CARACTERIZACIÓN Y FENOLOGÍA DE LAS LAGUNAS TEMPORALES DEL PINAR DE LA ALGAIDA (PUERTO REAL, CÁDIZ).

JUAN GARCÍA DE LOMAS, CARLOS M. GARCÍA E IVÁN CANCA
Depto. de Biología (Área de Ecología). Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales.
Pol. Río San Pedro s/n. 11510- Puerto Real- (Cádiz). Tfn. 956-016024. Fax. 956-016019.
E-mail: juan.garciadelomas@uca.es

RESUMEN

Se ha realizado un seguimiento semanal de las características físico-químicas y una descripción de la comunidad en cinco lagunas temporales del Pinar de La Algaida (Puerto Real, Cádiz), incluyendo un estudio fenológico de invertebrados acuáticos en una de ellas. Las observaciones abarcaron todo el ciclo de inundación-desecación, entre diciembre de 2002 y mayo de 2003. Dada la escasez de estudios de aguas temporales en nuestra región, muchas especies de helófitos e invertebrados acuáticos no habían sido citadas con anterioridad para la provincia. Una de las lagunas (La Vega) presentó la máxima riqueza de plantas, destacando la presencia de varias especies raras o con algún grado de amenaza: *Frankenia boissieri*, *Damasonium alisma* subs. *bourgaei*, *D. polyspermum*, *Armeria gaditana* y *Polypogon maritimus* subsp. *subspathaceus*. Entre los invertebrados, se ha encontrado *Branchipus cortesi* (Branchiopoda, Anostraca), un endemismo ibérico citado por vez primera para la provincia de Cádiz. *Ceriodaphnia reticulata*, *Ceriodaphnia laticaudata*, *Macrothrix hirsuticornis*, *Macrothrix rosea*, *Scapholeberis rammneri*, *Moina brachiata*, *Moina salina*, *Ephemeroporus phintonicus*, *Dunhevedia crassa*, *Alona azorica*, *Pleuroxus letournexi* y *Leydigia acanthocercoides* (Branchiopoda, Anomopoda) se citan también por primera vez en la provincia, si bien son relativamente comunes en la Península Ibérica. A pesar de que los encharcamientos estudiados están muy cercanos entre sí, se dan diferencias ambientales entre ellos y los colectivos de especies no coinciden pese a esta proximidad.

SUMMARY

This paper includes a weekly assessment of physicochemical conditions and a description of community in five temporary ponds from "Pinar de La Algaida" (Puerto Real, Cádiz). Phenology of aquatic invertebrates in one pond is included. Observations have been made along the full hydrologic cycle, from december, 2002 to may, 2003. Previous studies in this region are scarce, and therefore many plant and invertebrate species are here cited for the first time in Cádiz province. La Vega pond showed the highest plant richness, some of them rare or threatened (*Frankenia boissieri*, *Damasonium alisma* subs. *bourgaei*, *D. polyspermum*, *Armeria gaditana* and *Polypogon maritimus* subsp. *subspathaceus*). Among invertebrates, *Branchipus cortesi* (Branchiopoda, Anostraca), which is endemic from the Iberian Peninsula, has been found for the first time in Cádiz. *Ceriodaphnia reticulata*, *Macrothrix hirsuticornis*, *Macrothrix rosea*, *Scapholeberis rammneri*, *Moina brachiata*, *Moina salina*, *Ephemeroporus phintonicus*, *Dunhevedia crassa*, *Alona azorica*, *Pleuroxus letournexi* and *Leydigia acanthocercoides* (Branchiopoda, Anomopoda) are also cited for the first time in the province, but these are quite common in the Iberian Peninsula. Despite the ponds here studied are next to each other, environmental conditions and species composition showed some differences.

INTRODUCCIÓN

Las zonas húmedas pueden presentar todo un abanico de características ambientales diferenciadas en los que la identidad propia de cada laguna o cuerpo de agua suele venir definida bien por aspectos edáficos (grado de mineralización de sus aguas, iones dominantes) o por el grado de permanencia del propio medio acuático. En el extremo menos permanente, las lagunas episódicas de nuestra región suelen darse en suelos llanos e impermeables con vocación palustre, que en periodos secos, a veces de varios años, podrían presentar aspecto de estepa salina, depresión plana o prado, según salinidad, en los que ocasionalmente podrían llegar a apreciarse manchas de vegetación helófila como únicas delatoras de esa tendencia a la inundación. Un examen detallado de quistes de resistencia, semillas y otros signos podrían llevarnos, sin embargo, a identificarlas como lugares de acumulación de gérmenes con una capacidad de respuesta muy rápida a condiciones de inundación. Así, tras un episodio de lluvias suficientemente intenso se daría típicamente una germinación y aparición de formas de vida acuática que podríamos calificar de sucesión secundaria. En nuestra región no son raras las pequeñas cuencas endorreicas en las que las aguas de origen pluvial se almacenan en años lluviosos, produciéndose un ascenso del nivel freático y pudiendo prolongarse la existencia de fase acuática durante un período de tiempo relativamente prolongado (hasta varios meses). Sin embargo, a pesar de su relativa frecuencia, las características geológicas y geográficas locales hacen que la comunidad asociada pueda variar en gran medida (Wiggins et al. 1980, Williams 1979, Wellborn et al. 1996), llegándose incluso a detectar especies raras, o incluso con cierto grado de amenaza.

En este tipo de hábitat temporal, las condiciones ambientales fluctuantes y las prolongadas sequías han dado lugar a adaptaciones biológicas muy singulares que determinan que los colectivos de especies sean diferentes a los de aguas más permanentes. Este es el caso tanto de plantas adaptadas a vivir total o parcialmente sumergidas, o bien adaptadas a crecer en un suelo encharcado (helófitos), como de muchos organismos que viven en la columna de agua. Así, los invertebrados zooplanctónicos de ecosistemas acuáticos temporales constituyen un colectivo muy dinámico, y se caracterizan en general, por sus ciclos de vida cortos y la capacidad de producir huevos con alta resistencia a la sequedad (efipios, quistes) (Wiggins et al. 1980, Williams 1979). En no pocas ocasiones, estos quistes sólo eclosionan tras un periodo obligado de sequedad, como es el caso de muchos anostráceos, demostrando su adaptación a aguas efímeras. Numerosos crustáceos (branquiópodos, copépodos, ostrácodos...) y rotíferos; otros grupos de artrópodos acuáticos como heterópteros, arácnidos (ácaros), coleópteros…; y animales con alguna fase de su ciclo vital acuática (dípteros, odonatos, efemerópteros, anfibios y aves) hacen de las lagunas temporales un hábitat esencial para su desarrollo.

Actualmente, las especies adaptadas a estos ambientes están sufriendo una progresiva desaparición y regresión, principalmente motivadas por la pérdida de hábitat. Aunque su conservación ha sido calificada de prioritaria en diversas directivas europeas (Directiva 92/43/CEE del Consejo, R.D. 1997/1995), la dificultad de percepción por parte del público en general, el actual desarrollo urbanístico y la escasez de inventarios y estudios científicos motivan que el ritmo de desaparición no se reduzca.

En el presente estudio se ha realizado un seguimiento de las características físico-químicas y una descripción de la comunidad de varios encharcamientos temporales existentes en el pinar de La Algaida (Puerto Real, Cádiz) durante uno de estos años lluviosos (diciembre, 2002 – mayo, 2003), con una frecuencia de muestreo semanal. La casi total ausencia de estudios previos en la zona motiva que algunas especies

encontradas constituyan nuevas citas para la provincia. Para una de las lagunas temporales (La Vega) se ha incluido también un estudio fenológico detallado para el grupo de los branquiópodos, invertebrados dominantes en estas aguas.

Situación geográfica

El Pinar de La Algaida (Puerto Real, Cádiz) (36º 32´2´´N, 6º12´35´´W) se ubica sobre una flecha litoral arenosa constituida por dunas fijas con vegetación (Fernández-Palacios et al. 1988) y está incluido en el Parque Natural Bahía de Cádiz. La zona presenta un clima mediterráneo con influencia atlántica, inviernos suaves (temperatura media invernal = 11,5 ºC), veranos secos (mayo-septiembre) y una precipitación media anual de 598 mm (datos de la estación meteorológica de Jerez de la Frontera, entre 1971-2000). La zona interna, más baja y situada en el margen Este, suele inundarse en los años muy lluviosos, constituyendo la unidad objeto de estudio. Se trata de una serie de encharcamientos temporales muy someros (profundidad ≤ 1 m) y de tamaño variable, dispuestos de Norte a Sur y con cierto grado de separación (Fig. 1). La presencia de arcillas y la flora asociada revelan que algunas lagunas tienen un origen marismeño, por lo que la progresiva colmatación (que sucede de forma natural en una marisma) y ulterior lixiviado de suelos anteriormente salinos, han dado lugar a ambientes levemente salobres. De todos los encharcamientos existentes en el Pinar de La Algaida, se han escogido aquellos cinco de mayor superficie y permanencia a los que hemos procedido a poner nombre para identificarlos como unidades separadas a pesar de su proximidad para guiar su estudio comparado. De sur a norte serían (ver figura 1): 1) "La Vega" ocupando una extensión de unos 12,5 Ha; 2) la laguna "Salobre", que inunda una superficie de planta acanalada de 0,7 Ha; 3) la laguna "Turbia", que cubre un área relativamente circular de 0,9 Ha; 4) la laguna "Grande", de 4,8 Ha; y 5) la laguna "Norte", relativamente más próxima a la marisma y 3,3 Ha.

MATERIAL Y MÉTODOS

Variables físico-químicas del agua

Se recolectaron muestras de agua durante el período de tiempo comprendido entre el 14 de diciembre de 2002 y el 15 de mayo de 2003, con una frecuencia semanal. El seguimiento de las variables físico-químicas incluyó medidas *in situ* de conductividad, pH, oxígeno disuelto y temperatura del agua. Para ello, se emplearon respectivamente, un conductímetro portátil CRISON®, un pHmetro de campo CRISON®, y un oxímetro portátil WTW® OXI92. Se realizaron un total de 18 muestreos. Todos los muestreos se realizaron siempre entre las 13,00 y las 16,00 h. El volumen embalsado se estimó mediante un modelo (ec. 1) en el que se calculó el balance acumulado de precipitación y evaporación (aportados por el Observatorio Meteorológico de Cádiz), desde principios de noviembre de 2002 hasta mayo de 2003. En el modelo se consideró un parámetro de drenaje que se fijó en 40 L m^{-2} $día^{-1}$ calibrado para obtener un volumen cero en mayo, ya que en este mes se produjo la desecación total de las lagunas (Fig. 2b).

$$V\ (L\ m^{-2}) = (P - E)acum - D \qquad (1)$$

Donde *V* es el volumen embalsado, *(P-E)acum* corresponde al balance precipitación menos evaporación diarios acumulados desde noviembre y *D* corresponde a una tasa constante de drenaje.

Para la determinación de los nutrientes inorgánicos disueltos, se tomaron muestras de la masa de agua en botes de polietileno previamente lavados con mezcla crómica que fueron posteriormente filtrados por un filtro GF/F en el laboratorio. El amonio se midió siguiendo el método colorimétrico de Berthelot (1859), descrito en Rodier (1990) que utiliza los reactivos fenol, citrato e hipoclorito. El fósforo soluble reactivo se determinó mediante el método colorimétrico

de Murphy & Riley (1958), con reactivo molibdato y ácido ascórbico, determinándose la absorbancia a 885 nm.

Comunidad pelágica

La identificación de fitoplancton se realizó sobre muestras tomadas en frascos de vidrio topacio de 100 ml y fijadas con formol a una concentración final del 4% (v/v), siguiendo el manual de Bourrelly (1970, 1972).

Para llevar a cabo el seguimiento de las poblaciones de invertebrados acuáticos se realizaron en cada laguna transectos (por duplicado) de 20 metros de longitud, a lo largo de los cuales se filtraron 100 L de agua a través de una manga con malla de 125 micras. Estas dos muestras se unieron posteriormente cuantificando el número de individuos de cada especie. Este método de captura subestima las abundancias de algunos grupos taxonómicos, como es el caso de los anostráceos (e.g. *Tanymastix stagnalis*) y de los hemípteros (Heteroptera) acuáticos, ambos con una gran capacidad de huida. Una vez filtrados, los microorganismos se fijaron en formol a una concentración final del 4% (v/v). Para su identificación se utilizaron los manuales de Alonso (1996) para branquiópodos, Nieser et al. (1994) para hemípteros y Ruttner-Kolisko (1974) para rotíferos. Se estimó el biovolumen aproximado de los diferentes grupos taxonómicos a partir de las dimensiones de cada una de las especies, obtenidas de los manuales de identificación y asemejando la forma del animal a un elipsoide de revolución (ec. 2).

$$\text{Volumen elipsoide} = \pi/6 \cdot \text{Longitud} \cdot \text{Ancho}^2 \quad (2)$$

RESULTADOS

Variables físico-químicas

Uno de los factores forzantes clave que explica el funcionamiento de un ambiente temporal viene dado por los aportes de agua y el volumen de agua acumulado. La precipitación total entre noviembre, 2002 y mayo de 2003 sumó un total de 530,3 L m^{-2}. Casi la mitad (43%) se concentró en el mes noviembre, provocando el llenado de las lagunas. El ciclo de inundación puede dividirse en cuatro fases: una fase de llenado, tras las intensas precipitaciones de noviembre de 2002 (Fig. 2); una segunda etapa de relativa constancia en el nivel de agua (desde mediados de diciembre a finales de enero); una tercera fase de progresiva desecación (hasta mediados de marzo); y una cuarta caracterizada por fuertes fluctuaciones, debido a episodios aislados de fuertes precipitaciones y altas tasas de evaporación, que duró hasta mediados de mayo, fecha en que se produce la desecación total de los sistemas.

La conductividad de las lagunas estudiadas varió entre 0,6 y 12 mS cm^{-1}. "La Vega" presentó el mínimo contenido en sales (871 ± 364 mS cm^{-1}) y por tanto es la más dulce de todas (Fig. 3a). Por el contrario, la laguna "Salobre" mostró el valor medio más elevado (4095 ± 1029 mS cm^{-1}) debido a su cercanía con un afloramiento subterráneo de agua salada y recibió esta denominación a efectos de facilitar la discusión (Fig. 3a). El resto de los encharcamientos presentaron un grado de salinidad intermedio entre las dos primeras. Todas las lagunas (excepto la laguna Norte) presentaron un suave incremento de la conductividad a lo largo del ciclo de inundación (Fig. 3a), conforme se reducía el volumen embalsado. En la laguna Norte se produjo sin embargo un incremento de la conductividad a partir de finales de febrero de 2003 y sobre todo desde mediados de marzo, debido a la coincidencia con períodos de mareas vivas presumiblemente motivado por una intrusión mareal. En esta zona de límite, esta perturbación conllevó la muerte masiva de un gran número de invertebrados y anfibios inmaduros, que aparecieron en las orillas y la superficie del encharcamiento.

La temperatura del agua presentó valores mínimos de 6-9 ºC a principios de enero (Fig. 3b), aumentando progresivamente con la llegada

de la primavera hasta 25-30ºC (Fig. 3b). El intervalo de variación diaria de la temperatura del agua depende de la relación S/V del cuerpo de agua y se relaciona, por tanto, con el espesor de la lámina de agua, siendo los cambios de temperatura menos amortiguados en las charcas con láminas de agua muy delgadas, más astáticas, en las que el intervalo de variación a lo largo del día es mayor (Margalef, 1983). Por esto se observará que las desviaciones de valores de temperatura alrededor de la media son más pequeñas en el caso de la laguna Grande, mientras que se dan mayores variaciones en la laguna Salobre y en La Vega (Fig. 3c), plenamente coincidentes con su mayor relación S/V.

Tanto la concentración de oxígeno disuelto como el pH del agua en estos medios de aguas dulces y extremadamente someras, es esperable que estén muy fuertemente influidos por el balance Producción-Respiración de la comunidad. La concentración de oxígeno fue en general próxima a la saturación en todas las lagunas (Fig. 3e). El pH osciló entre 7,6-8,9 (en las lagunas Salobre y Turbia) y máximos de 10,1-10,4 (lagunas Norte y La Vega). Los máximos valores de oxígeno (hasta 200% de saturación) y pH se alcanzaron en La Vega y la laguna Salobre a mediados de marzo (Fig. 3d,e), coincidiendo con descensos acusados del nivel de agua, una mayor transparencia y la proliferación de cianobacterias filamentosas del género *Nostoc*, factores todos que son indicio de una producción bentónica potencialmente mayor (Fig. 10). Los mínimos de oxígeno y pH se midieron hacia mediados de marzo-principios de abril (Fig. 3d), coincidiendo con el marchitamiento y degradación de una elevada biomasa de plantas acuáticas, principalmente *Ranunculus peltatus* y carófitos, evento que, debido a la aparición de un desequilibrio entre aporte de materia orgánica y fotosíntesis, puede llevar a un déficit de oxígeno disuelto. También se dio un destacado agotamiento del oxígeno y un descenso del pH en la laguna Norte a finales de marzo de 2003 (Fig. 3d,e), coincidiendo con su brusca salinización presumiblemente por causas similares. La media de oxígeno más baja se encontró en La laguna Turbia, coincidiendo con una fuerte atenuación de la luz y, presumiblemente con bajas tasas de fotosíntesis.

Carófitos, helófitos y plantas acuáticas

La tabla 2 presenta las especies de carófitos, macrófitos acuáticos y helófitos encontrados en cada uno de los encharcamientos. En general, "La Vega" alberga la mayor riqueza (número total) de especies de todos los encharcamientos estudiados (Tabla 3). Algunas especies se observaron sólo en este enclave, como es el caso de las alismatáceas *Damasonium alisma* subsp. *bourgaei* y *Damasonium polyspermum*, la juncaginácea *Triglochin barrelieri* y la gentianácea *Centaurium pulchellum*. En contraposición, hay especies comunes a todas las lagunas, como por ejemplo, *Ranunculus peltatus*, la frankeniácea *Frankenia boissieri*, la litrácea *Lythrum hyssopifolia*, las juncáceas *Juncus tenageia* y *Juncus pygmaeus*, y las ciperáceas *Scirpus maritimus* y *Scirpus pseudosetaceus*. Destaca la aparición de una especie de carófito asociada a cada laguna, poniendo de manifiesto que, a pesar de un mismo origen pluvial, pueden darse pequeñas diferencias de las características físico-químicas y del sustrato de cada laguna que redunden en variaciones en la comunidad. Así, *Tolypella hispanica* sólo apareció en la laguna de "La Vega", *Chara hispida* var. *baltica* en la laguna Salobre; *Chara hispida* var. *hispida* en la laguna Grande y *Chara aspera* var. *galioides* en la laguna Norte. Si bien la mayoría de las especies aquí citadas son propias de suelos húmedos o encharcados, también aparecen algunas típicas de marisma, saladares, o de zonas salobres costeras, como es el caso de *Limonium ferulaceum*, *Limoniastrum monopetalum*, *Triglochin barrelieri* y *Arthrocnemum macrostachyum* (Valdés et al. 1987).

En cuanto a la dinámica estacional, tanto de la vegetación como del resto de la comunidad, es tan marcada que alternan dos colectivos totalmente diferentes según se trate de un año seco o

lluvioso o si se trata de la estación de lluvias en estos últimos. Así, la vegetación usual más constante es la de un pastizal de suelo salinizado y está representada por especies halófitas arbustivas perennes (*Arthrocnemum macrostachyum...*), juncos halófitos (*J. acutus, J. effusus....*) o algunos tarajes (*Tamarix* spp.) y multitud de anuales de pastizal (*Centaurium pulchellum, Plantago coronopus*, etc.). Sin embargo, en momentos de inundación florece todo el colectivo de especies acuáticas que se describen en este trabajo, llamando la atención por su cobertura y biomasa, la proliferación de *Ranunculus peltatus* entre enero y marzo, y la posterior dominancia de ciperáceas (principalmente *Scirpus maritimus*) a partir de marzo.

Otros productores primarios: fitoplancton, algas filamentosas y cianobacterias

El fitoplancton estuvo dominado por clorofíceas (*Pediastrum boryanum*, *Closterium* sp., *Volvox aureus*, *Cosmarium* sp.) y diatomeas (*Nitzschia*, *Navicula*, etc). *P. boryanum* y *Volvox aureus* aparecieron con mayor frecuencia, destacando las espectaculares floraciones de *V. aureus* en enero. Prácticamente desde las primeras fases de inundación (con máximos entre enero y marzo) se apreció el desarrollo masivo de algas filamentosas, entre las que abundaron los géneros *Spirogyra* (entre enero y marzo) y *Cladophora* (en abril y mayo). Estas algas forman densas marañas con filamentos de hasta decenas de centímetros de longitud, que pueden llegar a dificultar los muestreos al penetrar en la manga de filtración y retener una parte importante de los invertebrados recogidos, complicando posteriormente su recuento.

Durante las dos primeras semanas de febrero tuvieron lugar proliferaciones masivas de cianobacterias del género *Nostoc*, especialmente llamativas en La Vega y la laguna Grande. Esta cianobacteria forma colonias esféricas de color verde de hasta varios centímetros de diámetro, que llegaron a cubrir casi todo el fondo y también una parte de la columna de agua. Este episodio coincidió con mínimas concentraciones de nutrientes (amonio y FSR) (Fig. 4) y tras un período sin lluvias.

Invertebrados acuáticos

Se encontraron un total de 24 especies de branquiópodos (Crustacea), con representantes de los órdenes Anostraca, Anomopoda, Spinicaudata y Notostraca (Tabla 4).

Catorce de ellas se citan por primera vez en la zona: *Branchipus cortesi*, *Chirocephalus diaphanus*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Ceriodaphnia laticaudata*, *Macrothrix hirsuticornis*, *Macrothrix rosea*, *Scapholeberis rammneri*, *Moina brachiata*, *Moina salina*, *Ephemeroporus phintonicus*, *Dunhevedia crassa*, *Alona azorica*, *Pleuroxus letournexi* y *Leydigia acanthocercoides*.

Tanymastix stagnalis (Anostraca, Branchipodidae) (Fig. 5a), se encontró en La Vega y las lagunas Salobre y Turbia, preferentemente en el primer mes de inundación. *Branchipus cortesi* (Anostraca, Branchipodidae) (Fig. 5b-c) apareció en todas las lagunas salvo en La Vega, con una persistencia algo mayor, capturándose ejemplares desde diciembre hasta febrero. *Chirocephalus diaphanus* (Fig. 5d) se encontró únicamente en la laguna Norte. *Streptocephalus torvicornis* (Anostraca, Streptocephalidae) fue capturado en la laguna Grande, aunque se tienen citas en La Vega (junio, 1996), tras un invierno extremadamente lluvioso que prolongó la inundación hasta comienzos del verano. *Maghrebesteria maroccana* (Spinicaudata) fue especialmente abundante en la laguna Turbia, aunque también se observó en la laguna Grande, con una persistencia relativamente elevada, hasta bien entrada la primavera. El orden Notostraca cuenta en la provincia y, en particular en estos encharcamientos, con una única especie, *Triops cancriformis*, encontrado en todas las lagunas estudiadas.

El orden Anomopoda cuenta con varias especies: *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* (Fig. 5e-f), *Simocephalus expinosus* (Fig. 5g-h), *Ceriodaphnia quadrangula* (Fig. 5i-j) *Megafenestra aurita* (Daphniidae) (Fig. 5r) y *Macrothrix hirsuticornis* (Macrotrichidae) (Fig. 5l-m) son especies ubicuas que se encontraron en todos los encharcamientos. *D. magna* fue sin duda la más abundante, alcanzando densidades especialmente elevadas en La Vega. *Simocephalus vetulus* y *Ceriodaphnia reticulata* (Fig. 5k) sólo aparecieron en la laguna Salobre. *Moina brachiata* (Moinidae) se encontró en las lagunas Salobre y Turbia a principios de la primavera, mientras que su congénere *M. salina* (Fig. 5p-q) únicamente se apreció en la laguna Norte, con conductividades de 10-14 mS cm^{-1}. La laguna Grande destaca por su riqueza de braquiópodos (Tabla 3), algunos de los cuales como *Ceriodaphnia laticaudata, Macrothrix* rosea (Fig. 5n-o) y *Scapholeberis rammneri* (Fig. 5s) sólo se encontraron en este encharcamiento. Por último, la familia Eurycercidae, los braquiópodos más pequeños, cuenta con los siguientes representantes: *Pleuroxus letourneuxi*, *Ephemeroporus phintonicus*, *Dunhevedia crassa* (Fig. 5t) y *Alona azorica* (Fig. 5u) son también especies ubicuas. *Alona rectangula* sólo apareció en La Vega y *Leydigia acanthocercoides* (Fig. 5v) en la lagunas Salobre, Turbia y Grande.

Entre los hemípteros acuáticos se han encontrado *Anisops sardeus* (Notonectidae), *Corixa affinis*, *Sigara lateralis, S. semistrata* y *S. stagnalis* (Corixidae) y *Plea minuitissima* (Pleidae). Entre los ostrácodos, algunas especies son relativamente ubicuas, como *Eucypris virens* (presente en todos los encharcamientos) y *Sarscypridopsis aculeata* (ausente en la laguna Grande). *Plesiocypridopsis newtoni,* aparece en la laguna Salobre, Grande y Norte, mientras que otras tienen una distribución más restrigida, como *Heterocypris* sp. (en La Vega y la laguna Turbia) y *Cypridopsis* sp. (sólo en la laguna Turbia). Entre los rotíferos, destaca la proliferación de *Hexarthra mollis* en la laguna Turbia y *Brachionus* sp. en la laguna Norte). También se han encontrado ejemplares de otros grupos taxonómicos no identificados a nivel de especie: copépodos calanoides y ciclopoides, larvas de díptero (quironómidos), etc.

En La Vega, *D. magna*, euricércidos, ostrácodos y copépodos fueron los grupos más abundantes (Fig. 6a). En términos de biovolumen, el orden Anomopoda constituyó un 92,4%, especialmente debido a la presencia de *D. magna*, que por sí sola representó casi el 90% del total (Fig. 5b). Los ostrácodos representaron un 4%, los hemípteros un 2% y las larvas de quironómidos apenas un 1% (Fig. 6b).

Dinámica estacional de invertebrados, biomasa y diversidad en La Vega.

La estacionalidad de las distintas especies de branquiópodos estudiadas con detalle en La Vega, permite distinguir aquéllas con desarrollo invernal (*T. stagnalis*, *Macrothrix hirsuticornis* y *Pleuroxus letourneuxi*), y otras típicamente primaverales, como *Megafenestra aurita*, *Dunhevedia crassa* y *Alona azorica* (Fig. 7). Algunas especies, en cambio, si bien muestran máximos de abundancia en primavera, aparecen a lo largo de todo el ciclo de inundación, caso de *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia quadrangula* y *Simocephalus expinosus*. El comportamiento de los ostrácodos y las larvas de quironómidos es similar a estas últimas especies. Los copépodos, casi en su totalidad pequeños ciclopoides, también abundaron todos los meses. A partir de marzo se fueron incluyendo en las muestras un número creciente de heterópteros acuáticos, larvas de efemerópteros, odonatos y algunos coleópteros acuáticos (Gyrinidae y Dytiscidae).

Respecto a la contribución que cada especie tiene en el biovolumen total de invertebrados, *D. magna* representa la mayor parte del mismo (50-95%) (Fig. 8a). Junto a *D. magna*, los ostrácodos, quironómidos y hemípteros podría catalogarse como grupos "mayoritarios", con porcentajes

relativamente elevados del biovolumen total (>10%) (Fig. 8a) y otras especies minoritarias (Fig. 8b). Lo más destacable es que los máximos de abundancia de casi todas las especies o grupos coincidieron en el tiempo con disminuciones importantes de *D. magna*, concretamente a finales de enero y febrero (Fig. 8).

Observaciones de vertebrados acuáticos

Pese a que el método de captura utilizado para los invertebrados acuáticos no iba destinado a la recolección sistemática de vertebrados, se citan algunos anfibios, cuyas poblaciones locales presumiblemente utilizan las lagunas como lugar de reclutamiento. Se observaron, en orden de abundancia, sapos corredores (*Bufo calamita*), sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*) y gallipatos (*Pleurodeles waltl*). En cuanto a las aves, se observaron en numerosos paseriformes, cigüeñas, garcetas comunes, fochas comunes, cigüeñuelas y espátulas, entre otras.

DISCUSIÓN

Notas sobre la distribución de las especies citadas

Algunas de las especies encontradas son endémicas, raras o están amenazadas, como es el caso de *Frankenia boissieri* y la plumbaginácea *Armeria gaditana*, incluidas en la Flora Amenazada del Litoral Gaditano (Sánchez, 2000), catalogadas como "rara" y "en peligro de extinción en la provincia", respectivamente. *Damasonium polyspermum* y *Polypogon maritimus* subsp. *subspathaceus* presentan una distribución muy restringida y pueden considerarse raras (Valdés et al. 1987).

Resulta llamativa e ilustrativa la distribución de carófitos observada en el enclave, con una especie típica de cada laguna y sin solapamientos aparentes a pesar de su proximidad. Esta distribución podría ser muy probablemente debida a las diferencias ambientales existentes entre las lagunas, ya que como se ha visto presentan características edáficas diferentes y, además, se han observado diferencias de distribución paralelas en otros grupos taxonómicos. Sin embargo, a priori no sería descartable que se haya dado una cierta apropiación de cada uno de los enclaves acuáticos por la especie que eventualmente los hubiese colonizado inicialmente con éxito tras una prolongada sequía, ya que presentan crecimiento vegetativo rápido y se propagan a través de sus rizoides. Ulteriores observaciones en años lluviosos precedidos de años secos, junto con muestreos más sistemáticos en los que se lleve a cabo algún tipo de análisis de distribución en relación al gradiente ambiental podrán arrojar más luz sobre esta curiosa observación que parece mostrar cómo en una pequeñísima porción de territorio con encharcamientos aparentemente idénticos o muy similares y muy cercanos se puede dar una diferencia de nichos suficiente para contribuir a la diversidad general gracias a la heterogeneidad del medio, lo que requeriría una gestión de detalle que garantice dicha heterogeneidad. Por lo pronto, conocemos según Comelles (1985) algunos datos de hábitats típicos de las especies ibéricas, de manera que *Tolypella hispanica* es típica de lagunas esteparias someras y temporales. *Chara hispida* se relaciona en general con sistemas de aguas permanentes alcalinas de una amplia gama de salinidad, aunque no se detallan diferencias en el ambiente de las dos variedades encontradas (*C. hispida* var. *baltica* y var. *hispida*). Por fin, *Chara aspera* var. *galioides* se ha relacionado con aguas mineralizadas o saladas temporales. En el caso de las lagunas temporales del pinar de la Algaida, las pequeñas diferencias observadas en el contenido de sales podrían haber influido en esta peculiar distribución de los carófitos. La caracterización realizada en las diferentes lagunas induce a pensar que otras variables como la concentración de nutrientes y la granulometría podrían tener influencia en el desarrollo de las distintas especies.

Entre los invertebrados, *Branchipus cortesi* (Anostraca) es un endemismo ibérico que sólo

había sido encontrado hasta la fecha en cuatro localidades de la geografía española (Alonso, 1996), siendo ésta la primera vez que se cita en la provincia de Cádiz. Según Alonso (1996), esta especie tiene un desarrollo primaveral, aunque los muestreos realizados han puesto de manifiesto un crecimiento restringido al invierno, desapareciendo a principios de la primavera. No obstante, hay que considerar que los inviernos en el SW de la Península Ibérica se caracterizan por temperaturas relativamente suaves, por lo que es posible que la temperatura óptima de crecimiento sea la misma que para otras poblaciones ibéricas, dándose con anterioridad en zonas más cálidas. *Tanymastix stagnalis* es una especie paleártica, si bien en la Península Ibérica es poco frecuente. Fue citada recientemente en la zona (García de Lomas y García, 2003) y, aunque es probable que esté más extendida, hasta la fecha sólo se ha encontrado en el pinar de La Algaida. *Streptocephalus torvicornis* es una especie estenoterma de aguas templadas (Dumont et al. 1995) y presenta una distribución eurasiática, frecuente en el sur de la península (Alonso, 1996). Presenta un desarrollo primaveral, por lo que podría ser que sólo apareciese en años excepcionalmente lluviosos, en los que el ciclo de inundación se prolongara hasta principios del verano o bien entrada la primavera. Este hecho pone de manifiesto que la composición de la comunidad puede variar dependiendo de la climatología de cada año, y el ciclo descrito en este trabajo no tiene por qué repetirse exactamente (García, 1991, 1997; Lahr et al. 1999). *Magrebestheria maroccana* (Spinicaudata) sólo aparece en Marruecos y la Península Ibérica. Hasta la fecha sólo se ha descrito en la laguna de Negrillos (León) y en Huelva y muy recientemente en la provincia de Cádiz (García de Lomas y García, 2003), siendo ésta la única cita en la provincia por el momento. Entre los representantes del orden Anomopoda, la mayoría presentan una distribución amplia, favorecida por mecanismos de dispersión pasiva (mediada por el viento y las plumas y tracto digestivo de aves acuáticas y otros vertebrados) (Alonso, 1996). Algunas son eurihalinas (e.g. *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Simocephalus expinosus*, *Macrothrix hirsuticornis* y *Dunhevedia crassa*) (Alonso 1996, Boronat et al. 2001, Samraoui 2002), mientras que otras (*Alona azorica* y *Leydigia acanthocercoides*) sólo aparecen en aguas temporales poco mineralizadas (Alonso, 1996). La época de aparición de estas especies coincide con otras descripciones (Alonso, 1996).

Anisops sardeus (Notonectidae) aparece en Europa, África y Asia, pero siempre próxima a la costa (Poisson 1926). *Plea minutissima* se distribuye por Europa, norte de África y Asia central. *Corixa affinis* se distribuye por el Mediterráneo, sur de Europa y Asia hasta la India. *Sigara lateralis* tiene una distribución paleártica y *S. selecta* aparece en la región atlántica-mediterránea, asociada a ambientes salados y costeros (Nieser et al. 1994), lo que concuerda con su aparición en la laguna Norte tras el proceso de salinización.

Relación entre las fluctuaciones ambientales y la comunidad. Aspectos de la sucesión

El nivel del agua y sus bruscas oscilaciones explican algunas variaciones en la densidad de los invertebrados acuáticos, observándose una correlación negativa entre el número total de individuos y el volumen acumulado (Fig. 9). De este modo, se pueden distinguir dos épocas claramente diferenciadas, una contada desde la inundación (diciembre, 2002) hasta principios de marzo, donde las abundancias fueron relativamente bajas y constantes; y otra a partir de marzo, caracterizada por una reducción rápida y progresiva de la cantidad agua embalsada y máximas densidades de individuos. Se cuantificaron elevadas densidades de *Ceriodaphnia quadrangula* (hasta 100 indiv L^{-1}), *Daphnia magna* (40 indiv L^{-1}) y *Dunhevedia crassa* (hasta 39 indiv L^{-1}). Por otro lado, esta segunda época comienza con el marchitamiento de *R. peltatus*, hecho que puede ser responsable de al menos una parte de las fuertes fluctuaciones de pH, oxígeno disuelto y los nutrientes y que suponen un estrés añadido en las

condiciones ambientales. Sin embargo, en este tipo de sistemas fluctuantes con perturbaciones frecuentes (fuerte control físico) se considera que rara vez se alcanza el equilibrio y por tanto la competencia rara vez modela la comunidad, siendo la tolerancia diferencial a los eventos del medio físico la que gobierna la estructura observada. Sí es posible, sin embargo, que la depredación selectiva tenga un papel importante en algunos casos pero habría que estudiarlo y explicar por qué). Así, las fuertes variaciones de la densidad de algunos branquiópodos (e.g. *C. quadrangula*, *D. crassa*, *Megafenestra aurita* y *Simocephalus expinosus*) se relaciona en gran medida con los cambios del volumen de agua embalsado. No obstante, otros fenómenos como la densodenpendencia y la depredación podrían ser responsables de parte de estos cambios (Taylor et al. 1988; Mahoney et al. 1990; Meintjes, 1996; Lahr et al. 1999) aunque serían necesarios estudios más concretos.

La desecación parcial de la laguna y su posterior reinundación en primavera tiene repercusiones también a nivel de composición de la comunidad. Por ejemplo, antes de la desecación parcial de la laguna, *Tanymastix stagnalis* sólo había aparecido en las primeras semanas de inundación (diciembre, 2002 – enero, 2003), en concordancia con Flössner (1972), que sugiere que esta especie es estenoterma de aguas frías, con óptimo de crecimiento a 10ºC y nunca mayor a 16ºC. Sin embargo, las observaciones realizadas confirmaron la aparición de *T. stagnalis* a mediados de la primavera, tras la reinundación del sistema y con temperaturas del agua de 25ºC. Esta observación coincide con las realizadas por Maier y Tessenow (1983), Freiner y Grüttner (1984) en poblaciones alemanas y por Mura (1991) en poblaciones de Italia. Hay cierto desacuerdo en la bibliografía acerca de la temperatura óptima de crecimiento de *T. stagnalis* (Mura y Zarattini, 2000) aunque parece ser que el factor clave para su desarrollo está en la ausencia de aumentos o descensos repentinos de la temperatura (Freiner y Grüttner, 1984, Mura y Zarattini, 2000), teniendo capacidad para sobrevivir en un intervalo más amplio de temperatura de lo que se pensaba. En cualquier caso, nuestras observaciones sugieren que la desecación previa del sistema puede ser un factor adicional a considerar en su desarrollo, pudiendo estar asociada a las etapas iniciales de inundación, como ocurre en otras especies de su orden (e.g., *Chirocephalus diaphanus*) (Alonso, 1996).

La aparición de *Nostoc* en épocas de escasez de nutrientes es esperable, dada la capacidad de este género para fijar nitrógeno atmosférico (Staley et al. 1989). Su desaparición coincidió con algunas lluvias de poca intensidad acaecidas a mediados de febrero.

Perspectivas para la gestión y conservación

El entorno del Pinar de La Algaida de Puerto Real presenta una alta diversidad de hábitats: marisma, duna fija con pinar-sabinar costero, encharcamientos hipersalinos, encharcamientos dulces y levemente salobres, prados, etc. Algunos de estos hábitats son más conocidos y apreciados por el público que otros, como es el caso de la zona descrita, donde la permanencia del agua es relativamente efímera lo que, a veces, ha otorgado a ambientes más o menos similares la denominación coloquial y despectiva de "polvero". Sin embargo, la estrategia general de tratar de conservar en zonas protegidas la diversidad de hábitats que se da en el territorio de forma original permite mantener toda una serie de especies, comunidades y procesos ecológicos diferenciados sin necesidad de llegar a un conocimiento profundo y detallado de cada unidad. El conocimiento más asequible, de una serie de gradientes ambientales clave (salinidad del agua, permanencia, etc) junto con el estudio de algunas especies características, basta para distinguir una zonación y proponer un modelo de conservación básico.

En este entorno en el que en poco espacio se establecen gradientes ambientales muy marcados y se distinguen con claridad hábitats diferencia-

dos, la suma de especies del espacio total considerado lleva, lógicamente, a un número muy superior que si la zona fuera gestionada para potenciar un solo tipo de hábitat, escogido por cualquier criterio (uso recreativo, marisquero, etc). Esto se evidencia de forma muy gráfica cuando se identifican las especies vegetales presentes en cada uno de los ambientes que se incluyen en el entorno de La Algaida de Puerto Real (Fig. 10), dando como resultado un número muy superior de especies (más de 118) que si toda la zona estuviera ocupada por un solo hábitat (aprox. 15 en la marisma, >51 en el pinar, 21 especies asociadas al encharcamiento hipersalino y unas 31 especies propias de laguna temporal levemente salobre). Este hecho es sólo la manifestación visible de toda una serie de adaptaciones y potenciales genéticos y evolutivos en interacción constante con el medio que están en la misma base de la necesidad de la conservación (Meffe y Carroll, 1997).

Un problema presumiblemente importante para la conservación de zonas húmedas temporales costeras es la pérdida de hábitat. En efecto, la desaparición de superficie natural motivada por el actual desarrollo urbanístico, es especialmente intensa en las zonas costeras (Barragán 1997).

Un segundo problema reside en que, si bien la franja de marisma baja está claramente protegida por la Ley de Costas, al formar parte del Dominio Público Marítimo-Terrestre, la franja interna de transición está sometida a una fuerte presión antrópica y, en muchas ocasiones carece de protección. Puede llegar a suceder que al perder la influencia mareal directa también pierdan su grado de protección, cuando en ocasiones realidad llegan a albergar colectivos de especies diferentes a los de la marisma, que podrían quedar en situación de amenazadas.

Otro problema reside en la dificultad de percepción por parte no sólo del público sino incluso de gestores ambientales trabajando en estudios de corto plazo, de una comunidad que pasa en estado latente, en condiciones de total desecación y aridez, la mayor parte del año y muy frecuentemente varios años seguidos. La sobreexplotación de los acuíferos y la contaminación de cursos de agua se añadirían también a los problemas típicos de la conservación de este tipo de hábitats.

Su conservación es crítica tanto por su escasez, como por a presencia de especies actualmente protegidas (anfibios, aves, etc.). Algunas de ellas utilizan los encharcamientos dulces o débilmente salobres durante al menos una parte de su desarrollo por lo que la pérdida del hábitat pondría sus poblaciones en peligro de aislamiento y/o desaparición (Blanco et al. 1995). Las aves, por ejemplo (incluyendo algunas especies marismeñas), pueden utilizar estos encharcamientos como zonas de descanso, abrevadero, limpieza del plumaje, alimentación y nidificación (Krull 1970). En el Parque Natural Bahía de Cádiz, estos ambientes tienen una importancia añadida, al constituir una zona de especial protección para las aves (ZEPA). A este respecto debe incluirse que la provincia de Cádiz y las inmediaciones del Estrecho de Gibraltar son zona de paso obligado de aves entre Europa y África. Por último, la conservación de las lagunas temporales haría conveniente la realización de un inventariado sistemático (Samraoui, 2002), similar al existente para lagunas permanentes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Salvador Cernuda y José Antonio Muñoz la cesión de los datos meteorológicos. Fernando Ojeda e Íñigo Sánchez nos ayudaron en la determinación de plantas. Francesc Mezquita realizó la determinación de los ostrácodos. También agradezco a Antonio Medina su ayuda con la clasificación de algunos invertebrados quién, junto a Paco Bravo, José Ángel Gálvez e Ignacio Hernández dieron empuje al trabajo con el interés mostrado. Por último, agradezco a Roberto Salguero su ayuda en algunos muestreos.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, M. (1996). Fauna Ibérica. Vol. 7. Crustacea, Branchiopoda. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones científicas.

BARRAGÁN, J.M. (1997). Media ambiente y desarrollo en las áreas litorales. Guía práctica para la planificación y gestión integradas. 160 pp.

BERTHELOT, M.E.P. (1859). Répertoire de Chimie Appliqueé. 284 pp.

BLANCO, J.M., MÁRQUEZ, A., SÁEZ, J., SÁNCHEZ, B. y SÁNCHEZ, I. (1995). Los anfibios y reptiles de la provincia de Cádiz.115 pp.

BORONAT, L., MIRACLE, M.R., ARMENGOL, X. (2001). Cladoceran assemblages in a mineralization gradient. *Hydrobiol*. 442: 75-88.

BOURRELLY, P. (1970). Les algues d´eau douce. Initiation à la systématique. Tome III. Les algues bleues et rouges, Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. 512 pp.

BOURRELLY, P. (1972). Les algues d´eau douce. Initiation à la systématique. Tome I. Les algues vertes. 572 pp.

COMELLES, M. (1985). Clave de identificación de las especies de carófitos de la Península Ibérica. Asociación Española de Limnología. 35 pp.

FERNÁNDEZ-PALACIOS, A., FERNÁNDEZ-PALACIOS, J., GIL, B.J. (1988). Guías naturalísticas de la provincia de Cádiz, I: El litoral. Libros de la Diputación de Cádiz. 352 pp.

FREINER, D. y GRÜTTNER, O. (1984). Der Eichener Kiemenfusskrebse. *Nat. Mus*. 114: 274-286.

FLÖSSNER, D. (1972). Krebstiere, Crustacea. Kiemen und Blattfüsser, branchiopoda; Fischläuse, Branchiura. *Tierwelt Deutschlands*, 60: 1-501.

GARCÍA, C.M. (1991). Estudio de un medio acuático fluctuante: la laguna atalasohalina de Fuente de Piedra (Málaga). Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. 300 pp.

GARCÍA, C.M., GARCÍA-RUIZ, R., RENDÓN, M., NIELL, F.X. y LUCENA, J. (1997). Hydrological cycle and interannual variability of the aquatic community in a temporary saline lake (Fuente de Piedra, Southern Spain). *Hydrobiologia* 345: 131-141.

GARCÍA DE LOMAS, J. y GARCÍA, C.M. (2003). Observaciones de Branchiopoda en lagunas temporales litorales de la provincia. *Rev. Soc. Gad. Hist. Nat*. 3: 277-279.

KRULL, J.N. (1970). Aquatic plant-macroinvertebrate associations and waterfowl. *J. Wildl. Mgmt*. 34: 707-718.

LAHR, J., DIALLO, A.O., NDOUR, K.B., BADJI, A. y DIOUF, P.S. (1999). Phenology of invertebrates in a sahelian temporary pond. *Hydrobiol*. 405: 189-205.

MAHONEY, D.L., MORTR, M.A. y TAYLOR, B.E. (1990). Species richness of calanoid copepods, cladocerans and other branchiopods in Carolina bay temporary ponds. *Am. Mill. Nat*. 123: 244-258.

MAIER, G. Y TESSENOW, U. (1983). *Tanymastix stagnalis*: Vorkommen in Hannoverschen Wendland und Befunde zur Larvalentwicklung (Crustacea, Anostraca). *Abh. Naturwiss. Ver. Hamb*. 25: 351-355.

MARGALEF, R. (1983). Limnología. Omega. 1010 pp.

MEFFE, G.K. y CARROLL, C.R (1997). Principles of Conservation Biology. 730 pp.

MEINTJES, S. (1996). Seasonal changes in the invertebrate community of small shallow ephemeral pans at Bain´s Vlei, South Africa. *Hydrobiol*. 317: 51-64.

MURA, G. (1991). Life history and interspecies relationships of *Chirocephalus diaphanus* Prévost and *Tanymastix stagnalis* (L.), (Crustacea, Anostraca) inhabiting a group of mountain ponds in Latium, Italy. *Hydrobiol*. 212: 45-59.

MURA, G. y ZARATTINI, P. (2000). Life history adaptation of *Tanymastix stagnalis* (Crustacea, Branchiopoda) to habitat characteristics.
MURPHY, J. y RILEY, J.P. (1958). Marine Biol. Assoc. United Kingdom: 37-39.
NIESER, N., BAENA, M., MARTÍNEZ-AVILÉS, J. y MILLÁN, A. (1994). Claves para la identificación de los heterópteros acuáticos (nepomorpha & gerromorpha) de la Península Ibérica con notas sobre las especies de las Islas Azores, Baleares, Canarias y Madeira. Claves de identificación de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica. Asociación Española de Limnología. 112 pp.
POISSON, R. (1926). L´Anisops producta Fieb. (Hemiptera, Notonectidae). Observations sur son anatomie et sa biologie. *Arch. Zool. Exp. Gén.* 65: 181-208.
RODIER, J. (1990). Análisis de aguas. Omega.
RUTTNER-KOLISKO, A. (1974). Plankton rotifers. Biology and taxonomy.146 pp.
SAMRAOUI, B. (2002). Branchiopoda (Ctenopoda and Anomopoda) and Copepoda from eastern Numidia, Algeria. *Hydrobiología* 470: 173-179.
SÁNCHEZ, I. (2000). Flora amenazada del Litoral Gaditano. 279 pp.
STALEY, J.T, BRYANT, M.P., PFENNIG, N. y HOLT, J.G. (1989). Bergey´s Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 3.
TAYLOR, B.E., ESTES, R.A., PECHMANN, J.H.K. y SEMLITSCH, R.D. (1988). Trophic relations in a temporary pond: larval salamanders and their microinvertebrate prey. *Can. J. Zool.* 66: 2191-2198.
VALDÉS, B., TALAVERA, S. y FERNÁNDEZ-GALIANO, E. (1987). Flora Vascular de Andalucía Occidental. 3 vol.
WELLBORN, G.A, SKELLY, D.K. y WERNER, E.E. (1996). Mecanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 27: 337-363.
WILLIAMS, D.D. (1987). The ecology of temporary waters. Croom Helm Ltd, London & Sydney: 205 pp.

	La Vega	Salina	Turbia	Grande	Norte
Conductividad (?S cm^{-1})	870,7 ± 363,6	4095 ± 1029	1203,2 ± 331,2	2368,8 ± 945,8	3459,6 ± 4399,2
Temperatura (ºC)	17,8 ± 6,0	19,4 ± 6,1	18,3 ± 5,9	17,9 ± 5,5	18,1 ± 6,2
Oxígeno disuelto (% saturación)	126 ± 44	131 ± 28	96 ± 19	104 ± 31	112 ± 51
pH	8,973 ± 0,694	8,439 ± 0,221	8,282 ± 0,310	8,672 ± 0,667	8,423 ± 0,899
Amonio (?M)	8,32 ± 14,09	2,08 ± 4,39	0,40 ± 0,70	0,62 ± 0,91	0,38 ± 0,65
Fósforo soluble reactivo (?M)	13,74 ± 11,41	1,93 ± 3,88	1,45 ± 1,64	1,02 ± 1,43	2,07 ± 2,01

Tabla 1. Valores medios (±SD) de algunas variables físico-químicas del agua en las lagunas temporales estudiadas.

Familia	Especies	Lagunas en las que se ha observado
Charophyceae	*Tolypella hispanica*	1
	Chara hispida var. *baltica*	2
	Chara hispida var. *hispida*	4
	Chara aspera var. *galioides*	5
Ranunculaceae	*Ranunculus peltatus*	1, 2, 3, 4, 5
	Ranunculus trilobus	1, 4
Plumbaginaceae	*Limonium ferulaceum*	2
	Armeria gaditana (solo 1 ejemplar)	3
	Limoniastrum monopetalum	2, 3, 4
Chenopodiaceae	*Arthrocnemum macrostachyum*	1, 4
Tamaricacea	*Tamarix canariensis*	1, 4, 5
Polygonaceae	*Rumex mureti* o *R. crispus*	4
Frankeniaceae	*Frankenia boissieri*	1, 2, 3, 4, 5
Primulaceae	*Anagallis arvensis*	1, 3
Lythraceae	*Lythrum hyssopifolia*	1, 2, 3, 4, 5
Alismataceae	*Damasonium alisma* subsp. *bourgaei*	1
	Damasonium polyspermum	1
	Baldellia ranunculoides	1, 4, 5
Callitrichaceae	*Callitriche* sp.	1
Junginaceae	*Triglochin barrelieri*	1
Plantaginaceae	*Plantago coronopus*	1, 3
Gentianaceae	*Centaurium pulchellum*	1

Tabla 2. Plantas encontradas en las lagunas estudiadas durante el período diciembre de 2002 – mayo de 2003. Se indica con un número el lugar en el que se han encontrado: (1) Laguna temporal de la Vaquería de La Vega; (2) laguna temporal "salina"; (3) laguna temporal "turbia"; (4) laguna temporal "grande"; y (5) laguna temporal "norte"

Asteraceae	*Cotula coronopifolia*	1
Juncaceae	*Juncus tenageia*	1, 2, 3, 4, 5
	Juncus pygmaeus	1, 2, 3, 4, 5
	Juncus efussus	3, 4, 5
	Juncus striatus	4
Cyperaceae	*Scirpus maritimus*	1, 2, 3, 4, 5
	Scirpus pseudosetaceus	1, 2, 3, 4, 5
	Eleocharis multicaulis	2, 4
Poaceae (graminea)	*Polypogon maritimus* subsp. *subspathaceus*	1, 2, 4

Tabla 2 (sigue). Plantas encontradas en las lagunas estudiadas durante el período diciembre de 2002 – mayo de 2003. Se indica con un número el lugar en el que se han encontrado: (1) Laguna temporal de la Vaquería de La Vega; (2) laguna temporal "salina"; (3) laguna temporal "turbia"; (4) laguna temporal "grande"; y (5) laguna temporal "norte"

Laguna	Número de especies de plantas*	Número de especies de branquiópodos
La Vega	21	15
Salobre	12	12
Turbia	12	15
Grande	18	19
Norte	11	13

Tabla 3. Número de especies encontradas en los distintos encharcamientos temporales estudiados, sumando los resultados de la tabla 2. *asociadas a suelos encharcables.

Familia	Especies	Lagunas en las que se ha observado
Orden Anostraca		
Branchipodidae	*Branchipus cortesi*	2, 3, 4, 5
	Tanymastix stagnalis	1, 3, 4, 5
Streptocephalidae	*Streptocephalus torvicornis*	1*, 4
Chirocephalidae	*Chirocephalus diaphanus*	1, 5
Orden Spinicaudata		
Leptestheriidae	*Maghrebestheria maroccana*	2^, 3, 4

Tabla 4. Invertebrados branquiópodos encontrados en las lagunas temporales del pinar de la Algaida durante el período: diciembre de 2002 – mayo de 2003. Se indica con un número el lugar en el que se ha encontrado: (1) Vaquería de La Vega; (2) laguna "Salobre"; (3) laguna "Turbia"; (4) laguna "Grande", y (5) laguna "Norte".

Familia	Especies	Lagunas en las que se ha observado
Orden Anomopoda		
Daphniidae	*Ctenodaphnia magna*	1, 2, 3, 4, 5
	Simocephalus expinosus	1, 3, 4, 5
	Simocephalus vetulus	2
	Ceriodaphnia quadrangula	1, 2, 3, 4, 5
	Ceriodaphnia reticulata	2
	Ceriodaphnia laticaudata	4
	Megafenestra aurita	1, 3, 4, 5
	Scapholeberis rammneri	4
Moinidae	*Moina brachiata*	2, 3, 4
	Moina salina	5
Macrotrichidae	*Macrothrix hirsuticornis*	1, 3, 4
	Macrothrix rosea	4
Eurycercidae	*Pleuroxus letourneuxi*	1, 2, 3, 4, 5
	Ephemeroporus phintonicus	1, 3
	Dunhevedia crassa	1, 2, 3, 4, 5
	Alona rectangula	1, 4
	Alona azorica	1, 2, 3, 4, 5
	Leydigia acanthocercoides	1, 2, 3, 4, 5
Orden Notostraca		
Triopidae	*Triops cancriformis*	1*, 2^, 3, 4, 5

* encontrado en pasados años lluviosos (1996)
^ encontrado en el invierno-primavera de 2000-01.

Tabla 4. (sigue) Invertebrados branquiópodos encontrados en las lagunas temporales del pinar de la Algaida durante el período: diciembre de 2002 – mayo de 2003. Se indica con un número el lugar en el que se ha encontrado: (1) Vaquería de La Vega; (2) laguna "Salobre"; (3) laguna "Turbia"; (4) laguna "Grandc", y (5) laguna "Nortc".

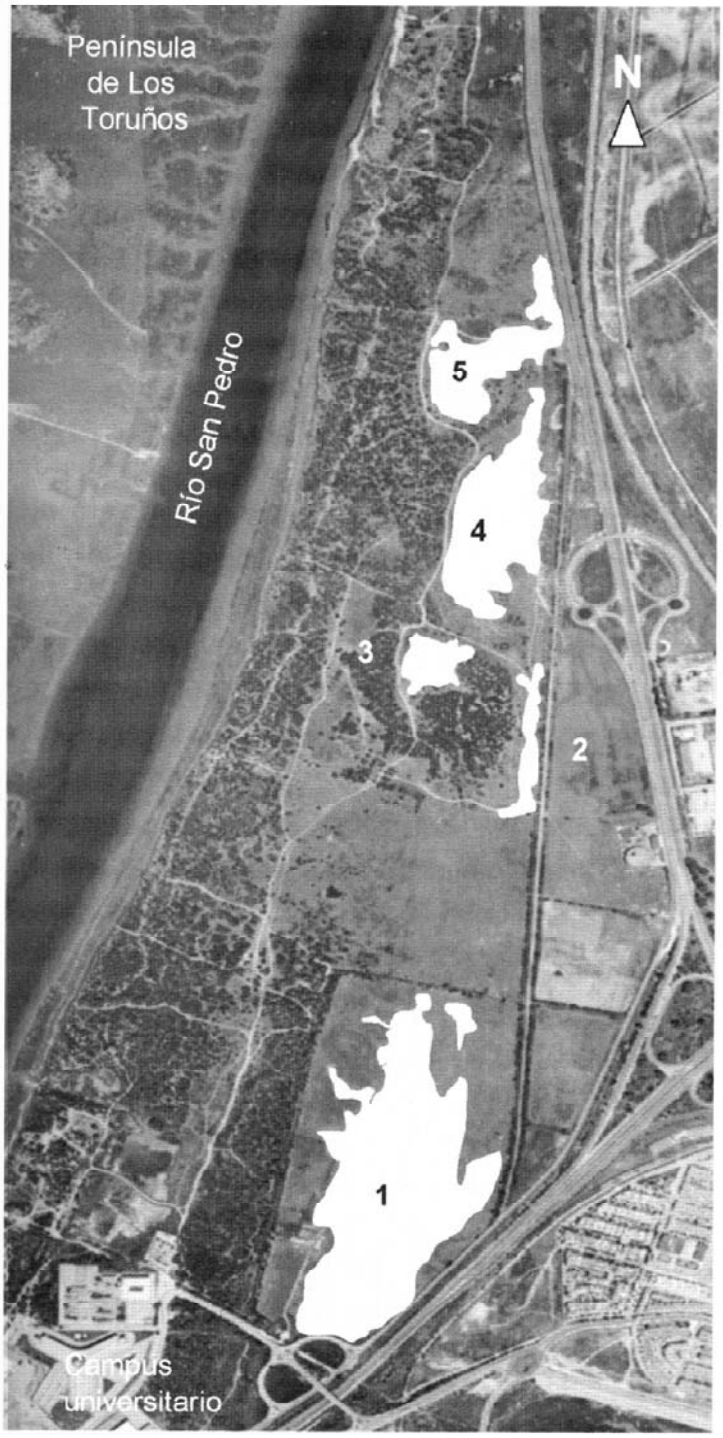

Figura 1. Ubicación de las lagunas temporales en el pinar de la Algaida de Puerto Real (Cádiz): 1. Cortijo de La Vega; 2. Laguna Salobre; 3. Laguna Turbia; 4. Laguna Grande; 5. Laguna Norte. En el extremo inferior izquierdo puede observarse la localización del campus universitario.

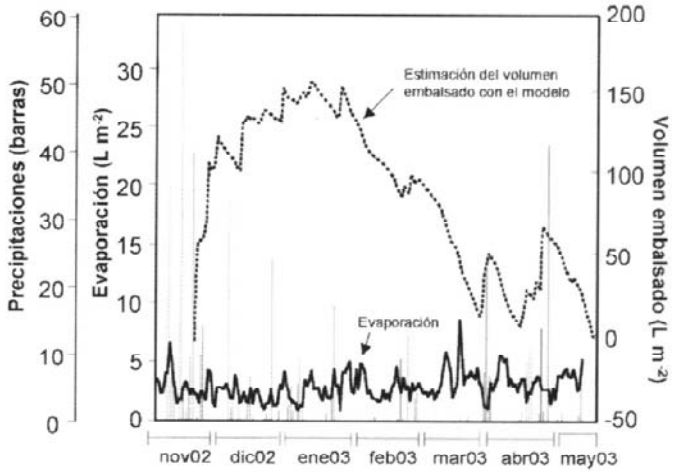

Figura 2. Evolución del balance precipitación-evaporación y el volumen embalsado obtenido a partir del modelo a lo largo del ciclo de inundación (invierno-primavera 2002-03). Datos suministrados por el Observatorio Meteorológico de Cádiz.

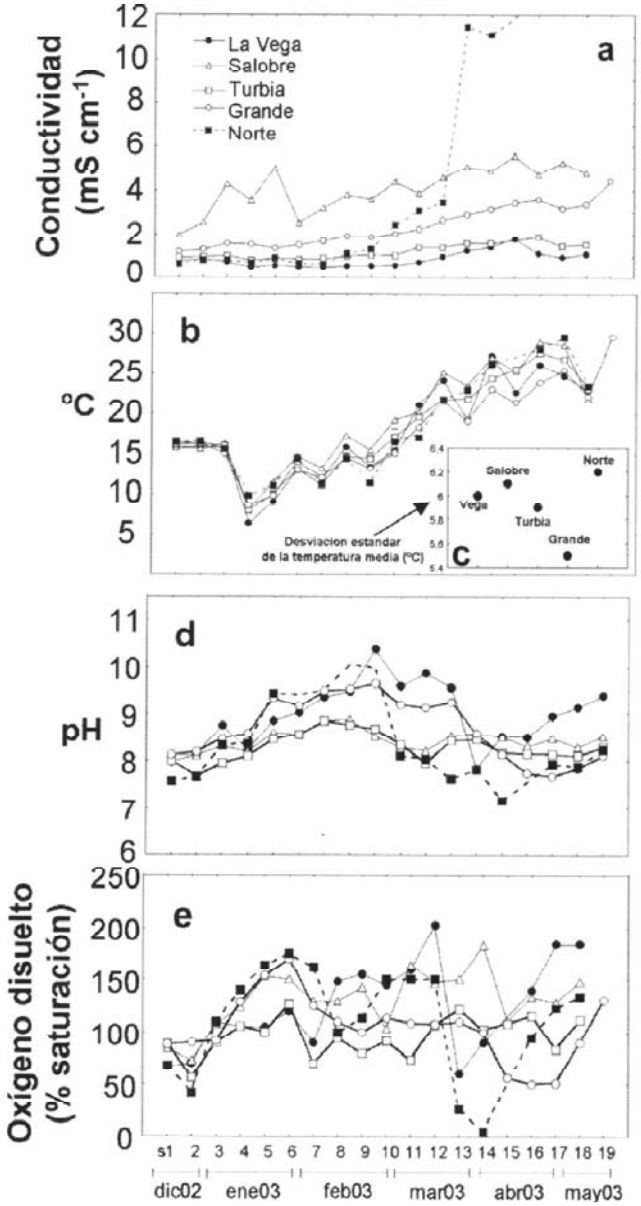

Figura 3. Evolución de la conductividad del agua (a), la temperatura del agua (b) y su desviación respecto a la media (c), el oxígeno disuelto (d) y el pH (e) en las 5 lagunas temporales estudiadas. En el eje de abscisas, los números 1, 2, 3... n, hacen referencia a las semanas consecutivas de muestreo.

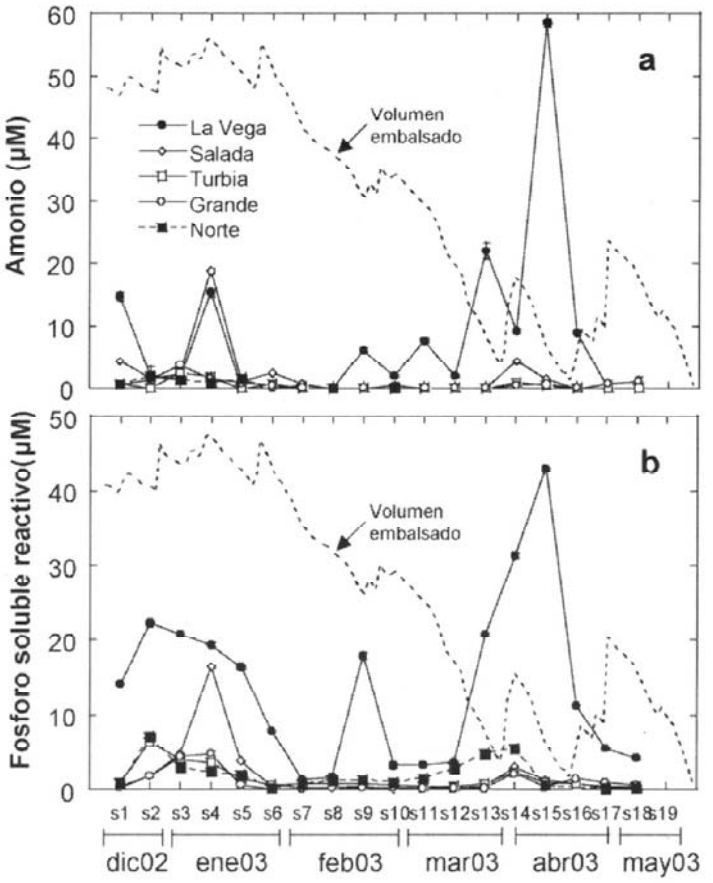

Figura 4. Evolución de la concentración de amonio (a) y fósforo soluble reactivo (b) en las distintas lagunas temporales a lo largo de su ciclo de inundación.

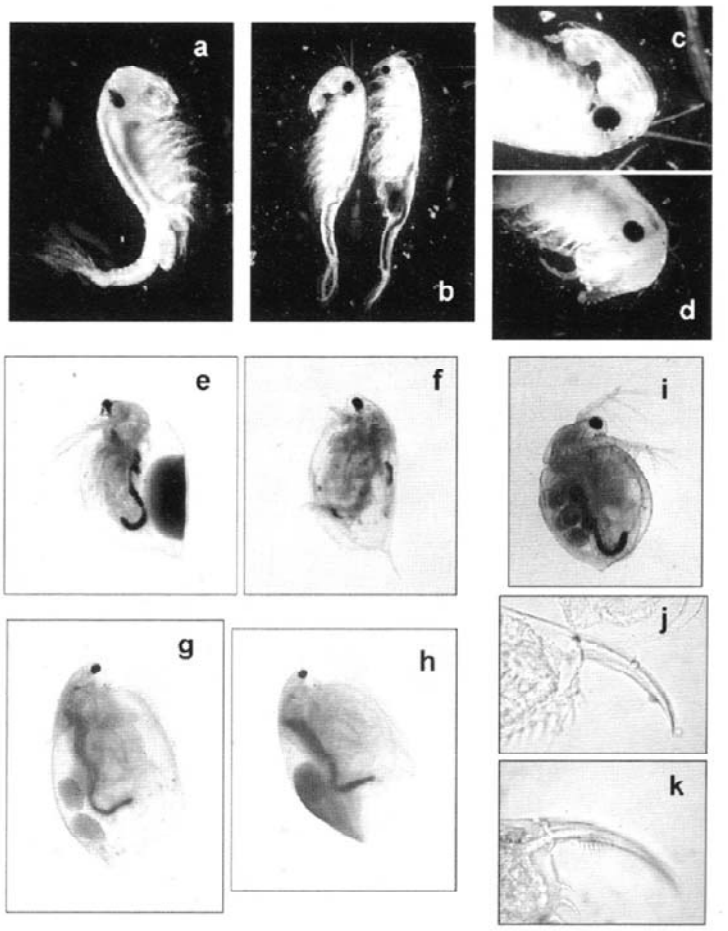

Figura 5. Fotografías de branquiópodos encontrados en las lagunas temporales del Pinar de La Algaida (Pto. Real). Representantes del O. Anostraca: (a) *Tanymastix stagnalis* (macho) (a), *Branchipus cortesi* (macho y hembra) (b), y detalle de la cabeza del macho (c) y cabeza de *Chirocephalus diaphanus* (macho) (d). Representantes del orden Anomopoda: *Daphnia magna*: hembra gamogamética con efipio (e), y macho (f). *Simocephalus expinosus*: hembra partenogenética con dos embriones (g) y hembra gamogamética con efipio (h). *Ceriodaphnia quadrangula* (hembra partenogenética) (i). Detalle de la garra de *C quadrangula* (j) y de *C. reticulata* (k).

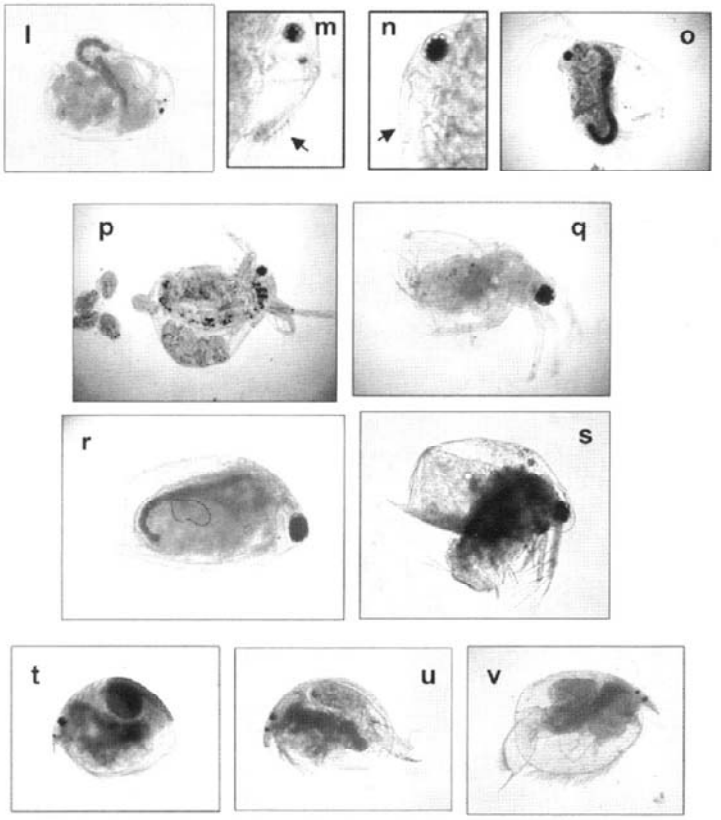

Figura 5-continuación. *Macrothrix hirsuticornis*: hembra partenogenética (l) y detalle de la cabeza y anténula (m); Anténula (n) y hembra (o) de *Macrothrix rosea*. *Moina salina*: hembra partenogenética con embriones (p) y macho (q). *Megafenestra aurita* (r) y *Scapholeberis rammneri* (s). Algunos miembros de la familia Eurycercidae: *Leydigia acanthocercoides* (t), *Dunhevedia crassa* (u) y *Alona azorica* (v).

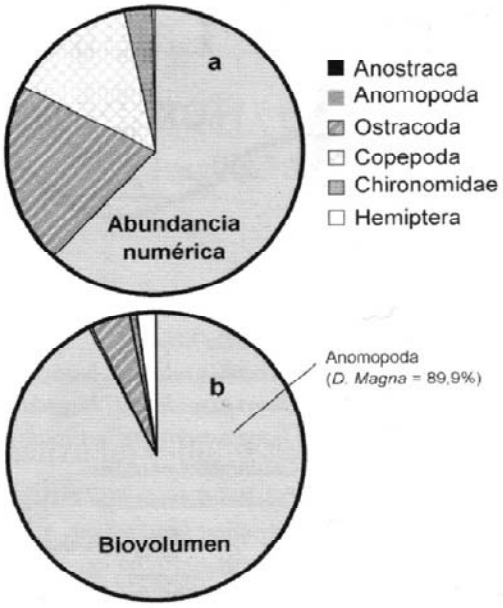

Figura 6. Proporción de los distintos grupos taxonómicos en La Vega. Porcentaje de abundancia (a), y porcentaje de biovolumen (b).

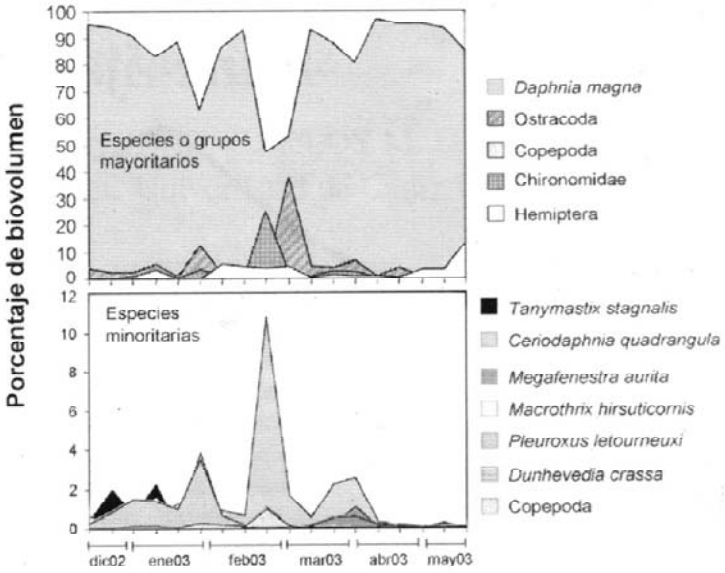

Figura 8. Porcentaje de biovolumen de branquiópodos y otros grupos taxonómicos en La Vega a lo largo del ciclo de inundación. (a) Especies o grupos mayoritarios y (b) especies con una contribución minoritaria al biovolumen total.

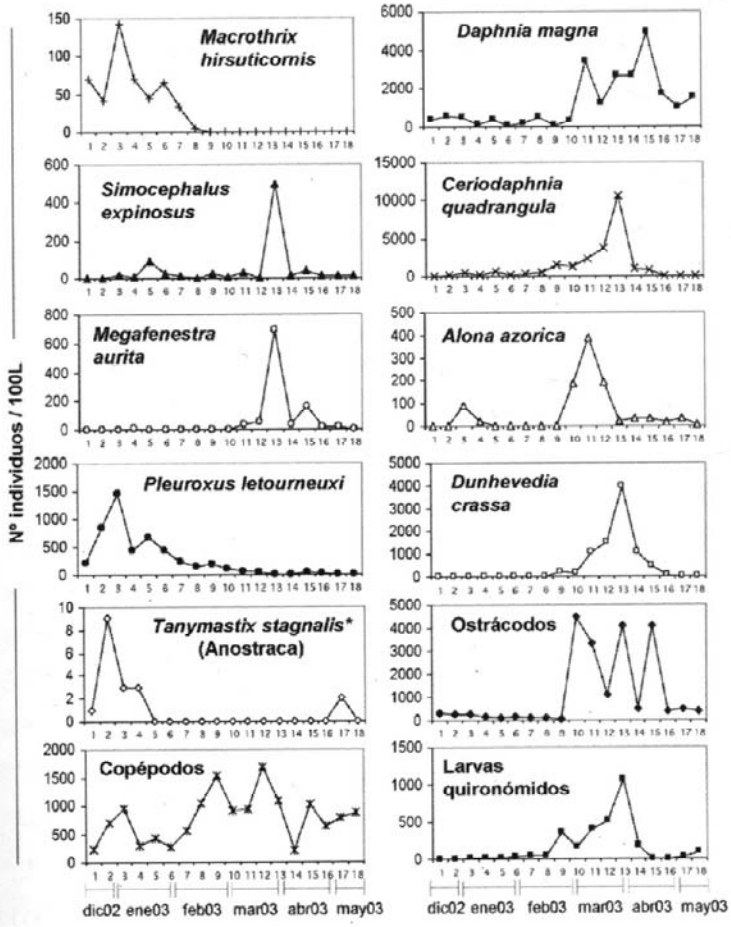

Figura 7. Abundancia numérica de branquiópodos y otros grupos taxonómicos en La Vega a lo largo del ciclo de inundación.

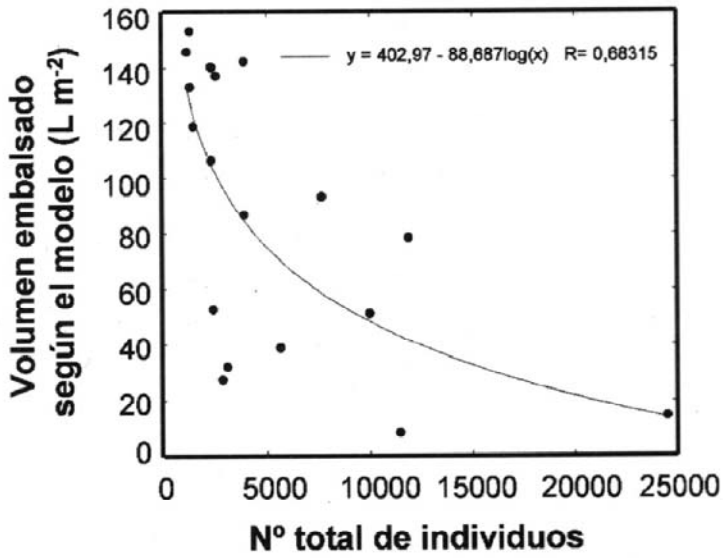

Figura 9. Correlación entre el volumen embalsado y el número total de individuos en La Vega.

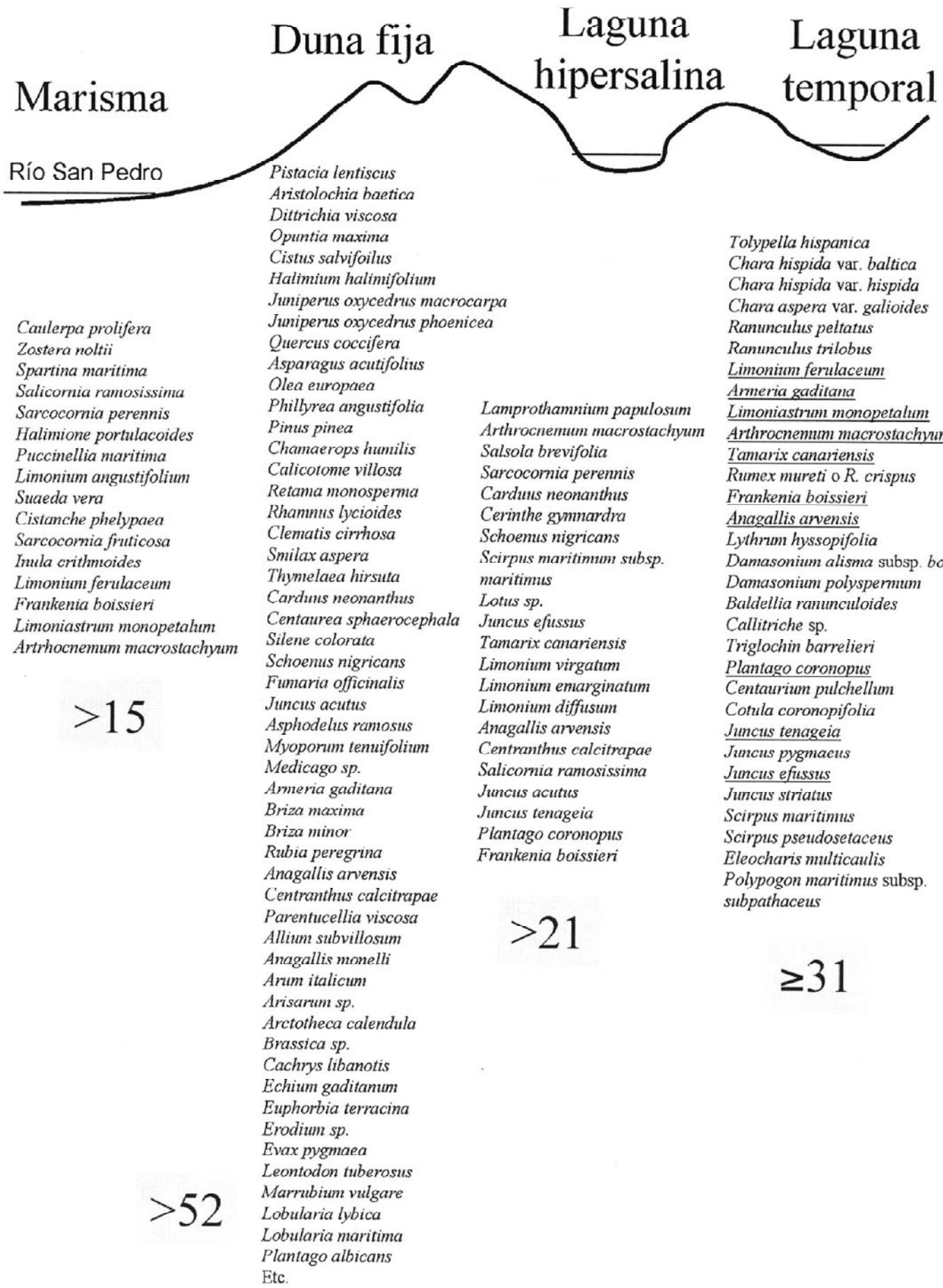

Figura 10. Relación de especies en las unidades ambientales homogéneas más importantes del Pinar de La Algaida de Puerto Real.