

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE DOS BALSAS DE LOS MONEGROS

Emilia MARTÍN QUELLER*
Juan CERVANTES VALLEJOS*
César PEDROCCHI RENAULT*
Guillermo SANZ TRULLÉN*
Gonzalo MARTÍNEZ CAPETILLO*

RESUMEN.— En la región de Los Monegros se distribuyen 251 balsas de tierra de uso fundamentalmente ganadero, actualmente en proceso de abandono. Diversos estudios han subrayado la importancia de estos humedales en el mantenimiento de la biodiversidad acuática a nivel regional. En este estudio se analizan los factores diferenciadores —bióticos, abióticos y antrópicos— de dichas balsas, y su efecto sobre la composición y estructura funcional de las comunidades de macroinvertebrados de dos balsas con características contrastadas. Se trata de Pina Norte, una pequeña balsa en el término municipal de Alcubierre, situada al N de la sierra del mismo nombre, y la balsa de San Benito, en el municipio de Monegrillo, al S de la sierra antes mencionada.

El estudio pone de relieve la elevada capacidad de autodepuración de dichos sistemas, lo que les permite albergar una alta diversidad de macroinvertebrados, cuyas características biológicas y ecológicas parecen depender más del estadio en la sucesión de las balsas que de otras características, como tamaño, litología, etcétera. Por último, hay que hacer hincapié en la necesidad de conservar tanto una densidad adecuada de balsas como una

* Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Ap. 64. E-22700 JACA (Huesca). emimartin@ipe.csic.es

heterogeneidad de las mismas, a pesar de la progresiva desaparición de sus usos tradicionales, por cuanto constituyen un mosaico de pequeñas masas de agua en la aridez de Los Monegros que, en su conjunto, albergan un buen número de taxones (31 familias de macroinvertebrados solo en el conjunto de las dos balsas), constituyendo un refugio y fuente de recursos para muchas otras especies.

ABSTRACT.— In the region of Los Monegros there are 251 cattle ponds, nowadays in a state of neglect. Several studies have underlined the importance of these wetlands in the maintenance of regional aquatic biodiversity. In this paper, biotic, abiotic and anthropic factors differentiating these ponds are studied, and their effects on composition and functional structure of macroinvertebrates communities in two contrasted ponds. These two ponds are specifically Pina Norte, a small pond within the Alcubierre municipal area, located in the northern side of Alcubierre Mountains; and San Benito, within the Monegrillo municipal area, in the south of the aforementioned mountains.

The results emphasize the high autopurification capacity of these systems, which allows a high diversity of macroinvertebrates to inhabit them. These organisms' biological and ecological characteristics seem to depend more on the pond evolutionary state than on other characteristics like size, lithology, etc. Finally, it has to be underlined the necessity to conserve both an appropriate density of ponds and ponds heterogeneity, as they constitute a mosaic of small wetlands within the aridity of Los Monegros Region which, as a whole, contain a significant number of taxa (31 macroinvertebrates families just in the two ponds studied), and are shelter and resources sources for many other species.

KEY WORDS.— Pond, water characteristics, macroinvertebrate, meta-communities, Los Monegros, Aragón (Spain).

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones limnológicas han incrementado en los últimos años su interés por los cuerpos de agua pequeños y someros debido fundamentalmente a su importante contribución a la biodiversidad acuática a nivel regional (diversidad gamma) y al elevado número de especies raras de plantas e invertebrados que albergan (OERTLI et alii, 2005).

El presente estudio se desarrolla en la comarca de Los Monegros (depresión del Ebro, Aragón) (Fig. 1), cuyo clima —continental árido— se caracteriza por temperaturas anuales extremas, pluviometría media anual escasa (200-400 mm), vientos dominantes de gran capacidad desecadora y

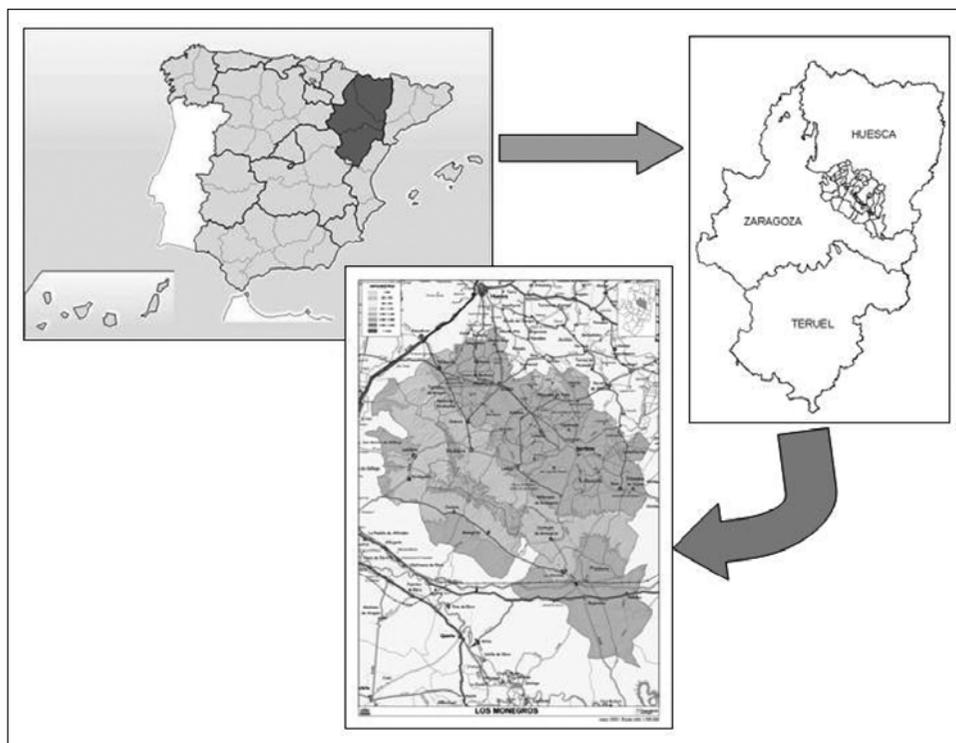


Fig. 1. Localización de la comarca de Los Monegros, área de estudio.

un déficit hídrico superior a los 300 mm. Los Monegros quedan enmarcados por ríos, pero prácticamente ninguno discurre por su interior; la mayor parte de la red de drenaje muere en el llano por evaporación y percolación de las aguas superficiales o bien por acúmulo en depresiones endorreicas (PEDROCCHI [coord.], 1998).

En dicha área de estudio existen aproximadamente 251 balsas de tierra inventariadas (PEDROCCHI et ál., 2002, inédito). Construidas, algunas de ellas desde épocas prerromanas, fundamentalmente para un uso ganadero, aunque también doméstico y agrícola, en la actualidad muchas de estas construcciones están en estado de abandono por la pérdida de sus usos tradicionales.

Estas balsas son sistemas que se autodestruyen por colmatación en un plazo breve (10-15 años) y, por lo tanto, para mantener su uso necesitan aporte de energía (cuidado de conservación). Según su estadio evolutivo,

sus características y su uso, una balsa típica puede desarrollar una comunidad macrofítica y helofítica de cierta importancia. Desde el punto de vista biológico, las balsas, consideradas como sistemas temporales, presentan una inversión de conceptos de clímax, al referirnos a la biocenosis y al biotopo: la comunidad de una balsa, si tiene ocasión, avanza en la sucesión ecológica para dar lugar a una agrupación estable (clímax o pseudoclímax), para ello necesita que el medio no desaparezca y, por otra parte, la balsa como biotopo tiende a desaparecer por colmatación (MARGALEF, 1948).

Este proceso y el consecuente dragado por el hombre a lo largo de los años han definido en el territorio un mosaico de masas de agua en diferentes estadios sucesionales.

La heterogeneidad espacial y temporal conseguida con este y otros factores diferenciadores, junto con la conectividad, a través del fenómeno de dispersión de organismos entre estos humedales, permite un asentamiento de taxones adaptados a distintas condiciones ambientales que incrementan la biodiversidad del conjunto.

Para subrayar el papel de estos factores diferenciadores se lleva a cabo un estudio comparativo de dos balsas de tierra de características contrastadas, analizando las diferencias observadas en la composición de la comunidad de macroinvertebrados asentada en cada una de ellas, a través de sus características ecológicas y biológicas.

ÁREA DE ESTUDIO

Las balsas de tierra de San Benito y Pina Norte se localizan, respectivamente, en los términos municipales de Monegrillo y Alcubierre; el primero, al S de la sierra de Alcubierre, y el segundo, al N de dicho relieve (con una dirección NO-SE y una altitud máxima de 834 m, en la ermita de San Caprasio, se trata de niveles carbonatados que protegen de la erosión a los yesos y margas infrayacentes), ambos en la comarca de Los Monegros. Pina Norte se sitúa al pie de la vertiente norte, más escarpada, en una facies de margas y yesos; San Benito, en la zona de piedemonte, en la vertiente sur de la sierra, sobre una zona de coluviones (cantos, arenas y arcillas).

Dichos municipios se encuentran fuera de la zona de regadíos, como se aprecia en la figura 2, dominando por tanto los cultivos de secano en la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para no subestimar la presencia de taxones de ciclo de vida corto o con formas de resistencia como la diapausa, se llevó a cabo un seguimiento de las dos balsas durante un año, aproximadamente cada quince días. El periodo de muestreo empezó en noviembre de 2003 y finalizó en octubre de 2004.

En cada muestreo se tomó una muestra de agua que permitiera seguir la evolución de sus características fisicoquímicas; además, se midieron in situ, en las capas más superficiales, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad. Se midió el diámetro de la balsa y se estimó de visu la cobertura vegetal de helófitos como indicador del estado evolutivo de la balsa. Por último, se tomó una muestra de macroinvertebrados, comprobando todos los microhábitats y estandarizando el volumen de agua para el conjunto de las muestras. Para ello se muestrearon cuatro puntos de cada balsa, al azar, y en cada uno de ellos se realizaron tres pasadas con una manga de muestreo de macroinvertebrados de 0,5 mm de luz y cuyo bastidor medía 26 cm de ancho, 21 cm de alto, 15 cm de espaldón y con una profundidad de red de 30 cm.

Las muestras se fijaron en alcohol al 70% y se separaron e identificaron en el laboratorio; se determinaron los macroinvertebrados al mayor nivel taxonómico posible según la dificultad de identificación en cada caso. De cada muestra se contaron e identificaron los primeros 200 individuos. En el resto de la muestra se buscaron los taxones nuevos que, por su menor abundancia, no aparecían en el primer conteo, procurando igualar el nivel de esfuerzo en las muestras en función del intervalo de tiempo sin aparición de nuevos taxones.

Los valores de frecuencia relativa determinados de este modo para cada taxón se pasaron a frecuencia porcentual, y a partir de esta se estableció un valor semicuantitativo de abundancia relativa según la siguiente tabla de relaciones:

<i>Abundancia relativa</i>	<i>F_i (%)</i>
4	> 50
3	25-50
2	5-25
1	< 5

Para interpretar las diferencias en la comunidad de macroinvertebrados de ambas balsas se compararon veintidós características biológicas y ecológicas de los taxones específicos que aparecieron en cada una de ellas. La afinidad de cada taxón por las distintas modalidades de dichos rasgos biológicos y ecológicos viene recogida en una base de datos (TACHET et alii, 2003) mediante un sistema de codificación semicuantitativo. Dichos valores de afinidad por taxón fueron ponderados con sus respectivas abundancias, utilizando la media a lo largo de todo el año de muestreo para evitar la influencia de la estacionalidad de algunos invertebrados sobre su valor de abundancia. Se sumaron los valores de afinidad del conjunto de taxones específicos de cada balsa para cada una de las modalidades por característica biológica o ecológica. La suma obtenida se expresó en porcentajes relativos de afinidad.

Dos taxones que solo aparecen en Pina Norte, Oligochaeta e Hirudinea, no se pudieron tener en cuenta en este análisis, ya que la base de datos requería un nivel de determinación mayor al que se alcanzó. El primero tiene un valor de abundancia media importante, por lo que se está despreciando una influencia significativa en los resultados que se corregirá, en la medida de lo posible, en su discusión.

La influencia antrópica a través de la actividad ganadera ovina se valoró en función del número aproximado de ovejas que abrevan en cada balsa por día. Para obtener dicha cifra nos pusimos en contacto con los ganaderos de la zona.

RESULTADOS

Características de las balsas

En las tablas I y II se presentan tablas-resumen de las principales características de las balsas estudiadas así como de su fauna vertebrada (peces y anfibios).

Tabla I. Principales características de las dos balsas estudiadas.

<i>Balsa</i>	<i>UTM. X</i>	<i>UTM. Y</i>	<i>Altitud (m)</i>	<i>Superficie media (m²)</i>	<i>Prof. (m) Enero 2004</i>	<i>Cobertura helófitos (%)</i>	<i>Ovejas/día</i>
SB	712394	4615659	420	6356	0,40	10-30	3000
PN	710974	4628896	485	954	0,78	40-65	400

Tabla II. Ictiofauna y anfibios de las dos balsas estudiadas.

<i>Balsa</i>	<i>Peces</i>	<i>Rana perezii</i>	<i>Bufo bufo</i>	<i>Pelobates cultripes</i>
SB	No	Sí	Sí	No
PN	No	Sí	Sí	Sí

Conectividad

Con una distancia en línea recta entre las dos balsas de estudio de 13,3 km y un desnivel de entre 414 y 349 m, la conectividad potencial entre ambas es baja. En BRIERS & BIGGS (2005), se encontró autocorrelación espacial en la composición de las comunidades de macroinvertebrados en distancias de hasta 13 km, sin embargo, teniendo en cuenta el relieve que las separa, la distancia puede considerarse bastante superior.

Por otra parte, si observamos el mapa de distribución de balsas de tierra en Los Monegros (Fig. 2), se aprecia una densidad mucho mayor de estas al norte de la sierra de Alcubierre. Esta escasez de balsas de tierra en la zona meridional de Monegros, que parece atribuirse a su transformación en aljibes en los últimos años, supone una menor conectividad entre estos ecosistemas, dada la barrera geográfica que constituye la sierra de Alcubierre. En cuanto a la conectividad con otro tipo de humedales, escasos en Los Monegros, conviene destacar la mayor cercanía de la balsa de Pina Norte a la zona de regadíos de la comarca (sobre todo los arrozales podrían considerarse como lo más parecido a un humedal, en el área de estudio).

Fisicoquímica

En la tabla III se presentan los valores medios, junto con sus desviaciones típicas, de las variables fisicoquímicas de las balsas objeto de estudio correspondientes al ciclo anual.

Tabla III. Valores medios, mínimos y máximos, y desviaciones típicas de las variables fisicoquímicas del agua durante todo el periodo de muestreo en las dos balsas estudiadas.

		<i>Temp. agua</i>	<i>O₂ disuelto</i>	<i>pH</i>	<i>Conduct.</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Sol. sus.</i>	<i>A. total</i>
		°C	mg/l		μS/cm	NTU	mg/l	mEq/l
San Benito	Media	14,995	10,558	7,757	2156,676	16,723	23,883	0,354
	Valor mínimo	2,800	3,120	6,900	1496,120	0,760	1,400	0,130
	Valor máximo	32,500	15,520	9,190	3920,000	78,800	126,047	0,720
	Desv. est.	8,664	3,465	0,642	681,372	24,070	32,707	0,183
Pina Norte	Media	14,214	9,104	7,383	469,902	83,718	55,597	1,050
	Valor mínimo	1,500	4,080	7,150	320,920	28,000	15,294	0,650
	Valor máximo	27,700	18,100	7,750	656,250	200,000	181,647	1,800
	Desv. est.	8,615	3,635	0,231	101,903	51,536	40,171	0,290
		CO ³⁻ H	CO ³⁼	Ca	Mg	Na	K	S-SO ⁴
		mEq/l	mEq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
San Benito	Media	0,333	0,021	1059,075	66,308	50,346	24,861	1395,209
	Valor mínimo	0,130	0,000	467,500	22,350	20,400	13,220	0,000
	Valor máximo	0,720	0,280	3151,000	181,900	196,100	51,900	5373,080
	Desv. est.	0,188	0,069	616,582	46,441	44,462	12,552	1308,657
Pina Norte	Media	1,050	0,000	87,756	11,846	19,644	26,698	59,998
	Valor mínimo	0,650	0,000	60,950	6,268	9,300	17,200	0,000
	Valor máximo	1,800	0,000	142,700	27,850	87,720	55,200	148,662
	Desv. est.	0,290	0,000	25,611	5,470	19,034	10,944	41,375
		SiO ₂	Cloruro	Fósf. to.	Fósf. mi.	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
San Benito	Media	12,675	157,976	0,036	0,005	0,401	0,003	0,004
	Valor mínimo	26,190	26,192	0,010	0,000	0,215	0,000	0,000
	Valor máximo	587,820	587,818	0,106	0,014	1,196	0,022	0,056
	Desv. est.	5,317	152,099	0,027	0,004	0,233	0,006	0,014
Pina Norte	Media	5,941	31,118	0,112	0,040	0,721	0,144	0,149
	Valor mínimo	0,579	17,495	0,046	0,000	0,161	0,000	0,000
	Valor máximo	11,749	70,678	0,173	0,165	1,862	0,627	0,527
	Desv. est.	3,251	12,854	0,054	0,055	0,612	0,175	0,234

a) Conductividad

Una de las características más destacables en la fisicoquímica de la balsa de San Benito es su elevada conductividad, con un valor medio de $2156,7 \pm 681,4 \mu\text{S}/\text{cm}$, y una tendencia de crecimiento exponencial a lo largo del año, probablemente debido al aumento de temperatura y el consecuente descenso en el nivel del agua. Son aguas sulfatadas, con elevadas concentraciones de calcio y magnesio.

El contenido en sales es mucho menor en Pina Norte (conductividad media: $469,9 \pm 101,9 \mu\text{S}/\text{cm}$) y se encuentra dentro de los valores normales para la vida acuática y otros usos. También tiende a aumentar globalmente.

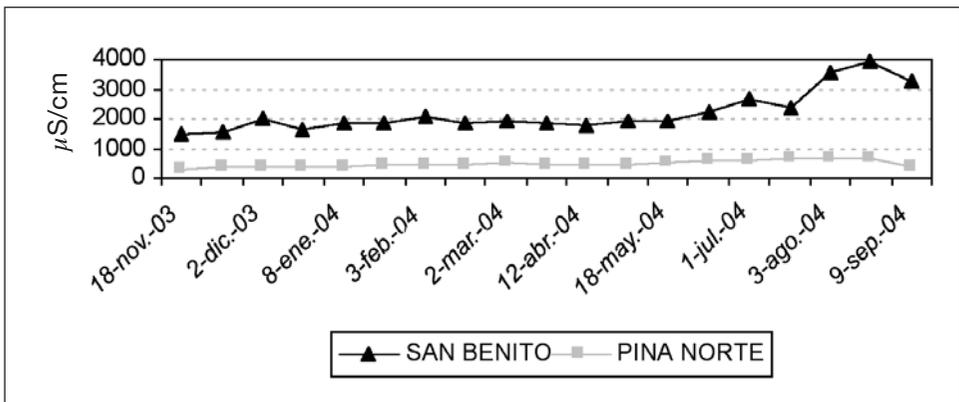


Fig. 3. Conductividad en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

b) Temperatura, oxígeno y pH

La temperatura del agua sigue la tendencia propia del clima de la zona, con valores similares en ambas balsas. El valor mínimo se da en marzo en San Benito y en enero en Pina Norte ($2,8$ y $1,5$ °C, respectivamente), mientras que los máximos se dan en julio y agosto ($32,5$ y $27,7$ °C).

Niveles relativamente buenos de oxígeno y con una evolución muy parecida en ambas balsas. El efecto de la elevada temperatura en verano, que conllevaría una disminución importante de oxígeno, se ve compensado

por la mayor actividad fotosintética de las plantas a partir de primavera, lo que podría explicar los picos de subida y de bajada, a veces a valores demasiado bajos.

Aunque el oxígeno disuelto medio anual de ambas balsas es similar ($10,56 \pm 3,47$ mg/l, en San Benito; $9,10 \pm 3,64$ mg/l, en Pina Norte), este es inferior en la balsa de Pina Norte, ya que el pico de oxígeno que se da en enero ($18,1$ mg/l) eleva la media.

En San Benito los valores de pH oscilan a lo largo del año en un rango elevado. El pH supera en verano (junio y julio) en esta balsa el valor de 9; son aguas relativamente alcalinas. En Pina Norte las oscilaciones son mucho menos acusadas, dentro de un rango más o menos neutro.

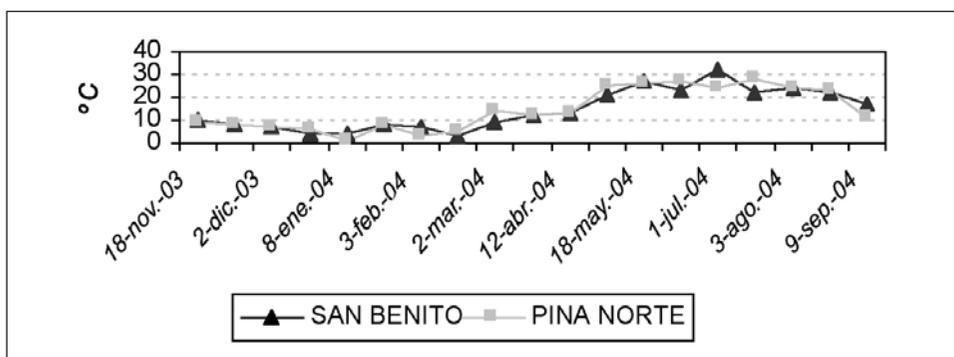


Fig. 4. Temperatura en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

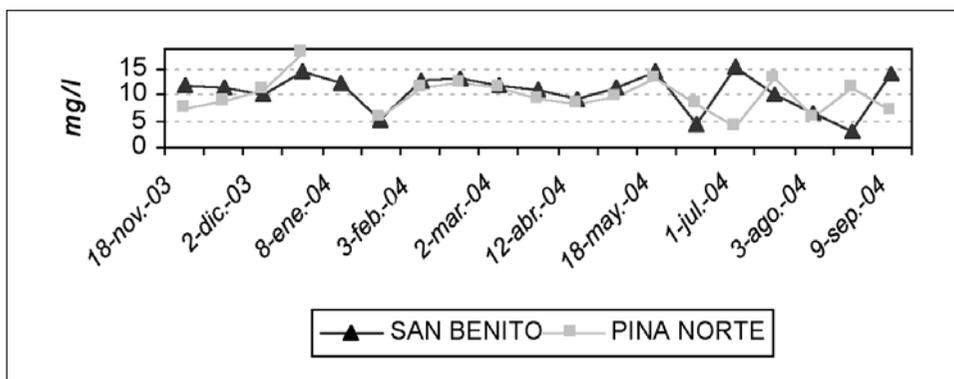


Fig. 5. Oxígeno disuelto en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

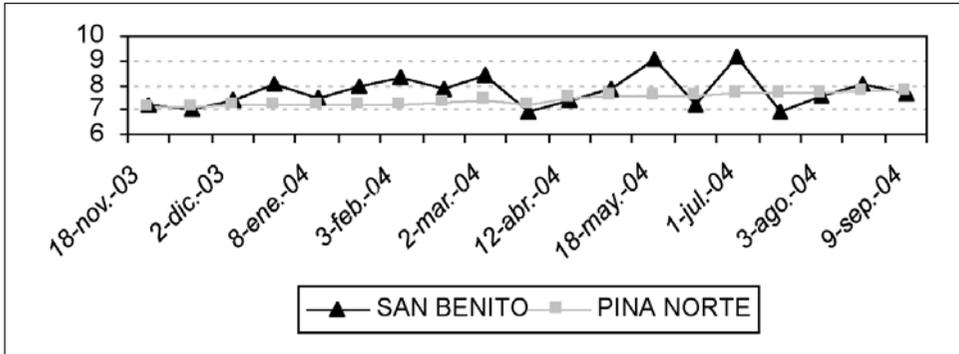


Fig. 6. Evolución del pH en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

c) Nutrientes

Las concentraciones medias de fósforo total en ambas balsas reflejan condiciones distintas en cuanto a niveles de productividad. En la balsa de San Benito la concentración media ($0,036 \pm 0,027$ mg/l) corresponde al tipo mesotrófico (WETZEL, 2001); sin embargo, como refleja la elevada desviación típica, los valores se mueven desde niveles oligotróficos en enero ($0,010$ mg/l) incrementándose hasta alcanzar valores eutróficos en octubre ($0,106$ mg/l).

En Pina Norte no se da un crecimiento continuado de este nutriente, sino que se producen ascensos y descensos importantes. El agua es de carácter eutrófico-hipereutrófico, con una concentración media anual de $0,112 \pm 0,054$ mg/l.

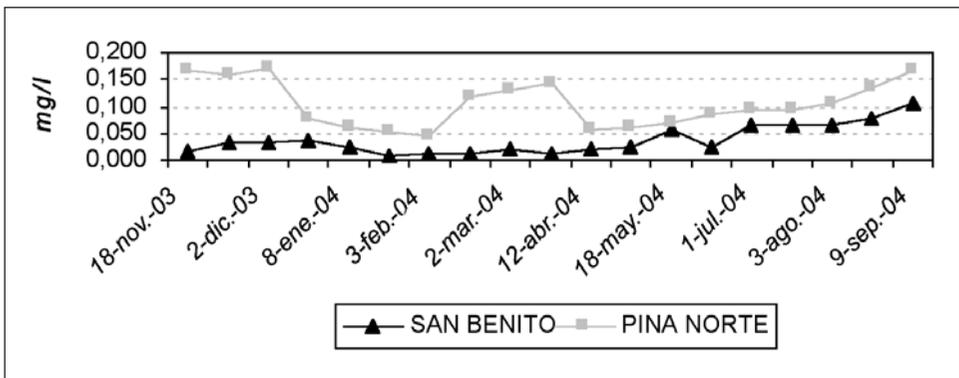


Fig. 7. Evolución del fósforo en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

Pina Norte presenta una carga mayor de nitrógeno en forma de nitratos, nitritos y amonio que con el aumento de la actividad biológica en primavera-verano disminuyen su concentración considerablemente.

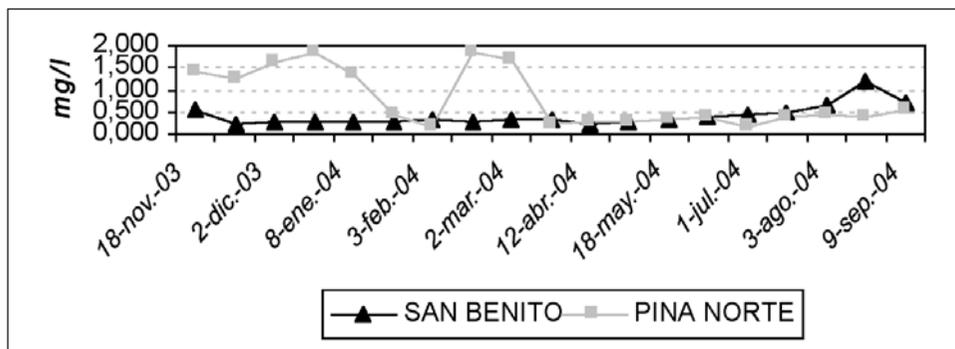


Fig. 8. Evolución de los nitratos en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

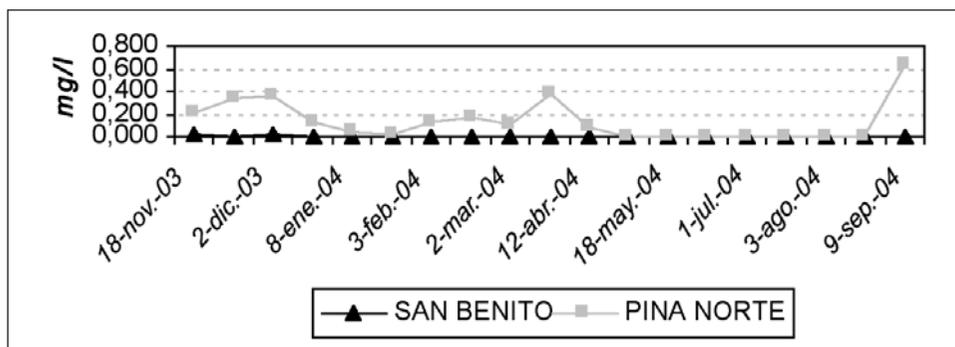


Fig. 9. Evolución de los nitritos en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

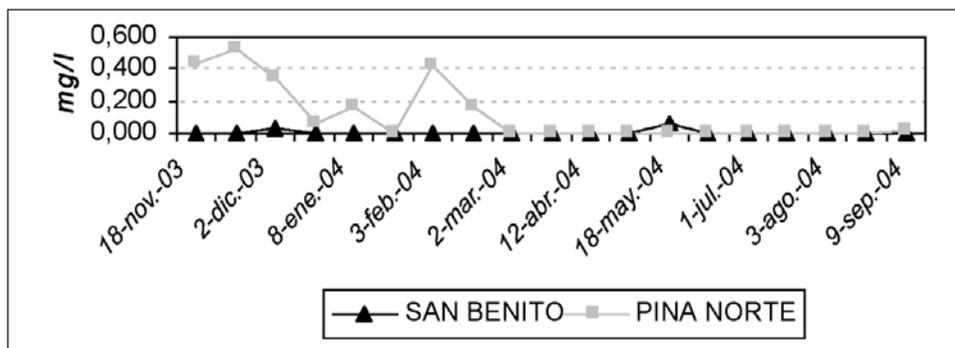


Fig. 10. Evolución del amonio en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

d) Turbidez

Valores normales y uniformes de turbidez en la balsa de San Benito hasta mayo pero especialmente junio, cuando alcanza 126 NTU. En la balsa de Pina Norte la cantidad media de sólidos en suspensión es muy superior durante todo el año ($83,72 \pm 51,54$ NTU frente a $16,72 \pm 24,07$ NTU); la concentración más elevada se da a mediados de noviembre de 2004 (200 NTU).

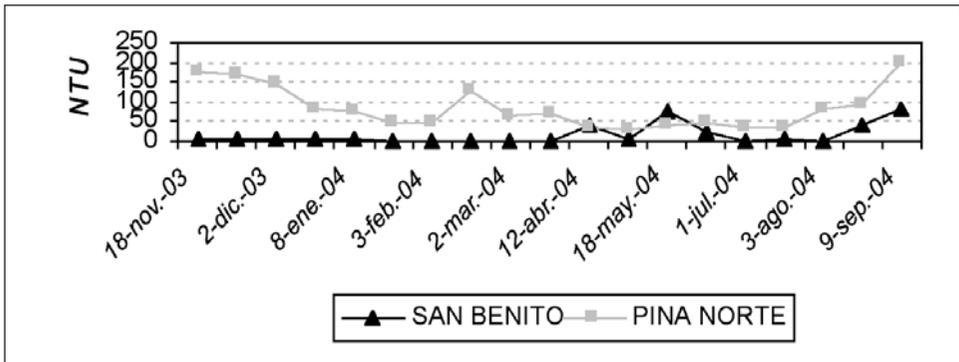


Fig. 11. Evolución de la turbidez en las dos balsas de estudio a lo largo del periodo de muestreo.

Macroinvertebrados

Listado total de taxones

Encontramos al menos 31 familias en el conjunto de las dos balsas (considerando una única familia de oligoquetos y de ácaros acuáticos), de las cuales 17 son comunes a ambas.

En Pina Norte aparecieron 25 familias en total, de las cuales 8 eran específicas de esta balsa: 3 coleópteros (Adephaga), 1 díptero, 1 hirudíneo, 1 oligoqueto, 1 bivalvo y 1 gasterópodo.

El número de familias en San Benito es de 23, con 6 específicas de esta: 4 coleópteros (1 Adephaga y 3 Polyphaga), 1 díptero y 1 efemeróptero.

A continuación se expone el listado de los taxones que aparecieron en el total de los muestreos, indicando su presencia en las balsas de Pina Norte (PN) y/o San Benito (SB).

Phylum ArthropodaClase *Arachnida*Infraclasse *Acaromorpha*Orden *Prostigmata* (Hydracarina) (PN y SB)Clase *Insecta*Orden *Coleoptera*Suborden *Adephaga**Dytiscidae****Graphoderus* (PN)*****Hyphydrus* (PN)*****Laccophilus* (PN)***Gyrinidae****Gyrinus* (PN)***Haliplidae****Peltodytes* (SB)***Hygrobiidae****Hygrobia hermanni* (PN)***Noteridae****Noterus* (PN y SB)**Suborden *Polyphaga**Chrysomelidae****Donacia* (SB)***Dryopidae****Dryops* (SB)***Hydrophilidae****Berosus* (PN y SB)*****Enochrus* (SB)*****Hydrophilus* (SB)***Helophoridae****Helophorus* (SB)**Orden *Diptera*Suborden *Nematocera**Ceratopogonidae**Ceratopogoninae* sf. (PN y SB)*Chaoboridae****Chaoborus* (PN)***Chironomidae* (PN y SB)*Culicidae**Anophelinae* sf.: ***Anopheles* (PN y SB)***Culicinae* (SB)

Dixidae

***Dixella* (PN y SB)**

Psychodidae (SB)

Suborden *Brachycera*

Stratiomidae (PN y SB)

Orden *Ephemeroptera*

Baetidae (PN y SB)

Caenidae

***Caenis* (SB)**

Orden *Hemiptera*

Suborden *Heteroptera*

Infraorden *Nepomorpha*

Pleidae

***Plea minutissima* (PN y SB)**

Notonectidae

***Notonecta* (PN y SB)**

Naucoridae

***Naucoris maculatus* (PN y SB)**

Corixidae (PN y SB)

Orden *Odonata*

Suborden *Anisoptera*

Aeshnidae (PN y SB)

Libellulidae (PN y SB)

Suborden *Zygoptera*

Coenagrionidae (PN y SB)

Phylum *Annelida*

Clase *Hirudinae*

Glossiphonidae (PN)

Clase *Oligochaeta*

Tubificidae (PN)

Phylum *Mollusca*

Clase *Bivalvia*

Sphaeriidae: ***Musculium (Sphaerium) lacustre* (PN)**

Clase *Gastropoda*

Ancylidae (Ferrissidae)

***Ferrissia clessiniana* (PN)**

Physidae

***Physella (Costatella) acuta* (PN y SB)**

Taxones predominantes

Existe un conjunto de macroinvertebrados, comunes a ambas balsas, que se caracterizan por una presencia permanente a lo largo de todo el año de muestreo y una frecuencia relativa importante (en ocasiones, superior al 50%). Vienen representados por cuatro familias: Baetidae, Chironomidae, Physidae y Corixidae.

Frecuencias relativas también importantes presentan dos taxones específicos de la balsa de Pina Norte: la clase Oligochaeta y la especie *Musculium lacustre* (Sphaeriidae).

La primera aparece a lo largo de todo el año, y alcanza su abundancia máxima en mayo-junio. Los oligoquetos muestran preferencia por los hábitats dominados por sedimentos (JEFFRIES, 2005) y son especialmente abundantes en aguas ricas en materia orgánica (ESTEBAN, 1997).

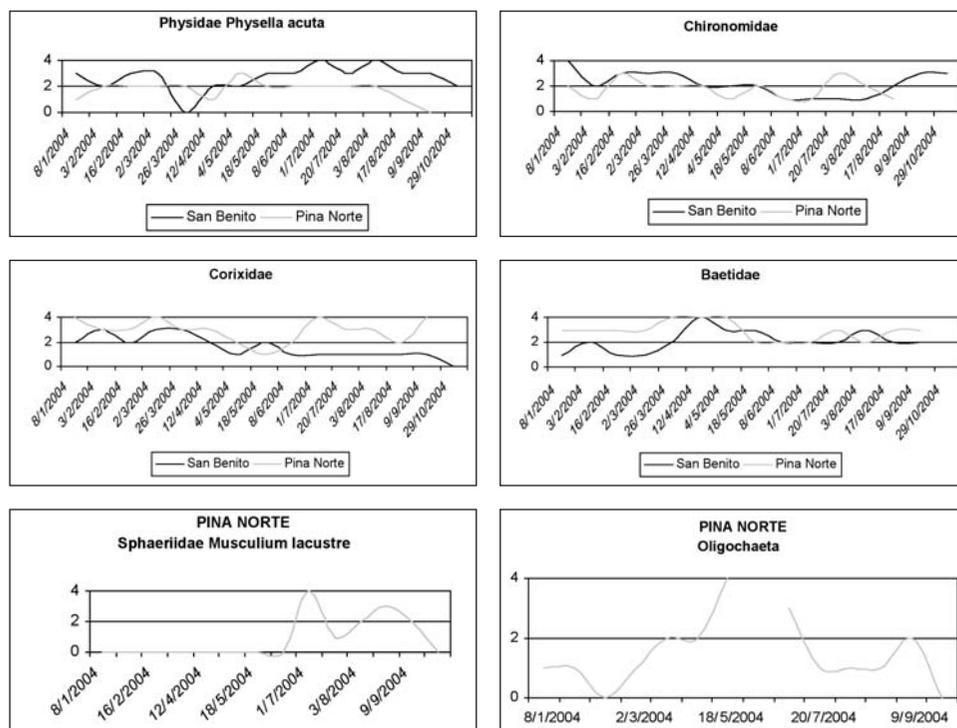


Fig. 12. Taxones que, al menos en una muestra, representan más del 50% (abundancia 4) del total de individuos.

El bivalvo *Musculium lacustre* presenta estrategias de reproducción que se adaptan a las condiciones climáticas donde se encuentra, a través de ciclos de vida cortos y periodos de diapausa (CONSTANZE et alii, 2001; MOUTHON, 2004). Su presencia es un buen indicador de aguas con una elevada calidad ecológica, debido a su gran sensibilidad a la contaminación al bioacumular contaminantes en la filtración.

Taxones diferenciales

Las comunidades de fauna acuática responden a la variabilidad ambiental existente entre las balsas de Pina Norte y San Benito; es decir, son los grupos que presentan las características biológicas y las estrategias ecológicas más apropiadas para cada tipo de hábitat los que van a ser seleccionados (TACHET et alii, 2003).

El estudio del conjunto de macroinvertebrados específico de cada balsa nos da una información clara sobre las propiedades de los ambientes colonizados y su comparación nos permitirá hacer un análisis de los posibles factores de variabilidad en las balsas de tierra de Los Monegros.

Se relaciona a continuación el listado de taxones específicos de cada balsa:

Taxones específicos de Pina Norte

Mollusca

Ferrissia clessiniana

Sphaeriidae Musculium lacustre

Anelida

Oligochaeta Tubificidae

Acheta Glossiphonidae

Coleoptera

Adephaga:

Hygrobiiidae Hygrobia hermanni

Dytiscidae Graphoderus

Dytiscidae Hyphydrus

Dytiscidae Laccophilus

Gyrinidae Gyrinus

Diptera

Chaoboridae Chaoborus

Taxones específicos de San Benito

Ephemeroptera

Caenidae Caenis

Diptera

*Culicidae sf. Culicinae**Psychodidae*

Coleoptera

Polyphaga:

*Hydrophilidae Enochrus**Hydrophilidae Hydrophilus**Helophoridae Helophorus**Dryopidae Dryops**Chrysomelidae Donaciinae Donacia*

Adephaga:

Halplidae Peltodytes

Destaca una predominancia de coleópteros, mejor adaptados a la vida acuática (suborden Adephaga), en Pina Norte, frente al suborden Polyphaga en San Benito.

En San Benito estos organismos se caracterizan por una abundancia relativa muy baja, inferior al 5%; aparecen de manera muy puntual en todo el año de muestreo, excepto la familia Caenidae (Fig. 13).

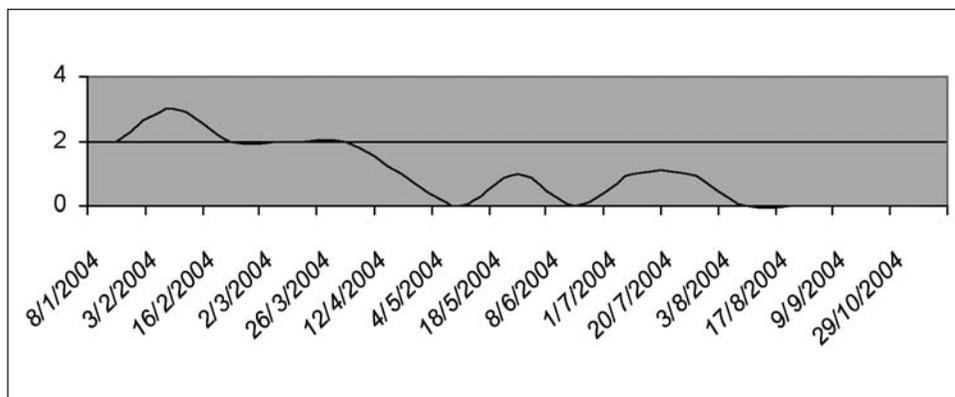


Fig. 13. Evolución de la abundancia relativa de la familia Caenidae en la balsa de San Benito.

Varios macroinvertebrados específicos de la balsa de Pina Norte presentan una abundancia relativa superior al 5% en diversas muestras a lo largo del año: *Oligochaeta*, *Musculium lacustre* (Sphaeriidae), *Ferrissia clessiniana* (Ancyliidae), *Laccophilus* (Dytiscidae) y *Chaoborus* (Chaoboridae) (Fig. 14).

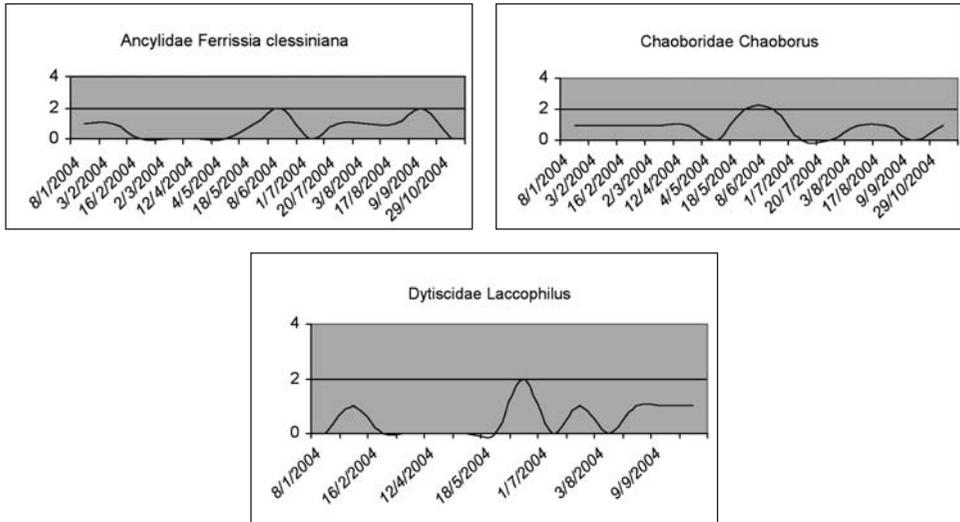


Fig. 14. Evolución de las abundancias relativas de diferentes familias en la balsa de Pina Norte.

Características biológicas

Los macroinvertebrados de Pina Norte tienden a alcanzar en su fase adulta tallas superiores a los de San Benito, con mayor tendencia a ciclos vitales largos (mayores que un año) y una sola generación por año, frente a varias.

Pina Norte tiene más organismos, frente a San Benito, cuya fase adulta es acuática, sin aparente afinidad por las puestas terrestres y con menor dispersión aérea activa.

En la balsa de Pina Norte las estrategias de oviposición más primitivas —huevos aislados— no se dan. Destaca el ovoviviparismo, debido al bivalvo *Musculium lacustre*. En San Benito los huevos o puestas son fijos, en su mayoría, y existen puestas terrestres (15%) (Fig. 15).

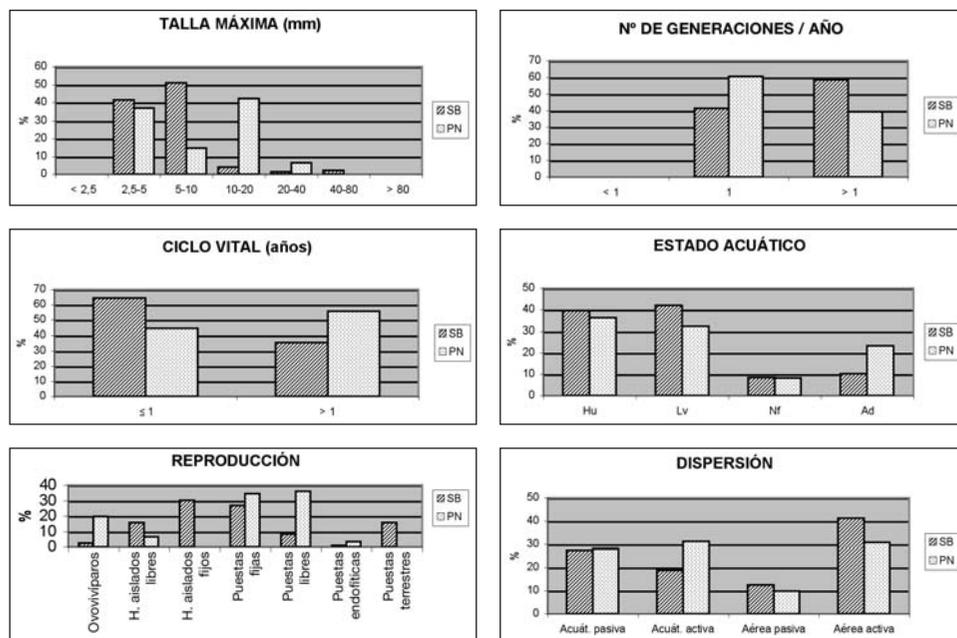


Fig. 15. Características biológicas de los macroinvertebrados de las balsas de estudio.

El 51% del tipo de alimento en San Benito lo constituyen los elementos orgánicos, principalmente finos (< 1 mm). El 35% de la alimentación es vegetal, ya sean micrófitos o macrófitos; el resto (14%), animal, principalmente animales muertos de tamaño mayor a 1 milímetro. En cuanto al modo de alimentación, el 37% de los macroinvertebrados específicos de esta balsa se alimentan de los sedimentos que se depositan y también ese mismo porcentaje utiliza como estrategia la fragmentación. Ambos sistemas de alimentación requieren poca especialización del aparato bucal.

En Pina Norte solo el 14% de la alimentación está basada en restos orgánicos. Los alimentos vegetales vivos, fundamentalmente micrófitos, representan el 23%, y es la predación de animales (micro y macroinvertebrados vivos) la principal fuente de alimentación (57%). Cobra relevancia en esta balsa la filtración de plancton frente a una ausencia de alimentación sobre el sedimento (Fig. 16). Destacan asimismo la predación directa (24%) y los organismos agujereadores (18%).

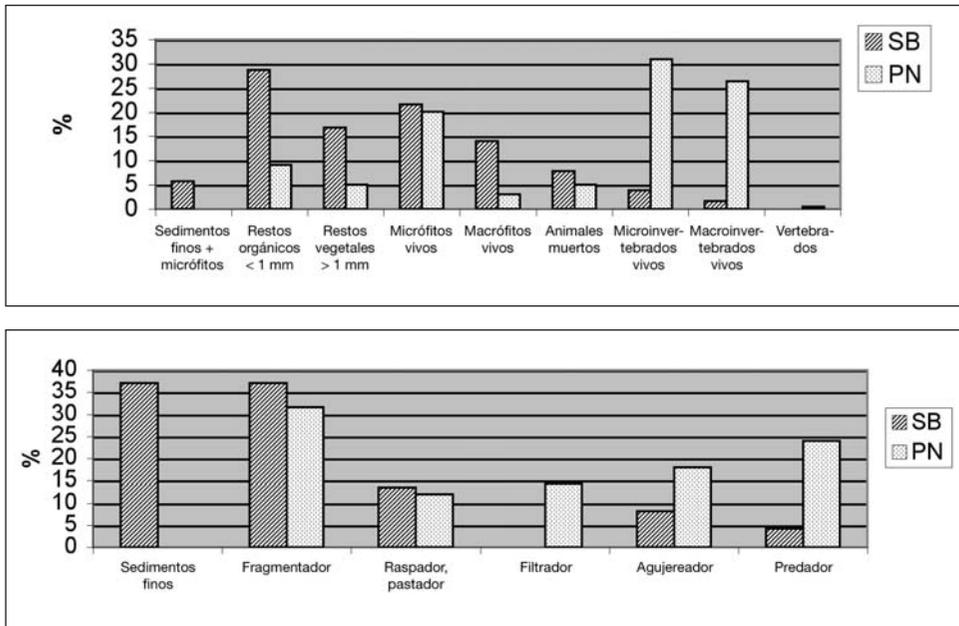


Fig. 16. Tipos y modos de alimentación de los macroinvertebrados en las balsas estudiadas.

Características ecológicas

Se observa, en general, una mayor amplitud ecológica en los organismos que habitan la balsa de San Benito que en los de Pina Norte. Esta viene reflejada en una mayor distribución altitudinal, un mayor número de humedales potencialmente colonizables y una mayor adaptación a corrientes de hasta 50 cm/s. En efecto, los macroinvertebrados acuáticos de San Benito pueden colonizar sistemas lóticos en mayor grado y parecen tener menor afinidad por sistemas más terrestrializados, como marismas y turberas, que Pina Norte.

En lo que se refiere al tipo de microhábitat preferido, existe una mayor afinidad en ambas balsas por aquellos donde la materia orgánica es dominante: ramas y raíces, hojarasca y fango; y por los vegetales, esencialmente macrófitos. Esta mayor afinidad por sustratos orgánicos frente a los minerales es algo superior en Pina Norte, donde los primeros representan el 74%, que en San Benito, con 67%.

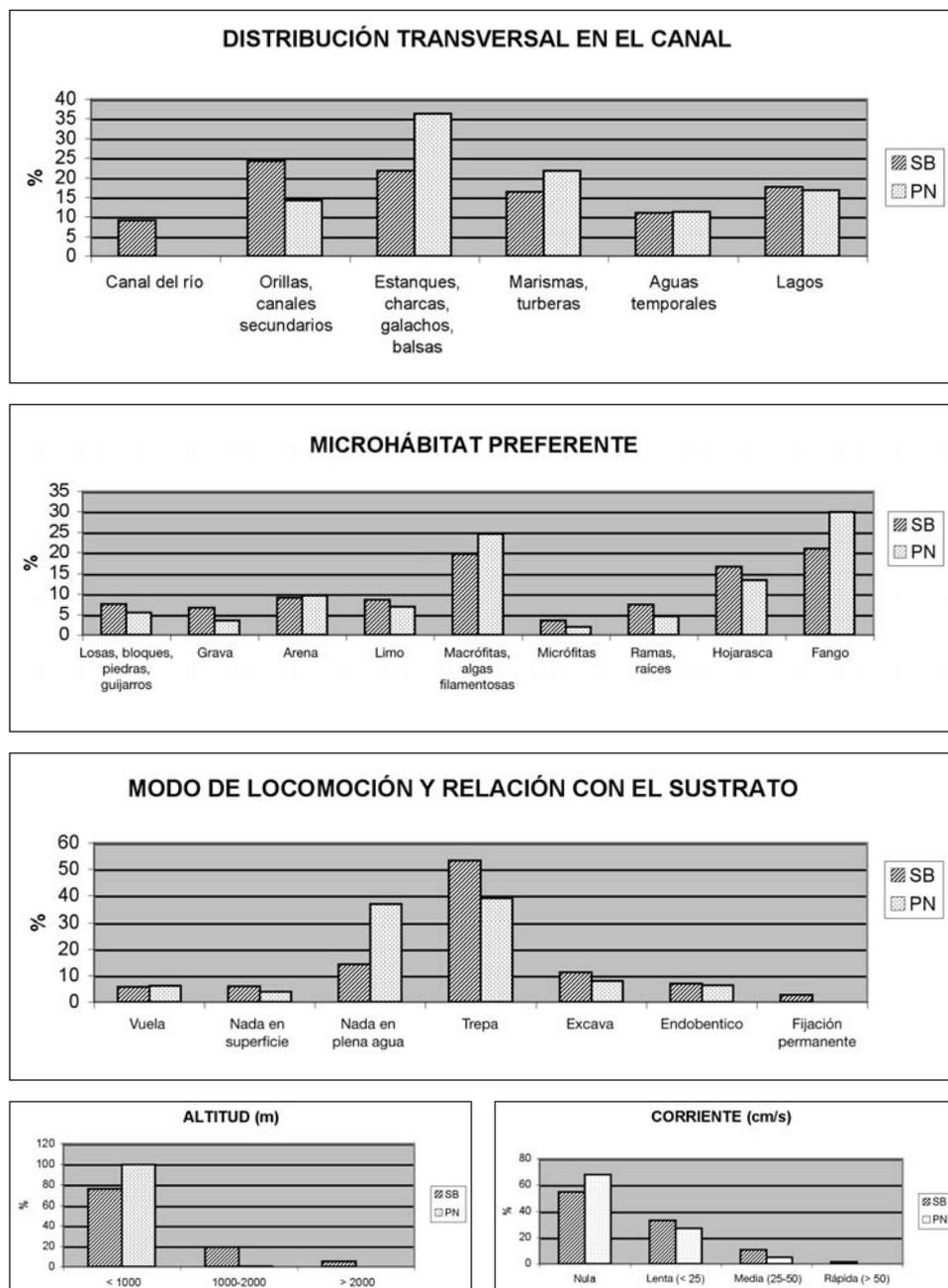


Fig. 17. Características ecológicas de los macroinvertebrados de las balsas de San Benito y Pina Norte.

El 53% de los macroinvertebrados específicos de la balsa de San Benito se desplazan adhiriéndose al sustrato; solo el 14% son planctónicos o nectónicos. En Pina Norte ambas modalidades de locomoción igualan su proporción, representando un 76% del total.

DISCUSIÓN

Son varios los parámetros diferenciadores que hemos podido determinar en las balsas de San Benito y Pina Norte tras su estudio: tamaño, sustrato geológico, estado evolutivo en el proceso de colmatación, conectividad, carga ganadera y, derivada de los anteriores, la hidrología e hidroquímica de sus aguas. Estos parámetros configuran dos ecosistemas distintos donde encontramos organismos adaptados a unas condiciones particulares.

Un mayor tamaño define una mayor heterogeneidad de hábitats, y, por tanto, una mayor riqueza taxonómica de macroinvertebrados (JEFFRIES, 2005); este no es el caso y ello es debido probablemente a un mayor efecto sobre dicha riqueza del estadio evolutivo.

Otro efecto importante del tamaño en este caso está muy relacionado con la carga ganadera. En efecto, la concentración de nutrientes es superior en Pina Norte, donde la capacidad de autodepuración no supera la frecuencia de paso del ganado. En San Benito, de superficie seis veces mayor y, por tanto, un volumen de agua importante, el sistema parece regular de manera eficaz una entrada de nutrientes mucho mayor (3000 ovejas diarias frente a unas 400). En este aspecto un tercer factor regulador, la litología, entra en juego. Así, la elevada concentración de Ca en la balsa de San Benito tendería a mantener la concentración de fósforo en el agua a un nivel más bajo (MARGALEF, 1983).

De este modo se produce en Pina Norte una sobrecarga de nutrientes que favorece el desarrollo de algas y disminuye la reserva de oxígeno en la zona más profunda. En consecuencia, los organismos específicos de esta balsa parecen evitar el sedimento como fuente de alimentación, apareciendo organismos con afinidad por aguas ricas en materia orgánica y resistentes al déficit de oxígeno (Tubificidae, Hirudinea) (ESTEBAN, 1997).

La variedad de balsas en el paisaje y su evolución a lo largo de los años conducen a la dispersión y distribución de los macroinvertebrados. Una

baja densidad de balsas en los territorios al sur de la sierra de Alcubierre generaría la colonización de dichos cuerpos de agua por organismos con una elevada capacidad de dispersión activa, es decir, aérea, ya que la conectividad hidrológica es prácticamente nula.

Este hecho parece reflejarse en varios aspectos ecológicos y biológicos de los organismos que han colonizado cada una de las balsas. Así, los grupos específicos de la balsa de San Benito presentan menos taxones cuya fase adulta es acuática y con una mayor proporción de organismos que realizan una aérea activa, con respecto a otras estrategias de dispersión, que Pina Norte. En esta última, además, los macroinvertebrados tienden a poner siempre sus huevos o puestas en el agua, mientras que en San Benito se dan casos de oviposición terrestre.

La colonización de la balsa de San Benito por macroinvertebrados desde otros ecosistemas acuáticos explicaría su elevada plasticidad ecológica, frente a una mayor especialización a ecosistemas lénticos más terrestrializados como son las balsas de tierra, especialmente en Pina Norte, donde el estado de colmatación es importante.

Quizá el factor más importante de variabilidad en las balsas de Los Monegros sea el estadio evolutivo en el proceso de su colmatación. A lo largo de dicho proceso se producen cambios en variables correlacionadas con la riqueza específica de macroinvertebrados acuáticos (ANGÉLIBERT et alii, 2004; DELLA BELLA et alii, 2005): grado de cobertura vegetal, riqueza florística, características fisicoquímicas y variabilidad nictemeral y/o vertical de parámetros como la temperatura, el oxígeno disuelto o el nivel del agua.

Estados de sucesión más avanzados son los más ricos biológicamente (BIGGS et alii, 2005). En ellos la mayor riqueza florística ofrece mayor diversidad de hábitats (TACHET et alii, 2003). Una mayor cobertura vegetal disminuye la tasa de predación de peces y anfibios y aumenta el área disponible para la colonización de distintas especies. En efecto, en Pina Norte es mayor la tendencia de los organismos a desplazarse en pleno agua (planc-tónicos o nectónicos), y mayores sus adaptaciones a la movilidad acuática (Coleoptera Adep-haga).

Una mayor complejidad en el sistema, así como una disminución de la presión de predadores de gran tamaño, en este caso anfibios, confiere un

papel importante a los macroinvertebrados en los niveles tróficos superiores de la balsa de Pina Norte. Del mismo modo, una concentración probablemente importante de zoo y fitoplancton —reflejada en una alta turbidez— potenciaría la aparición de organismos filtradores, como *Musculium lacustre*, cuya abundancia es significativa, y predadores de microinvertebrados. Por último, la relativamente importante población de oligoquetos serviría como fuente de alimento a otros taxones, como Glossiphonidae, algunas de cuyas especies pueden vivir también durante largo tiempo en condiciones de baja concentración e incluso ausencia de oxígeno (ESTEBAN, 1997).

Por último, las balsas que presentan estadios sucesionales más evolucionados comparten menos características ambientales con otro tipo de humedales y presentarían, por tanto, una fauna adaptada a unas condiciones más específicas. Ello explicaría también en parte la menor amplitud ecológica que presentaban los invertebrados de Pina Norte.

En este estudio no podemos hacer comparaciones en términos de riqueza específica al no haber determinado todos los taxones hasta dicho nivel. Sin embargo, la riqueza en familias es sensiblemente superior en Pina Norte, por posibles causas ya razonadas; aunque no hay que olvidar que la carga de nutrientes debido a la actividad ganadera en este tipo de humedales puede afectar a la riqueza específica (MENETREY et alii, 2005).

CONCLUSIONES

La composición y estructura funcional de las comunidades de macroinvertebrados de los ecosistemas estudiados no es homogénea, sino que se diversifica en función de factores tan diversos como el tamaño, el sustrato geológico, el estado evolutivo en el proceso de colmatación, la conectividad, la carga ganadera y, derivada de los anteriores, la hidrología e hidroquímica de sus aguas. En Los Monegros los distintos usos de estas balsas, así como su evolución histórica, han definido una red heterogénea que permite el mantenimiento de metacomunidades y tiene un papel fundamental en la biodiversidad acuática regional.

El estado evolutivo de las balsas es el principal factor diferenciador de las características del ecosistema, junto con la conectividad hidrológica. Los estadios más avanzados albergan taxones más especializados, así

como estructuras de las comunidades más complejas. Por otra parte, la conectividad permite la colonización de los humedales más recientes e influye en la composición taxonómica y funcional de las comunidades de macroinvertebrados.

Este estudio enfatiza sobre la necesidad de conservar una densidad de balsas en distintos estados evolutivos lo suficientemente alta como para mantener la biodiversidad acuática. Estudios más a fondo sobre el papel del proceso de colmatación y la conectividad en la composición, estructura y dinámica de estas comunidades de macroinvertebrados en las condiciones particulares de la región de Los Monegros permitirían llevar a cabo planes de gestión adecuados de ecosistemas tan valiosos como estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELIBERT, S.; MARTY, P.; CÉRÉGHINO, R., & GIANI, N. (2004). Seasonal variations in the physical and chemical characteristics of ponds: implications for biodiversity conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 14: 439-456.
- BIGGS, J.; WILLIAMS, P.; WHITFIELD, M.; NICOLET, P., & WEATHERBY, A. (2005). 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of pond conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 693-714.
- BRIERS, R. A., & BIGGS, J. (2005). Spatial patterns in pond invertebrate communities: separating environmental and distance effects. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 549-557.
- CONSTANZE, S.; O'TOOLE, S., & WILSON, J. G. (2001). Population dynamics of *Musculium lacustre* in Ireland's temperate climate. *Bulletin of the Malacological Society of London*, 37: 9.
- DELLA BELLA, V.; BAZZANTI, M., & CHIAROTTI, F. (2005). Macroinvertebrate diversity and conservation status for Mediterranean ponds in Italy: water permanence and mesohabitat influence. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 583-600.
- ESTEBAN, M. L. (1997). *El mirlo acuático (Cinclus cinclus L. 1758) en Navarra. Su importancia como indicador de calidad de aguas*. Tesis doctoral. Departamento de Zoología y Ecología. Universidad de Navarra. Pamplona.
- JEFFRIES, M. (2005). Small ponds and big landscapes: the challenge of invertebrate spatial and temporal dynamics for European pond conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 541-547.
- MARGALEF, R. (1948). *Flora, fauna y comunidades bióticas de las aguas dulces del Pirineo de la Cerdeña*. Zaragoza. Monografías de la Estación de Estudios Pirenaicos.

- MARGALEF, R. (1983). *Limnología*. Omega. Barcelona.
- MENETREY, N.; SAGER, L.; OERTLI, B., & LACHAVANNE, J.-B. (2005). Looking for metrics to assess the trophic state of ponds. Macroinvertebrates and amphibians. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 653-664.
- MOUTHON, J. (2004). Life cycle of *Musculium lacustre* (Bivalvia: Sphaeriidae) in the Saône river at Lyon (France): a curious life strategy. *Annales de Limnologie*, 40: 279-284.
- OERTLI, B.; BIGGS, J.; CÉRÉGHINO, R.; GRILLAS, P.; JOLY, P., & LACHAVANNE, J.-B. (2005). Conservation and monitoring of pond biodiversity: introduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 535-540.
- PEDROCCHI, C. (coord.) (1998). *Ecología de Los Monegros. La paciencia como estrategia de supervivencia*. IEA – Centro de Desarrollo de Monegros. Huesca.
- PEDROCCHI, C.; CERVANTES, J.; SANTAFÉ, J., & IPAS, M. (2002). *Inventario de los recursos hídricos de la comarca de Los Monegros*. Instituto de Estudios e Investigación de Los Monegros, Grañén (Huesca). (Inédito).
- PEDROCCHI, C., & CERVANTES, J. (2007). Los Monegros: la figura de parque nacional y el desarrollo socioeconómico de la comarca. En G. HALFFTER, S. GUEVARA & A. MELIC (eds.). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*: 263-271. SEA (Monografías Tercer Milenio). Zaragoza.
- TACHET, H.; RICHOUX, P.; BOURNAUD, M., & USSEGLIO-POLATERA, P. (2003). *Invertebrés d'eau douce (systématique, biologie, écologie)*. CNRS. París.
- WETZEL, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press. San Diego.