrero (no muestreado) y marzo (se muestreó dos veces). Durante la fase de permanencia se pudieron hacer en total cinco muestreos antes de la desecación de las charcas. En el posterior año hidrológico (2022-2023) la escasez de lluvias acortó la fase de inundación, lo que impidió completar el seguimiento mensual, llevándose a cabo únicamente dos muestreos entre enero y febrero de 2023. Todos los muestreos se realizaron entre las 12.00 y 16.00 h. El seguimiento de las variables físico-químicas incluyó medidas *in situ* de temperatura, conductividad y pH con un medidor multifuncional Pochtme, y una medida cualitativa de la turbidez (transparente, algo turbia, turbia, muy turbia).

Los datos de precipitaciones se obtuvieron de la estación meteorológica de San Roque, situada a 12 km de la zona de estudio (<https://es.meteosolana.net/estacion/6056X>). La caracterización de la comunidad biológica se realizó según el grupo taxonómico y tamaño: los artrópodos acuáticos se muestrearon usando una red Nytex de 100 micras de luz de malla, de 26 × 21 cm de lado, fijando los ejemplares con formol a una concentración final del 4%; los anfibios se capturaron con la misma red Nytex durante muestreos nocturnos y fueron fotografiados para posteriormente determinar la especie; los macrófitos acuáticos se identificaron *de visu*, excepto los que implicaban una mayor dificultad, que se recolectaron para identificar posteriormente con una lupa Bresser Researcher ICD y un microscopio óptico Leica DM1000, fijándose las muestras bien con líquido de Kew modificado en proporciones 65%, 5% y 30% (alcohol etílico, glicerina y agua, respectivamente), o bien en seco. El fitoplancton se muestreó únicamente en caso de presentarse algún *bloom* microalgal, llenándose un frasco de vidrio para observar en vivo en un microscopio óptico Leica DM1000 y determinar la especie formadora del *bloom*.

Se usaron diferentes claves, guías y estudios para la determinación de las especies de los diversos grupos taxonómicos presentes en las charcas: para los branquiópodos se usaron las claves de Alonso (1996) y el estudio de Boix *et al.* (2016); el único ostrácodo presente se determinó usando la clave de Meisch y Brauer (2000); los copépodos según Dussart (1967) y Kiefer (1978); los insectos fueron identificados con las claves de Nieser (1994), Sundermann *et al.* (2007), Rozkošný (2000), Franciscolo (1979) y Tachet *et al.* (2010); los anfibios fueron determinados con la guía de Salvador *et al.* (2021); dentro de los macrófitos acuáticos se consideraron los hidrófitos vasculares, determinados con Cirujano *et al.* (2014),

los helófitos con Cirujano *et al.* (2020), los carófitos con Cirujano *et al.* (2008), las algas filamentosas con la guía de John *et al.* (2011) y las colonias macroscópicas de cianobacterias que se identificaron con la clave de Komárek (2013); y las especies de microalgas formadoras de *blooms* se identificaron siguiendo la clave de Ettl (1983).

**Análisis estadístico**

Se realizó un análisis Cluster con datos de presencia – ausencia de especies, con objeto de comparar las charcas estudiadas y observar las similitudes entre ellas. Para ello se usó el software libre de análisis de datos PAST, en su versión 4.03. Para llevar a cabo esta técnica estadística se emplea el índice de similitud de *Jaccard*, que es un índice que sólo tiene en cuenta la presencia – ausencia.

**Resultados**

Se localizan un total de siete nuevas cubetas potenciales mediante el modelado 3D de *Google Earth Pro*. Tres de ellas se han llenado en algún momento durante el periodo de estudio (El Bujeo, Las Pedreras y La Ermita), y las otras cuatro se cree que solo se inundan tras periodos extraordinarios de lluvias. Por tanto, contando además las charcas El Tejar y La Peña, que ya eran conocidas antes de este trabajo, hay un total de cinco charcas que llegaron a inundarse durante el periodo de estudio (Fig. 2).

Las cinco charcas tienen superficies del vaso de entre 50-200 m<sup>2</sup>, una profundidad máxima de 0.8 m y ligeras diferencias en las características físico-químicas del agua. La superficie máxima estimada para cada una de las cuatro cubetas no inundadas fue de 10 – 65 m<sup>2</sup>. Las charcas analizadas se caracterizaron por su baja conductividad (140-480 µS/cm) y alta transparencia, excepto la charca La Peña que mostró una

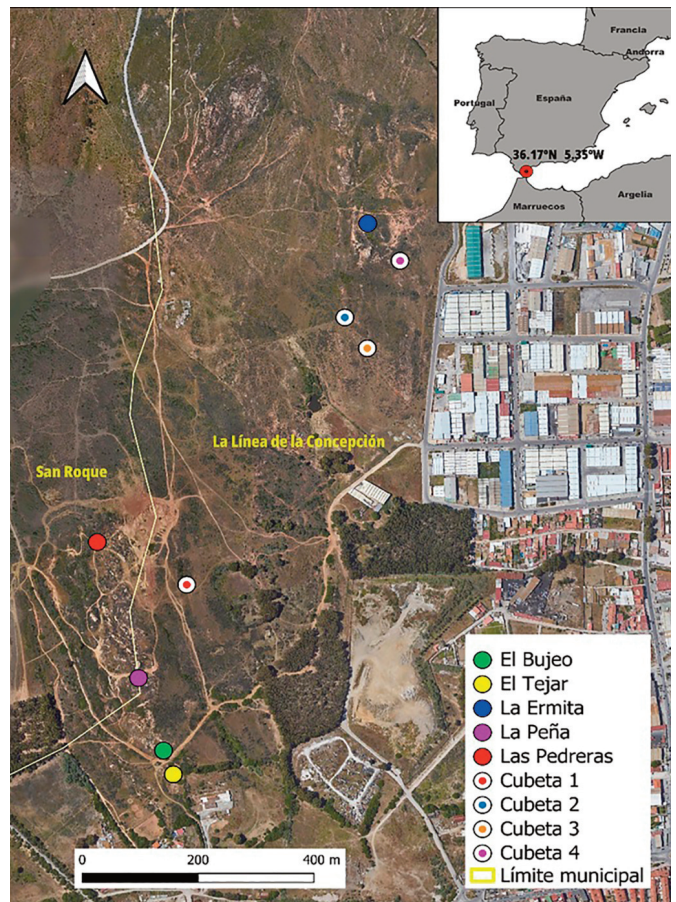


Figura 2. Localización de las charcas temporales y cubetas no inundadas.

conductividad moderadamente superior al resto (≈ 900 µS/cm). El Tejar y Las Pedreras fueron disminuyendo su transparencia a lo largo del ciclo de inundación. La recogida de datos físico-químicos en El Bujeo no fue posible por la breve fase de inundación y la indisponibilidad de equipos (Tabla I). El origen del agua fue pluvial, no obstante, a juzgar por la duración del hidropериodo, que se tratará más adelante,

Tabla I. Características morfológicas y valor medio de las variables físico-químicas de las charcas y cubetas estudiadas. Entre paréntesis ( ) desviación estándar. Con asterisco (\*) la superficie máxima estimada de las cubetas no inundadas.

Charcas temporales	Cuadrícula UTM 1x1 (30S)	Superficie máxima (m <sup>2</sup> )	Profundidad máxima (m)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	pH	Turbidez
El Tejar	TF8706	198	0.70	12.2 (0.2)	478 (32.5)	7.9 (0.1)	Algo turbio
La Peña	TF8706	98	0.65	13.4 (1.3)	892 (186.8)	7.7 (0.7)	Transparente
El Bujeo	TF8706	103	0.40	-	-	-	Transparente
Las Pedreras	TF8706	52	0.80	13.5 (1.0)	384 (67.8)	7.1 (0.2)	Algo turbio
La Ermita	TF8807	114	0.60	15.6 (0.3)	194 (54.0)	6.1 (0.0)	Transparente
Cubeta 1	TF8706	65*	-	-	-	-	-
Cubeta 2	TF8807	10*	-	-	-	-	-
Cubeta 3	TF8807	28*	-	-	-	-	-
Cubeta 4	TF8807	27*	-	-	-	-	-

la charca Las Pedreras podría presentar algún aporte de agua subterránea o bien una mejor impermeabilización del sustrato, ya que mantuvo agua durante varias semanas más que el resto de charcas.

Una variable crucial para entender los ciclos de inundación es la precipitación. En el año hidrológico 2021/2022 se registró una precipitación acumulada de 559 mm, muy próxima a los 592 mm de media registrados para el periodo 1981-2010 por AEMET (2022). En el caso del año hidrológico 2022/2023, a fecha de 31 de mayo de 2023, se apreció un déficit de precipitaciones acumuladas de aproximadamente 200 mm respecto al mismo periodo del anterior año hidrológico, debido a la ausencia de precipitaciones abundantes en los meses de marzo y abril (Fig. 3). Esto ha motivado un menor hidropereodo de las charcas en ese ciclo. Para comparar la influencia de las lluvias en las distintas charcas, se establece como unidad de medida la precipitación acumulada durante siete días (mm/semana). De las charcas estudiadas: La Peña, Las Pedreras y La Ermita se inundaron tras una precipitación acumulada por encima de 90 mm/semana; El Tejar a partir de los 130 mm/semana y El Bujeo tras lluvias acumuladas por encima de 160 mm/semana.

Según la clasificación de humedales temporales de Grillas *et al.* (2004), las charcas estudiadas tienen un régimen de inundación estacional ya que alternan periodos secos y

húmedos cada año, según la estación. Esto se observa claramente en las charcas El Tejar, La Peña y Las Pedreras donde, además, la inundación dura varios meses, típico en esta categoría de charcas, aunque en Las Pedreras su vegetación parece indicar que hay años en los que no se deseca, pudiendo aproximarse más a una charca de la categoría casi-permanente. En el caso de El Bujeo y La Ermita, los ciclos de inundación se prolongan días o semanas (respectivamente), siendo esta una característica que comparten con las charcas efímeras (Fig. 4).

A pesar de su proximidad, las charcas estudiadas mostraron diferencias en la comunidad biológica. Por un lado, los macrófitos acuáticos presentaron la mayor diversidad en La Peña, mostrando una cobertura muy elevada dominada por *Callitriche obtusangula* Le Gall, *Ranunculus peltatus* Schrank subsp. *peltatus*, *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Alisma lanceolatum* With. y *Baldellia ranunculoides* (L.) Parl. En el extremo opuesto, El Bujeo careció completamente de macrófitos acuáticos, y en El Tejar aparecieron únicamente algunos pies aislados de *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult. y *Baldellia ranunculoides* (L.) Parl. al final del ciclo de inundación, más algunas algas como *Oedogonium flavescens* Wittrock ex Hirn y *Spirogyra* Link., y colonias macroscópicas de la cianobacteria *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault. Las Pedreras destacó por la presencia de *Typha* L. y *Chara fragilis* Desvaux, y La Ermita por albergar otra especie

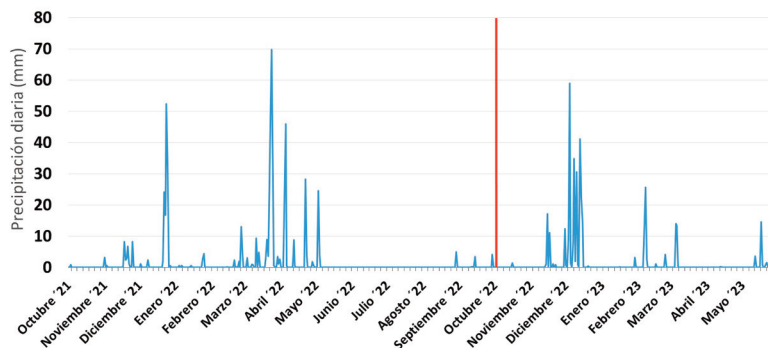


Figura 3. Pluviometría a lo largo del período de estudio. La barra vertical roja marca el límite entre el año hidrológico 2021/2022 y 2022/2023.

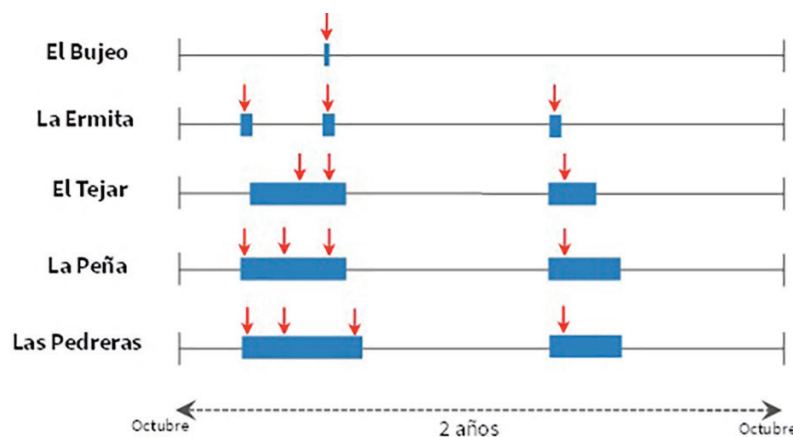


Figura 4. Hidropereodo de las charcas estudiadas. Las flechas rojas marcan el momento del hidropereodo donde se llevaron a cabo los muestreos. (Figura basada en Grillas *et al.*, 2004).

Tabla II. Comunidad biológica presente en las charcas temporales. Presencia (+), no observado (-).

Especies	El Tejar	La Peña	El Bujeo	Las Pedreras	La Ermita
<b>Bacteria</b>					
Cyanobacteria					
<i>Nostoc sphaericum</i>	+	-	-	-	-
<b>Plantae</b>					
Magnoliophyta					
<i>Alisma lanceolatum</i>	-	+	-	+	+
<i>Baldellia ranunculoides</i>	+	+	-	-	-
<i>Callitriche obtusangula</i>	-	+	-	-	-
<i>Callitriche brutia</i>	-	-	-	-	+
<i>Chara fragilis</i>	-	-	-	+	-
<i>Eleocharis palustris</i>	+	+	-	-	-
<i>Ranunculus peltatus subsp. peltatus</i>	-	+	-	-	-
<i>Typha cf. domingensis</i>	-	-	-	+	-
Chlorophyta					
<i>Oedogonium flavescens</i>	+	-	-	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	+	-	-	-	-
<i>Volvox aureus</i>	-	-	-	+	+
<i>Eudorina elegans</i>	-	-	-	-	+
<b>Animalia</b>					
Arthropoda					
<i>Lindleriella jebalae</i>	+	+	+	+	+
<i>Moina micrura</i>	+	+	-	-	-
<i>Alona rectangularis</i>	-	+	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i>	+	-	-	-	-
<i>Macrothrix hirsuticornis</i>	+	-	-	+	+
<i>Mixodiptomus incrassatus</i>	+	+	-	-	-
<i>Hemidiptomus roubaui</i>	+	+	+	+	-
<i>Heterocypris incongruens</i>	+	+	-	+	+
<i>Gerris argentatus</i>	-	+	-	-	-
<i>Notonecta maculata</i>	+	+	-	-	-
<i>Corixa panzeri</i>	-	+	-	-	-
<i>Nepa cinerea</i>	+	-	-	-	-
<i>Stratiomys longicornis</i>	+	-	-	-	-
<i>Ilybius</i> sp.	-	+	-	-	-
<i>Anisops sardeus</i>	-	-	-	-	+
<i>Cloeon</i> sp.	+	-	-	-	+
Chordata					
<i>Triturus pygmaeus</i>	-	+	-	+	+
<i>Pleurodeles waltl</i>	+	+	-	-	+
<i>Pelobates cultripes</i>	+	-	-	-	-
<i>Hyla meridionalis</i>	+	-	+	-	+
<i>Pelophylax perezi</i>	+	-	-	-	-
<i>S. salamandra</i> subsp. <i>longirostris</i>	-	-	-	+	-
<i>Pelodytes ibericus</i>	+	-	-	-	+

de Callitrichaceae, *Callitriche brutia* Petagna, más propia de aguas de muy baja salinidad y charcas temporales, y por la aparición de *blooms* de dos especies de Volvocaceae, *Volvox aureus* Ehrenberg y *Eudorina elegans* Ehrenberg. En cuanto a la fauna acuática, las charcas muestreadas son un punto de cría de siete especies de anfibios: *Salamandra salamandra* subsp. *longirostris* Joger & Steinfartz, *Pleurodeles waltl* Michahelles, *Triturus pygmaeus* Wolterstorff, *Pelodytes ibericus* Sánchez-Herraíz, Barbadillo-Escrivá, Machordom & Sanchíz, *Pelobates cultripipes* Cuvier, *Hyla meridionalis* Boettger y *Pelophylax perezi* López-Seoane; siendo esta última y *Pelobates cultripipes* exclusivas de El Tejar, y *Salamandra salamandra longirostris* de Las Pedreras. El Tejar se posiciona como la charca con mayor diversidad de anfibios. Asimismo, destacó la presencia en todas las charcas de *Linderiella jebalae* Boix, Sala, Escoriza & Alonso, una especie de anostráceo (Clase Branchiopoda, Crustacea) recientemente descrita como nueva para la ciencia en charcas temporales del norte de Marruecos (Boix *et al.* 2016) y cuyo hallazgo en este complejo constituye una nueva cita para la península Ibérica (García-de-Lomas *et al.* 2023). El resto de la comunidad acompañante incluye copépodos calanoides (*Mixodiaptomus incrustatus* Sars y *Hemidiaptomus roubau* Richard), pequeños branquiópodos (*Moina micrura* Kurz, *Alona rectangula* Sars, *Leydigia acanthocercoides* Fischer y *Macrothrix hirsuticornis* Norman & Brady), una especie de ostrácodo (*Heterocypris incongruens* Ramdohr) y diversos organismos acuáticos de la Clase *Insecta* (*Gerris argentatus* Schummel, *Notonecta maculata* Fabricius, *Corixa panzeri* Fieber, *Nepa cinerea* L., *Stratiomys longicornis* Scopoli, *Ilybius* Erichson, *Anisops sardeus* Herrich-Schäffer y *Cloeon* Leach) (Tabla II).

Según el análisis Cluster de presencia – ausencia de especies, las charcas presentan de manera general valores bajos para los índices de similaridad. El mayor valor de similaridad se da entre Las Pedreras y La Ermita, siendo este de 0.35. La Peña y El Tejar formarían otra agrupación en cuanto a su similaridad, con un valor de 0.34. Por último, la charca El Bujeo tiene un valor de similaridad de 0.14, siendo la que presenta una mayor diferencia con el resto (Fig. 5).

## Discusión

El análisis de las imágenes de *Google Earth* y la prospección de campo del área estudiada en Sierra Carbonera han revelado la existencia de charcas temporales de gran interés para la conservación de la biodiversidad (ver figura 6 del anexo fotográfico). Esto sugiere que una ampliación del área estudiada y/o completar el estudio en años especialmente lluviosos podría aumentar el número y variedad de charcas temporales en la zona, pues solo son aparentes tras una serie de precipitaciones y la dinámica hidrológica es irregular. El clima mediterráneo se caracteriza por una marcada variabilidad intra- e interanual en el régimen de precipitaciones. Esto implica que, en el ámbito mediterráneo, el ciclo de inundación sea muy variable y se puede iniciar con

las lluvias otoñales, invernales o primaverales, otorgando un carácter impredecible a la formación y duración del hidroperiodo de este tipo de masas acuáticas (Camacho *et al.* 2009). Este carácter impredecible y la fugacidad de las pequeñas charcas temporales hacen que, a veces, sea complicado detectarlas y no suelen incluirse, por ejemplo, en los inventarios de Hábitats de Interés Comunitario (HIC). Aunque las charcas de este trabajo se han clasificado según su hidroperiodo, un estudio más dilatado en el tiempo podría incrementar la variabilidad del ciclo de inundación y las especies asociadas.

La caracterización de la comunidad biológica pone de manifiesto la presencia de endemismos ibéricos, como el sapillo moteado ibérico (*Pelodytes ibericus*), el tritón jaspeado pigmeo (*Triturus pygmaeus*) y la salamandra común meridional (*Salamandra salamandra* subsp. *longirostris*), y otros anfibios de interés (ver figura 7 del anexo fotográfico). Excepto *Pelophylax perezi* y *S. salamandra*, el resto de anfibios están protegidos por la legislación nacional vigente (Real Decreto 139/2011) y su trasposición al ordenamiento jurídico andaluz (Decreto 23/2012), formando parte del Listado Andaluz de Especies en Régimen de Protección Especial. Además, siguiendo los criterios IUCN (2023) para el territorio español, *Salamandra salamandra* subsp. *longirostris* es considerada especie “Vulnerable”. En esta pequeña área de estudio se registra la presencia de siete de las diez especies de anfibios descritos para la provincia de Cádiz (Blanco *et al.* 1995; Reques 2004). No se detectaron el sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi*), el sapo espinoso (*Bufo spinosus*) y el sapo corredor (*Epidalea calamita*), especies presentes, según Torres *et al.* (2014), en otros enclaves del litoral atlántico gaditano como son, entre otros, la laguna de La Paja, río Roche y cabo de Trafalgar, respectivamente. Estas tres especies no presentes combinan un período larvario corto con una reducida variedad de hábitats reproductivos, que las

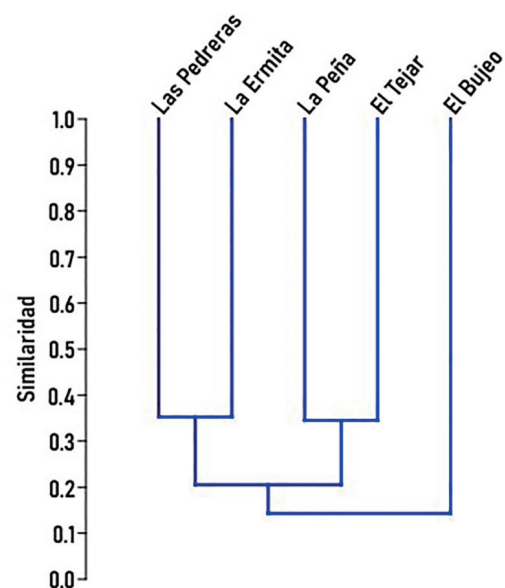


Figura 5. Análisis de similitud Cluster basado en el índice de Jaccard para la composición biológica de las charcas.

convierten en muy vulnerables a la alteración del hábitat (Torres *et al.* 2014). El periodo larvario de los anfibios en las charcas tiene implicaciones en su crecimiento y desarrollo y depende de factores reguladores bióticos y abióticos. El hidropereodo, la temperatura, la densidad de larvas, la disponibilidad de nutrientes o la depredación son importantes fuentes de variación que afectan a rasgos como la tasa de desarrollo y el tamaño con el que alcanzan la metamorfosis (Wilbur 1980, 1987; Hartel *et al.* 2011). Por otro lado, el tiempo que mantiene agua la charca es una causa potencial de mortalidad de anfibios (Tejedo y Reques 1994; Semlitsch 2002). Esto es especialmente crítico en ambientes mediterráneos donde la estacionalidad es muy marcada en muchas de las charcas utilizadas por anfibios para reproducirse (Díaz-Paniagua 1990; Beja y Alcazar 2003).

En cuanto al anostráceo *Lindleriella jebalae* (ver figura 8 del anexo fotográfico), en este trabajo se amplía su distribución respecto a lo citado en García-de-Lomas *et al.* (2023), apareciendo en tres nuevos encharcamientos. Esto es de gran importancia ya que este complejo lagunar es el único descrito para Europa que alberga esta especie. No se detectaron otros grandes branquiópodos, que suelen ser relativamente habituales en otros encharcamientos temporales del occidente gaditano, como los citados por García-de-Lomas *et al.* (2004) en el pinar de La Algaida (Puerto Real, Cádiz). Están mejor representados los pequeños branquiópodos del orden Anomopoda, quizá favorecidos por mecanismos de dispersión pasiva mediados por las plumas y el tracto digestivo de aves acuáticas (Alonso 1996). Asimismo, este complejo de charcas presenta un interés añadido al tratarse de puntos potenciales de descanso y aguadero para muchas aves durante la migración prenupcial (Pilastró *et al.* 1998).

En comparación con las ya mencionadas lagunas temporales del pinar de La Algaida, las charcas estudiadas tienen una menor conductividad. Igualmente, atendiendo a los macrófitos acuáticos presentes (ver figuras 9 y 10 del anexo fotográfico), la riqueza (número total) de especies registradas en las charcas es menor que la de las lagunas del pinar de La Algaida, siendo La Peña (la de mayor conductividad) la que tiene un mayor número de especies de plantas vasculares acuáticas (5). Sin embargo, existe una buena cobertura vegetal entre las charcas temporales, que tienen una importante función como hábitats de conexión entre poblaciones de anfibios y cuya alteración podría provocar extinciones locales (Reques 2004). La protección de los anfibios, para que completen su ciclo de desarrollo normal, incluye como núcleos de puesta de huevos y reproducción este tipo de charcas temporales necesariamente, pero la fase adulta necesita un área de hábitat terrestre natural bastante amplio alrededor de estos cuerpos de agua temporales que sirvan como zonas de refugio y alimentación. Es decir, que para su protección y conservación no basta con delimitar un pequeño polígono alrededor de las charcas, sino que se requiere la presencia de hábitats con formaciones vegetales bien conservadas y con abundancia de invertebrados. Por ello, la propuesta de

protección es la de incluir un área circundante que se conserve de forma natural con matorral, arboleda o prados que alberguen un nutrido conjunto de flora y fauna terrestres, conformando con ello un complejo lagunar integrado en el paisaje. Es debido a esta necesidad que los incendios pueden provocar impactos muy notables sobre la población de anfibios, aunque su influencia sobre invertebrados acuáticos podría ser menor (Bright *et al.* 2016).

A pesar de la proximidad entre las charcas y un mismo origen pluvial, el análisis Cluster realizado revela una baja similaridad en la composición biológica de las charcas estudiadas. Esto pone de manifiesto que pueden darse pequeñas diferencias de las características físico-químicas y del sustrato de cada charca que redunden en variaciones en la comunidad, aportando singularidad a cada uno de los encharcamientos y contribuyendo a la diversidad del complejo, lo que requeriría una gestión que garantice dicha heterogeneidad (García-de-Lomas *et al.* 2004). Esta singularidad dentro del conjunto se da también en otros complejos lagunares como el del pinar de La Algaida, con la diferencia de que en este último existe un gradiente de conductividad que podría explicar, por ejemplo, la presencia de especies de carófitos diferentes en cada una de sus lagunas. No es el caso de las charcas de estudio que, aunque tampoco comparten la misma conductividad, presentan valores relativamente semejantes entre ellas, siempre por debajo de los 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , excepto La Peña que en alguna ocasión presentó valores en torno a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las diferencias en la composición de las comunidades biológicas en los humedales mediterráneos se deben a factores como el hidropereodo, el tiempo de inundación-deseccación, la salinidad y el estado trófico (Alonso, 1998; Lopez-Gonzalez *et al.* 1998; Bruce *et al.* 2009). En esta ocasión no ha sido posible realizar un seguimiento simultáneo de todas estas variables, aunque en un futuro se espera poder recopilar esta información para comprender cuál es el principal factor que determina la riqueza de especies y la composición de la comunidad de plantas y animales en este complejo de charcas temporales.

La conservación de este complejo de charcas singulares se ve amenazada principalmente por la presión antropogénica. La zona se encuentra en un entorno periurbano muy visitado, apareciendo desechos variados, incluso dentro de alguna charca. Además, la proximidad al núcleo urbano podría implicar elevar la presión inmobiliaria en pocos años. En 2023 se ha producido el avance de la construcción de parcelas en la falda sur de Sierra Carbonera, a escasos 200 metros de El Tejar. El área de estudio está dentro de dos categorías de clasificación del suelo del PGOU de La Línea: No Urbanizable, donde se encuentra la mayoría de las charcas; y Urbanizable No Sectorizado, donde se encuentra El Tejar. En el caso de la charca Las Pedreras, situada dentro del término municipal de San Roque, está sobre suelo No Urbanizable. Por otro lado, las especulaciones urbanísticas en otros municipios han venido en ocasiones asociadas a incendios producidos en lugares de construcción potencial y, en el área de estudio, concreta-



mente, se han producido dos incendios, el último de 2023 calcinó la cubeta de El Bujeo y quedó a una decena de metros de La Peña, quemando un área aproximada de tres hectáreas.

Por estos motivos, tanto las peculiaridades de las charcas como las características socio-políticas del entorno donde se ubican, se recomendaría la preservación integral del complejo en su conjunto a fin de evitar su desaparición o fragmentación. También se recomienda aumentar en lo posible la prevención de los incendios, ya que por la frecuencia con la que vienen sucediendo podrían suponer una amenaza añadida para la conservación.

Las charcas de pequeño tamaño y corto hidroperiodo como las presentadas en este trabajo suelen ser con frecuencia desatendidas en su caracterización y protección, derivando en una mayor destrucción de comunidades que, además, son diferentes a las de las grandes lagunas. El simple desconocimiento de su existencia conlleva un gran problema para su conservación ya que ante cualquier proyecto de obra en sus inmediaciones no aparecerían en los estudios de impacto ambiental. Este trabajo documenta la existencia y expone los valores ambientales de este complejo de charcas temporales, concluyendo que la comunidad biológica inventariada merece protección.

## Agradecimientos

En primer lugar, deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a Eladio Bracho por su inestimable participación en los trabajos de campo. Por otro lado, extendemos nuestra gratitud a los distinguidos expertos de la Sociedad Andaluza de Entomología por confirmar, a través de su foro, la identificación de dos de los insectos presentes en las charcas.

## Bibliografía

AEMET. 2022. Valores climatológicos normales. <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos>.

Alonso M. 1996. Crustacea, Branchiopoda. En: Ramos MA, Alba J, Bellés i Ros X, Gosálbez i Noguera J, Guerra A, Macpherson E, Serrano J, Templado J (eds.) *Fauna Ibérica*. Vol. 7. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, pp 486.

Alonso M. 1998. Las lagunas de la España peninsular. *Limnetica* 15(1): 176.

Alonso-Chaves F, Soto JI, Orozco M, Kiliás AA, Tranos MD. 2004. Tectonic evolution of the Betic Cordillera: An overview. *Bulletin of the Geological Society of Greece* 36(4): 1598-1607.

Beja P, Alcazar R. 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: An evaluation using amphibians. *Biological Conservation* 114(3): 317-326.

Blanco JM, Márquez A, Saéz J, Sánchez B, Sánchez I. 1995. *Anfibios y Reptiles de la Provincia de Cádiz*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Jerez, 114 pp.

Blanco S, Olenici A, Jiménez-Gómez F, Ortega F, Guerrero F. 2019. Una nueva especie del género *Hantzschia* (Bacillariaceae) en Almería, España. *Caldasia* 41(2): 343-348.

Blanco S, Olenici A, Ortega F, Jiménez-Gómez F, Guerrero F. 2019. Taxonomía y morfología de *Craticula gadorensis* sp. nov. (Bacillariophyta, Stauroneidaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 54(1): 1-5.

Blanco S, Olenici A, Ortega F, Jiménez-Gómez F, Guerrero F. 2020. Identifying environmental drivers of benthic diatom diversity: The case of Mediterranean mountain ponds. *PeerJ* 8: e8825.

Boix D, Gascón S, Sala J, Badosa A, Brucet S, López-flores R, Martinoy M, Gifre J, Quintana XD. 2008. Patterns of composition and species richness of crustaceans and aquatic insects along environmental gradients in Mediterranean water bodies. *Hydrobiologia* 597(1): 53-69.

Boix D, Sala J, Escoriza D, Alonso M. 2016. *Linderiella jebalae* sp. nov. (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca), a new species from the Rif mountains (northern Morocco). *Zootaxa* 4138(3): 491-512.

Bright EG, Gill M, Barrientes A, Bergey EA. 2016. Fire Resilience of Aquatic Crustacean Resting Stages in Playa Wetlands, Oklahoma, USA. *Fire Ecology* 12(3): 26-39.

Brucet S, Boix D, Gascon S, Sala J, Quintana XD, Badosa A, Soendergaard M, Lauridsen TL, Jeppesen E. 2009. Species richness of crustacean zooplankton and trophic structure of brackish lagoons in contrasting climate zones: North temperate Denmark and Mediterranean Catalonia (Spain). *Ecography* 32(4): 692-702.

Camacho A, Borja C, Valero-Garcés B, Sahuquillo M, Cirujano S, Soria JM, Rico E, De La Hera A, Santamans AC, García De Domingo A, Chicote A, Gosálvez RU. 2009. 3170\* Lagunas y charcas temporales mediterráneas. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, pp 87.

Cirujano S, Cambra J, Sánchez Castillo PM, Meco A, Flor Arnau N. 2008. *Flora ibérica. Algas Continentales. Carófitos (Characeae)*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, 132 pp.

Cirujano S, Guerrero N, García-Murillo P. 2020. *Flora acuática española: Helófitos*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, 232 pp.

Cirujano S, Meco A, García-Murillo P. 2014. *Flora acuática: Hidrófitos vasculares*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, 320 pp.

Díaz-Paniagua C. 1990. Temporary ponds as breeding sites of amphibians at a locality in Southwestern Spain. *Herpetological Journal* 1(10): 447-453.

Döll P, Zhang J. 2010. Impact of climate change on freshwater ecosystems: A global-scale analysis of ecologically relevant river flow alterations. *Hydrology and Earth System Sciences* 14(5): 783-799.

Dussart B. 1967. Calanoides et Harpacticoides. En: Dussart B (ed) *Les copépodes des eaux continentales d'Europe Occidentale*. Tomo 1. Boubée et Cie, Paris, pp 500.

Ettl H. 1983. Chlorophyta I: Phytomonadina. En: Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 9. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, pp 807.

Franciscolo ME. 1979. Coleoptera (Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae). En: *Fauna D'Italia*. Vol. 14. Edizioni Calderini, Bologna, pp 804.

García-de-Lomas J, García CM, Canca I. 2004. Caracterización y fenología de las lagunas temporales del Pinar de La Algaida (Puerto Real, Cádiz). *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural* 4: 105-122.

García-de-Lomas J, García CM, Hortas F, Prunier F, Boix D, Sala J, Leon D, Serrano L, Prenda J, Gilbert JD, Guerrero F, Marrone F, Sahuquillo M, Camacho A, Olmo C, Miracle MR, Zamora C, Mura G, Machado M,...Alonso M. 2016. Linderiella baetica Alonso & García-de-Lomas 2009 (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca): On the verge of extinction? *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural* 10: 15-26.

García-de-Lomas J, Ventura M, García CM, Caner J, Jiménez-Cantizano FA. 2023. First record of Linderiella jebalae Boix, Sala, Escoriza & Alonso 2016 (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca) in the Iberian Peninsula. Dispersal across the Strait of Gibraltar. *Limnetica* 42(2): 267-278.

Gardner RC, Finlayson C. 2018. Global wetland outlook: State of the world's wetlands and their services to people. Ramsar convention secretariat. [https://papers.ssrn.com/Sol3/Papers.Cfm?Abstract\\_id=3261606](https://papers.ssrn.com/Sol3/Papers.Cfm?Abstract_id=3261606). Consultado el 2 de septiembre de 2023.

Gilbert JD, De Vicente I, Ortega F, Jimenez-Melero R, Parra G, Guerrero F. 2015. A comprehensive evaluation of the crustacean assemblages in southern Iberian Mediterranean wetlands. *Journal of Limnology* 74(1): 169-181.

Grillas P, Gauthier P, Yavercovski N, Perennou C. 2004. Issues relating to conservation, functioning and management. En: Grillas P, Gauthier P, Yavercovski N, Perennou C (eds.) *Mediterranean temporary pools*. Vol. 1. Station biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc, pp 119.

Hartel T, Băncilă R, Cogălniceanu D. 2011. Spatial and temporal variability of aquatic habitat use by amphibians in a hydrologically modified landscape. *Freshwater Biology* 56(11): 2288-2298.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp 151.

IUCN. 2023. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1*. <https://www.iucnredlist.org/>. Consultado el 4 de Agosto de 2023.

John DM, Whitton BA, Brook AJ. 2011. *The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge university press, Cambridge, 878 pp.

Kiefer F. 1978. Das Zooplankton der Binnengewässer. Freilebenden Copepoda. *Die Binnengewässer* 26: 1-343.

Komárek J. 2013. Cyanoprokaryota: 3. Teil / 3rd part: Heterocytous Genera. En: Büdel B, Gärtner G, Krienitz L, Schagerl M (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/3. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, pp 1130.

Lopez-Gonzalez, P. J., Guerrero, F., & Castro, M. C. (1998). Seasonal fluctuations in the plankton community in a hypersaline temporary lake (Honda, southern Spain). *International Journal of Salt Lake Research* 6(4): 353-371.

Marrone F, Ortega F, Mesquita-Joanes F, Guerrero F. 2020. On the occurrence of Metadiaptomus chevreuxi (Calanoida, Diaptomidae, Paradiaptominae) in the Iberian Peninsula, with notes on the ecology and distribution of its European populations. *Water* 12(7): 1989.

Meisch C, Brauer A. 2000. Crustacea: Ostracoda of Western and Central Europe. En: Schwoerbel J, Zwick P (eds.) *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. 8/3. Akademischer Verlag Spektrum, Heidelberg, pp 522.

Nieser N. 1994. *Claves para la identificación de los Heteropteros acuáticos (Nepomorpha & Gerrhonorpha) de la Península Ibérica: con notas sobre las especies de las Islas Azores, Baleares, Canarias y Madeira*. Asociación Española de Limnología, Madrid, 112 pp.

Parra G, Guerrero F, Armengol J, Brendonck L, Brucet S, Finlayson CM, Gomes-Barbosa L, Grillas P, Jeppesen E, Ortega F, Vega R, Zohary T. 2021. The future of temporary wetlands in drylands under global change. *Inland Waters* 11(4): 445-456.

Pendón JG, Ruiz F, Abad M, González-Regalado ML, Baceta JJ, Tosquella J. 2004. Transgressive sequences on foreland margins: A case study of the neogene central Guadalquivir basin, southern Spain. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 110(2): 503-515.

Pilastro A, Macchio S, Massi A, Montemaggiore A, Spina F. 1998. Spring migratory routes of eight trans-Saharan passerines through the central and western Mediterranean; results from a network of insular and coastal ringing sites. *Ibis* 140(4): 591-598.

Pinceel T, Buschke F, Weckx M, Brendonck L, Vanschoenwinkel B. 2018. Climate change jeopardizes the persistence of freshwater zooplankton by reducing both habitat suitability and demographic resilience. *BMC Ecology* 18(1): 2.

Reques R. 2004. Hábitats reproductivos de anfibios en la provincia de Cádiz: Perspectivas para su conservación. *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural* 4: 83-103.

Rhazi L, Grillas P, Saber E, Rhazi M, Brendonck L, Waterkeyn A. 2012. Vegetation of Mediterranean temporary pools: A fading jewel? *Hydrobiologia* 689(1): 23-36.

Rosset V, Lehmann A, Oertli B. 2010. Warmer and richer? Predicting the impact of climate warming on species richness in small temperate waterbodies. *Global Change Biology* 16(8): 2376-2387.

Rozkošný R. 2000. Insecta: Diptera: Stratiomyidae. En: Schwoerbel J, Zwick P (eds.) *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. 21/18. Spektrum, Heidelberg, pp 1-110.

Salvador A, Pleguezuelos JM, Reques R. 2021. *Guía de los anfibios y reptiles de España*. Asociación Herpetológica Española, Madrid, 341 pp.

Semlitsch RD. 2002. Critical Elements for Biologically Based Recovery Plans of Aquatic-Breeding Amphibians. *Conservation Biology* 16(3): 619-629.

Sundermann A, Lohse S, Beck LA, Haase P. 2007. Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 43(1): 61-74.

Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P. 2010. *Invertébrés d'eau douce: Systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions, Paris, 607 pp.

Tejedo M, Reques R. 1994. Does Larval Growth History Determine Timing of Metamorphosis in Anurans? A Field Experiment. *Herpetologica* 50(2): 113-118.

Torres JM, Hernández Carrero I, Reques Rodríguez R. 2014. Anfibios del litoral atlántico de la provincia de Cádiz: Distribución, estado de conservación y localidades de mayor interés para su conservación. *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural* 8: 21-30.

Tuytens K, Vanschoenwinkel B, Waterkeyn A, Brendonck L. 2014. Predictions of climate change infer increased environmental harshness and altered connectivity in a cluster of temporary pools. *Freshwater Biology* 59(5): 955-968.

Waterkeyn A, Grillas P, Vanschoenwinkel B, Brendonck L. 2008. Invertebrate community patterns in Mediterranean temporary wetlands along hydroperiod and salinity gradients. *Freshwater Biology* 53(9): 1808-1822.

Wilbur HM. 1980. Complex Life Cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11(1): 67-93.

Wilbur HM. 1987. Regulation of Structure in Complex Systems: Experimental Temporary Pond Communities. *Ecology* 68(5): 1437-1452.

Williams DD. 2006. *The biology of temporary waters*. Oxford University Press, Oxford, 337 pp.

Zacharias I, Zamparas M. 2010. Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity & Conservation* 19(14): 3827-3834.

## Anexo fotográfico



Figura 6. Charcas temporales del estudio con ciclo de inundación en el año hidrológico 2021/2022 y 2022/2023: (a) El Tejar, (b) El Bujeo, (c) La Peña, (d) La Ermita, (e) Las Pedreras.

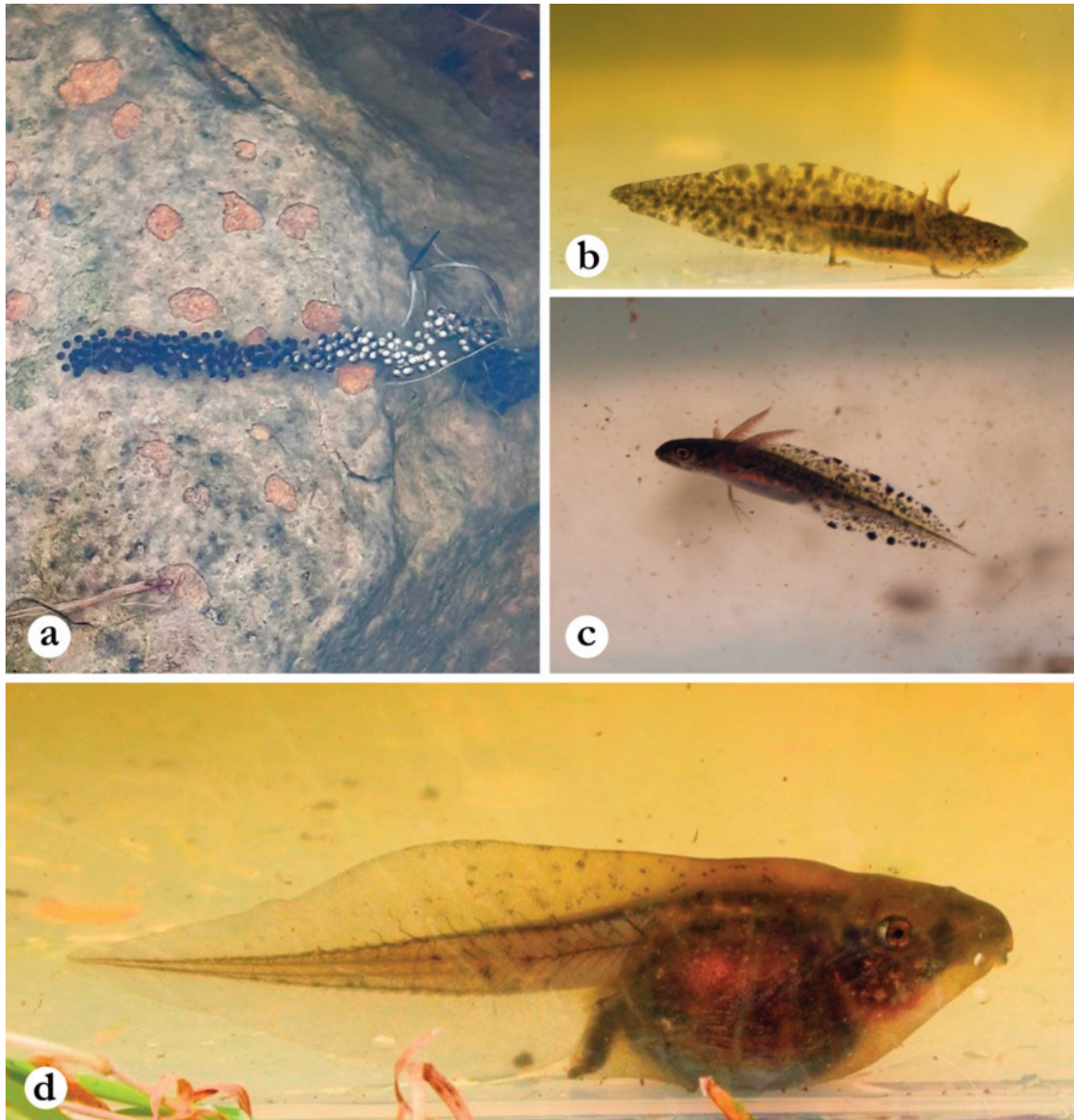


Figura 7. Ejemplos de anfibios encontrados en las charcas estudiadas: (a) puesta de *Pelobates cultripes*; (b) larva de *Pleurodeles waltl*; (c) larva de *Triturus pygmaeus*; (d) larva de *Pelobates cultripes*, presente únicamente en la charca El Tejar.

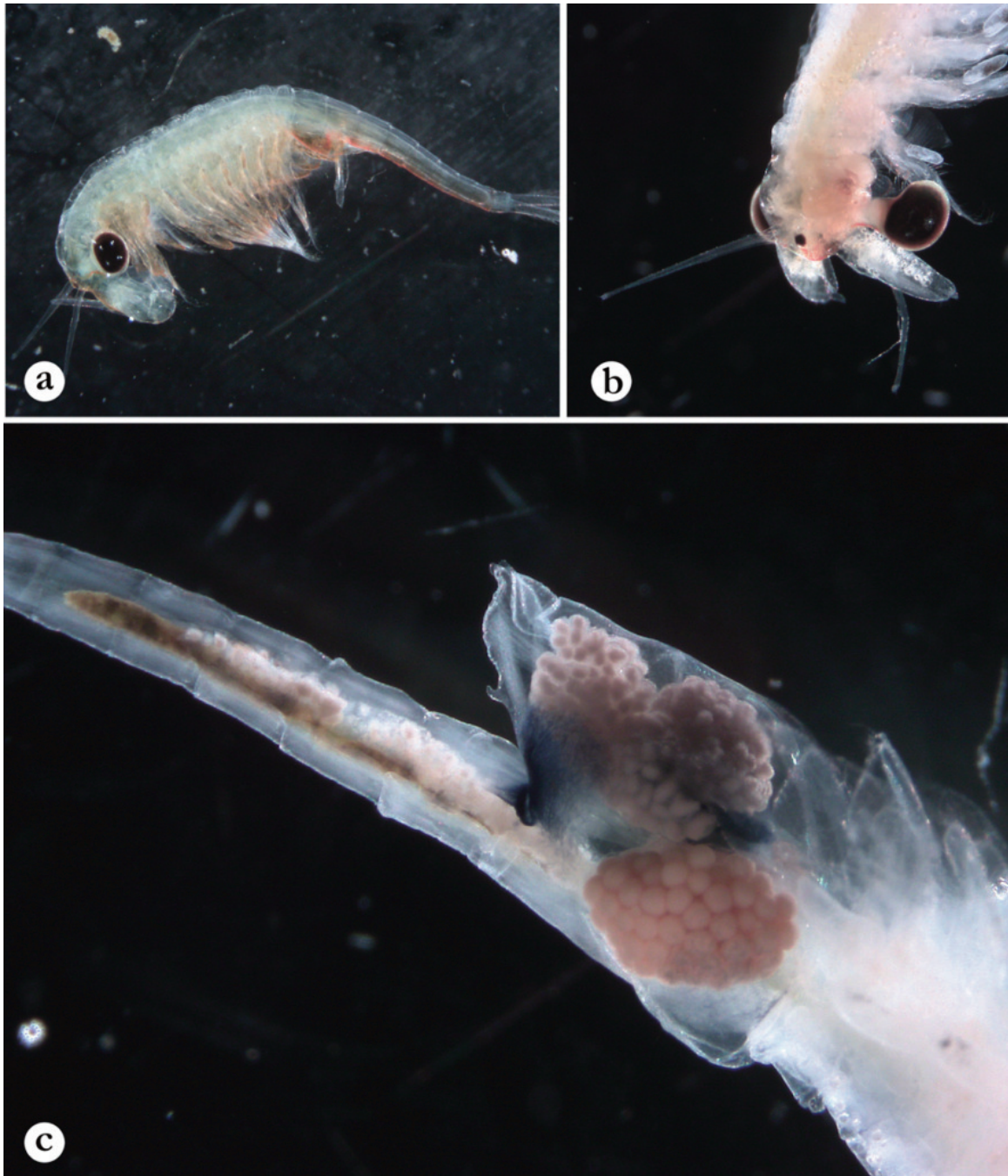


Figura 8. *Linderiella jebalae*: (a) macho; (b) cabeza de la hembra; (c) abdomen de la hembra.

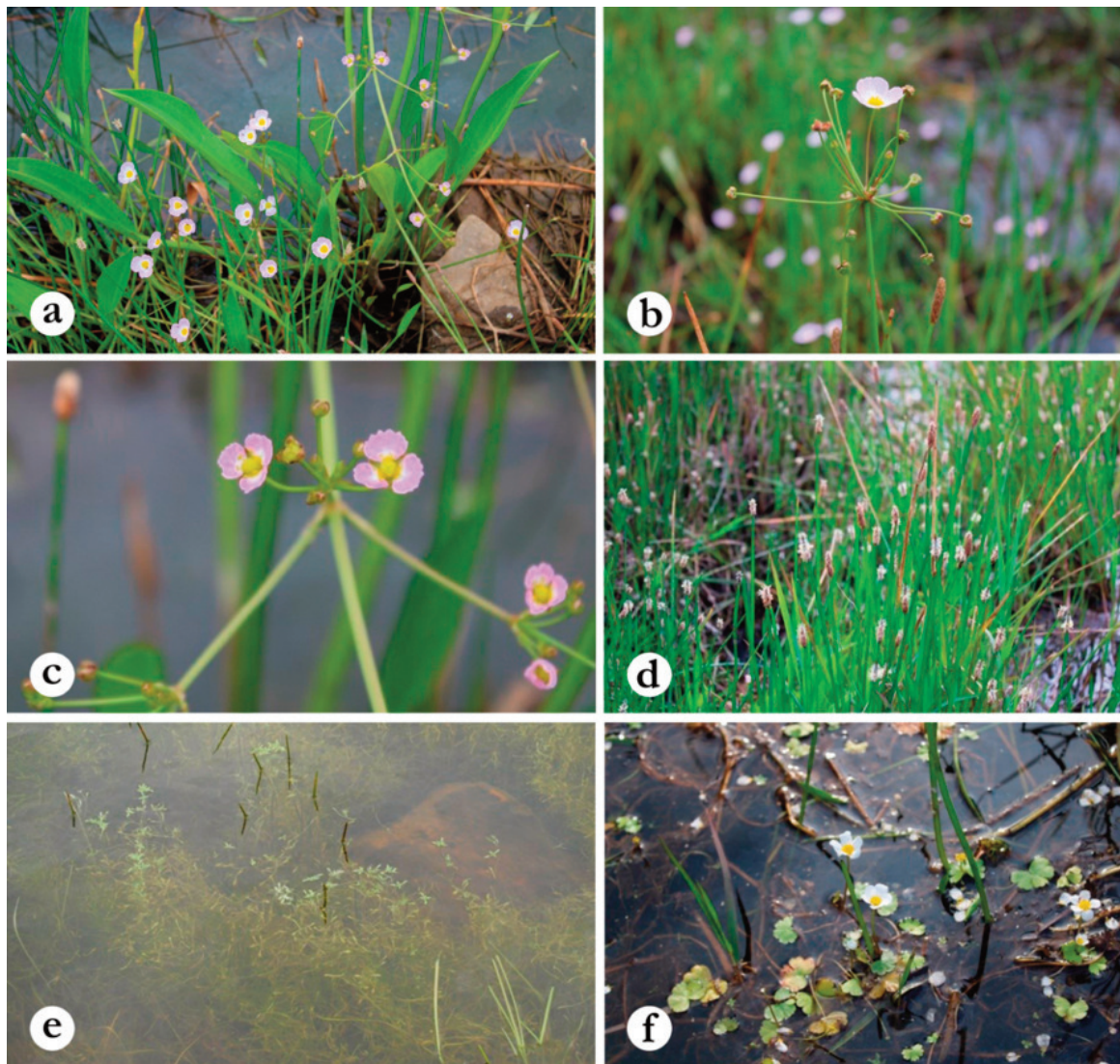


Figura 9. Ejemplos de flora vascular acuática y helofítica encontrada en las charcas estudiadas: (a) *Baldellia ranunculoides* (izquierda de la imagen) y *Alisma lanceolatum*, con flores más pequeñas (derecha); (b) detalle de *Baldellia ranunculoides*, con flor y frutos; (c) detalle de *Alisma lanceolatum*; (d) *Eleocharis palustris*; (e) *Callitriche obtusangula*; (f) *Ranunculus peltatus* subsp. *peltatus*.

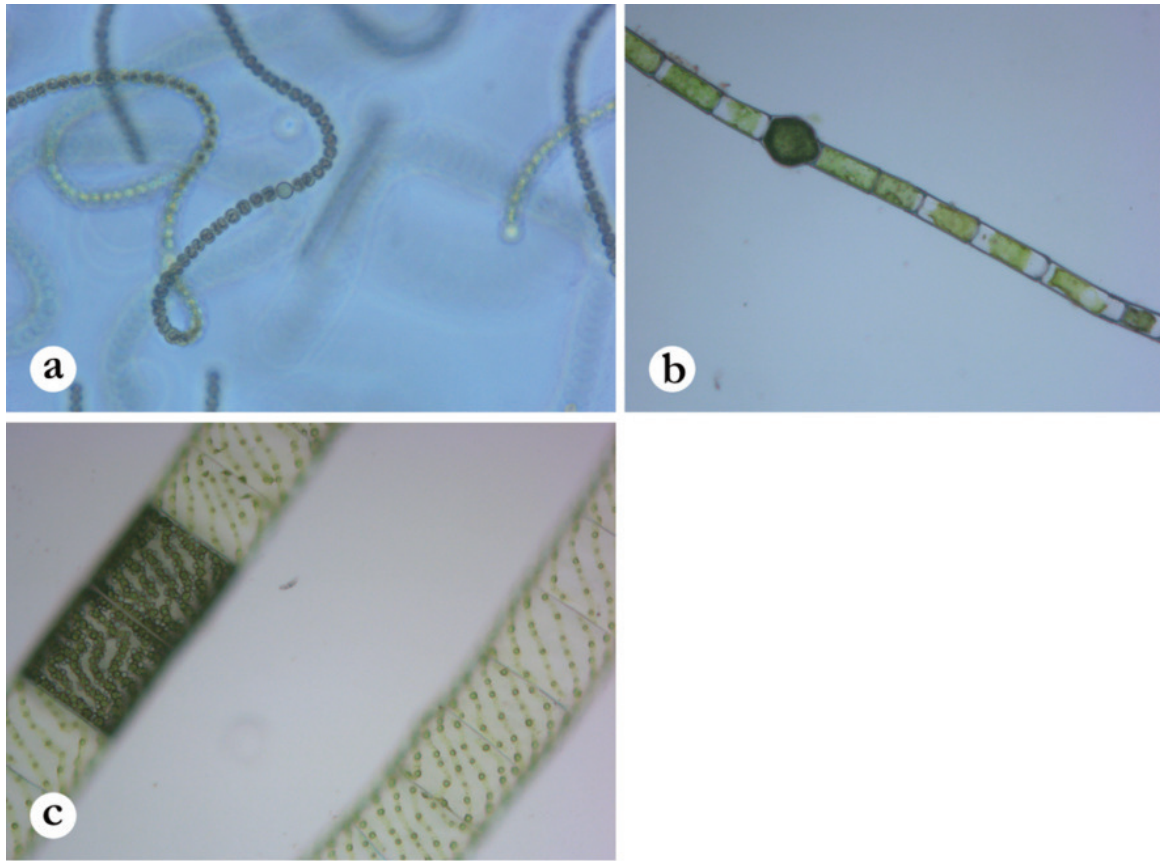


Figura 10. Ejemplos de flora algal encontradas en las charcas estudiadas: (a) *Nostoc sphaericum*; (b) *Oedogonium flavescens*; (c) *Spirogyra* sp.