

MARCO BIANCHINI, PETER W. SORENSEN and HOWARD E. WINN

STIMA DELL'ABBONDANZA E SCHEMI DI MOVIMENTO  
A BREVE RAGGIO DELLA ANGUILLA AMERICANA,  
*ANGUILLA ROSTRATA* (LESUEUR) (*Pisces, Apodes*),  
NEL NARROW RIVER, RHODE ISLAND, USA

RIASSUNTO

Stime di popolazione, sia chiusa che aperta, di *Anguilla rostrata* sono state condotte in un'area salmastra del Rhode Island, USA, con esperimenti di cattura e ricattura.

La densità, analizzata con vari metodi, risulta superiore a 300 individui per ettaro (75 kg/ha). In base all'analisi dei dati, gli AA. respingono l'ipotesi che sussistano una popolazione residente ed una « randaglia ».

Gli spostamenti a breve raggio, sempre di modesta entità, risultano essenzialmente come fenomeni individuali, senza gregarismi; essi sembrano caratterizzati da periodi di stazionarietà, interrotti da rapidi movimenti erratici su un'area più estesa.

SUMMARY

*Estimation of abundance and short-range movement patterns of the American eel, Anguilla rostrata, in the narrow river, Rhode Island.*

Estimation of closed and open population of *Anguilla rostrata* were performed in a brackish-water area in Rhode Island, USA, using capture-recapture technique.

The abundance, measured with different methods, is more than 300 eels/hectare (75 kg/ha), equivalent to the highest densities found for European eels; considering the specific characteristics of the area under study, density exceeds the estimates for New Zealand, which is known to hold the world record.

On the basis of the data analysed, the authors rule out the existence of both a resident and a stray population.

Short-range movements are scarce and mainly the result of individual behaviour, with

no aggregative pattern; they lead to the assumption that eels establish home territories for a short period of time, in between rapid and erratic movements from ground to ground.

*Key words:* American eel - movements - abundance.

Il genere *Anguilla* comprende 17 specie strettamente correlate ed è stato oggetto di considerevoli studi (TESH, 1977); ciononostante, ben poco è noto della loro attività in ambiente naturale.

*Anguilla rostrata* (Lesueur) quasi con certezza depone in una area imprecisata del Mar dei Sargassi; i leptocefali giungono prevalentemente nelle aree costiere del Nordamerica; dopo la metamorfosi, le anguille subadulte spendono tra 5 e 20 anni nelle zone salmastre o nelle acque interne (fino a 2000 km dalle foci); il ritorno al mare dei riproduttori avviene a parziale maturazione, in livrea argentina (BIEDER, 1971; WINN et al., 1977).

Le anguille subadulte sono crepuscolari (BOHUN et al., 1966), si celano nel fango o tra la vegetazione (MEDCOF, 1966) e, se necessario, trascorrono l'inverno in quasi-ibernazione (TESCH, 1977; THOMAS, 1968); le scarse capacità visive e gustative (TESCH, 1977) sono compensate da un ottimo olfatto (TEICHMANN, 1959) e forse da un senso magnetico (ZIMMERMAN et al., 1975); le convenzionali tecniche di cattura, marcamiento e determinazione dell'età non possono essergli ordinariamente applicate. Ciò rende difficile uno studio accurato e pertanto molti lavori non sono pienamente attendibili.

Nel New England, *Anguilla rostrata* è abbondante e commercialmente sfruttata. HAEDRICH (1978) trova una densità di 0,11 anguille/m di riva; un'altra stima (SMITH et al., 1955, nel Bills Lake, Canada) dà 79,3 kg/ha. Per l'area in esame non esistono dati sistematici, ma il Narrow River sostiene 3 pescatori di anguille; uno di questi riporta 225 kg/settimana. In una vicina laguna, l'arpionatura ha fruttato ben 540 kg in 10 giorni.

Numerosi lavori hanno evidenziato che l'anguilla subadulta è territoriale e con tendenza all'« homing ». Così TESCH (1967; 1970; 1977), MANN (1965) e VLADYKOV (1971), dopo aver trasferito animali anche di 200 km, li ricatturano in parte nell'area di origine.

In Louisiana, GUNNING et al. (1962) trovano su 40 esemplari un territorio inferiore ai 150 m; BEUMER (1979) in alcuni ampi estuari australiani trova un territorio di circa 400 m lineari per ambedue le specie presenti (*A. australis* e *A. reinhardti*).

## MATERIALI E METODI

Il Narrow River (Pettaquamscutt River) è un estuario salmastro, con caratteristiche assimilabili a quelle di una laguna costiera. Per lo studio fu scelto un tratto di circa 200 m, naturalmente definito da strozzature a monte e a valle, considerato moderatamente produttivo dai pescatori locali; intorno fu delimitata e fatta osservare una zona di rispetto.

Il presente studio copre il periodo dal 12 agosto al 10 ottobre 1980; fino a novembre furono poi compiute prove di trasferimento.

Quattro gruppi di 4 trappole (di rete metallica, dotate di imbuto terminale) furono posti al centro del tratto, a circa 10 m dalla riva e a 25 m l'un dall'altro; trappole singole furono messe agli estremi dell'area in esame.

Come esca fu usata *Alosa pseudoharengus* (Teleostei), poi sostituita col più efficace « horseshoe crab » *Limulus polyphemus* (Merostoma,

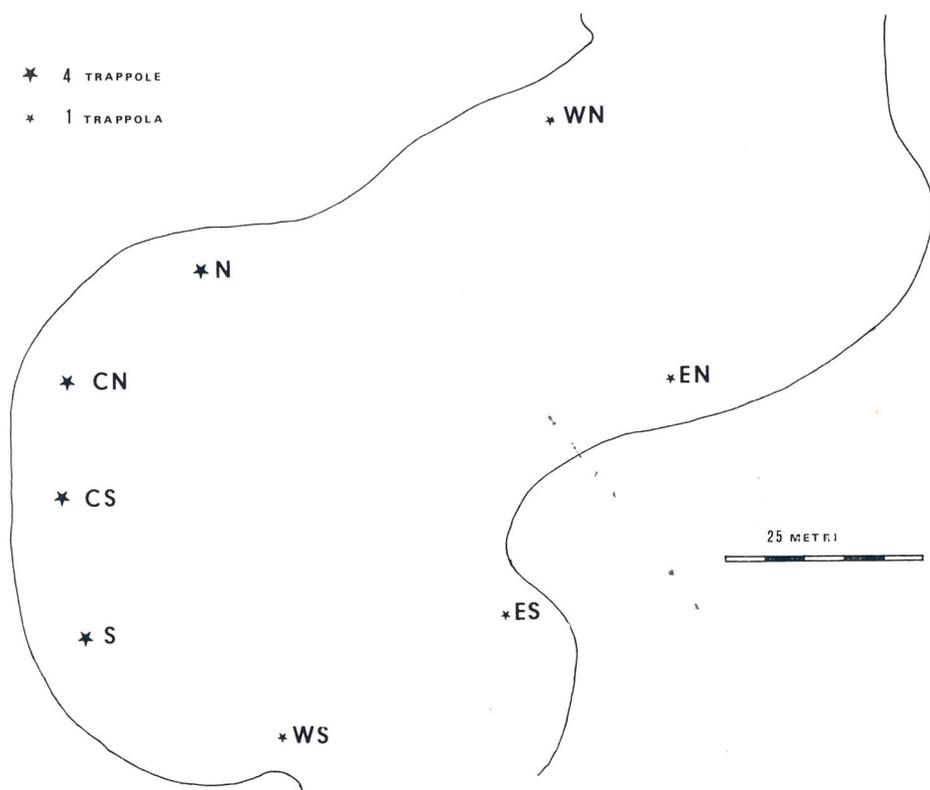


Fig. 1

Xiphosura) (BIANCHINI *et al.*, 1981). Le trappole furono controllate da una barca 3 volte alla settimana; le anguille catturate venivano anestetizzate con TMS-222, misurate e controllate: se prive di marchio, questo veniva impresso; dopo un periodo di recupero esse erano rilasciate nel medesimo posto. Per marchiare fu utilizzato un marchio a caratteri mobili, raffreddato in azoto liquido (SOERSEN *et al.*, 1982); le anguille così risultavano individualmente ed univocamente riconoscibili.

Per le stime di popolazione furono usati gli algoritmi di Schnabel, Petersen e Jolly Seber (RICKER, 1975); l'indice di associazione di BERGENSEN *et al.* (1978) fu invece utilizzato per valutare gli schemi di movimento.

#### DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il totale giornaliero delle catture varia considerevolmente, ma sempre si nota una sua riduzione quando le trappole furono mantenute in acqua per 3 giorni. Da questo si ipotizza che il tasso di fuga dalle trappole sia elevato; la differenza dell'intervallo di tempo non giustifica tuttavia tutta la variabilità, e si deve ritenere che la popolazione totale sia mutevole, o che lo siano l'attrattività delle esche o il tasso di fuga. Se la

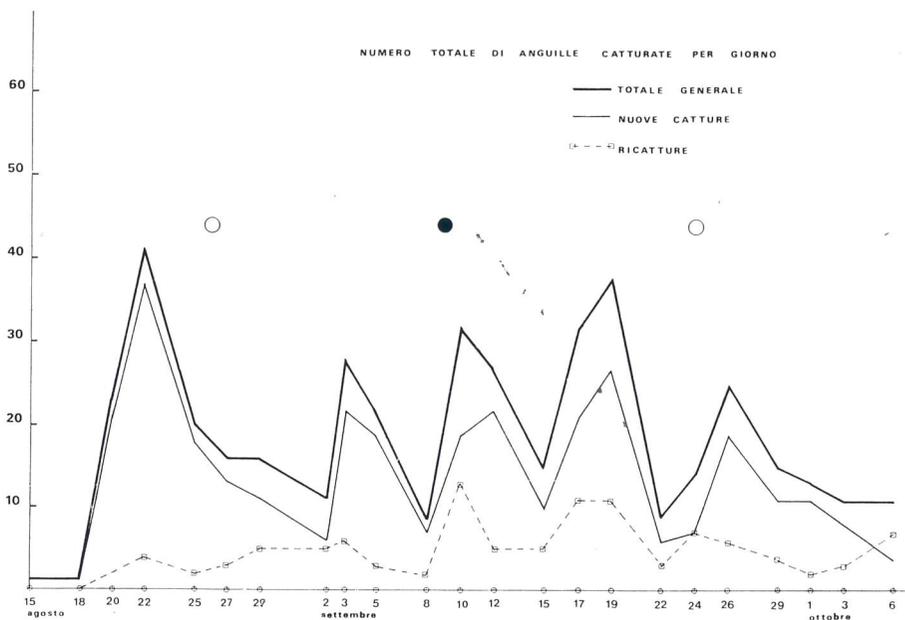


Fig. 2

variabilità dipende da movimenti temporanei delle anguille verso l'area in esame, la percentuale di ricattura dovrebbe variare inversamente al tasso di cattura totale poiché, se si ha immigrazione, si riduce la funzione di animali marcati; se invece essa dipende da fattori di catturabilità in genere, le nuove catture e le ricatture dovrebbero assumere un andamento concorde.

Il tasso di ricattura, essendo inversamente corrispondente a quello di cattura solo 2 volte su 9 (schemi settimanali), suggerisce, nonostante la scarsità di osservazioni, che le anguille non si muovono verso l'area di studio in tempi specifici, ma che piuttosto sono più propense ad essere catturate in momenti particolari; e ancora si può supporre che esse si comportino come singoli individui e non come aggregati o complessi sociali.

Poiché la stima di popolazione secondo Schnabel (inizialmente 382 individui) cresce col tempo ad un ritmo abbastanza stabile (60 anguille alla settimana), è comunque probabile un costante movimento verso l'area in esame.

tab. 1 — Stime di popolazione

	Schnabel $N_s$	Petersen $N_p$		Jolly Seber $N_j$	S
25 ago	382	1515	25 ago	350	1,24
2 set	338	4208	27 ago	340	0,39
8 set	490	1380	29 ago	154	2,20
15 set	555	1560	2 sett	169	0,53
22 set	619	1476	3 set	193	0,74
29 set	675	880	5 set	309	1,65
6 ott	706	1911	8 set	309	1,65
13 ott	832	325	10 <sup>a</sup> set	157	0,84
			12 set	315	0,90
			15 set	205	1,20
			17 set	256	—
Catture complessive: 508			Ricatture totali: 117		

Secondo Schnabel la popolazione aumenta consistentemente col tempo con una immigrazione di 64 nuove anguille/settimana; tuttavia, siccome il tasso di ricattura è costante, le anguille muoiono e/o emigrano.

Secondo Petersen la regressione  $(1/N_p)$  al tempo  $\phi$  dà una intercetta  $y = 2692 \cdot 10^{-6}$  da cui risultano 370 anguille catturabili.

Secondo Jolly Sezer la media di  $N_j$  dà 289 anguille catturabili; dai valori di sopravvivenza (o permanenza) si ricava  $S^3 = 0,666$ , ossia vi è  $1/3$  di sostituzione per settimana.

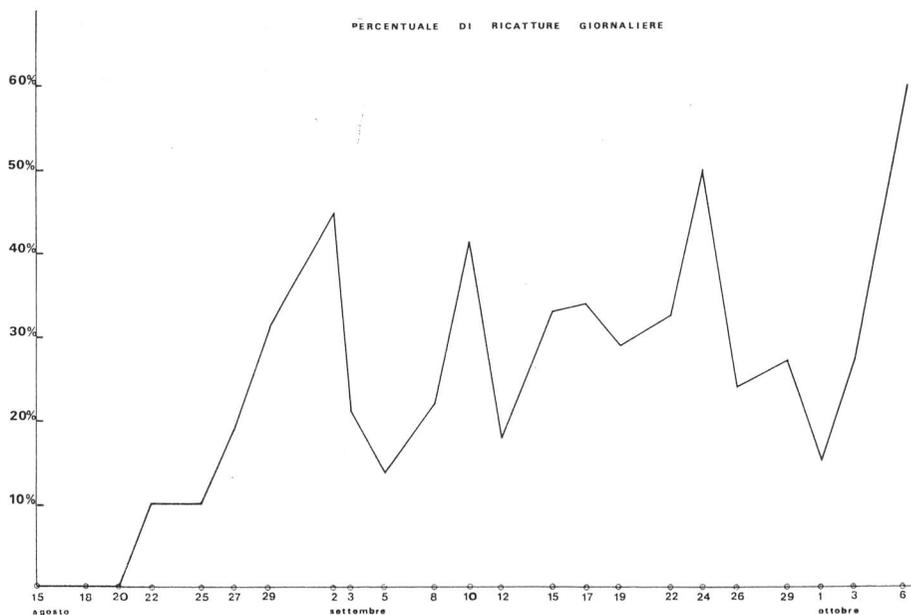


Fig. 3

La popolazione è stata stimata anche col metodo di Petersen, sempre ad intervalli settimanali; una linea di regressione (minimi quadrati) è stata costruita su questi dati. Al tempo  $\emptyset$  (quindi senza immigrazione), la stima (370 individui) è assai simile alla precedente; ambedue i metodi assumono però la condizione di popolazione « chiusa ».

Si è tentato allora con la tecnica di Jolly Seber, valida anche in condizioni « aperte ». La variazione temporale non segue in questo caso un andamento preciso; si può quindi presupporre che emigrazione ed immigrazione si compensino abbastanza tra loro, e che non vi è un effetto di attrazione verso l'area in esame. La variabilità presente, da 157 a 434 individui (media 288), è probabilmente dovuta a variazioni casuali ed a variazioni nell'efficienza di cattura; l'intervallo di confidenza non è calcolabile, ma dovrebbe essere piccolo. Il tasso di permanenza (o sopravvivenza) media, calcolato dopo rimozione degli estremi (winsorizzato), pari a  $(1 - \text{tasso di emigrazione})$ , è 0,8715; ciò equivale ad un ricambio di 19 anguille per giorno, circa il doppio della stima con Schnabel.

Riferendo le stime all'intero tratto in esame, la densità di anguille catturabili è pari a 300 individui/ha, vale a dire circa 75 kg-ha. Tale densità è al livello delle più alte riscontrate in Europa (TESCH, 1977); poiché le trappole non trattengono esemplari sotto i 25 cm, il quantita-

tivo è certamente più elevato. Supponendo poi che sia interessata solo la parte sinistra del tratto, come probabile, si giunge ad una densità pari a quella neozelandese, che è la più alta nota (TESCH, 1977).

L'abbondanza per m di riva, 7 anguille su tutta l'area o 14 per la parte sinistra, è enormemente superiore a quella secondo HAEDRICH (1978) e mette in discussione tale tipo di misura e/o le tecniche altrove impiegate. Resta infine da ricordare che l'area non è considerata particolarmente ricca dai pescatori.

Tab. 2 — Probabilità di ricattura

Probabilità di venir ricatturati in genere					0,318
»	»	»	»	1 volta	0,251
»	»	»	»	2 volte	0,218
»	»	»	»	3 volte	0,368
»	»	»	»	4 volte	0,430
»	»	»	»	5 volte	0,330
»	»	»	»	6 volte	1,00 *
»	»	»	»	7 volte	1,00 *
»	»	»	»	8 volte	1,00 *
»	»	»	»	9 volte	1,00 *

Tempo medio tra cattura e ricattura: 11,19 giorni ( $\Delta = 9,9706$ )

Distanza media tra cattura e ricattura: 18,55 m ( $\Delta = 26,468$ ).

Distanza media percorsa giornalmente: 1,66 m.

\* Riferito ad un solo individuo.

Le probabilità di ricatturare una anguilla particolare è indipendente da quante volte sia stata già catturata; ciò esclude un effetto di « trap-happy ». Anche l'ipotesi di GERKING (1959), che esistano una popolazione residente ed una randagia, resta altamente improbabile. Non vi è infine neppure una correlazione di gruppo, né quindi un comportamento da animali gregari.

L'indice di associazione di BERGENSEN et al. (1976), relativamente alto (0,6105), e le modeste distanze medie percorse tra cattura e ricattura (18,5 m in 12 giorni) mostrano che l'anguilla si muove poco; ben il 61% delle ricatture è avvenuto poi nel medesimo posto della precedente cattura.

## Indice di associazione tra posizione di cattura e di ricattura

Ricatt/Catt	EN	WN	N	CN	CS	S	WE	ES	n <sub>j</sub>
EN	—	—	—	—	—	—	—	—	0
WN	1	2	2	—	—	1	—	—	0
N	—	3	32	12	4	—	1	1	53
CN	—	—	2	15	6	2	—	1	26
CS	—	—	3	3	9	3	—	—	18
S	1	—	—	—	4	10	1	—	16
WS	—	—	1	—	—	1	2	—	4
ES	—	—	—	—	—	—	—	4	4
n <sub>j</sub>	2	5	40	30	23	17	4	6	121

L'indice h, che deve essere compreso tra 1 e 0,125, è pari a 0,6105.

Assumendo una efficacia di cattura di solo il 25%, e considerando l'alta densità delle trappole nell'area di studio e il bassissimo tasso di ricattura nelle trappole più estese, si ipotizzano 2 strati motivazionali nel movimento delle anguille: l'uno caratterizzato da un rapido spostamento da area ad area, l'altro estremamente localizzato. Gli Autori ritengono che nel Narrow River le anguille mostrino il seguente schema di movimento erratico: gli individui stabiliscono un territorio temporaneo (per 5 giorni o meno, estrapolando dalle probabilità di ricattura) tra due « viaggi » più ampi. È probabile comunque che questi territori siano legati all'abbondanza di cibo, e siano mantenuti più a lungo in aree più produttive.

Queste ipotesi concorrono a spiegare il basso tasso di ricatture nei dati di TESCH (1967; 1970; 1977) ed alcuni più ampi movimenti osservati da MANN (1965); quanto descritto da BEUMER (1978) può essere spiegato con la tendenza delle anguille a stabilire un territorio temporaneo in una più ampia (ma definita) area.

## BIBLIOGRAFIA

- BERGENSEN E. P. e KEEFE T. J., 1976 — An index of fish movement with statistical techniques for its interpretation. — *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33.
- BEUMER J. P., 1979 — Reeding and movement of *Anguilla australis* and *A. reinhardti* in Macleods, Australia. — *J. Fish. Biol.*, 14.
- BIANCHINI M., SORENSEN P. W. e WINN H. E., 1981 — Horseshoe crabs as an attractant for eels. — *World Conf. Aquaculture*, Venezia.

Nota: Il presente lavoro è stato condotto nell'ambito di una borsa NATO.

- BIEDER R., 1971 — Age and growth in the American eel, *Anguilla rostrata*, in Rhode Island. — *M.S. Thesis, Univ. of Rhode Island, USA*.
- BOHUN S. e WINN H. E., 1966 — Locomotor activity of the American eel, *Anguilla rostrata*. — *Chesapeake Sci.*, 7.
- GERKING S. D., 1959 — The restricted movements of fish populations. — *Biol. Rev.*, 34.
- GUNNING G. E. e SHOP C. R., 1962 — Restricted movements of the American eel, *Anguilla rostrata*, in freshwater streams with comments on growth rate. — *Tulane Stud. Zool.*, 9.
- HAEDRICH R. L., 1978 — Eels in Cape Cod waters. — *Sea Grant Rep.*, Woods Hole, Mass., USA.
- MANN H., 1965 — Über das Rückkehrvermögen verplanzter Flusssaale. — *Arch. Fish. Wiss.*, 15.
- MEDCOF J. C., 1969 — Fishermen's reports of freshwater and saltwater migration of Nova Scotia eels. — *Can. Field Nat.*, 83.
- RICKER W. E., 1975 — Computation and interpretation of biological statistics of fish population. — *Bulletin Fish. Res. Bd. Can.*, 191.
- SMITH M. W. e SAUNDERS J. W., 1955 — The American eel of certain fresh waters of the maritime provinces of Canada. — *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 12.
- SORENSEN P. W., BIANCHINI M. e WINN H. E., 1983 — Individually marking american eels by freeze branding. — *Prog. Fish. Cult.*, 40 (1).
- TESCH F. W., 1967 — Homing of eels (*Anguilla anguilla*) in the southern North Sea. — *Mar. Biol.*, 1.
- TESCH F. W., 1970 — Heimfindevermögen von Aalen *Anguilla anguilla* nach Beeinträchtigung des Geruchssinnes, nach Adaptation oder nach Verpflanzungen in ein Nachbar-Aestuar. — *Mar. Biol.*, 6.
- TESCH F. W., 1977 — The eel biology and management of anguillid eels. — *Chapman and Hall*, London, 434 pp.
- TEICHMANN H., 1959 — Ueber die Leistung des Geruchssinnes beim Aal (*Anguilla anguilla*). — *Z. Vergl. Physiol.*, 42.
- THOMAS M. L. H., — Overwintering of American lobsters *Homarus americanus*, in burrows in Bideford River, Prince Edward Island. — *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 25.
- VLADYKOV V. D., 1971 — Homing of the American Eel, *Anguilla rostrata*, as evidenced by returns of transplanted tagged eels in New Brunswick. — *Can. Field Nat.*, 85.
- WENNER C. A. e MUSICK J. A., 1975 — Food habits and seasonal abundance of the American eel, *Anguilla rostrata*, from the lower Chesapeake Bay. — *Chesapeake Sci.*, 16.
- WINN H. E., RICHKUS W. A. e WINN L. K., 1975 — Sexual dimorphism and natural movements of the American eel (*Anguilla rostrata*) in Rhode Island streams and estuaries. — *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 27.
- ZIMMERMAN M. A. e MC CLEAVE J. D., 1975 — Orientation of elvers of American eels (*Anguilla rostrata*) in weak magnetic and electric fields. — *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 27.