

M. ZAMPI (*), L.M. FORESI (**), S. BENOCCI (*)

NUOVE OSSERVAZIONI SU MORFOLOGIA ED ECOLOGIA DI *MILIAMMINA FUSCA* (BRADY) E *DISCORINOPSIS AGUAYOI* (BERMUDEZ) RINVENUTI IN UNA VASCA TERMAL DI MONTECATINI TERME (PISTOIA)

Alla Memoria del Professor Guido Tavani

Riassunto - È stata riesaminata l'associazione a foraminiferi segnalata da Papi e Tavani (1959) in un'acqua termominerale di Montecatini Terme. Le forme rinvenute sono attribuite alle specie *Miliammina fusca* (Brady) e *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Vengono descritte ed illustrate le caratteristiche morfologiche delle due specie con particolare riferimento a quelle di *D. aguayoi*, specie raramente segnalata nell'area mediterranea. Gli esemplari dei due taxa presentano per lo più dimensioni ridotte ed anomalie morfologiche. *D. aguayoi* è caratterizzato anche da una parete estremamente sottile e da uno spesso rivestimento organico. Le anomalie morfologiche evidenziate in *M. fusca* e *D. aguayoi* sono correlabili con le caratteristiche chimico-fisiche delle acque di Montecatini Terme.

Parole chiave - Foraminiferi, acque continentali, Toscana.

Abstract - *New morphological and ecological remarks on Miliammina fusca (Brady) and Discorinopsis aguayoi (Bermudez) recorded in the mineral waters of Montecatini Terme (Pistoia, Italy).* A systematic revision of a foraminiferal fauna, recorded by Papi and Tavani (1959) in the mineral waters of a Montecatini Terme pool (Tuscany, Italy), has been performed. The foraminiferal fauna is represented by *Miliammina fusca* (Brady) and *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). The specimens are small-sized and often exhibit morphological anomalies. *M. fusca* is characterized by an irregular growth of the chambers of the outer whorl. *D. aguayoi* exhibit inflated test and a large-sized, protruding chamber in the first whorl. The specimens of *D. aguayoi* also show a thin test wall and a thick organic lining. These morphological anomalies are interpreted as being due to the chemical and physical water parameters, such as temperature (13°-15°C during the day), pH (7.0) and salinity (8.6‰), as measured at the time of sampling. However, these anomalies would be chiefly related to the low value of salinity. The foraminiferal fauna of Montecatini is considered relict of the Pliocenic sea.

Key words - Foraminifers, inland pools, Italy.

INTRODUZIONE

In letteratura sono riportate numerose segnalazioni

di associazioni a foraminiferi rinvenute in acque interne, generalmente caratterizzate da salinità inferiore a quella marina. I primi dati riguardano faune relitte del Mar della Tetide, rinvenute nei laghi della Romania, nei pozzi del deserto del Kara-Kum, nelle falde acquifere del Sahara e in un bacino dell'Asia centrale (Boltovskoy e Wright, 1976). Successive segnalazioni (Arnal, 1958; Resig, 1974) provengono da un bacino interno della California (salinità 1,33-25,63‰) e da un lago hawaiano poco profondo, con acque da salmastre a dolci. Tra le specie elencate da Resig sono comprese anche *Miliammina fusca* e *Lamellodiscorbis aguayoi*. Cann e De Deckker (1981) rinvennero esemplari di *Elphidium* e *Trochammina* in alcuni laghi dell'Australia occidentale soggetti a disseccamento estivo (salinità 10-180‰). Gli stessi Autori segnalano la presenza di alcuni foraminiferi, tra cui *Trichohyalus tropicus*, in un lago permanente, non comunicante con il mare, dell'Australia meridionale (salinità inferiore a 33‰). Una popolazione di foraminiferi, rappresentata esclusivamente da *Ammonia beccarii*, è segnalata da Almogi-Labin *et al.* (1992) in uno stagno isolato (Navit-3) del Mar Morto (salinità 39,7-54,5‰).

Due specie di foraminiferi venivano rinvenute anche da Papi e Tavani (1959) nelle acque termominerali di una vasca di Montecatini Terme (Pistoia). I foraminiferi facevano parte di una associazione faunistica costituita da Turbellari, Nematodi, Oligocheti, Copepodi, Anfipodi e Gasteropodi. Gli esemplari delle due specie venivano indicati come probabili varietà di *Miliammina fusca* (Brady) e *Rotalia beccarii* (Linneo). Papi e Tavani, comunque, si riproponevano di precisare la determinazione delle due specie e di descriverne le anomalie morfologiche in una successiva pubblicazione, peraltro mai effettuata.

Un nostro successivo esame del materiale di Montecatini, evidenziava la necessità di rivedere la classificazione dei foraminiferi e di documentarne le caratteristiche morfologiche. Inoltre, si voleva verificare l'eventuale correlazione dei fenomeni teratologici, riscontrati nelle due specie, non solo con i bas-

* Dipartimento di Biologia ambientale, Via delle Cerchia 3, 53100 Siena.

** Dipartimento di Scienze della Terra, Via delle Cerchia 3, 53100 Siena.

Lavoro eseguito con fondi MURTS 60%, titolare M. Zampi.

si valori della salinità ma anche col particolare chimismo delle acque, come già ipotizzato da Papi e Tavani. Per quest'ultima indagine si rivelavano particolarmente interessanti le variazioni morfologiche del rotalide, in quanto confrontabili con quelle di esemplari della stessa specie provenienti da un ambiente lagunare ipoalino con salinità estremamente ridotta (Tufesco, 1969).

MATERIALI E METODI

I foraminiferi analizzati da Papi e Tavani (1959) e riesaminati in questo lavoro, provengono da una vasca denominata «Grottino», situata all'interno dello stabilimento termale di Montecatini (Fig. 1). Si tratta di una vasca di forma piuttosto irregolare, stretta e

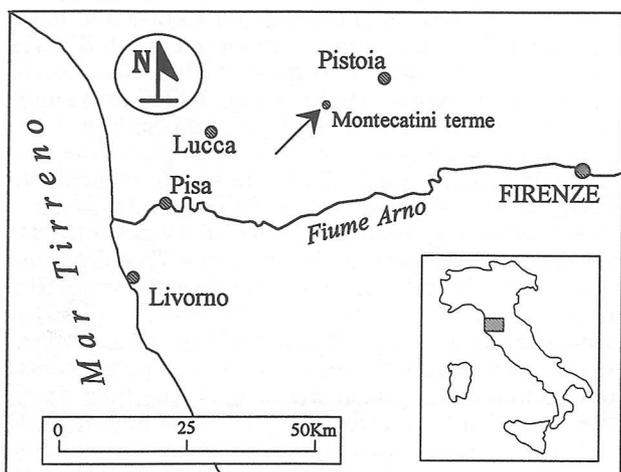


Fig. 1 - Localizzazione geografica della faunula studiata (indicata dalla freccia).

lunga (17 m x 1,2-1,8 m), profonda 0,65 m, scavata ai piedi di una parete di banchi di travertino, dalle cui fessure, per stillicidio, proviene l'acqua che alimenta la vasca stessa. I campioni erano stati raccolti dagli Autori sia sul fondo della vasca (ricoperto da un velo di detrito) che sulle pareti di travertino (sulla parte sommersa e in quella bagnata dall'acqua

percolante, entrambe ricoperte da un tappeto algale). Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque erano state rilevate dagli stessi Autori al tempo del campionamento.

Per il presente studio, gli esemplari delle due specie sono stati prelevati dai residui di lavato (8,4 g proveniente dal materiale raccolto sulla parete e 0,6 g da quello raccolto sul fondo della vasca) da cui Papi e Tavani avevano precedentemente estratto numerosi esemplari. Nonostante il precedente *picking*, la frequenza degli esemplari risultava ancora così elevata da consentire l'ulteriore prelievo di un rilevante numero di individui delle due specie. Questi ultimi venivano misurati con un oculare micrometrico montato su un microscopio WILD M5, fotografati con microscopio a scansione e quindi determinati. Alcuni individui della forma indicata da Papi e Tavani come varietà di «*Rotalia beccarii*», venivano decalcificati con una soluzione di HCl 5% per evidenziare il rivestimento organico del guscio. Su quest'ultimo veniva effettuata la reazione PAS.

Il materiale studiato è conservato presso il Dip. di Scienze della Terra dell'Università di Siena.

TASSONOMIA

Papi e Tavani (1959) riferivano gli esemplari delle due specie a *Miliammina fusca* (Brady) e a *Rotalia beccarii* (Linneo). La prima forma costituiva l'80% dei foraminiferi nel campione prelevato dal fondo della vasca, la seconda il 90% degli esemplari riscontrati nel materiale prelevato dalla parete. Concordiamo con Papi e Tavani circa l'attribuzione sistematica della specie a guscio agglutinante, non ritenendo invece valida la determinazione generica del rotalide. La presenza di un accrescimento carbonatico secondario sulla sua superficie ombelicale consente infatti un sicuro riferimento al genere *Discorinopsis*. Più precisamente le caratteristiche morfologiche degli individui indicano la loro appartenenza alla specie *D. aguayoi*.

Famiglia Siliciniidae

Genere *Miliammina* Heron-Hallen e Earland, 1930

Miliammina fusca (Brady)

Tav. 1, figg. 1-10

Quinqueloculina fusca Brady, 1870, pag. 286, tav. 11, figg. 2,3.

TAVOLA I

Figg. 1, 2, 6 - *Miliammina fusca* (Brady)

Figg. 3, 4 - *Miliammina fusca* (Brady). Esemplari con svolgimento del guscio.

Figg. 5, 7, 9 - *Miliammina fusca* (Brady). Esemplari con irregolare accrescimento delle camere del giro esterno.

Figg. 8, 10 - *Miliammina fusca* (Brady). Esemplari con contorno del guscio di forma sub-rettangolare (fig. 8) od ellittica (fig. 10).

Fig. 11 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Superficie dorsale. Esemplare con ispessimento di materiale ialino nelle suture delle camere del giro interno.

Figg. 12-18 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Superficie dorsale. Esemplari con le logge del giro interno sostituite da un'unica camera di rilevanti dimensioni e forma sporgente; fig. 14: esemplare con irregolare accrescimento della penultima camera; fig. 17: esemplare con camere rigonfie; fig. 18: esemplare con le suture delle prime camere del giro esterno fortemente limbate.

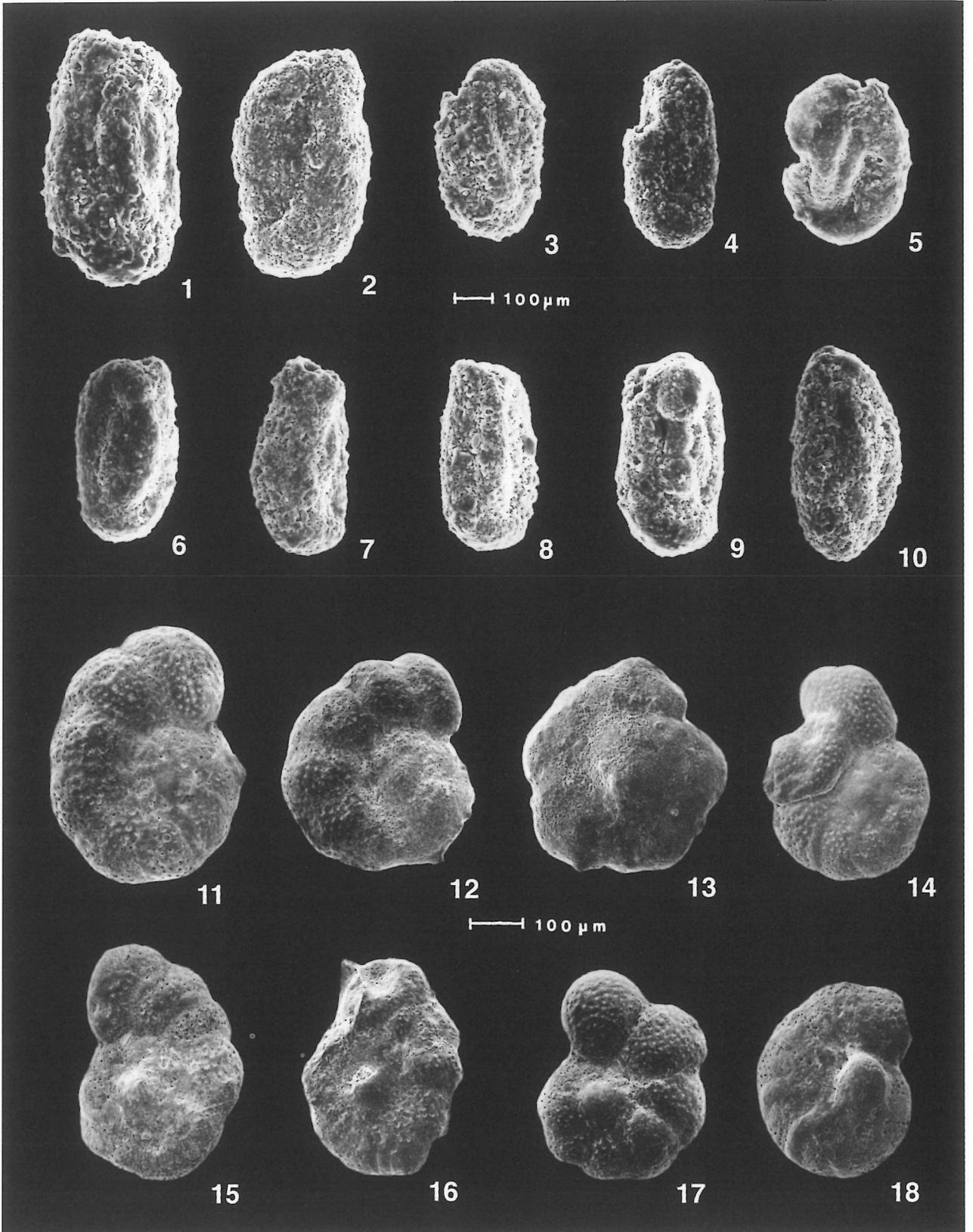


TAVOLA I

Miliammina fusca (Brady). Todd e Bronniman, 1957, pag. 26, tav. 3, fig. 1.

Miliammina fusca (Brady). Scott, Suter e Kusters, 1991, pag. 386, tav. 1, fig. 14.

Questa specie è rappresentata da un elevato numero di individui di ridotte dimensioni (altezza del guscio compresa tra 240 e 380 μm) e da pochi esemplari con altezza del guscio di 440-460 μm (Tav. 1, figg. 1-10). Quasi tutti gli individui sono caratterizzati da alterazioni morfologiche quali lo svolgimento del plasmotraco (Tav. 1, figg. 3,4), un irregolare accrescimento delle logge (Tav. 1, figg. 5,7,9) od un guscio di forma subrettangolare (Tav. 1, fig. 8) od ellittica (Tav. 1, fig. 10). La parete è finemente arenacea, con una debole cementazione tra i granuli. In alcuni esemplari, tra i granuli agglutinati, sono visibili anche frustoli di diatomee. Tutti gli individui sono comunque riferibili a *M. fusca* e non ad una varietà di questa specie, come ipotizzato, invece, da Papi e Tavani (1959).

Famiglia Rotaliidae

Genere *Discorinopsis* Cole, 1951

Osservazioni: concordiamo con Scott, Suter e Kusters (1991) nel confermare la validità del genere *Discorinopsis* Cole, non ritenendo giustificata la successiva istituzione del genere *Trichohyalus* (Loeblich e Tappan, 1953) per quei rotalidi con materiale calcitico di apposizione secondaria nell'area ombelicale.

Discorinopsis aguayoi (Bermudez)

Tav. 1, figg. 11-18; Tav. 2, figg. 1-16a; Tav. 3, figg. 1-4a

Discorbis aguayoi Bermudez. Bermudez, 1935, fide Ellis e Messina, 1940 et seq..

Discorinopsis vadescens Cushman e Bronniman. Cushman e Bronniman, 1948, pag. 20, tav. 4, figg. 9-10.

Discorbina lacunae Silvestri. Silvestri, 1950, pag. 80, tav. 3, figg. 22-23.

Discorinopsis aguayoi (Bermudez). Parker, Phleger e Peirson, 1953, pag. 7, tav. 4, figg. 23-24.

Discorinopsis aguayoi (Bermudez). Arnold, 1954, pagg. 4-13, tav. 2, figg. 1-17.

Discorbis? aguayoi (Bermudez). Todd e Bronniman, 1957, pag. 37, tav. 9, fig. 24.

Trichohyalus tropicus (Collins). Albani, 1968, pag. 117, tav. 10, figg. 13-14.

Lamellodiscorbis aguayoi (Bermudez). Resig, 1974, pag. 70, tav. 1, figg. 15-16.

Trichohyalus tropicus (Collins). Cann e De Deckker, 1981, pag. 669, fig. 1 nel testo.

Discorinopsis aguayoi (Bermudez). Boltovskoy e Hincapié De Martinez, 1983, pag. 218, tav. 2, figg. 8-9.

Discorbis valvulatus d'Orbigny. Zampi e D'Onofrio, 1986, pag. 114.

Trichohyalus lacunae (Silvestri). Albani e Serandrei Barbero, 1990, pag. 327, tav. 5, figg. 19-20.

Discorinopsis aguayoi (Bermudez). Scott, Suter e Koster, 1991, pag. 385, tav. 2, figg. 17-18.

La popolazione del rotalide è prevalentemente rappresentata da individui con 6-8 logge nel giro esterno della spira (Tav. I, figg. 11-14, 17-18; Tav. II, figg. 1-5, 11-12, 16; Tav. III, figg. 1-2, 4) ed altezza del guscio compresa tra 260 e 320 μm (spessore: 140-160 μm). Solo in pochi esemplari (altezza del guscio compresa fra 440 e 520 μm ; spessore 140-160 μm) sono visibili 9-10 camere nel giro esterno (Tav. I, figg. 15-16; Tav. II, figg. 13-14; Tav. III, fig. 3).

Gli esemplari, se osservati dal lato spirale, mostrano pori ampi (3-4 μm) e rilevati rispetto alla superficie del guscio (Tav. II, fig. 15). La parete, estremamente sottile, lascia intravedere un rivestimento organico assai spesso e di colore rosso-bruno. La superficie esterna di questo rivestimento organico è contraddistinta da piccole papille a forma tronco-conica (Tav. III, figg. 4-4a), nel cui interno sono visibili piccole depressioni crateriformi (Tav. III, fig. 4a) La presenza di mucopolisaccaridi nello strato organico è evidenziata dalla sua positività alla reazione PAS.

In numerosi esemplari di *D. aguayoi* la forma rigonfia delle camere del giro esterno conferisce al contorno del guscio un aspetto marcatamente lobato (Tav. I, figg. 12-17; Tav. II, figg. 1-4). Le camere del giro interno, negli individui in cui sono riconoscibili, appaiono delimitate da suture ricurve e fortemente limbate: la spessa limbatura forma talvolta un reticolo di materiale ialino che ricopre parzialmente la loro superficie (Tav. I, fig. 11). In qualche esemplare anche le suture delle prime camere del giro esterno presentano una limbatura molto marcata, a forma di costolatura (Tav. I, fig. 18). Le suture delle ultime camere del giro esterno sono depresse (Tav. I, figg. 11-17; Tav. II, figg. 1-2, 4), ricurve (Tav. I, figg. 11-16,

TAVOLA II

Figg. 1, 2, 4, 5 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Superficie dorsale. Esemplari con un'unica loggia di forma sporgente nel giro interno della spira; figg. 1,2,4: esemplari con camere rigonfie.

Figg. 6-10 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Profilo; figg. 6, 8, 10: esemplari con evidente torsione dell'asse di avvolgimento.

Figg. 3, 11-14 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Superficie ventrale con riempimento calcitico di apposizione secondaria; figg. 3, 11, 14: riempimento calcitico di aspetto spugnoso; figg. 12, 13: riempimento calcitico di aspetto compatto.

Fig. 15 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Particolare della parete (penultima camera dell'esemplare di fig. 1). I pori appaiono rilevati sulla superficie del guscio e di ampie dimensioni.

Figg. 16, 16a - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Giovane individuo con riempimento calcitico costituito da tre tubercoli; fig. 16a: sono ben visibili le aperture secondarie tra le camere del giro esterno.

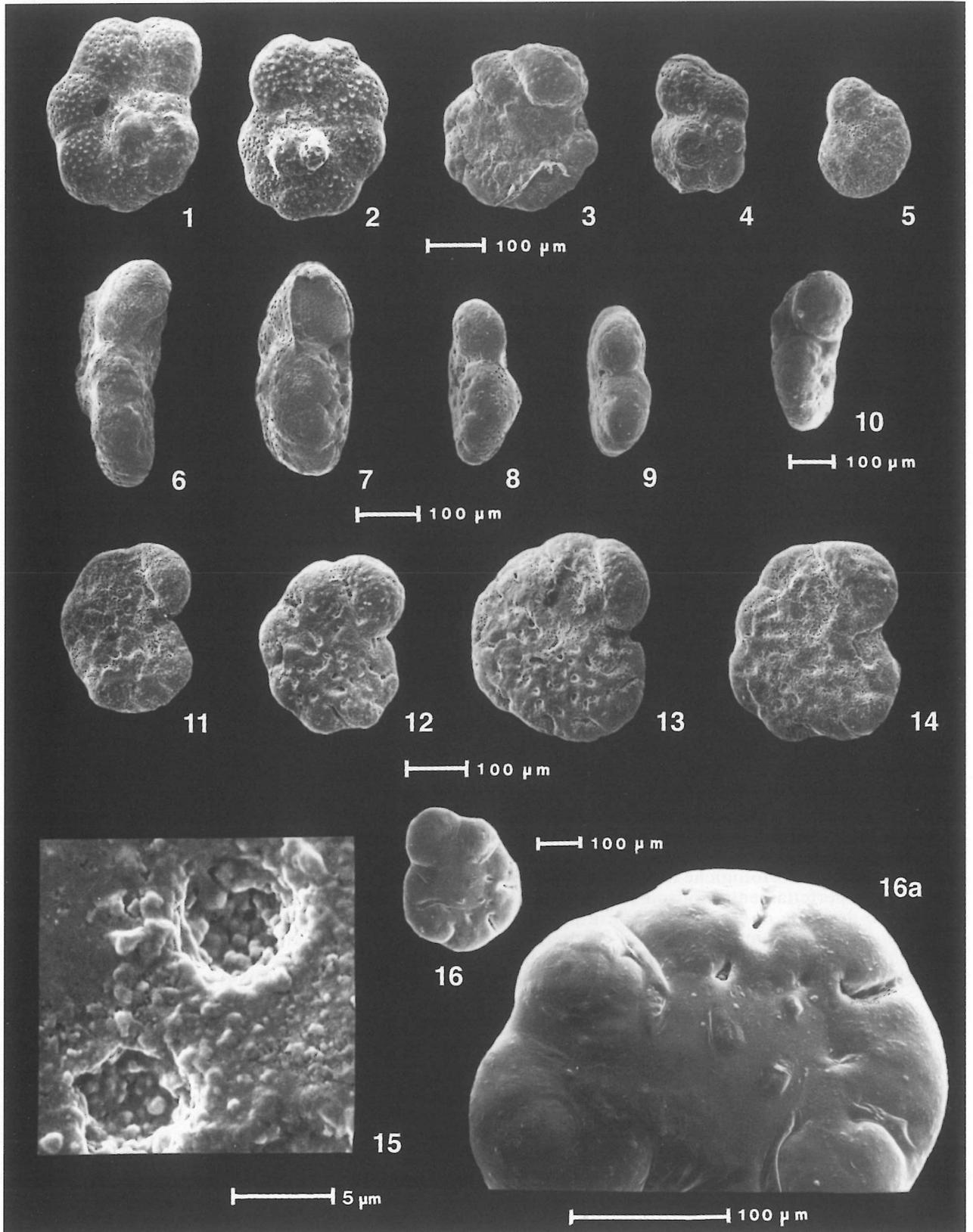


TAVOLA II

18; Tav. II, figg. 1-2, 4) o radiali (Tav. I, fig. 17), talvolta visibilmente limbate (Tav. I, figg. 15, 18; Tav. 2, figg. 1,5). Il margine periferico è arrotondato (Tav. II, figg. 6-10) ed in numerosi individui è visibile una torsione, talora abbastanza accentuata, dell'asse di avvolgimento (Tav. II, figg. 8,10).

Gli esemplari di *D. aguayoi* presentano l'area ombelicale interamente ricoperta da materiale calcitico di apposizione secondaria. Tale materiale è costituito da placchette con margini fortemente ricurvi che, intersecandosi, conferiscono al riempimento ombelicale un aspetto meandriforme (Tav. II, figg. 12-13; Tav. III, fig. 3). In alcuni esemplari, invece, il materiale calcitico presenta un aspetto quasi spugnoso (Tav. II, figg. 3, 11, 14). Le placchette calcitiche si prolungano sul margine ventrale dell'ultima camera (Tav. II, figg. 11-14; Tav. III, figg. 1-2b, 3) e sulla parete delle altre logge, fino al loro margine periferico (Tav. II, figg. 11-14; Tav. III, figg. 1-3). La complessità strutturale del riempimento secondario varia proporzionalmente con le dimensioni degli individui. Negli esemplari più grandi (altezza del guscio 480-520 μm) le placche calcitiche ricoprono quasi tutta la superficie ventrale (Tav. III, fig. 3), mentre in quelli più piccoli (altezza del guscio 260-300 μm) sono irregolarmente distribuite sulla superficie e tra le suture delle camere (Tav. III, figg. 1-2). In un giovane esemplare (altezza del guscio 220 μm) sono visibili solo tre tubercoli calcitici (Tav. II, figg. 16, 16a). L'apertura, sul margine ventrale dell'ultima camera, è costituita da una stretta fessura bordata da un sottile labbro (Tav. II, figg. 9-10; Tav. III, fig. 2b). Numerose aperture secondarie si aprono nel riempimento ombelicale (Tav. II, figg. 11-14; Tav. III, fig. 3) e tra le camere del giro esterno (Tav. II, figg. 16, 16a; Tav. III, figg. 1-2). Queste ultime sono ben visibili nei giovani individui, quasi del tutto privi di materiale calcitico di apposizione secondaria (Tav. II, fig. 16, 16a).

Nella maggior parte degli esemplari la superficie del guscio è ricoperta da incrostazioni calcitiche, prodotte dall'attività di diversi microorganismi, fotosintetici e non, presenti nella vasca di Montecatini.

Le caratteristiche morfologiche del rotalide di Montecatini sono perfettamente confrontabili con quelle osservate e descritte da Arnold (1954) in individui di *D. aguayoi* allevati in laboratorio. I caratteri che contraddistinguono sia gli esemplari di Montecatini, sia quelli di Arnold sono infatti la marcata limbatura

delle suture delle prime camere, le suture arcuate e depresse delle ultime camere del giro esterno, il margine periferico arrotondato, l'apertura a forma di stretta fessura bordata da un sottile labbro, le aperture secondarie sul margine interno delle camere, la forma e la dimensione dei pori, la struttura del rivestimento organico e la torsione del guscio. Come negli esemplari di Arnold (1954), inoltre, il materiale calcitico che ricopre l'area ombelicale può presentare un aspetto spugnoso o compatto e la sua complessità è chiaramente correlabile alle dimensioni degli esemplari. Gli individui di Montecatini si discostano invece da quelli di Arnold per le dimensioni del guscio, assai inferiori a quelle (600-700 μm) degli individui analizzati da questo Autore, nonché per la parete estremamente sottile e per il particolare ispessimento dello strato organico, trasparente e delicato in tutti gli esemplari esaminati da Arnold (1954). In numerosi individui, tuttavia, i caratteri specifici di *D. aguayoi* risultano profondamente alterati da anomalie morfologiche, quali la forma rigonfia delle camere del giro esterno (Tav. I, fig. 17; Tav. II, figg. 1-2, 4), il loro irregolare accrescimento (Tav. I, fig. 14; Tav. II, fig. 3) o la fusione delle camere del giro interno in un'unica loggia di grandi dimensioni dal profilo sporgente (Tav. I, figg. 13-18; Tav. II, figg. 1-2, 4-5).

INFLUENZA DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI SULLA MORFOLOGIA DEI FORAMINIFERI DI MONTECATINI

Miliammina fusca e *Discorinopsis aguayoi*, uniche specie di foraminiferi riscontrate nelle acque della sorgente di Montecatini, sono forme cosmopolite di habitat salmastro (Cushman e Bronniman, 1948; Parker, Phleger e Peirson, 1953; Todd e Bronnimann, 1957; Albani, 1968; Cann e De Deckker, 1981; Boltovskoy e Hincapiè De Martinez, 1983; Scott, Suter e Kisters, 1991), in grado di tollerare anche valori di salinità alquanto ridotti (Tufesco, 1969; Resig, 1974; Boltovskoy e Wright, 1976). *D. aguayoi*, in particolare, viene indicato da Tufesco (1969) come specie «eurirapica», in grado di rimpiazzare gli ioni marini con quelli di acqua dolce. L'adattamento dei due taxa alle particolari condizioni ambientali del «Grottino» è tuttavia evidenziato dalle anomalie morfologiche che interessano buona parte degli individui delle due specie. Papi e Tavani (1959) ipotizzavano una corre-

TAVOLA III

Figg. 1, 2, 2a, 2b - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Esemplari con riempimento calcitico poco sviluppato nell'area ombelicale; fig. 2a: apertura bordata da un sottile labbro; fig. 2b: placca calcitica che si prolunga sul margine ventrale dell'ultima camera.
Fig. 3 - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Esemplare adulto con riempimento calcitico ombelicale molto sviluppato e di aspetto compatto. Il riempimento si estende fino al margine periferico delle camere. Alcune placchette calcitiche si fondono in un'unica placca di aspetto vitreo (contrassegnata dalla freccia).
Figg. 4, 4a - *Discorinopsis aguayoi* (Bermudez). Esemplare decalcificato con spesso rivestimento organico; fig. 4a: papille del rivestimento organico a forma di tronco di cono; al centro delle papille sono ben visibili piccole depressioni crateriformi (contrassegnate dalla freccia).

Tutti gli esemplari sono conservati presso il Dip. di Scienze della Terra dell'Università di Siena

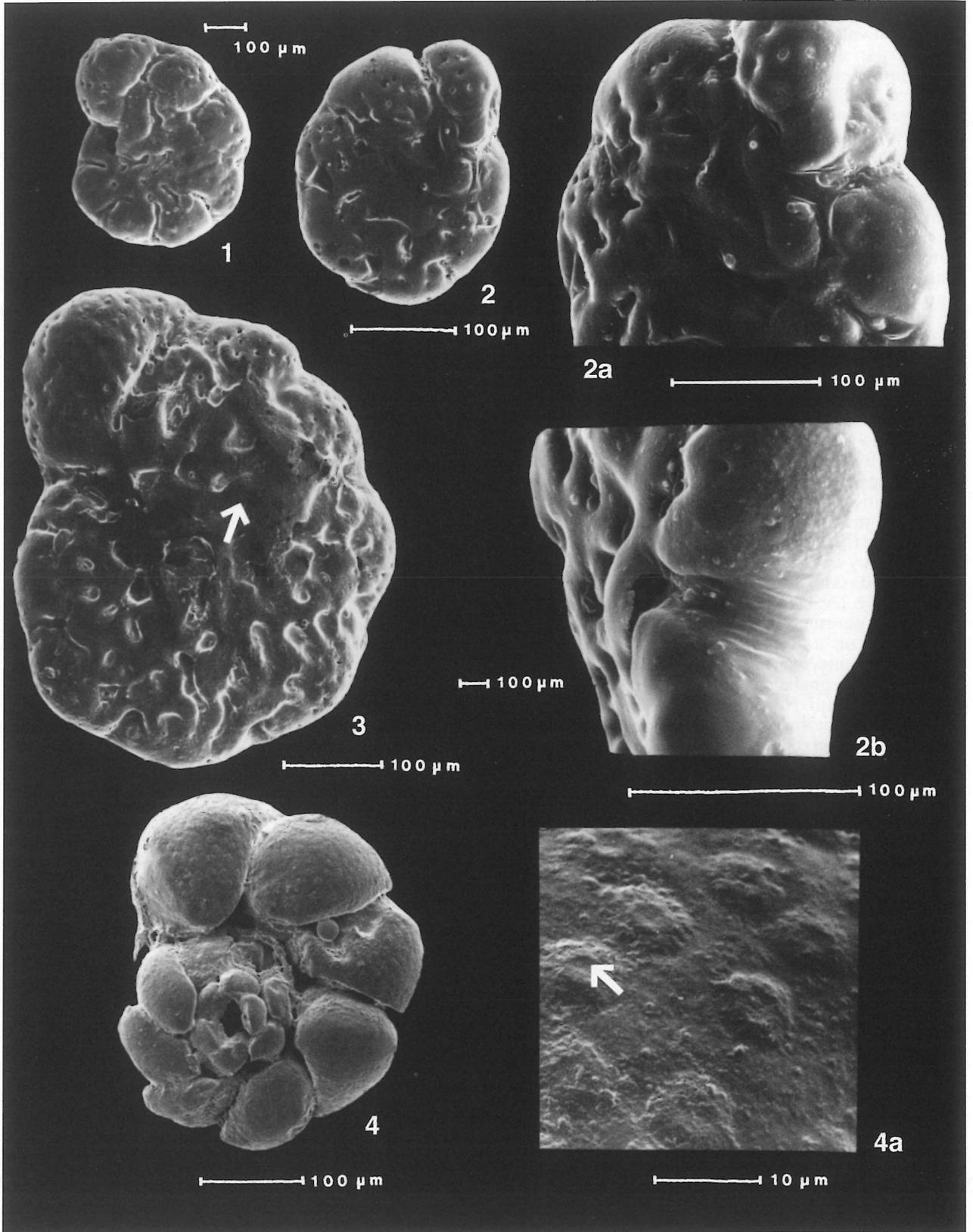


TAVOLA III

lazione dei marcati fenomeni teratologici non solo con i bassi valori della salinità (8,6‰), ma anche con le particolari caratteristiche chimiche delle acque del «Grottino» (eccesso di NaCl e CaSO₄ e difetto di MgCl₂ e MgSO₄ rispetto alle acque marine). Altre ricerche sui foraminiferi di ambienti ipoalini (Tufesco, 1969) ed iperalini (Almogi-Labin *et. al.*, 1992), successive all'indagine di Papi e Tavani (1959), sembrano indicare una prevalente influenza della salinità anche sulle caratteristiche morfologiche dei foraminiferi di Montecatini.

Le ridotte dimensioni e le alterazioni nell'accrescimento delle camere del giro esterno, che caratterizzano la maggior parte degli esemplari di *M. fusca*, sono state osservate sia in individui della stessa specie provenienti da ambienti fortemente ipoalini del Messiniano (Salvatorini, comunicazione personale), sia in numerosi esemplari di altri miliolidi, quali *Miliolinella banatiana*, *Miliolinella rotunda* e *Triloculina rotunda*, provenienti da acque salmastri (Luczkowska, 1972; Zampi e D'Onofrio, 1986) o da aree marine infralitorali alterate da apporti antropici (Zampi, 1979). Le ridotte dimensioni, la sottile parete e l'ispessimento dello strato organico, evidenziati in tutti gli esemplari di *D. aguayoi*, sono caratteristiche morfologiche riscontrate anche in altri foraminiferi viventi sia in acque interne ipoaline (Boltovoskoy e Wright, 1976), sia (*Trochammina*, sp.) in laghi atalassici soggetti a forte variazione di salinità (Cann e De Deckker, 1981). Ridotte dimensioni, delicate pareti e sostituzione delle camere del giro interno con un'unica loggia di grandi dimensioni e profilo sporgente, caratterizzano anche la popolazione di *D. aguayoi* segnalata da Tufesco (1969) nella Laguna di Golovita (Mar Nero). Analogamente agli esemplari di Montecatini, anche quelli analizzati da Tufesco provengono da un ambiente fortemente ipoalino (salinità 0,3-0,4‰, variabile fino al 10‰ in concomitanza dell'ingresso di acque marine) e debolmente acido (pH 6,2-6). Inoltre, la sostituzione delle camere del giro interno con un'unica grande loggia di forma sporgente è stata riscontrata anche in numerosi esemplari di *Ammonia beccarii* viventi in ambienti salmastri (Tufesco, 1968; Cann e De Deckker, 1981; Zampi e Ciampolini, 1983; Zampi e D'Onofrio, 1984; Zampi e D'Onofrio, 1986), iperalini (Almogi-Labin *et. al.*, 1992) o marini costieri, periodicamente alterati da scarichi industriali (Seiglie, 1975; Zampi, 1979).

Anche la forma particolarmente rigonfia delle camere del giro esterno di *D. aguayoi* sembrerebbe influenzata dai valori della salinità. Logge di tale conformazione e con fragile parete sono state infatti riscontrate in altri foraminiferi quali *Ammonia beccarii* e *Triloculina rotunda*, viventi in ambienti salmastri (Zampi e Ciampolini, 1983; Zampi e D'Onofrio, 1984; Zampi e D'Onofrio, 1986). Difficile stabilire invece se e quale influenza possano aver avuto i valori della temperatura delle acque del «Grottino» (13-15°C) sulla morfologia di *D. aguayoi*. Si tratta infatti di una forma generalmente segnalata in acque calde, incapace di riprodursi già a temperature comprese fra 23 e 26°C (Arnold, 1954). Questa specie può anche tollerare

ampie variazioni di temperatura, ma solo per brevi periodi (Arnold, 1954).

IPOTESI SULLA PROVENIENZA DEI FORAMINIFERI DI MONTECATINI

In letteratura sono riportate varie ipotesi per spiegare la presenza di foraminiferi nelle acque continentali. Si ricordano ad esempio quella dell'endemismo, formulata da Daday (in Resig, 1974), dell'adattamento in bacini isolati e relitti di aree marine più ampie (Brodsky e Gauthier-Liévre, in Resig, 1974) o del trasporto per mezzo umano o da parte di uccelli (Arnal in Resig, 1974; Almogi-Labin *et. al.*, 1992).

Per quanto riguarda i foraminiferi del «Grottino», questi ultimi venivano ritenuti da Papi e Tavani (1959) come «il relitto di una faunula marina che, dopo essersi adattata a condizioni ambientali salmastre, aveva trovato nelle acque minerali del «Grottino» il suo ultimo rifugio; era stata così resa possibile la loro sopravvivenza, caratterizzata però da accentuati fenomeni teratologici». Il recente rinvenimento di *D. aguayoi* in associazioni fossili a foraminiferi della Toscana meridionale sembra avvalorare l'ipotesi dei due Autori. Segnalata nell'area mediterranea unicamente nella Laguna di Golovita, Mar Nero (Tufesco, 1969), nella Laguna di Venezia (Silvestri, 1950; Albani e Serandrei Barbero, 1990; Albani, Favero e Serandrei Barbero, 1991) e nella Laguna di Orbetello, Grosseto (Zampi e D'Onofrio, 1986), questa specie è stata recentemente riscontrata anche in associazioni di facies salmastra del Messiniano e del Pliocene della Toscana meridionale (Zampi e Foresi, prossima pubblicazione). Quest'ultimo dato potrebbe confermare anche l'altra supposizione di Papi e Tavani, e cioè che gli individui del «Grottino» possano derivare da morfotipi presenti nelle acque salmastre del Pliocene, gradualmente adattatisi alla vita nelle acque termali.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. Gianfranco Salvatorini (Dip. di Sc. della Terra - Università di Siena) per la cortese concessione del materiale precedentemente utilizzato da Papi e Tavani.

BIBLIOGRAFIA

- Albani, A.D., 1968. Recent Foraminiferida from Port Hacking, New South Wales. *Contr. Cushman Found. foram. Res.*, 19 (3): 85-119.
- Albani, A.D. e Serandrei Barbero, R., 1990. I Foraminiferi della Laguna e del Golfo di Venezia. *Mem. Sci. geol.* (già *Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. Padova*), 42: 271-341.
- Albani, A.D., Favero, V. e Serandrei Barbero, R., 1991. The distribution and ecological significance of recent foraminifera in the Lagoon South of Venice (Italy). *Rev. españ. Micropaleont.*, 23 (2): 29-45.
- Almogi-Labin, A., Perelis-Grossovicz, L. e Raab, M., 1992. Living *Ammonia* from a hypersaline inland pool, Dead Sea Area, Israel. *J. foram. Res.*, 22 (3): 257-266.
- Arnal, R. E., 1958. Rhizopoda from the Salton Sea, California. *Contr. Cushman Found. foram. Res.*, 9: 36-45.

- Arnold, Z.M., 1954. *Discorinopsis aguayoi* (Bermúdez) and *Discorinopsis vadeszens* Cushman and Bronnimann: a study of variation in cultures of living Foraminifera. Contr. Cushman Found. foram. Res., 5 (1): 4-13.
- Boltovskoy, E. e Hincapie De Martinez, S., 1983. Foraminiferos del Manglar de Tesca, Cartagena, Colombia. Rev. españ. Micropaleont., 15 (2): 205-220.
- Boltovskoy, E. e Wright, R., 1976. Recent Foraminifera. Dr. W. Junk b.v. Publ. The Hague.
- Brady, H.B., 1870. The Ostracoda and Foraminifera of tidal rivers. Ann. Mag. nat. Hist., 4 (6): 273-306.
- Cann, J. H. e De Deckker, P., 1981. Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non marine) saline lakes, Southern Australia. J. Paleont., 55 (3): 660-670.
- Cushman, J.A. e Bronnimann, P., 1948. Some new genera and species of foraminifera from brackish water of Trinidad. Contr. Cushman Lab. foram. Res., 24 (1): 15-21.
- Ellis, B.F. e Messina A., 1940 et seq.. Catalogue of foraminifera. Amer. Mus. nat. Hist., New York.
- Loeblich, A. R. e Tappan, H., 1964. Sarcodina, chiefly «Thecamoebians» and Foraminiferida: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part.C, Protista 2, 2 vol.. Geol. Soc Amer. and Univ. Kansas Press, 900 pagg.
- Luczkowska, E., 1972. Miliolidae (Foraminiferida) from Mioocene of Poland. Part 1. Revision of the classification. Acta paleont. Pol., 17 (3): 341-377.
- Papi, F. e Tavani, G., 1959. Sulla presenza di alcuni foraminiferi nell'acqua di una sorgente delle Terme di Montecatini. Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Ser. B, 66: 1-9.
- Parker, F.L., Phleger, F. B. e Peirson, J. F., 1953. Ecology of foraminifera from San Antonio Bay and environs, SouthWest Texas. Cushman Found. foram. Res., Spec. Publ., 2: 1-75.
- Resig, J.M., 1974. Recent foraminifera from a landlocked Hawaiian lake. J. foram. Res., 4 (2): 69-76.
- Seiglie, G.A., 1975. Foraminifers of Guayanilla Bay and their use as environmental indicators. Rev. españ. Micropaleont., 7 (3): 453-480.
- Silvestri, A., 1950. Foraminiferi della Laguna Veneta. Boll. Pesca, Pisc., Idrob., 5 (1): 22-98.
- Scott, D.B., Suter, J.R. e Kisters, E.C., 1991. Marsh foraminifera and arcellaceans of the lower Mississippi delta: controls on spatial distributions. Micropaleontology, 37 (4): 373-392.
- Todd, R. e Bronnimann, P., 1957. Recent foraminifera and thecamoebina from the eastern Gulf of Paria. Cushman Found. foram. Res., Spec. Publ. 3: 1-43.
- Tufesco, M., 1968. *Ammonia tepida* (Cushman) (Ord. Foraminifera): some features of its variability in the Black Sea basin. Rev. Roum. Biol. Sér. Zool., 13 (3): 169-177.
- Tufesco, M., 1969. Sur la présence de *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez) dans la Mer Noire. Rev. Micropaleont., 12 (1): 46-52.
- Zampi, M., 1979. I foraminiferi della Baia di Augusta. Relazione della Cooperativa Idrobiologia Pesca e Acquacoltura (CO.I.P.A.) di Roma per il C.S.I. (Centro Studi Ingegneristici) di Catania.
- Zampi, M. e Ciampolini, F., 1983. Indagine preliminare sulle associazioni a foraminiferi del Lago di Paola (Sabaudia). Quad. Ist. Idrobiol. Acq. «G. Brunelli», 3: 27-35.
- Zampi, M. e D'onofrio, S., 1984. I Foraminiferi dello Stagno di S. Gilla (Cagliari). Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Ser. A, 91: 237-277.
- Zampi, M. e D'onofrio, S., 1986. I Foraminiferi della Laguna di Levante (Orbetello, Grosseto). Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Ser. A, 93: 101-127.

(ms. pres. il 21 luglio 1996; ult. bozze il 17 settembre 1997)

