

**I volontari nel monitoraggio marino per la conservazione: Missione
Hippocampus Mediterraneo, uno studio sulla distribuzione dei cavallucci
eseguito in collaborazione con i subacquei ricreativi**

Stefano Goffredo¹, Corrado Piccinetti², Francesco Zaccanti¹

¹ Department of Evolutionary and Experimental Biology
University of Bologna
Via F. Selmi 3
I- 40126
Bologna
Italy

² Laboratory of Fisheries and Marine Biology
University of Bologna at Fano
Viale Adriatico 1/N
I-61032 Fano (Ps)
Italy

Riassunto: I cavallucci marini (*Hippocampus*) sono distribuiti nelle regioni tropicali e temperate. Le loro principali caratteristiche biologiche li rendono di per se organismi molto delicati e vulnerabili. La degradazione generalizzata dei loro habitats e la notevole pressione di pesca cui sono soggetti hanno provocato importanti decrementi numerici delle popolazioni naturali, a tal punto che l'intero genere è oggi considerato a rischio di estinzione. Il monitoraggio dello stato delle popolazioni naturali è essenziale per pianificare azioni specifiche di conservazione; al tal scopo, i cittadini, quando stimolati, coinvolti e formati correttamente, possono contribuire all'acquisizione d'informazioni. La "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" ha rappresentato il primo studio condotto nei mari italiani sulla distribuzione geografica ed ecologica delle due specie di cavallucci marini presenti in Mediterraneo: *Hippocampus hippocampus* e *Hippocampus ramulosus*. Per la raccolta dei dati è stata richiesta la collaborazione dei subacquei ricreativi, mediante il coinvolgimento delle principali agenzie di didattica subacquea operanti in Italia. Un'apposita scheda di rilevamento è stata prodotta e distribuita nelle scuole di subacquea e nei centri d'immersione. Le guide e gli istruttori subacquei hanno seguito degli stages di formazione e successivamente, sui punti d'immersione, hanno coinvolto i subacquei nella compilazione della scheda. In tre anni 2536 subacquei ricreativi volontari hanno eseguito 6077 ore d'immersione, registrando 8827 schede di rilevamento. Lo 8.4% delle schede registrate ha riportato l'avvistamento di cavallucci, per un totale di 3061 esemplari osservati, dei quali la netta maggioranza (68.4%) è risultata appartenere alla specie *Hippocampus ramulosus*. La distribuzione geografica delle due specie di cavallucci è risultata piuttosto sovrapposta. L'area con la maggior abbondanza di cavallucci è risultata quella adriatica settentrionale, seguita da quella tirrenica centro-meridionale. L'area con la minor presenza di cavallucci è risultata quella ligure e tirrenica settentrionale. Il fondale sabbioso, la prateria di posidonia e la bassa profondità sono risultati essere le caratteristiche salienti dell'habitat dei cavallucci marini nei mari italiani. I risultati generali di questa ricerca indicano che nel Mediterraneo italiano persiste ancora una discreta presenza delle due specie che però non risulta uniformemente distribuita. È ipotizzato che la distribuzione dei cavallucci possa essere correlata ad un degrado più o meno spinto delle praterie di posidonia. La "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" ha dimostrato che i cittadini sono interessati a partecipare ai monitoraggi biologici e che sono in grado di fornire sia un contributo scientifico, riuscendo a svolgere in un tempo relativamente breve un considerevole lavoro di osservazione e monitoraggio dell'ambiente, sia un contributo economico, sostenendo parte delle spese della ricerca. Il limite più importante rivelatosi nella collaborazione con i volontari è stato quello della difficoltà ad ottenere un campionamento uniformemente distribuito, sia nel tempo sia nello spazio. Noi riteniamo che la subacquea ricreativa possa essere utile al monitoraggio degli ambienti marini e che la "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" possa rappresentare un modello per il monitoraggio della biodiversità, esportabile in altri paesi e/o in altri biomi.

Introduzione

I cavallucci marini sono quei pesci appartenenti al genere *Hippocampus* (Syngnathiformes, Syngnathidae), la cui evoluzione risale ad almeno 40 milioni di anni fa (Vincent 1996). Secondo Lourie et al. (1999) ne esistono 32 specie distribuite nelle regioni tropicali e temperate, tra 45°N e 45°S, dove colonizzano le formazioni coralline, gli habitat a mangrovie e le praterie a fanerogame marine. Gli individui adulti hanno dimensioni massime che variano tra 10 e 300 mm. Hanno un comportamento marcatamente stanziale e nuotano esclusivamente mediante il movimento ondulatorio della pinna dorsale e delle pinne pettorali. L'ondulazione delle pinne permette ai cavallucci di muoversi lentamente con una buona capacità di manovra e di raggiungere piano piano e di sorpresa le prede, rappresentate in maggioranza da piccoli crostacei (Lourie et al. 1999). Il movimento molto lento, assieme alla forma e al colore del corpo, gli permette di mimetizzarsi efficacemente e quindi di nascondersi ai predatori (Blake 1980). Durante la stagione riproduttiva annuale, dopo una complessa fase di corteggiamento, i cavallucci marini formano coppie che di regola presentano una monogamia sessuale (Jones et al. 1998; Kvarnemo et al. 2000). Durante la fase di corteggiamento i maschi competono fortemente fra di loro, mentre sono le femmine a scegliere il compagno (Vincent et al. 1992; Vincent 1994a; Masonjones & Lewis 1996). Nell'ambito della stessa stagione riproduttiva, le coppie si corteggiano e copulano più volte, con una frequenza che dipende dalla temperatura dell'acqua, dando origine perciò a più eventi riproduttivi. Inoltre, è il maschio che provvede alla cura della prole, incubando gli embrioni in un marsupio ventrale posto alla base della coda. All'interno del marsupio gli embrioni si sviluppano separati dall'ambiente esterno sino a quando non vengono "partoriti" come giovani indipendenti, in numero limitato (massimo alcune centinaia per volta) (Linton & Soloff 1964; Vincent 1994a, b; Vincent & Sadler 1995; Masonjones & Lewis 1996). Le pareti epiteliali del marsupio del maschio sono altamente vascolarizzate e regolano negli embrioni in via di sviluppo gli scambi gassosi, la pressione osmotica e la rimozione dei cataboliti (Strawn 1958, Vincent 1990, Wetzel 1995). Il basso tasso riproduttivo, la monogamia, il comportamento stanziale e la distribuzione frammentata delle specie sono le principali caratteristiche biologiche che rendono i cavallucci marini organismi molto delicati e vulnerabili (Vincent 1995).

Sin dai tempi più antichi i cavallucci marini sono stati al centro di miti o leggende (Vincent 1996). Citazioni riferite a questi pesci sono reperibili già nella mitologia greca. I pescatori ellenici li credevano figli in miniatura dei cavalli che trainavano il carro di Poseidone. Un certo numero di scrittori greci e latini, a partire dal 342 a.C., ha accreditato ai cavallucci marini poteri curativi, che andavano dalla capacità di prevenire la ritenzione dell'urina a quella di curare la calvizie e la rabbia. L'uso europeo dei cavallucci marini come ingredienti per i medicinali continuò sino almeno al diciottesimo secolo. Nel 1753, una rivista inglese per gentili uomini scriveva "...le nobildonne fanno uso di polveri a base di cavallucci marini per incrementare la quantità di latte...". Anche ai giorni d'oggi i cavallucci marini continuano ad essere utilizzati come ingredienti per i medicinali, in modo particolare nel sud-est asiatico dove la medicina tradizionale cinese è fortemente radicata negli usi e costumi popolari sin dal 700 d.C. (Vincent 1995, 1996; Lourie et al. 1999). Questa medicina è praticata in Cina, Hong Kong, Taiwan e Singapore e in tutto il resto del mondo nelle comunità cinesi. L'uso dei cavallucci come ingredienti per medicinali è anche diffuso in altre medicine minori,

identificate con vari nomi, praticate in Corea, Giappone, Indonesia e Filippine (Vincent 1996). La medicina tradizionale cinese attribuisce ai cavallucci marini un ruolo curativo per diverse malattie che vanno dai disordini dell'apparato respiratorio come l'asma, a quelli dell'apparato genitale come l'impotenza oppure un ruolo di panacea contro l'apatia e i dolori in generale (Vincent 1995, 1996).

Così come esiste un commercio per la medicina tradizionale cinese, esiste anche un significativo commercio in cavallucci marini per le industrie dell'acquariofilia e dell'oggettistica popolare (Vincent 1995, 1996). Il Nord America e l'Europa sono le aree che commerciano maggiormente in cavallucci marini vivi, seguite dal Giappone e Taiwan (Vincent 1995). Il mercato internazionale di cavallucci marini è ritenuto in espansione, con una offerta che non accontenta la domanda (Vincent 1996; Lockyear et al. 1997). In dieci anni, dal 1985 al 1995, a seguito anche della crescita economica, la Cina ne ha aumentato di 10 volte il consumo. In quegli anni al mercato di Hong Kong 1 Kg di cavallucci marini considerati della migliore qualità per la medicina cinese (grandi e senza appendici) poteva costare sino a 1200 US\$ (Vincent 1995). Una stima conservativa sull'entità dello sfruttamento delle popolazioni naturali ha prodotto la cifra di almeno 20 milioni di esemplari pescati ogni anno per la sola medicina alternativa. Un altro milione di cavallucci è pescato ogni anno per il mercato dell'acquariofilia e un altro per quello dei souvenirs. Il tasso di sfruttamento delle popolazioni naturali di cavallucci marini si è rivelato insostenibile, tanto da provocare decrementi numerici delle popolazioni che in alcune aree sono arrivati al 50% in 5 anni (Vincent 1996). Come pressione addizionale, i cavallucci marini soffrono la degradazione generalizzata dei loro habitats dovuta a dragaggi, discariche di rifiuti e detriti, inquinamenti chimici e bonifiche (Vincent 1995). A metà degli anni 90 il decremento demografico generalizzato delle popolazioni di *Hippocampus* è stato segnalato all'attenzione internazionale tanto che i cavallucci marini sono stati inseriti come specie vulnerabili nella lista rossa della World Conservation Union (Vincent & Hall 1996). La necessità di monitorare e gestire le popolazioni naturali di cavallucci marini al fine di evitarne l'estinzione è stata così istituzionalizzata.

Nel 1999, il Dipartimento di Biologia dell'Università di Bologna ha progettato una ricerca di durata triennale, denominata "Missione *Hippocampus* Mediterraneo", avente lo scopo di studiare nei mari italiani la distribuzione delle due specie di cavalluccio marino presenti in Mediterraneo: *H. hippocampus* (Linnaeus, 1758) e *H. ramulosus* Leach, 1814. Un lavoro di censimento di questo tipo, se lo avesse dovuto svolgere un gruppo di ricercatori professionisti, avrebbe richiesto tempi lunghissimi e costi enormi per l'Ateneo e perciò probabilmente sarebbe risultato di difficile realizzazione. La collaborazione di volontari che potessero contribuire alla raccolta dei dati avrebbe abbattuto costi e tempi di realizzazione. Le caratteristiche salienti che il tipo di volontari doveva avere erano:

- a) interessi culturali coerenti con le problematiche e gli scopi del progetto,
- b) un numero elevato di operatori coinvolgibili,
- c) la possibilità di essere sensibilizzato e istruito.

Queste caratteristiche si riscontrano nell'attività svolta dai subacquei ricreativi: il tipo di volontari individuato per la collaborazione.

La subacquea ricreativa è una attività popolare che viene esercitata in tutti i mari del mondo. Secondo i dati del Recreational Scuba Training Council (R. S. T. C. 1997), in Europa i subacquei ricreativi sono circa 6 milioni e spendono, tra viaggi e attrezzature subacquee, circa 4073 milioni di dollari l'anno; nella

sola Italia sono 330 mila e sostengono ogni anno una spesa di 218 milioni di dollari. Il divertimento di questi subacquei consiste, non nel cacciare gli organismi marini, come invece è ancora spesso convinzione diffusa, ma nell'osservarli, nel fotografarli o filmarli: questi subacquei s'immergono quindi con lo scopo di scoprire l'ambiente marino e gli organismi animali e vegetali che lo popolano. I subacquei ricreativi per potersi immergere devono seguire dei corsi organizzati da agenzie didattiche internazionali che rilasciano brevetti riconosciuti dalle autorità competenti. Quando esercitano la loro attività, solitamente essi sono accompagnati sui punti più interessanti di una determinata area dal personale, guide o istruttori subacquei, appartenente ai centri di immersione della zona. Questo personale normalmente accompagna i subacquei sott'acqua solo dopo aver spiegato loro, in briefing organizzati in loco, le caratteristiche salienti dell'immersione, ad esempio la profondità, la durata e le norme di sicurezza, la tipologia di fondale e gli organismi caratteristici della zona.

Visti gli scopi e le modalità, la subacquea ricreativa potrebbe essere ritenuta una attività assolutamente innocua per l'ambiente (Tilmant 1987). In realtà, alcuni studi hanno dimostrato che anche la subacquea ricreativa, nonostante i suoi presupposti, può esercitare in alcuni casi un impatto negativo sull'ambiente marino. Ad esempio, i subacquei possono danneggiare gli organismi sessili sia mediante il diretto contatto con le pinne, sia mediante il sollevamento dei sedimenti dal fondo. Nei punti di immersione molto frequentati, questi danni possono anche diventare rilevanti (Neil 1990; Rogers 1990; Hawkins & Roberts 1992; Garrabou et al 1998; Tratalos & Austin 2001). Il possibile impatto negativo della subacquea ricreativa sull'ambiente marino risulta di particolare interesse in quelle aree dove il mare e i suoi abitanti sono una fonte di attrazione per il turismo. In queste stesse aree però è spesso proprio l'industria della subacquea a rappresentare una importante parte dell'economia locale e a incentivare interventi di conservazione degli ambienti naturali, dalla salute dei quali dipende proprio il suo stesso successo economico (Dixon et al. 1993; Hawkins et al. 1999; Tratalos & Austin 2001). Da entrambi i punti di vista, quello ecologico e quello economico, è quindi evidente l'importanza dell'educazione ambientale dei subacquei ricreativi al fine di limitare l'impatto sull'ambiente mantenendo le economie locali (Medio et al. 1997, Tratalos & Austin 2001). Medio et al. (1997) hanno dimostrato che gli strumenti educativi, come ad esempio briefing ambientali pre-immersione, influenzano positivamente il comportamento dei subacquei e di conseguenza riducono notevolmente l'impatto sull'ambiente. La "Missione *Hippocampus* Mediterraneo", richiedendo ai subacquei ricreativi una collaborazione fattiva per la raccolta dei dati sulla presenza dei cavallucci, prevedeva nei suoi piani, come parti fondamentali del progetto, oltre a briefing tecnici sul riconoscimento delle due specie di cavallucci del Mediterraneo, anche seminari da svolgersi nei fine settimana nelle località turistiche, denominati "*Hippocampus* Day", durante i quali, oltre ad eseguire immersioni alla ricerca degli ippocampi, si davano nozioni più generali di ecologia, di educazione ambientale e di salvaguardia della biodiversità marina.

Un passo significativo per la crescita di una consapevolezza ambientale nei cittadini, si compie, a parer nostro, non solo fornendo loro delle nozioni teoriche o imponendo loro delle regole, ma anche coinvolgendoli praticamente in progetti di monitoraggio e salvaguardia degli ambienti naturali, all'interno dei quali possano sentirsi utili alla causa ambientale. La "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" ha coinvolto i subacquei ricreativi italiani in un'opera di monitoraggio ambientale: il primo studio sulla distribuzione geografica ed ecologica dei cavallucci marini nei mari italiani.

Materiali e metodi

La "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" ha avuto una durata di tre anni: 1999, 2000, 2001. Per la raccolta dei dati sulla presenza dei cavallucci marini nei mari italiani è stata richiesta la collaborazione dei subacquei ricreativi, ai quali è stata distribuita una apposita scheda di rilevamento (Fig. 1). Durante la fase di progettazione della scheda si è tenuto conto della necessità essenziale che questa risultasse di facile e piacevole lettura, in quanto destinata, non a biologi professionisti, ma a cittadini volontari. A questi ultimi è stato chiesto di registrare la scheda al termine di ogni immersione, sia nel caso di immersione positiva (con avvistamento di cavallucci), sia nel caso di immersione negativa (senza avvistamento di cavallucci). I dati richiesti erano: le proprie generalità, le caratteristiche dell'immersione (luogo, data, profondità, tempo) e, nel caso di una immersione positiva, i dati relativi all'avvistamento (profondità, ambiente, numero di esemplari, specie), nel caso di una immersione negativa, altri dati come la profondità di maggiore permanenza e il tipo di ambiente esplorato. I subacquei hanno determinato gli esemplari avvistati come appartenenti alla specie *Hippocampus ramulosus* o in alternativa alla specie *Hippocampus hippocampus* sulla base della presenza o assenza rispettivamente delle appendici dermiche dorsali (Fig. 1, 2). Questo carattere è ritenuto distintivo delle due specie (Whitehead et al. 1986; Garrick-Maidment 1998; Riedl 1991). Nel caso i subacquei non fossero certi della specie avvistata, indicavano gli esemplari come *Hippocampus* spp.

Al fine di sensibilizzare e coinvolgere nella ricerca il numero più alto possibile di scuole, centri di immersione, istruttori e quindi di subacquei, due tra le più importanti agenzie di didattica subacquea operanti in Italia (Scuba Schools International e Scuba Nitrox Safety International) sono state direttamente coinvolte nel progetto. Le agenzie didattiche hanno avuto il compito di produrre le schede di rilevamento e di distribuirle nelle scuole di subacquea, nelle piscine, nei centri d'immersione e nei negozi specializzati. Inoltre hanno organizzato per le guide e gli istruttori subacquei stages di formazione sulle problematiche e metodiche della ricerca affinché potessero successivamente coinvolgere i subacquei direttamente sui punti d'immersione. L'associazione ambientalista Underwater Life Project ha contribuito anch'essa al coinvolgimento e alla formazione dei subacquei ricreativi, mediante l'opera di proprio personale che agiva presso i principali centri d'immersione italiani. In fine, il Ministero dell'Ambiente della Repubblica Italiana ha patrocinato la ricerca.

Le schede di rilevamento compilate venivano convogliate negli uffici di Underwater Life Project, dove alcuni operatori avevano il compito di inserire i dati su fogli elettronici di calcolo. Due volte l'anno i dati elettronici e le schede cartacee erano inviate al Dipartimento di Biologia dell'Università di Bologna dove veniva eseguita una elaborazione statistica e stilata una relazione sui risultati parziali della ricerca. Le relazioni erano poi spedite via posta direttamente dall'Università ai subacquei che avevano inviato il maggior numero di schede. Questo contatto diretto tra l'Università e i subacquei aveva l'intento di gratificare le persone per il contributo dato alla realizzazione della ricerca e, di conseguenza, di coinvolgerle maggiormente.

L'Ufficio Stampa dell'Università di Bologna ha contattato i principali mass-media italiani, i quali hanno avuto un ruolo importante nella divulgazione della ricerca: televisioni, radio e giornali a diffusione

regionale e nazionale ne hanno pubblicato le problematiche, gli scopi e le metodiche, invitando i subacquei a parteciparvi.

Risultati

Generale

In tre anni, 2536 subacquei ricreativi volontari hanno eseguito 6077 ore d'immersione, registrando 8827 schede di rilevamento (Tabella 1). La partecipazione dei singoli volontari al monitoraggio è variata da sporadica (1 sola scheda di rilevamento registrata) ad assidua (oltre 140 schede registrate). Lo 8.4% delle schede registrate ha segnalato l'avvistamento di cavallucci, per un totale di 3061 esemplari osservati (Tabella 1). La frequenza di avvistamento è risultata di 0.504 (SE=0.034) cavallucci per ora di immersione (Tabella 2). Dei cavallucci osservati la netta maggioranza (68.4%) è risultato appartenere alla specie *Hippocampus ramulosus* (Tabelle 1, 2). La frequenza di avvistamento di cavallucci tra il primo e secondo anno è calata (Student's *t*-test $p < 0.001$), mentre tra il secondo e terzo è rimasta costante (Student's *t*-test $p > 0.05$) (Tabelle 1, 2).

Distribuzione geografica

L'area del Mediterraneo oggetto del monitoraggio comprendeva 18 regioni costiere bagnate dai mari Ligure, Tirreno e Adriatico (Fig. 3). Le regioni del versante ligure-tirrenico erano le isole maggiori Corsica, Sardegna e Sicilia e le regioni continentali Provenza, Liguria, Toscana, Lazio, Campania, Basilicata e Calabria. Le regioni del versante adriatico erano Puglia, Molise, Abruzzo, Marche, Emilia Romagna, Veneto, Friuli – Venezia Giulia e Istria.

L'entità dei rilevamenti eseguiti dai subacquei ricreativi non è stata omogenea nelle varie regioni (Fig. 4A, B). Il versante costiero ligure-tirrenico è stato più monitorato rispetto a quello adriatico; in modo particolare la Toscana e la Liguria sono le regioni dove è stato registrato il maggior numero di schede (71%). La Basilicata e l'Abruzzo sono le uniche due regioni in cui non sono state registrate schede (Fig. 4A, B).

Lo sforzo di rilevamento e l'entità degli avvistamenti non sono risultati correlati (Fig. 4B, C). La regressione lineare tra numero di cavallucci osservati per regione in tre anni e ore di immersione eseguite per regione in tre anni produce un coefficiente di determinazione (r^2) pari a 0.001 ($P > 0.05$). Quello che si evidenzia dai risultati è che esistono alcune regioni in cui, mentre lo sforzo di rilevamento è stato basso, gli avvistamenti sono stati elevati: tra queste spiccano il Friuli Venezia-Giulia, con 153 ore di immersione eseguite in 3 anni e 1193 esemplari osservati e la Campania, con 192 ore di immersione eseguite in tre anni e 561 esemplari osservati (Fig. 4B, C).

Vista la disomogeneità geografica dell'intensità dell'osservazione, l'abbondanza di cavallucci è stata espressa per ciascuna regione come numero medio di esemplari incontrabili per ora di immersione (Fig. 5). Le frequenze di avvistamento indicano l'area adriatica settentrionale, con i dati provenienti dal Friuli - Venezia Giulia e dal Veneto, come quella in cui maggiore è l'abbondanza di cavallucci, seguita dall'area

tirrenica centro-meridionale, con i dati provenienti dalla Campania, dalla Calabria e dalla Sardegna (Fig. 5A). L'area con la minor presenza di cavallucci risulta essere quella ligure e tirrenica settentrionale, con i dati provenienti dalla Provenza, dalla Liguria, dalla Corsica e dalla Toscana (Fig. 5A). Le due specie di cavallucci risultano avere una distribuzione geografica piuttosto sovrapposta che presenta una differenza nella regione di maggior abbondanza, risultando il Veneto per *H. hippocampus* e il Friuli Venezia Giulia per *H. ramulosus*. Quest'ultima specie risulta avere una presenza significativa anche in Sardegna dove al contrario *H. hippocampus* risulta avere una frequenza quasi nulla (Fig. 5B, C).

Distribuzione ambientale

La distribuzione dei rilevamenti nei vari tipi di ambienti è risultata non omogenea (Fig. 6). Il fondale sassoso-roccioso e la parete verticale sono risultati gli ambienti i più esplorati dai subacquei (il 69% delle schede registrate proviene da questi ambienti; Fig. 6A, B). La regressione lineare tra numero di esemplari osservati per ambiente in tre anni e il numero di ore di immersione eseguite per ambiente in tre anni produce un r^2 pari 0.060 con un $P > 0.05$, dimostrando che lo sforzo di rilevamento e l'entità degli avvistamenti non sono correlati. Negli ambienti più esplorati il numero di avvistamenti è stato relativamente basso; il fondale sabbioso, pur collocandosi al terzultimo posto come numero di ore di immersione in esso eseguite (751 in tre anni), si colloca al primo posto come numero di cavallucci in esso osservati (1505 in tre anni) (Fig. 6B, C).

Le frequenze di avvistamento indicano il fondale sabbioso e la prateria di posidonia come gli ambienti preferiti dai cavallucci marini (Fig. 7A). Mentre *H. hippocampus* mostra su entrambi questi ambienti frequenze comparabili fra loro, *Hippocampus ramulosus* evidenzia una marcata preferenza per l'ambiente sabbioso (Fig. 7B, C).

Distribuzione batimetrica

La distribuzione dello sforzo di rilevamento eseguito sui 4 livelli batimetrici considerati (Fig. 8) appare unimodale, risultando la profondità compresa tra gli 11 e i 20 metri come quella decisamente più esplorata (Fig. 8A, B). Tra sforzo di rilevamento eseguito e entità degli avvistamenti non c'è correlazione (Fig. 8B, C). La regressione lineare tra numero di ore di immersione eseguite per livello batimetrico in 3 anni e numero di cavallucci osservati per livello batimetrico in 3 anni produce un r^2 pari a 0.334 ($P > 0.05$). L'abbondanza di cavallucci risulta generalmente decrescere all'aumentare della profondità secondo una legge esponenziale (Fig. 9, Tabella 3).

Discussione

Uso dei volontari per il monitoraggio ambientale

I dati raccolti in questa ricerca provengono esclusivamente dall'operato di volontari. Negli ultimi anni, nell'ambito accademico-scientifico internazionale sta nascendo la consapevolezza che l'impiego dei volontari

in opere di monitoraggio degli ambienti naturali può contribuire all'acquisizione di informazioni. Ad esempio, un gruppo intergovernativo statunitense di esperti ha censito l'esistenza nel Nord America di oltre 500 associazioni di cittadini impegnate costantemente nel monitoraggio della qualità delle acque e ha suggerito che gli sforzi di queste associazioni siano integrati ufficialmente nei programmi governativi (U. S. G. S. 1995). Inoltre, l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti supporta il monitoraggio eseguito da volontari con azioni che vanno dalla sponsorizzazione di conferenze per favorire lo scambio di informazioni tra gruppi di volontariato, agenzie governative, realtà imprenditoriali e educatori alla elargizione di fondi dedicati alla formazione dei volontari e alla realizzazione dei monitoraggi (U. S. E. P. A. 1997). Usare i cittadini volontari per raccogliere informazioni mancanti o di difficile reperimento sembrerebbe un metodo ovvio per riempire le lacune, ma amministratori e ricercatori devono porsi il problema della qualità e della validità dei dati provenienti dal volontariato. Alcuni studi hanno dimostrato che i cittadini, quando stimolati, coinvolti e formati correttamente, possono raccogliere dei dati qualitativamente simili a quelli raccolti dai professionisti (Fore et al. 2001 e referenze all'interno). Nel nostro caso, i subacquei ricreativi sono stati assistiti sul campo, durante la fase di raccolta dati, dalle guide e dagli istruttori subacquei che a loro volta erano stati in precedenza formati nel corso di appositi seminari. Inoltre, l'identificazione delle due specie su base morfologica risulta abbastanza semplice viste le evidenti differenze esistenti tra le due. Le altre informazioni richieste, come località, profondità, tempi, ambienti, sono dati con i quali i subacquei hanno una ottima confidenza, in quanto sono discussi e successivamente registrati su libretti di immersione personali, al termine di tutte le immersioni ricreative, indipendentemente dalla partecipazione ad eventuali monitoraggi. Al fine di verificare l'affidabilità dei dati raccolti dai volontari subacquei, la comparazione tra questi e quelli eventualmente raccolti da professionisti nel corso di campionamenti analoghi non è stata possibile perché, almeno da quanto risulta dalle ricerche bibliografiche, non esistono dati sulla abbondanza e distribuzione dei cavallucci marini nel Mediterraneo, all'infuori di quelli prodotti dai subacquei ricreativi in questo studio. Il fatto che i risultati ottenuti al termine del primo anno della ricerca risultino sostanzialmente reiterati anche al termine dei due anni successivi, ci fa ritenere che i dati prodotti abbiano un sufficiente grado di affidabilità.

Scienziati amatoriali hanno contribuito alla conoscenza scientifica per secoli; alcuni campi scientifici, come ad esempio l'astronomia o l'ornitologia, incoraggiano i cittadini volontari a raccogliere dati sulle stelle o sulla migrazione degli uccelli (Root & Alpert 1994; Mims 1999). Nell'ambito della "Missione *Hippocampus* Mediterraneo", la partecipazione dei subacquei ricreativi è andata oltre le aspettative. In tre anni 2536 persone hanno eseguito un lavoro di 6077 ore d'immersione. Abbiamo stimato che un ricercatore professionista, per fare questo lavoro, ci avrebbe impiegato 20 anni e avrebbe speso in missioni per l'esecuzione dei campionamenti la cifra di 1365011 US\$. Questi dati sottolineano che:

- a) i cittadini sono interessati a partecipare ai monitoraggi biologici e che anche altre attività amatoriali, diverse dalla subacquea ricreativa, potrebbero essere coinvolte in monitoraggi ambientali;
- b) i volontari possono contribuire al monitoraggio dell'ambiente sia da un punto di vista scientifico, riuscendo a svolgere in un tempo relativamente breve un considerevole lavoro di osservazione e monitoraggio dell'ambiente, sia da un punto di vista economico, contribuendo alla spese della ricerca.

Un limite rilevante nell'uso dei volontari per i monitoraggi biologici è quello della difficoltà ad ottenere un campionamento uniformemente distribuito, sia nel tempo che nello spazio. Infatti, non essendo retribuiti, i volontari tendono, giustamente, a campionare nei momenti e nei luoghi preferiti. Questo limite si è rivelato quello più importante del lavoro svolto dai subacquei ricreativi in questo studio. La distribuzione delle 6077 ore totali di osservazione è risultata generalmente disomogenea, in modo particolare tra le regioni. In ogni caso, il lavoro svolto dai subacquei ricreativi ha significativamente coperto ogni anno la maggioranza delle regioni, degli ambienti e delle profondità e perciò può essere ritenuto soddisfacente. In particolare, per quanto concerne la distribuzione geografica dello sforzo di rilevamento, nonostante la sua disomogeneità, al termine dei tre anni risulta coprire 13 delle 15 regioni costiere italiane (Basilicata e Abruzzo sono le uniche 2 non monitorate), più le tre regioni non italiane limitrofe Corsica, Provenza e Istria.

I subacquei ricreativi hanno un naturale interesse personale per lo stato di salute del mare e perciò risultano candidati ideali per il monitoraggio degli ambienti marini. Inoltre, essi appartengono a club, praticano la loro attività presso appositi centri di immersione, sono accompagnati sott'acqua da guide o istruttori subacquei che a loro volta appartengono ad agenzie didattiche internazionali: i subacquei ricreativi costituiscono la base di un complesso sistema piramidale di organizzazione il cui vertice è rappresentato dalle agenzie didattiche. Coinvolgendo queste ultime in azioni di monitoraggio è possibile di conseguenza ottenere, con un sistema a cascata, la partecipazione di migliaia di persone. Noi riteniamo che la subacquea ricreativa possa essere utile al monitoraggio degli ambienti marini e che la "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" rappresenti un modello per il monitoraggio della biodiversità marina esportabile in altri paesi.

Abbondanza e distribuzione dei cavallucci marini nei mari italiani

Il numero totale di esemplari osservati in 3 anni (3061) e la relativa frequenza di avvistamento (0.504 esemplari per ora di immersione) sembrerebbero in generale indicare una discreta presenza di questi pesci nei mari italiani. Il calo della frequenza di avvistamento di cavallucci registrato tra il primo e il secondo anno può essere attribuito al susseguirsi di categorie di subacquei a livelli di esperienza decrescenti che si è verificato in quel periodo. Infatti, un ruolo fondamentale nella divulgazione del progetto lo hanno avuto le guide e gli istruttori che nel primo anno, oltre a reclutare nuovi subacquei, si sono accollati la maggioranza del lavoro di osservazione, che gli anni successivi è stato invece lasciato alle reclute. Il susseguirsi di livelli di esperienza decrescenti verificatosi tra il primo e il secondo anno giustifica il calo della frequenza di avvistamento registrato in questo periodo e la costanza della frequenza di avvistamento registrata in seguito.

Tra le due specie, *Hippocampus ramulosus* risulta essere quella nettamente più abbondante con un rapporto $H. hippocampus / H. ramulosus = 1.0 / 3.4$. Garrick-Maidment (1998), per le popolazioni inglesi, riporta potenziali riproduttivi significativamente differenti tra le due specie: un massimo di 100 neonati per parto per *H. hippocampus*, contro un massimo di 300 per *H. ramulosus*. Questi differenti tassi riproduttivi potrebbero causare la differenza in abbondanza tra le due specie registrata dai subacquei. Questa differenza potrebbe anche essere influenzata da una maggiore o minore visibilità delle due specie. Infatti, mentre *H. ramulosus* potrebbe risultare più facilmente individuabile agli occhi dei subacquei e perciò più correttamente stimato, in quanto ha come ambiente preferito marcatamente quello sabbioso (non atto al

nascondimento), *H. hippocampus*, avendo come ambiente preferito, oltre all'ambiente sabbioso, anche quello a prateria di posidonia, idoneo al nascondimento, potrebbe risultare più criptico e perciò sottostimato.

Il fondale sabbioso, la prateria di posidonia e la bassa profondità risultano essere le caratteristiche salienti dell'habitat dei cavallucci nei mari italiani. Riguardo alla presenza sulla prateria di posidonia è verosimile che sia sensibilmente superiore rispetto a quella effettivamente registrata, considerato il limite di campionamento dovuto alla difficoltà, già accennata in precedenza, ad individuare i cavallucci in questo ambiente. I dati reperibili in bibliografia sulle caratteristiche dell'habitat dei cavallucci nel Mediterraneo concordano sostanzialmente con le osservazioni eseguite dai subacquei in questo studio (Whitehead et al 1986; Riedl 1991; Renones & Massuti 1995; Garrick-Maidment 1998).

La distribuzione dei cavallucci nei mari italiani è risultata prevalentemente adriatica settentrionale e tirrenica centro meridionale. Nel Mediterraneo nord-occidentale (Mar Ligure e Tirreno Settentrionale) i cavallucci sono risultati molto rari. Anche le osservazioni personali di Stefano Goffredo, co-autore di questo articolo e istruttore di subacquea, confermano la rarità dei cavallucci nel Mediterraneo nord-occidentale: infatti, per l'insegnamento dei corsi di subacquea o per lavoro di ricerca, egli ha eseguito immersioni per 15 anni (1987-2002) in maniera frequente (~ 60 immersioni l'anno di 42 minuti l'una) lungo le coste continentali e insulari del Mediterraneo nord occidentale senza mai avvistare un solo esemplare. La distribuzione dei cavallucci nei mari italiani potrebbe essere correlata ad un degrado più o meno spinto del loro habitat. Le praterie di posidonia, che sono considerate comunità climax dei substrati molli della zona infralitorale del Mediterraneo (Pérès & Picard 1964; Romero 1985) e che sono caratteristiche dell'habitat del cavalluccio marino, a partire dall'inizio del diciannovesimo secolo hanno subito una diffusa e significativa riduzione a causa dell'incremento delle attività umane lungo le coste. Le discariche urbane o industriali di acque di rifiuto, la costruzione di porti, la rigenerazione artificiale di spiagge e le tecniche illegali di pesca sono considerate tra le principali cause della regressione delle praterie (Pérès & Picard 1975; Ruiz et al. 1993, Guillen et al. 1994; Marbà et al. 1996; Procaccini et al. 1996, Balestri et al. 1998). Nel Mediterraneo nord occidentale, le pressioni antropiche, in particolare quelle di natura industriale, sono molto forti, tanto da causare in questa regione la più alta concentrazione di inquinanti del Mediterraneo (Jeftic 1993; Gabrielides 1995). Inoltre, proprio nel Mediterraneo Nord Occidentale, è stato scoperto di recente un ulteriore fattore particolarmente minaccioso per la posidonia, sul quale esiste un acceso dibattito: infatti, mentre per alcuni è considerato come "un dannoso inquinante biologico", per altri è considerato come "un ricorrente fenomeno biogeografico di dispersione e perciò innocuo" (vedi Riggio 1995, Giaccone & Di Martino 1995; Tripaldi & Cinelli 1995). Comunque sia, nel 1984 un ceppo dell'alga verde tropicale *Caulerpa taxifolia* resistente alle basse temperature è stato per la prima volta segnalato lungo le coste di Monaco (Meinesz & Hesse 1991; Meinesz & Boudouresque 1996; Meinesz et al. 1998). Da allora, diffondendosi rapidamente verso sud mediante riproduzione vegetativa, l'alga ha colonizzato molte aree, ricoprendole completamente e sostituendo in molti casi sia i ricchi popolamenti algali, sia le praterie di posidonia. Queste colonizzazioni hanno causato intense e probabilmente irreversibili modificazioni dell'ecosistema costiero, con perdita di ricchezza e di diversità biologica: nel 1997 la superficie ricoperta aveva una estensione di oltre 4600 ha, in una fascia batimetrica di massima densità compresa tra 0 e 50 m (Meinesz et al. 1993; Verlaque & Fritayre 1994; Boudouresque et al. 1995; Belsher & Meinesz 1995; DeVillèle & Verlaque 1995; Delgado et al. 1996;

Gacia et al. 1996; Sant et al. 1996; Komatsu et al. 1997; Meinesz et al. 1998; Ceccherelli & Cinelli 1999; Aussem & Hill 1999, 2000). Come risultato, le praterie di *Posidonia oceanica* sono oggi considerate come un habitat naturale minacciato e sono incluse nella Direttiva Habitat della Comunità Europea come "habitat naturali prioritari", la protezione dei quali richiede la designazione di aree speciali di conservazione (EEC 1992; Moreno et al. 2001). La forte alterazione degli habitat a posidonia avvenuta nel Mar ligure e in quelli limitrofi (Meinesz et al. 1993; Belsher & Meinesz 1995; DeVillèle & Verlaque 1995; Marbà et al. 1996; Gacia et al. 1996; Balestri et al. 1998; Ceccherelli & Cinelli 1998; Hill et al. 1998) potrebbe quindi essere una delle cause della rarità dei cavallucci rilevata in quest'area.

Implicazioni per la conservazione

H. hippocampus e *H. ramulosus* sono inseriti nella lista rossa del World Conservation Union come specie vulnerabili nella categoria VU A2cd (Vincent & Hall 1996; I. U. C. N. 2000). Secondo i criteri della I. U. C. N. (2000), queste specie saranno soggette, nel futuro a medio-termine, ad un elevato rischio di estinzione in natura e, nell'arco dei prossimi 10 anni, ad una riduzione di almeno il 20% degli individui che sarà causata da:

- a) attuali o potenziali livelli di sfruttamento delle popolazioni;
- b) effetti di taxa introdotti, ibridizzazioni, patogeni, inquinanti, competitori o parassiti.

Per poter ottenere una indicazione sull'effettivo stato di regressione delle due specie di cavallucci e verificare se hanno una necessità prioritaria di azioni specifiche di conservazione, il monitoraggio su base continua dello stato delle loro popolazioni è certamente necessario. I risultati generali di questa ricerca indicano che nei mari italiani persiste ancora una discreta presenza delle due specie che però non risulta uniformemente distribuita, ma, al contrario, piuttosto localizzata in due aree di maggior abbondanza: l'adriatico settentrionale e il tirreno centro-meridionale. Non esistendo termini di paragone con dati precedenti, la ripetizione fra un certo numero di anni di un monitoraggio analogo a questo potrà contribuire alla comprensione dell'effettivo andamento demografico dei cavallucci marini nei mari italiani. Studi sulla struttura demografica, genetica e sociale, sulla biologia riproduttiva e sul potenziale di dispersione di popolazioni modello completerebbero le conoscenze indispensabili alla valutazione oggettiva della vulnerabilità dei cavallucci nei mari italiani e alla eventuale pianificazione di azioni di conservazione.

Visti i risultati della "Missione *Hippocampus* Mediterraneo" noi crediamo che il cavalluccio marino possa servire come una "specie bandiera" popolare attorno alla quale raccogliere interesse, consensi e sostegno per la conservazione e la valorizzazione della biodiversità marina.

Ringraziamenti

Questo studio non si sarebbe realizzato senza la collaborazione della subacquea ricreativa. Un ringraziamento speciale va quindi alle scuole di subacquea, ai centri di immersione, agli istruttori, alle guide e a i singoli subacquei che hanno contribuito alla raccolta dei dati. Il Marine Science Group (www.marinesciencegroup.org) ha contribuito all'ideazione della scheda di rilevamento. Gianni Neto ha

fornito il materiale fotografico sui cavallucci marini che è stato utilizzato per gli avvenimenti pubblici, per le pubblicazioni divulgative e per questo articolo. Siamo particolarmente grati al Dr Davide Medio (Halcrow Group Ltd) per i suoi preziosi suggerimenti, che hanno significativamente migliorato il manoscritto. Olivia Langmead (University of Warwick), Jason Hall-Spencer (University of Glasgow), Fausto Tinti, Barbara Mantovani e Marco Caprini (University of Bologna), Nanette Elisabeth Chadwick-Furman (Interuniversity Institute for Marine Science of Eilat) e Eva Vera Samper (Universidad Miguel Hernández de Elche) hanno rivisto la prima bozza del manoscritto. Elettra Pienotti (Statistical Analysis, Rizzoli Orthopaedic Institute of Bologna) ha fornito fondamentali suggerimenti per la elaborazione statistica dei dati. Gary K. Meffe (University of Florida), Callum M. Roberts (University of York) e due anonimi revisori hanno fornito critiche e suggerimenti importanti che hanno contribuito a migliorare grandemente il manoscritto. Adriana Gandolfi ha curato le traduzioni linguistiche. Questo studio è stato sostenuto da fondi della Scuba Schools International (SSI Italy) e del Ministero Italiano dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

Letteratura citata

- Aussem, A., and D. Hill. 1999. Wedding connectionist and algorithmic modeling towards forecasting *Caulerpa taxifolia* development in the north-western Mediterranean Sea. *Ecological Modelling* 120:225-236.
- Aussem, A., and D. Hill. 2000. Neural-network metamodelling for the prediction of *Caulerpa taxifolia* development in the Mediterranean Sea. *Neurocomputing* 30:71-78.
- Balestri, E., L. Piazzini, and F. Cinelli. 1998. Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal area. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 228:209-225.
- Belsher, T., and A. Meinesz. 1995. Deep-water dispersal of the alga *Caulerpa taxifolia* introduced in the Mediterranean. *Aquatic Botany* 51:163-169.
- Blake, R. W. 1980. Undulatory median fin propulsion of two teleosts with different modes of life. *Canadian Journal of Zoology* 58:2116-2119.
- Boudouresque, C. F., A. Meinesz, M. A. Ribera, and E. Ballesteros. 1995. Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean: possible consequences of a major ecological event. *Scientia Marina* 59:21-29
- Ceccherelli, G., and F. Cinelli. 1998. Habitat effect on spatio-temporal variability in size and density of the introduced alga *Caulerpa taxifolia*. *Marine Ecology Progress Series* 163:289-294.
- Ceccherelli, G., and F. Cinelli. 1999. The role of vegetative fragmentation in dispersal of the invasive alga *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 182:299-303.
- Delgado, O., C. Rodriguez-Prieto, E. Gacia, and E. Ballesteros. 1996. Lack of severe nutrient limitation in *Caulerpa taxifolia* (Vahl) Agardh, C., an introduced seaweed spreading over the oligotrophic northwestern Mediterranean. *Botanica Marina* 39:61-67.

- DeVillèle, X., and M. Verlaque. 1995. Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the north western Mediterranean. *Botanica Marina* 38:79-87.
- Dixon, J.A., L. Fallon Scura, and T. van'tHof. 1993. Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean. *Ambio* 22:117-125.
- E. E. C. 1992. Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Official Journal of the European Communities No L206 of 22 July 1992.
- Fore, L. S., K. Paulsen, and K. O'Lauhin. 2001. Assessing the performance of volunteers in monitoring streams. *Freshwater Biology* 46:109-123.
- Gabriellides, G. P. 1995. Pollution of the Mediterranean Sea. *Water Science and Technology* 32:1-10.
- Gacia, E., C. Rodríguez-Prieto, O. Delgado, and E. Ballesteros. 1996. Seasonal light and temperature response of *Caulerpa taxifolia* from the northwestern Mediterranean. *Aquatic Botany* 53:215-225.
- Garrabou, J., E. Sala, A. Arcas, and M. Zabala. 1998. The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a Bryozoan population. *Conservation Biology* 12:302-312.
- Garrick-Maidment, N. 1998. A note on the status of indigenous species of sea horse. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 78:691-692.
- Giaccone, G., and V. Di Martino. 1995. The genus *Caulerpa* in the Mediterranean Sea: ancient remnant Tethys basin biologically reconnected with Indo-Pacific flora. *Biologia Marina Mediterranea* 2:607-612.
- Guillen, J. E., A. A. Ramos, L. Martinez, and J. L. S. Lizaso. 1994. Antitrawling reefs and the protection of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in the Western Mediterranean Sea – demand and aims. *Bulletin of Marine Science* 55:645-650.
- Hawkins, J. P., and C. M. Roberts. 1992. Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation* 62:171-178.
- Hawkins, J. P., C. M. Roberts, T. van't Hof, K. De Meyer, J. Tratalos, and C. Aldam. 1999. Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology* 13:888-897.
- Hill, D., P. Coquillard, J. de Vaugelas, and A. Meinesz. 1998. An algorithmic model for invasive species: application to *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh development in the north-western Mediterranean Sea. *Ecological Modelling* 109:251-265.
- I. U. C. N. (The World Conservation Union). 2000. The 2000 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.redlist.org>.
- Jeftic, L. 1993. Long-term programme for pollution monitoring and research in the Mediterranean (Med Pol). *Water Science and Technology* 27:345-352.
- Jones, A. G., C. Kvarnemo, G. I. More, L. W. Simmons, and J. C. Avise. 1998. Microsatellite evidence for monogamy and sex-biased recombination in the Western Australian seahorse *Hippocampus angustus*. *Molecular Ecology* 7:1497-1506.
- Komatsu, T., A. Meinesz, and D. Buckles. 1997. Temperature and light response of alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 146:145-153.

- Kvarnemo, C., G. I. Moore, A. G. Jones, W. S. Nelson, and J. C. Avise. 2000. Monogamous pair bonds and mate switching in the Western Australian seahorse *Hippocampus subelongatus*. *Journal of Evolutionary Biology* 13:882-888.
- Linton, J. R., and B. L. Soloff. 1964. The physiology of the brood pouch of the male seahorse *Hippocampus erectus*. *Bulletin of the Marine Science of the Gulf and Caribbean* 14:45-61.
- Lockyear, J., H. Kaiser, and T. Hecht. 1997. Studies on the captive breeding of the Knysna seahorse, *Hippocampus capensis*. *Aquarium Sciences and Conservation* 1:129-136.
- Lourie, S. A., A. Vincent, and H. J. Hall. 1999. Seahorses: an identification guide to the world's species and their conservation. Project Seahorse, London.
- Marbà, N., C. M. Duarte, J. Cebrián, M. E. Gallegos, B. Olesen, and K. Sand-Jensen. 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series* 137: 203-213.
- Masonjones, H. D., and S. M. Lewis. 1996. Courtship behavior in the dwarf seahorse *Hippocampus zosterae*. *Copeia* 1996:634-640.
- Medio, D., R. F. G. Ormond, and M. Pearson. 1997. Effects of briefings on rates of damage to corals by scuba divers. *Biological Conservation* 79:91-95.
- Meinesz, A., and C. F. Boudouresque. 1996. On the origin of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean Sea. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 3, Sciences de la vie* 319:603-613.
- Meinesz, A., and Hesse. 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta* 14:415-426.
- Meinesz, A., J. de Vaugelas, B. Hesse, and X. Marí. 1993. Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. *Journal of Applied Phycology* 5:141-147.
- Meinesz, A., J. M. Cottalorda, D. Chaiverini, N. Cassar, and J. Vaugelas. 1998. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée: situation au 31 décembre 1997. *Laboratoire Environnement Marin Littoral. University of Nice – Sophia Antipolis. Nice.*
- Mims, F. M. 1999. Amateur science – strong tradition, bright future. *Science* 284:55-56.
- Moreno, D., P. A. Aguilera, and H. Castro. 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biological Conservation* 102:325-332.
- Neil, D. 1990. Potential for coral stress due to sediment resuspension and deposition by reef walkers. *Biological Conservation* 52:221-227.
- Pérès, J. M., and J. Picard. 1964. Nouveau manuel de bionomie bentonique de la Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station Marine d'Endoume* 31:1-137.
- Pérès, J. M., and J. Picard. 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquatic Botany* 1:133-139.
- Procaccini, G., R. S. Alberte, and L. Mazzella. 1996. Genetic structure of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Western Mediterranean: ecological implications. *Marine Ecology Progress Series* 140:153-160.
- R. S. T. C. (Recreational Scuba Training Council). 1997. Facts and figures. RSTC Europe.

- Renones, O., and E. Massuti. 1995. Fish fauna of *Posidonia oceanica* seagrass meadows in Palma Bay (Balearic Islands). *Cybiurn* 19:201-206.
- Riedl, R. 1991. Fauna e flora del Mediterraneo. Franco Muzzio Editore, Padova, Italy.
- Riggio, S. 1995. The outburst of *Caulerpa* and the invasion in the Mediterranean. *Biologia Marina Mediterranea* 2:593-605.
- Rogers, C. S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series* 62:185-202.
- Romero, J. 1985. Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la costa catalana: producción primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medas. Ph.D. thesis. University of Barcelona. Barcelona.
- Root, T., P. Alpert. 1994. Volunteers and NBS. *Science* 263:1205.
- Ruiz, J. M., A. Marin, J. F. Calvo, and L. Ramirez Diaz. 1993. Interactions between a floodway and coastal constructions in Aguilas bay (southeastern Spain). *Ocean and Coastal Management* 19:241-262.
- Sant, N., O. Delgado, C. Rodriguez-Prieto; and E. Ballesteros. 1996. The spreading of the introduced seaweed *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in the Mediterranean Sea: testing the boat transportation hypothesis. *Botanica Marina* 39:427-430.
- Strawn, K. 1958. Life history of the pigmy seahorse, *Hippocampus zoosteræ* Jordan and Gilbert, at Cedar Key, Florida. *Copeia* 1958:16-22.
- Tilmant, J. T. 1987. Impacts of recreational activities on coral reefs. Pages 195-214 in B. Salvat, editor. Human impacts on coral reefs: facts and recommendations. Antenne Museum EPHE, Moorea, French Polynesia.
- Tratalos, J. A., and T. J. Austin. 2001. Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation* 102:67-75.
- Tripaldi, G., and F. Cinelli. 1995. Il progetto CEE-Life su *Caulerpa taxifolia*. *Biologia Marina Mediterranea* 2:653-654.
- U. S. E. P. A. (United States Environmental Protection Agency). 1997. What is volunteer monitoring? <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/epavm.html>.
- U. S. G. S. (United States Geological Survey). 1995. The strategy for improving water-quality monitoring in the United States – Final report of the intergovernmental task force on monitoring water quality. Open-file report 95-742, <http://water.usgs.gov/wicp/itfm.html>.
- Verlaque, M., and P. Fritayre. 1994. Mediterranean algal communities are changing in the face of the invasive alga *Caulerpa taxifolia*. *Oceanologia Acta* 17:659-672.
- Vincent, A. C. J. 1990. Reproductive ecology of seahorses. Ph.D. thesis. University of Cambridge. Cambridge.
- Vincent, A. C. J. 1994a. Seahorses exhibit conventional sex roles in mating competition, despite male pregnancy. *Behaviour* 128:135-151.
- Vincent, A. C. J. 1994b. Operational sex ratios in seahorses. *Behaviour* 128:153-167.
- Vincent, A. C. J. 1995. Trade in seahorses for traditional Chinese medicines, aquarium fishes and curios. *Traffic Bulletin* 15:125-128.
- Vincent, A. C. J. 1996. The international trade in seahorses. *Traffic International*.

- Vincent, A. C. J., and H. J. Hall. 1996. The threatened status of marine fishes. *Trends in Ecology & Evolution* 11:360-361.
- Vincent, A. C. J., and L. M. Sadler. 1995. Faithful pair bonds in wild seahorses, *Hippocampus whitei*. *Animal Behaviour* 50:1557:1569.
- Vincent, A., I. Ahnesjö, A. Berglund, and G. Rosenqvist. 1992. Pipefishes and seahorses: are they all sex role reversed? *Trends in Ecology & Evolution* 7:237-241.
- Wetzel, J. 1995. On the functional morphology of epidermal modifications in the skin-brooding fishes: *Platystacus*, *Solenostomus*, and *Hippocampus*. Ph.D. thesis. Clemson University. Clemson.
- Whitehead, P. J. P., M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen, and E. Tortonese. 1986. *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. The Chaucer Press, Bungay, United Kingdom.

Tabella 1. Dati generali dei tre anni di monitoraggio: numero di schede registrate e di ore d'immersione eseguite, percentuale di schede positive (riportanti l'avvistamento di cavallucci), numero totale di *Hippocampus* osservati, percentuale di esemplari determinati come *H. hippocampus* o come *H. ramulosus*, percentuale di esemplari indeterminati (*Hippocampus* spp).

anno	schede	ore d'immersione	% schede positive	Totale <i>Hippocampus</i>	% <i>Hippocampus</i> <i>hippocampus</i>	% <i>Hippocampus</i> <i>ramulosus</i>	% <i>Hippocampus</i> spp.
1999	1813	1320	20.79	1631	31.83	54.83	13.35
2000	3139	2098	6.56	748	4.01	88.94	7.04
2001	3875	2659	4.03	683	11.08	78.22	10.69
99+00+01	8827	6077	8.37	3061	20.41	68.38	11.22

Tabella 2. Frequenze di avvistamento di cavallucci (numero di esemplari per ora di immersione; in parentesi è riportato l'errore standard) nel corso dei tre anni di monitoraggio.

anno	Totale <i>Hippocampus</i>	<i>H. hippocampus</i>	<i>H. ramulosus</i>	<i>Hippocampus</i> spp.
1999	1.235 (0.093)	0.393 (0.064)	0.677 (0.060)	0.165 (0.039)
2000	0.357 (0.053)	0.014 (0.004)	0.317 (0.052)	0.025 (0.008)
2001	0.257 (0.046)	0.028 (0.006)	0.201 (0.044)	0.027 (0.013)
99+00+01	0.504 (0.034)	0.103 (0.014)	0.344 (0.029)	0.056 (0.011)

Tabella 3. Per ciascun taxon sono riportati i coefficienti dell'equazione esponenziale che mette in relazione la profondità con l'abbondanza di cavallucci. I dati utilizzati per il calcolo dei coefficienti sono quelli totali, 1999+2000+2001, rappresentati graficamente nell'ultima riga in basso della Figura 9.

Equazione: $y = a x^b$, dove y = abbondanza di cavallucci (numero di esemplari per ora di immersione), x = profondità (m)

Taxon	a	b	r ²	P
Totale <i>Hippocampus</i> per ora d'immersione	10.498	-1.228	0.994	<0.01
<i>H. hippocampus</i> per ora di immersione	0.540	-0.659	0.958	<0.05
<i>H. ramulosus</i> per ora di immersione	9.727	-1.369	0.906	<0.05

Legende delle figure

Figura 1. Scheda di rilevamento.

Figura 2. Alcuni aspetti morfologici ed ecologici delle sue specie di cavallucci marini del Mediterraneo: *Hippocampus hippocampus* (A-C) e *Hippocampus ramulosus* (D-F). (A) Il capo di un esemplare *H. hippocampus*. Il tubo orale è relativamente corto, le appendici dermiche sono assenti. (B) Un *H. hippocampus* nascosto tra le foglie di una fanerogama marina. (C) Due *H. hippocampus* nascosti tra foglie di fanerogame marine. In primo piano si nota la coda di uno dei due esemplari arrotolata attorno ad una foglia. In secondo piano sono visibili le braccia di un giglio di mare (Crinoidea, *Antedon mediterranea*). (D) Il capo di un esemplare *H. ramulosus*. Il tubo orale è relativamente lungo, le appendici dermiche sono presenti. (E) Un esemplare *H. ramulosus* su un fondale sabbioso. Con la coda si tiene aggrappato ad un rametto di legno. (F) Due esemplari della specie *H. ramulosus* sono aggrappati al tubo di un verme polichete (*Sabella spallanzanii*).

Figura 3. Le diciotto regioni costiere oggetto di studio bagnate dai mari Ligure, Tirreno e Adriatico. Ogni regione è indicata con un codice numerico.

Figura 4. Distribuzione geografica del numero di schede di rilevamento registrate, di ore d'immersione eseguite e di cavallucci osservati nel corso dei tre anni di monitoraggio. Nelle ascisse è specificato se le regioni costiere appartengono al versante ligure-tirrenico o a quello adriatico.

Figura 5. Distribuzione geografica della frequenza d'incontro di cavallucci nel corso dei tre anni di ricerca. Nelle ascisse è specificato se le regioni costiere appartengono al versante ligure-tirrenico o a quello adriatico.

Figura 6. Distribuzione ambientale del numero di schede di rilevamento registrate, di ore d'immersione eseguite e di cavallucci osservati nel corso dei tre anni di monitoraggio.

Figura 7. Distribuzione ambientale della frequenza d'incontro di cavallucci nel corso dei tre anni di ricerca.

Figura 8. Distribuzione batimetrica del numero di schede di rilevamento registrate, di ore d'immersione eseguite e di cavallucci osservati nel corso dei tre anni di monitoraggio.

Figura 9. Distribuzione batimetrica della frequenza d'incontro di cavallucci nel corso dei tre anni di ricerca.





Nome	Indirizzo (via, n°, cap, città)
Cognome	Brevetto (livello e agenzia didattica)



Attento ho la "criniera"! Io sono
Hippocampus ramulosus.

Punto d'immersione	
Centro abitato più vicino	
Provincia	
Scuola - Diving center	
Data dell'immersione	
Profondità massima	
Tempo reale d'immersione (da quando inizi a quando riemergi)	
Ora d'inizio immersione	



Attento non ho la "criniera"! Io sono
Hippocampus hippocampus.

SI LI HAI VISTI? NO

Complimenti! Dai queste indicazioni:

A quale profondità li hai incontrati?	
In quale ambiente? (indicare solo uno) <input type="checkbox"/> fondale sassoso - roccioso	
<input type="checkbox"/> prateria di posidonia <input type="checkbox"/> parete	
<input type="checkbox"/> fondale sabbioso <input type="checkbox"/> altro	
Quanti minuti hai passato nell'ambiente in cui li hai incontrati?	
Quanti ne hai visti? (in numero)	
I cavallucci avevano sul capo dei filamenti formanti una "criniera"? (vedi disegni sopra)	
<input type="checkbox"/> SI (Hai trovato <i>Hippocampus ramulosus</i>)	
<input type="checkbox"/> NO (Hai trovato <i>Hippocampus hippocampus</i>)	
<input type="checkbox"/> NON SO (Hai trovato <i>Hippocampus</i>)	

Sarà per la prossima volta! Per ora dai queste indicazioni:

A quale profondità hai passato più tempo?	
In quale ambiente hai trascorso più tempo? (indicare solo uno)	
<input type="checkbox"/> prateria di posidonia <input type="checkbox"/> parete	
<input type="checkbox"/> fondale sabbioso <input type="checkbox"/> altro	
<input type="checkbox"/> fondale sassoso - roccioso	
Quanti minuti hai passato in questo ambiente?	

Grazie per aver compiuto un primo passo verso la protezione del cavalluccio marino. Prossimamente conoscerai i risultati della ricerca. Spedisci questa scheda a:
SSI Scuba Schools International
via Bergami 4 - 40133 Bologna ITALIA,
Tel. +39-051-383082 Fax +39-051-383554

In relazione alla Legge 675/96 (Legge sulla privacy) esprimo il mio consenso all'eventuale divulgazione dei dati: SI NO






Figura 1

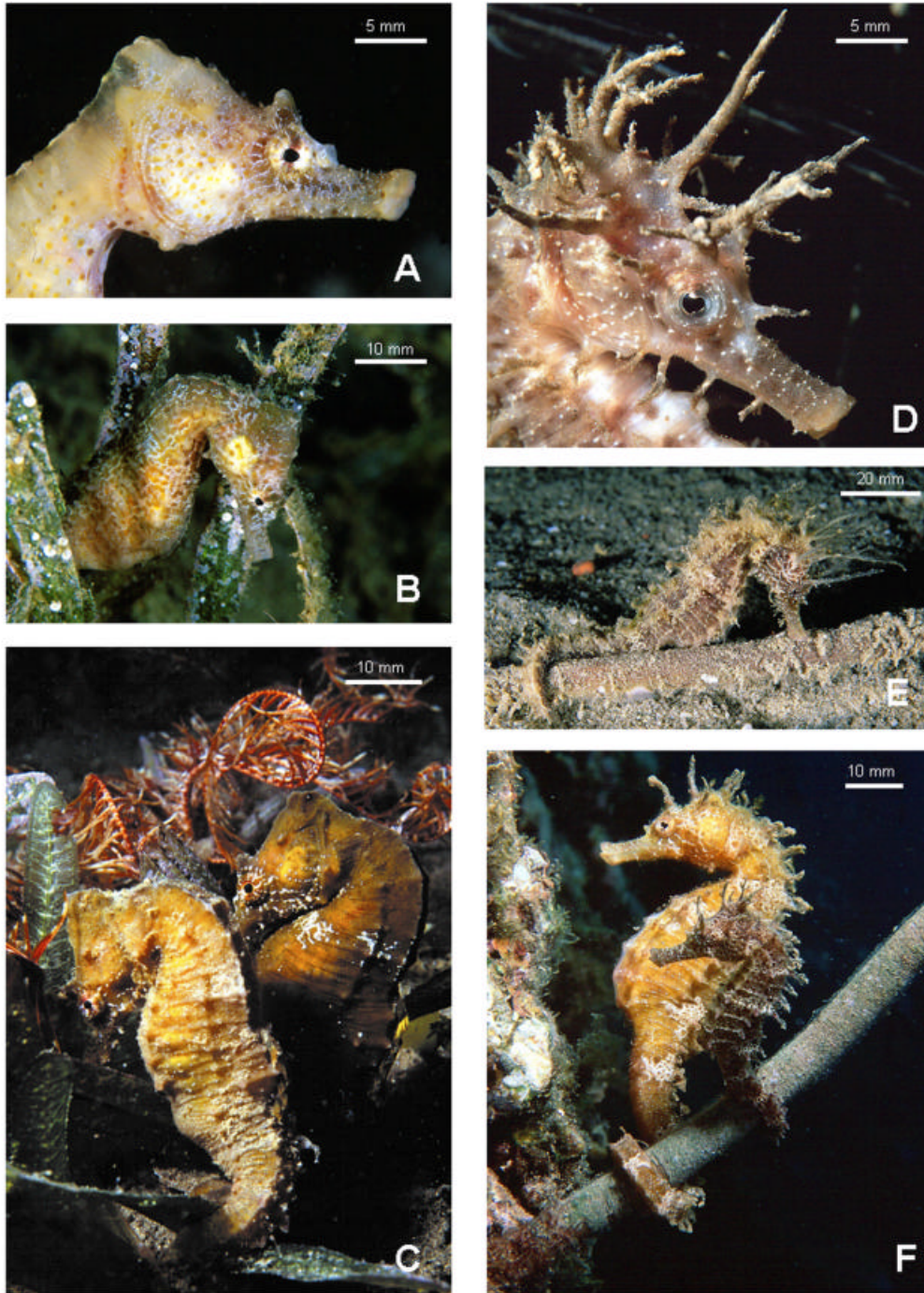


Figura 2



Figura 3

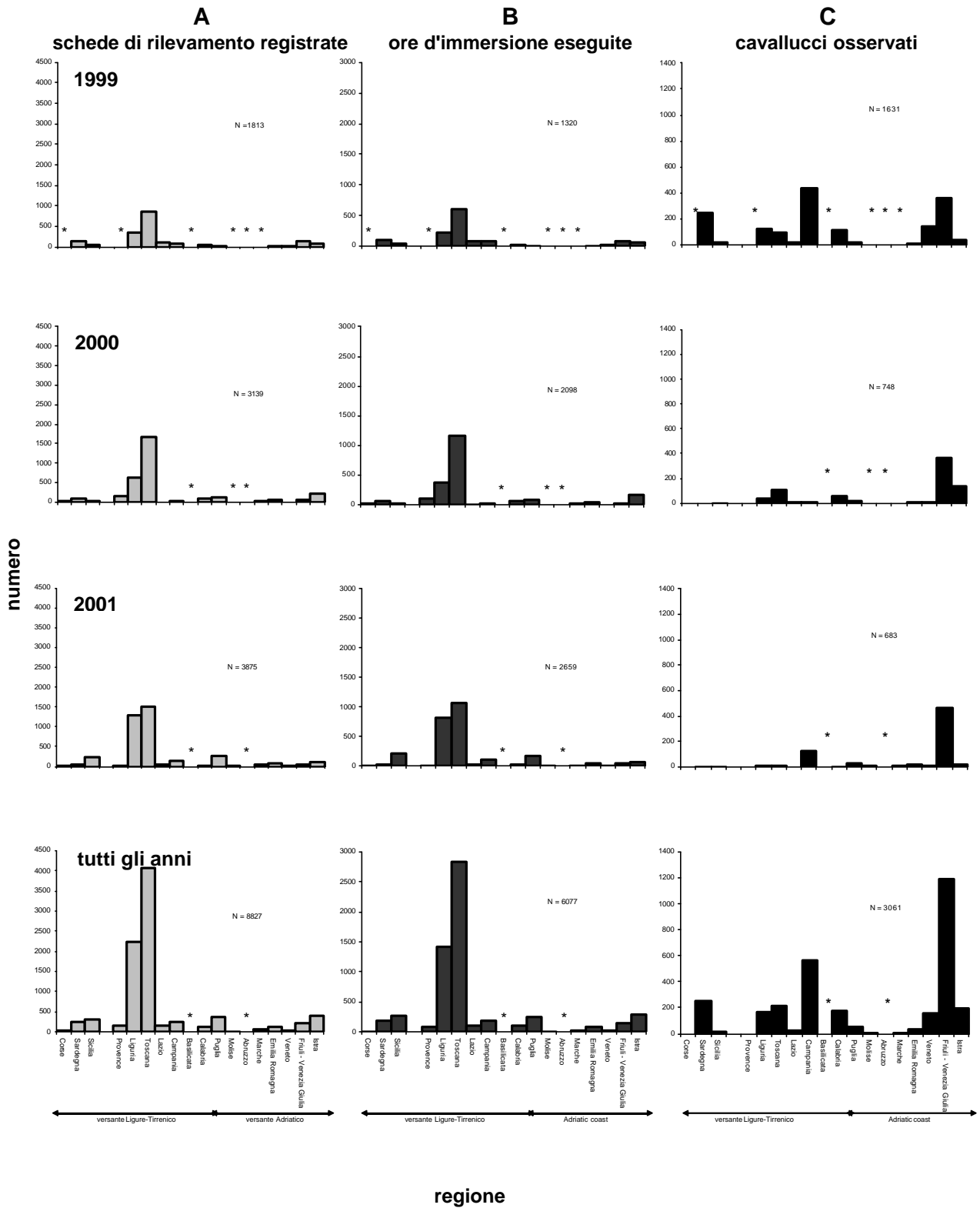


Figura 4

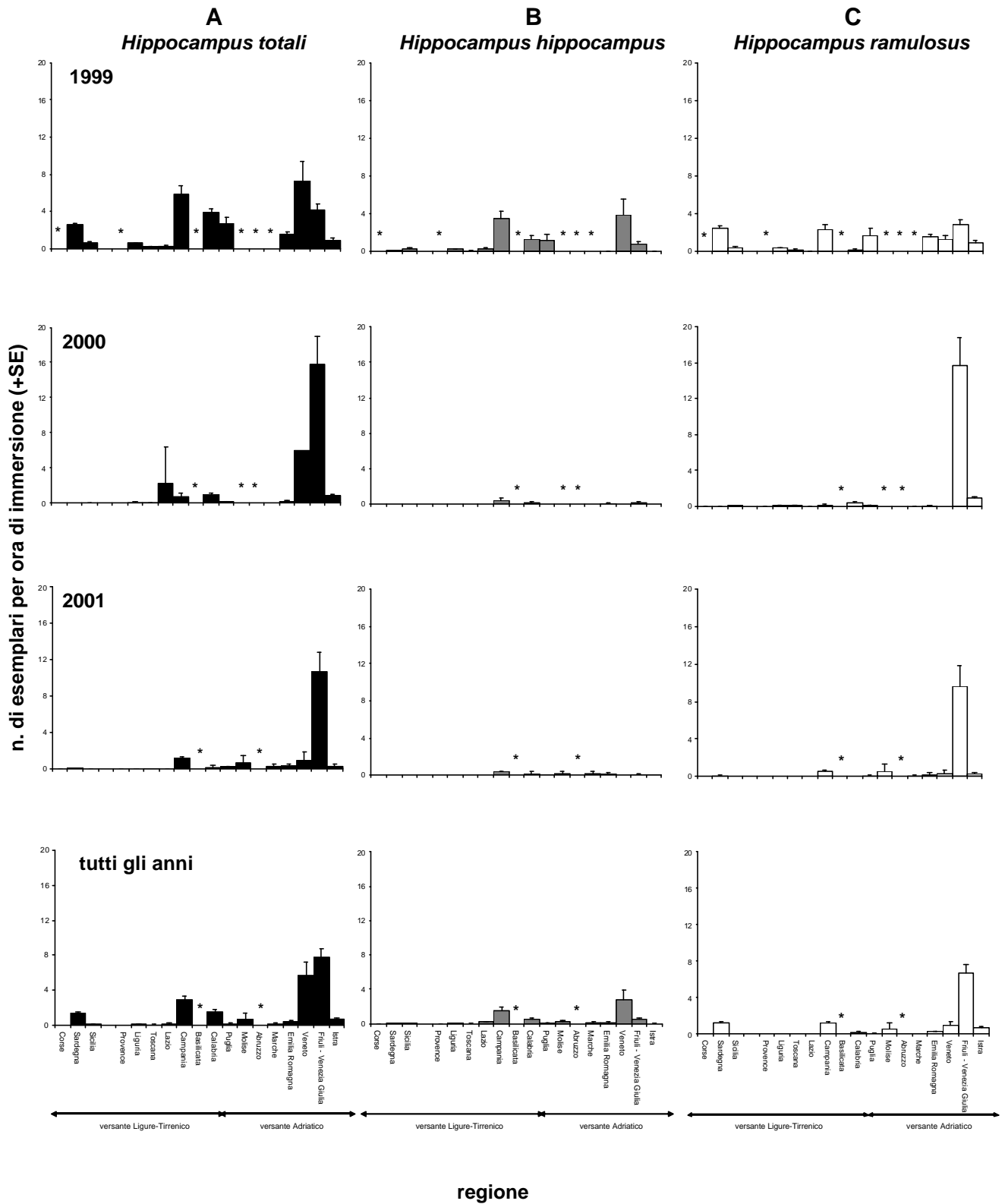


Figura 5

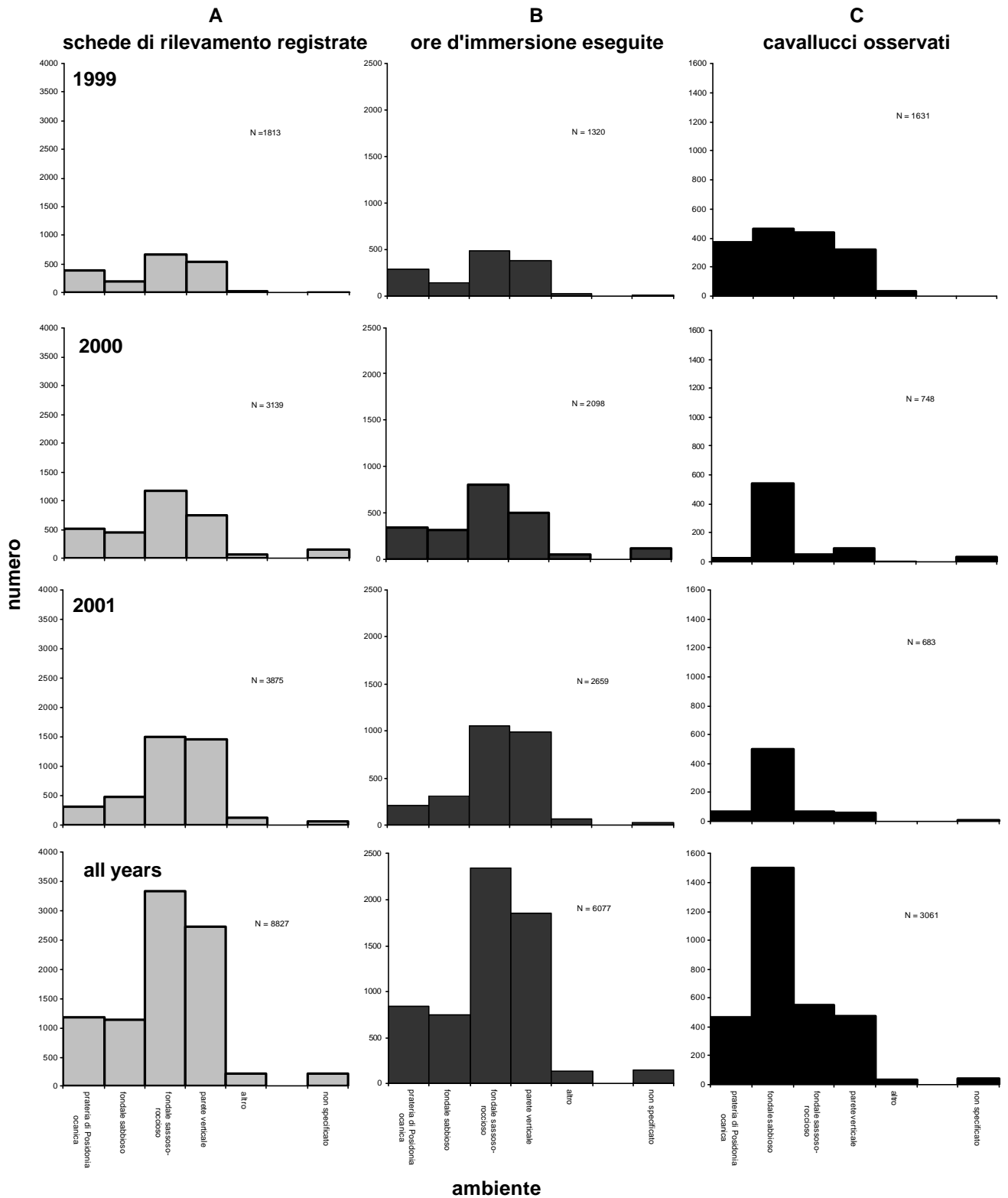


Figura 6

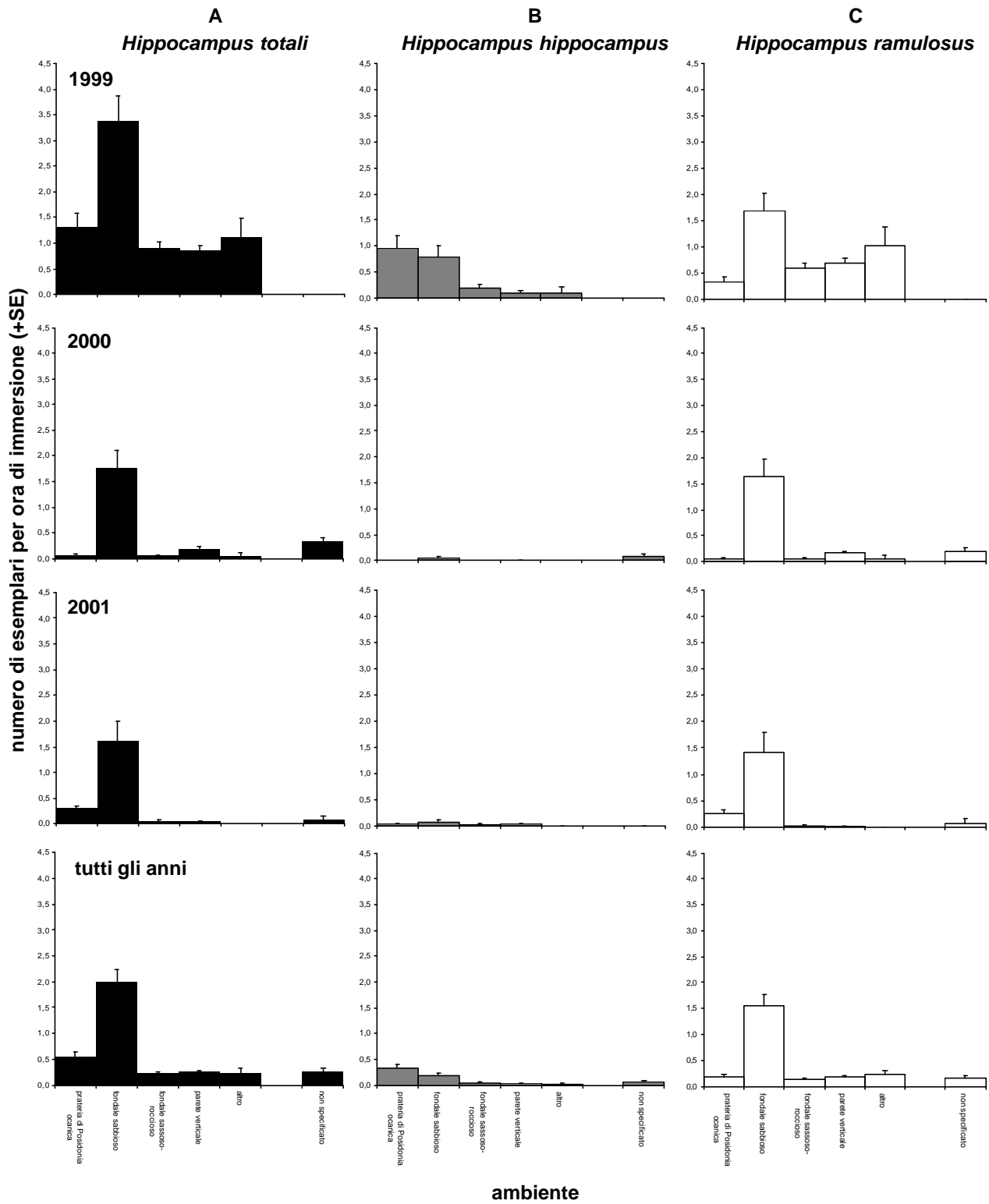


Figura 7

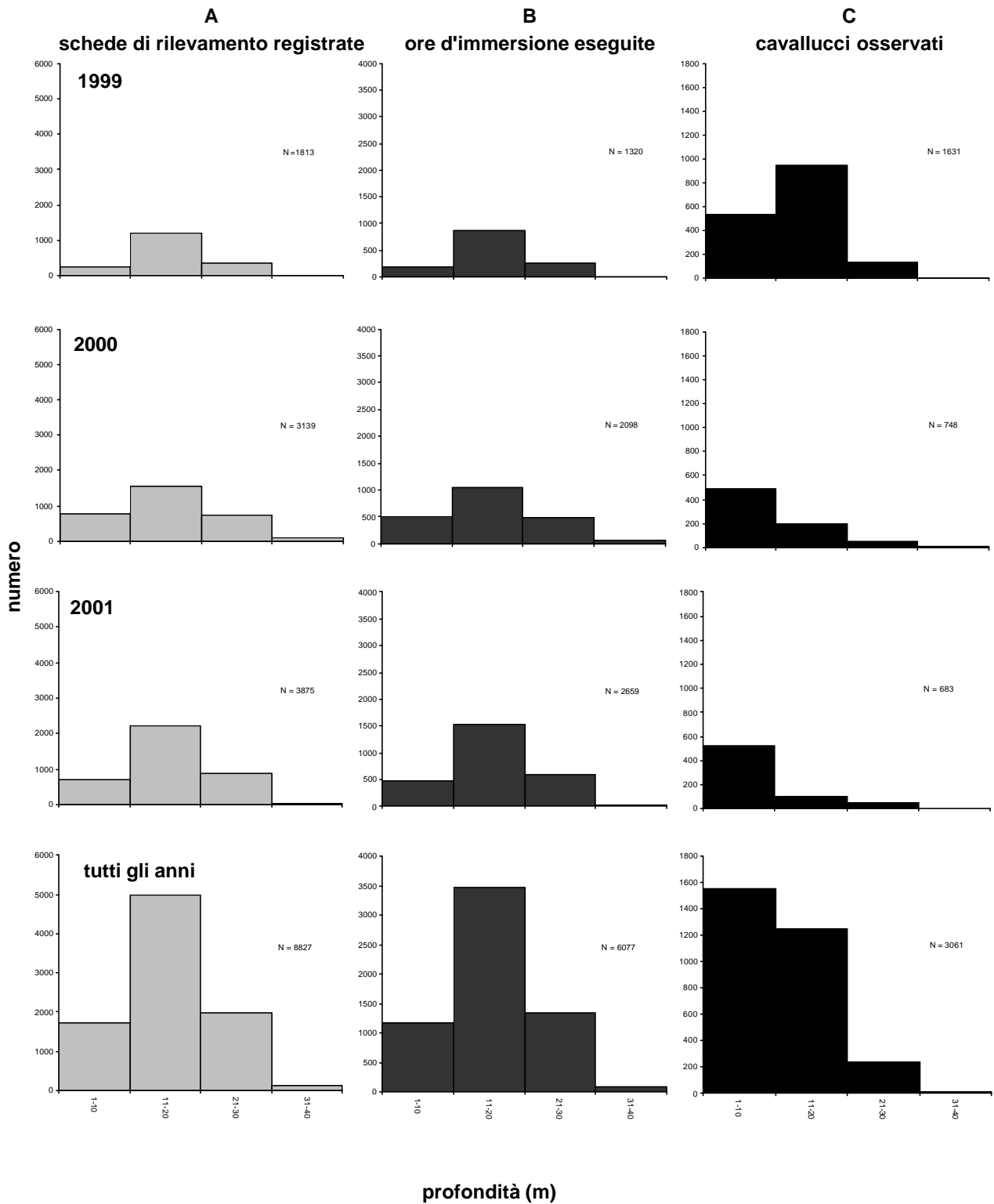


Figura 8

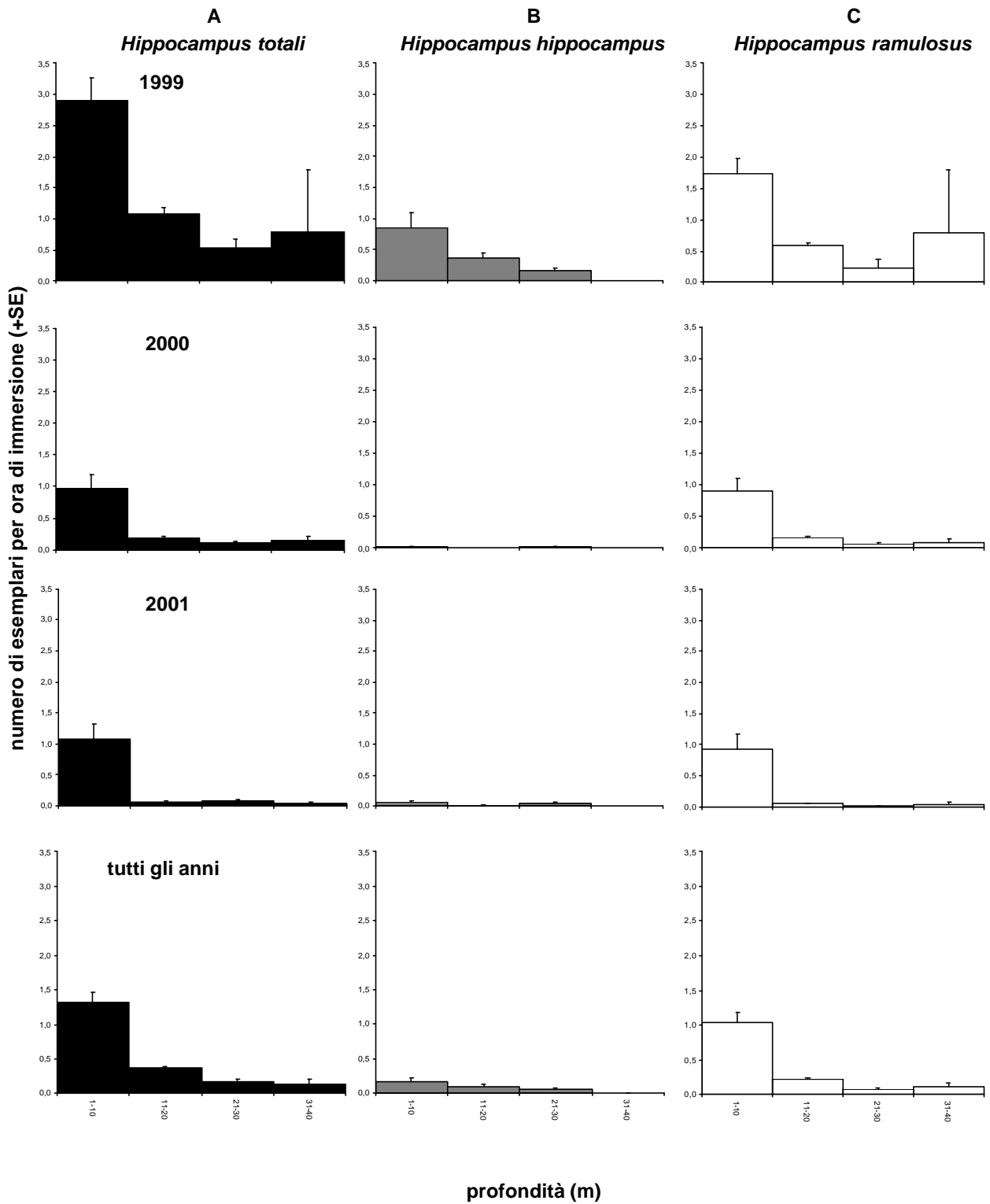


Figura 9