

## Acque temporanee: biodiversità, funzioni ecosistemiche, vulnerabilità e sensibilità ai cambiamenti climatici<sup>§</sup>

Fabio Stoch<sup>1\*</sup>, Luigi Naselli-Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dip. di Medicina clinica, Sanità pubblica, Scienze della vita e dell'ambiente – Univ. dell'Aquila, Via Vetoio s.n.c., Coppito – 67100 L'Aquila

<sup>2</sup> Dip. di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche – Univ. di Palermo, Via Archirafi, 38 – 90123 Palermo

\* Autore referente per la corrispondenza: fabio.stoch@gmail.com

Pervenuto il 10.2.2014; accettato il 19.3.2014

### Riassunto

Le acque temporanee contribuiscono alla biodiversità regionale con una ricchezza specifica sproporzionatamente elevata in rapporto all'esigua superficie da esse occupata. Questa breve nota descrive le ragioni che determinano tale diversità biologica, analizza l'importanza delle acque temporanee come *hotspot* di biodiversità e sottolinea come questi ecosistemi rappresentino un valido strumento per valutare l'impatto delle attività umane sul Pianeta. In aggiunta, le acque temporanee sono particolarmente vulnerabili agli effetti dei cambiamenti climatici che ne influenzano l'idroperiodo e ne riducono la numerosità sul territorio. A ciò si aggiunge la distruzione diretta operata dalle attività antropiche per una mancanza di riconoscimento di questi ambienti come ecosistemi acquatici dotati di biota particolarmente ricchi e diversificati. L'effetto sinergico di cambiamenti climatici e attività antropiche rischia di causare la scomparsa di questi ambienti e di un numero considerevole di specie il cui ciclo vitale è strettamente dipendente dalla loro natura temporanea. Per scongiurare una notevole erosione della diversità biologica delle acque interne italiane e per la tutela della biodiversità a livello regionale e nazionale è improcrastinabile una oculata gestione territoriale, volta a preservare ed eventualmente favorire la creazione di nuovi ecosistemi acquatici temporanei.

PAROLE CHIAVE: acque temporanee / cambiamenti climatici / biodiversità / gestione / ripristino

### Temporary waters: biodiversity, functional ecology, vulnerability and susceptibility to climate change

Temporary waters contribute to regional diversity disproportionately compared to the Earth's surface they cover. This short note i) describes the reasons underlying this biological diversity, ii) analyzes the importance of temporary waters as hotspots of biodiversity and iii) stresses how these ecosystems represent a valuable tool to evaluate the impact exerted by human activities on our Planet. Moreover, temporary waters are strongly impacted by the climate change, which modifies their hydroperiod and reduces their spatial density. When these effects are coupled with direct destruction operated by human activities (they are hardly recognized as aquatic ecosystems with an extraordinary rich biodiversity) a large portion of species, whose life cycles are strictly dependent upon the temporary nature of these ecosystems, is endangered. To lower the risk of a significant decrease of biological diversity of Italian inland waters, and to safeguard regional and national biodiversity, a sound management of the whole territory, addressed to preserve the existing and eventually to create new temporary ecosystems, can not be further delayed.

KEY WORDS: temporary waters / climate change / biodiversity / management / restoration

### BIODIVERSITÀ E FUNZIONI ECOSISTEMICHE DELLE ACQUE TEMPORANEE

Negli ultimi anni si è diffusa in Europa e nel mondo una crescente consapevolezza dell'importanza che le piccole acque temporanee (pozze, stagni, paludi e acquitrini) svolgono nella conservazione della biodi-

versità acquatica (Rosset *et al.*, 2012) e come indicatori della sostenibilità delle azioni umane sul funzionamento del Pianeta (Cairns, 2001). Esse ospitano complessivamente un numero di specie (in particolare spe-

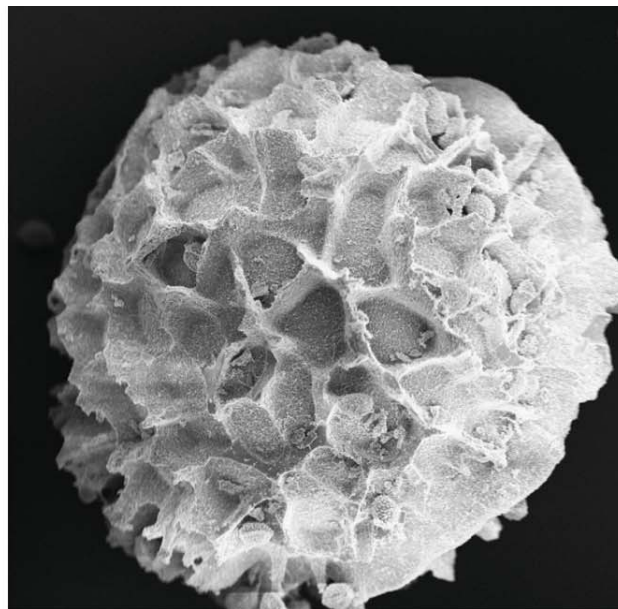
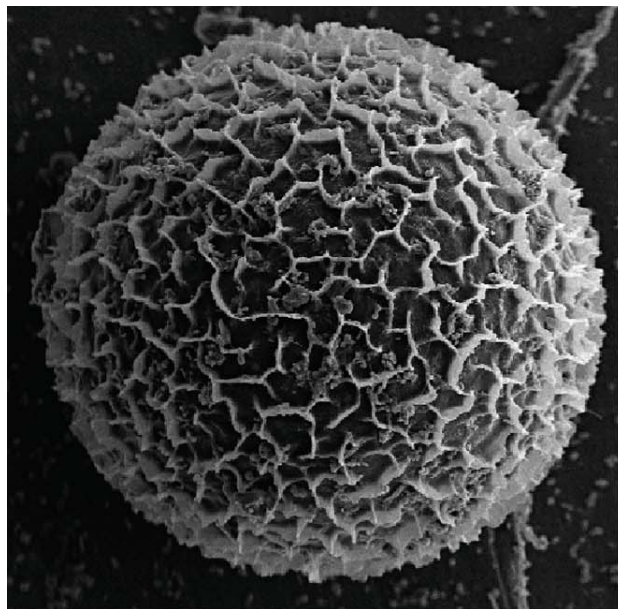
<sup>§</sup> Insetto speciale *Stato attuale e tendenze evolutive negli ecosistemi di acque interne e di transizione in Italia*, a cura di Pierluigi Viaroli

cie rare, vulnerabili e minacciate) particolarmente elevato rispetto ad altri ecosistemi acquatici continentali come fiumi e laghi (Stoch, 2005; Williams *et al.*, 2004). In questi ambienti frequentemente coesistono numerose specie affini da un punto di vista tassonomico, trofico e funzionale che, date la ridotta estensione e profondità, sembrano violare le regole della competizione (Hutchinson, 1959). Ciò è spiegabile considerando l'elevata, ma non appieno compresa in tutte le sue implicazioni spaziali e temporali, eterogeneità ambientale che si realizza in questi ecosistemi. Solo considerando a titolo di esempio la carinofauna, gli stagni temporanei possono ospitare in modo esclusivo più del 60% degli organismi presenti negli ecosistemi acquatici di una data area (Marrone *et al.*, 2009). Le aree ricche di piccole acque hanno inoltre il ruolo di corridoi ecologici nelle reti di ambienti acquatici, svolgendo un ruolo fondamentale nel tessuto paesaggistico e fungendo da ambienti filtro per la depurazione delle acque che vengono drenate dal reticolo idrico superficiale (Céréghino *et al.*, 2014).

Numerosi organismi popolano le acque temporanee in modo esclusivo e richiedono obbligatoriamente una fase asciutta per compiere il loro ciclo vitale (basti ricordare anostraci, notostraci, spinicaudati e numerose specie di rotiferi, cladoceri e copepodi). Altri organismi (alghe, felci e piante vascolari) sono in grado di modificare il loro ciclo vitale modulandolo su base annuale in sincronia con il periodo in cui è presente

l'acqua (Naselli-Flores e Barone, 2012). In tutti i casi, il superamento della fase di asciutta avviene attraverso la produzione di forme di resistenza (Fig. 1). La sopravvivenza delle specie è dunque legata ai banchi di semi, spore, uova durature e cisti nei sedimenti ed è comune riscontrare che non tutte le specie potenzialmente presenti in un certo ecosistema acquatico temporaneo si manifestino allo stadio adulto nello stesso anno. La composizione specifica di questi ecosistemi è pertanto variabile di anno in anno ed è influenzata da una serie di parametri meteo-climatici quali intensità e frequenza degli eventi piovosi e periodo di primo riempimento (Marrone *et al.*, 2006).

Le acque temporanee costituiscono inoltre i siti riproduttivi prevalenti di alcuni anfibi come le raganelle (genere *Hyla*) e i rospi smeraldini (genere *Bufo*). Entrambi i generi sono presenti in Italia con quattro specie, alcune delle quali endemiche; in questi ambienti gli stadi larvali evitano la pressione predatoria da parte dei pesci. Nelle zone meno ricche di acque permanenti, anche i rettili del genere *Emys* (testuggini palustri presenti in Italia con due specie e varie sottospecie) possono utilizzare le acque temporanee come siti riproduttivi. In tutti questi casi, la sopravvivenza delle specie è spesso garantita da metapopolazioni, che occupano non uno, ma una serie di piccoli bacini limitrofi; le specie che popolano stagni isolati o periferici sono generalmente più soggette ad estinzione (fenomeno legato alla gerarchizzazione –*nestedness*– delle faune).



**Fig. 1.** Forme di resistenza. A sinistra, cisti di *Chirocephalus* sp., un crostaceo anostraco che popola gli stagni temporanei (foto di Federico Marrone). A destra, megaspore di *Isoetes* sp., una pteridofita che caratterizza gli stagni temporanei mediterranei. È interessante notare la somiglianza morfologica e dimensionale (entrambe le forme di resistenza hanno un diametro di circa mezzo millimetro) che probabilmente favorisce la dispersione.

È importante sottolineare che i principali parametri ecologici responsabili della struttura biotica degli ecosistemi acquatici temporanei sono il loro idroperiodo (cioè la durata della fase acquatica, generalmente dipendente dal regime termo-pluviometrico) e la loro connettanza (che dipende dal numero di ecosistemi acquatici presenti in una data area, dalla loro reciproca distanza e dalla presenza di barriere tra di essi).

Nonostante l'elevato valore della biodiversità in questi ambienti, le conoscenze floro-faunistiche sono oggi buone soprattutto per l'area alpina ed appenninica settentrionale, per i boschi planiziali residui dell'area tirrenica e, in base a recenti ricerche, per Puglia, Sicilia e Sardegna. Questa distribuzione "a macchia di leopardo" delle conoscenze purtroppo impedisce ancora l'individuazione di *hotspot* di biodiversità, che sembrano comunque localizzarsi nelle aree planiziarie mediterranee.

#### GRADO DI MINACCIA DI SPECIE E HABITAT

Le acque temporanee sono generalmente ecosistemi di piccole dimensioni e poco profondi, riconoscibili come tali solo durante la loro fase acquatica. Nelle zone caratterizzate dal clima Mediterraneo, tale fase

coincide con il periodo piovoso autunno-invernale. La lunghezza del loro idroperiodo varia da poche settimane a 6-9 mesi in relazione alle caratteristiche morfologiche dei diversi ambienti (Fig. 2). Al contrario, durante il periodo secco appaiono come depressioni del suolo, purtroppo spesso usate come discariche abusive di immondizie e detriti. Peraltro, a causa delle loro ridotte dimensioni, questi ecosistemi sono particolarmente sensibili all'inquinamento prodotto da fertilizzanti, pesticidi e rifiuti di varia origine.

L'antropizzazione del territorio è dunque la principale minaccia per le acque temporanee; l'ampliamento, la crescita e l'estensione delle aree urbanizzate e della rete viaria, nonché le pratiche agricole intensive sono le cause principali della rarefazione di questi habitat. D'altra parte, un ampio numero di piccole raccolte d'acqua è stato creato ad opera dell'uomo: gli stagni di paese e gli abbeveratoi erano un tempo prezioso supporto ad un'economia di tipo rurale. Il declino delle attività pastorali e la mancanza di manutenzione dei bacini hanno rapidamente portato alla scomparsa di questi ambienti per un rapido processo di interrimento. Un rischio opposto al riempimento è invece rappre-



**Fig. 2.** Un esempio dell'aspetto invernale (a sinistra) ed estivo (a destra) di stagni temporanei della Sicilia (foto di Federico Marrone).

sentato dal fatto che queste depressioni vengono talora rese più profonde e convertite in ambienti permanenti da sfruttare ad uso irriguo, antincendio, o come risorsa idrica per la selvaggina, paradossalmente perché si ritiene che ciò possa proteggere e favorire gli uccelli acquatici e gli anfibi; queste trasformazioni spesso distruggono completamente il biota originale (Nielsen *et al.*, 2013).

La scomparsa di questi ambienti è stimata tra il 60% e l'80% ogni 30 anni, come risulta dai dati ricavati per le aree carsiche dell'Italia nord-orientale (Stoch, 2005). Il tasso di estinzione risulta più elevato (78%) per le pozze di area compresa tra 2 e 20 m<sup>2</sup> e lievemente inferiore (66%) per gli stagni con area maggiore di 20 m<sup>2</sup>. Con tassi di estinzione così elevati si può ritenere che le piccole acque del nostro Paese siano prossime alla completa scomparsa.

Un ulteriore fattore di minaccia per il biota delle piccole acque temporanee è rappresentato dall'introduzione di specie aliene; tra le idrofite non radicanti le più invasive sono ad esempio l'azolla (*Azolla filiculoides*) e la lenticchia minuscola (*Lemna minuta*) che si sta diffondendo velocemente in tutto il territorio nazionale, mentre per la fauna ricordiamo la marcata presenza del gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*), ormai diffuso in tutte le paludi e gli stagni di maggiori dimensioni dell'Italia peninsulare e insulare; questo predatore resiste bene al disseccamento dei bacini. Nei periodi d'invaso sono spesso introdotti negli stagni temporanei anche la gambusia (*Gambusia holbrooki*), accanto a pesci rossi (*Carassius auratus*). Non mancano gli alieni nemmeno tra gli anfibi (*Xenopus laevis* si sta diffondendo rapidamente in Sicilia) e tra i rettili, con le trachemidi (*Trachemys scripta*) che continuano ad essere liberate in moltissimi stagni e paludi. Essendo le specie aliene predatrici di inverte-

brati, girini e uova di anfibi, sono capaci di annullarne i successi riproduttivi e modificare la composizione specifica della fauna dei piccoli bacini.

Numerose sono le specie legate alle piccole raccolte d'acqua che rischiano l'estinzione. Tra le piante ricordiamo le pteridofite tra cui *Isoetes velata*, limitata a poche, isolate stazioni mediterranee e *Pilularia minuta*, presente ormai solamente in poche pozze della Sardegna, o ancora *Ranunculus batrachioides*, specie esclusiva di luoghi inondata solo d'inverno, di cui sono note stazioni relitte solo in Sardegna e Spagna. Tra le specie animali, sono fortemente a rischio, oltre ai noti anfibi, numerosi invertebrati acquatici, tra cui i notostraci dei generi *Triops* e *Lepidurus* (Fig. 3), molti anostraci (Fig. 3) e, tra gli insetti, numerosi odonati.

Alla scarsa protezione di tali ambienti contribuisce la carenza normativa. Particolare rilievo per le paludi ed altre acque "minori" avrebbero dovuto assumere l'emanazione della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), che purtroppo non le contempla. La Direttiva Habitat (92/43/CEE) costituisce a tutt'oggi il miglior strumento di tutela di questi ambienti (integrata per le paludi dalla Direttiva Uccelli, 79/409/CEE). Le specie di piante e di anfibi dell'allegato IV probabilmente costituiscono lo strumento più idoneo per tutelare pozze e piccoli stagni. Nell'allegato I vi è infatti un unico habitat prioritario italiano, costituito dagli "Stagni temporanei mediterranei" (codice 3170).

### EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE ACQUE TEMPORANEE

Le acque temporanee sono considerate "sistemi sentinella per il monitoraggio del *global change*" (Céréghino *et al.*, 2008). Il cambiamento climatico globale crea drastiche alterazioni del ciclo idrologico di questi ambienti, tipicamente stagionali, prolungando i periodi



Fig. 3. A sinistra *Lepidurus lubbocki*, un crostaceo notostraco; a destra maschio di *Chirocephalus diaphanus*, un crostaceo anostraco (foto di Damiano Vagaggini). Entrambi gli organismi popolano esclusivamente pozze e stagni temporanei.

di siccità soprattutto nella regione biogeografica mediterranea. I cambiamenti climatici previsti per l'area Mediterranea, caratterizzati da una diminuzione della piovosità ed un aumento dell'aridità (si veda Naselli-Flores e Lugliè, questo volume) costituiscono un ulteriore elemento di pericolo per questi ecosistemi.

Gli studi condotti su questi ambienti chiaramente mostrano come l'andamento annuale delle temperature e delle precipitazioni condizioni l'inizio e la durata dell'idrofase determinando la struttura e la dinamica del loro biota (Bazzanti *et al.*, 2009; Della Bella *et al.*, 2005; Naselli-Flores e Barone, 2002; Solimini *et al.*, 2005). Peraltro questi cambiamenti possono causare talora un arricchimento in specie (Rosset *et al.*, 2010), dovuto però ad elementi banali che sostituiscono le specie ad elevato valore conservazionistico. Questo problema si va ad aggiungere al generale degrado e alla progressiva scomparsa di questi ambienti per effetto dell'impatto antropico e ne incrementa il già elevato tasso di estinzione. La capacità di adattamento di questi ambienti ai cambiamenti climatici è pertanto minima.

Le variazioni dell'idroperiodo indotte dai cambiamenti climatici sui cicli biologici delle specie e sulla dinamica dei sistemi modificano dunque le successioni ecologiche naturali ed accelerano i processi di interrimento, con conseguente perdita della funzionalità ecosistemica e della connettanza. Studi condotti su questi ambienti chiaramente mostrano come l'andamento annuale delle temperature e delle precipitazioni condizioni l'inizio e la durata dell'idrofase determinando la struttura e la dinamica del loro popolamento (Bazzanti *et al.*, 2009). Ne segue che alterazioni climatiche anche lievi possono modificare profondamente il funzionamento di questi ecosistemi: ad esempio, Barone *et al.* (2010), in uno studio sul Biviere di Gela (uno dei due siti Ramsar della Sicilia), hanno evidenziato che l'aumento di temperatura media annuale dell'aria di 0,6 °C riscontrato negli ultimi venti anni, pur non accompagnato da una significativa diminuzione della piovosità, è stato sufficiente ad incrementare i tassi di evapotra-

spirazione in modo da rendere negativo il bilancio idrico del Biviere, con una contrazione della profondità massima da 8 m ad 1 m.

## MISURE DI MITIGAZIONE E INTERVENTI DI RIPRISTINO

Le misure di mitigazione e di adattamento di questi fragili ecosistemi di ridotte dimensioni sono spesso problematiche. Deviazione di parte dell'acqua da vicini bacini permanenti per alimentare gli ambienti temporanei possono causare drastiche alterazioni del biota con l'introduzione di specie indesiderate, oltre a sconvolgere l'idroperiodo e l'andamento termico. Sono pertanto da preferirsi i piccoli interventi di manutenzione e ripristino mirati a rallentare i processi di interrimento degli specchi d'acqua, asportando immondizie e detriti, rimuovendo le essenze vegetali invasive, accanto ad una desiderabile rimozione delle specie alloctone, che potrebbero trarre vantaggio in situazioni critiche. Di grande rilievo è anche il ripristino nonché la ricostruzione ex-novo di alcuni siti, al fine di ristabilire complessi di stagni ad elevata connettanza. In Inghilterra l'associazione *Pond Conservation* ha proposto di recente, ed in parte già realizzato, un progetto per ripristinare un milione di stagni, come recentemente annunciato da BBC News (Harrabin, 2012), mentre in Italia gli interventi sono ancora molto localizzati. Fortunatamente gli interventi di ripristino dei piccoli stagni e delle pozze sono stati spesso coronati da successo (Stoch, 2005). Una certa cura deve essere posta nell'impermeabilizzazione del fondo con metodi naturali e nella scelta del periodo dell'anno in cui effettuare il ripristino (quando la ricchezza specifica è più bassa e non vi sono anfibi in riproduzione). Se trattasi di ripristino di ambienti non ancora completamente interrati, la conservazione in acquari di campioni di piante, invertebrati e anfibi in attività o svernanti che vengono recuperati nel sito consentirà di reintrodurre nell'ambiente ripristinato organismi locali accelerando la ricolonizzazione ed evitando inopportune trasfaunazioni.

## Bibliografia

- Barone R., Castelli G., Naselli-Flores L., 2010. Red sky at night cyanobacteria delight: the role of climate in structuring phytoplankton assemblage in a shallow, Mediterranean lake (Biviere di Gela, southeastern Sicily). *Hydrobiologia*, **639**: 43-53.
- Bazzanti M., Della Bella V., Grezzi F., 2009: Functional characteristics of macroinvertebrate communities in Mediterranean ponds (Central Italy): influence of water permanence and mesohabitat type. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, **45**: 29-39.
- Cairns J., 2001. The role of reservoirs in sustainable use of the planet. *Hydrobiologia*, **457**: 61-67.
- Cérèghino R., Biggs J., Oertli B., Declerck S., 2008. The ecology of European ponds: defining the characteristics of

- a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia*, **597**: 1-6.
- Céréghino R., Boix D., Cauchie H.-M., Martens K., Oertli B., 2014. The ecological role of ponds in a changing world. *Hydrobiologia*, **723**: 1-6.
- Della Bella V., Bazzanti M., Chiarotti F., 2005. Macroinvertebrate diversity and conservation status of Mediterranean ponds in Italy: water permanence and mesohabitat influence. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **15**: 583-600.
- Harrabin, J., 2012: Push to create a million UK ponds. BBC News, Science & Environment, 18 September 2012: <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-19624009>.
- Hutchinson G.E., 1959. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist*, **93**: 145-159.
- Marrone F., Barone R., Naselli-Flores L., 2006. Ecological characterization and cladocerans, calanoid copepods and large branchiopods of temporary ponds in a Mediterranean island (Sicily, southern Italy). *Chemistry and Ecology*, **22**(1): 181-190.
- Marrone F., Castelli G., Naselli-Flores L., 2009. Sicilian temporary ponds: An overview of the composition of their crustacean biota. In: Fraga i Arguimbau, P. (ed.), *International Conference on Mediterranean Temporary Ponds. Proceedings & Abstracts*. Consell Insular de Menorca. Recerca, 14. Maó, Menorca: 111-129.
- Naselli-Flores L., Barone R., 2002. Limnology of a small, temporary pond: the Pond of Santa Rosalia (Sicily, Italy). *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **28**: 1673-1677.
- Naselli-Flores L., Barone R., 2012. Phytoplankton dynamics in permanent and temporary Mediterranean waters: is the game hard to play because of hydrological disturbance? *Hydrobiologia*, **698**: 147-159.
- Nielsen D.L., Podnar K., Wats R.J., Wilson A.L., 2013. Empirical evidence linking hydrologic stability with decreased biotic diversity within wetlands. *Hydrobiologia*, **708**: 81-96.
- Rosset V., Lehmann A., Oertli B., 2010. Warmer and richer? Predicting the impact of climate change on biodiversity in small temperate waterbodies. *Global Change Biology*, **16**: 2376-2387.
- Rosset V., Simaika J.P., Arthaud F., Bornette G., Vallod D., Samways M.J., Oertli B., 2012. Comparative assessment of scoring methods to evaluate the conservation value of pond and small lake biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. DOI: 10.1002/aqc.2287.
- Solimini A.G., Della Bella V., Bazzanti M., 2005. Macroinvertebrate size spectra of Mediterranean ponds with differing hydroperiod length. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **15**: 601-611.
- Stoch F. (ed.), 2005. Pools, ponds and marshland. Italian Habitats. *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e Museo Friulano di Storia Naturale*, **11**: 1-158.
- Williams P., Whitfield M., Biggs J., Bray S., Fox G., Nicolet P., Sear D., 2004. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation*, **115**: 329-341.

La pubblicazione di questo articolo (qui in anteprima, con numerazione delle pagine provvisoria) è prevista nel n. 2/2014 di *Biologia Ambientale*, la rivista del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (CISBA). La rivista non è distribuita in abbonamento, ma è inviata ai soli soci. Per iscriverci o per informazioni contatta il segretario del CISBA, Roberto Spaggiari (334 9262826; [info@cisba.eu](mailto:info@cisba.eu)) o visita il sito [www.cisba.eu](http://www.cisba.eu)