

Metodologia per a l'estudi de les poblacions de macroforaminífers (aplicació a l'ús bioestratigràfic dels Nummulits i Assilines)

per Salvador REGUANT* i Josep SERRA-KIEL**

*Dept. Estratigrafia i Geologia Històrica, Univ. Barcelona.

**Dept. Paleontologia, Univ. Barcelona.

ABSTRACT

This paper justifies and describes various progressively more sophisticated methods used in the study of populations of Nummulites and Assilina. The aim of this research is the biostratigraphic use, in the Paleogene, of these Macroforaminifera.

RESUMEN

Justificación y descripción de diversos métodos, progresivamente más complejos, usados en el estudio de los Nummulites y Assilinas para su uso bioestratigráfico.

La Bioestratigrafia és la ciència que estudia la contribució dels fòssils a l'Estratigrafia. Aquest ús bioestratigràfic dels fòssils és, molt sovint, l'ús cronoestratigràfic. Els Nummulits no són cap excepció a aquesta norma. Ja D'Archiac & Haime (1853) comencen a plantejar l'aplicació dels Nummulits a l'ordenació cronològica dels estrats i Renevier (1873) proposa el terme Nummulitic com a sinònim de Paleogè. Els Nummulits no arriben a estar presents en tot el Paleogè, però sí en la seva major part. Per tant, el terme Nummulitic pot tenir validesa, encara que el seu ús sigui, progressivament, menys freqüent.

Dins del Paleogè, l'ús biocronoestratigràfic dels Nummulits (i altres gèneres afins, en particular les Assilines) permet conèixer la situació cronoestratigràfica d'un estrat o paquet d'estrats. Cal, doncs, saber l'exacta situació i l'extensió estratigràfica de cada espècie o subespècie de Nummulits o Assilines.

Això vol dir que s'ha de caracteritzar d'una manera clara l'espècie o subespècie en qüestió. Problema delicat. L'enorme variabilitat dels Nummulits i la no menys gran afinitat de caràcters fa molt difícil una classificació vàlida i senzilla. D'altra banda, el sistema linneà es demostra bàsicament inadequat per tractar les nombroses formes de Nummulits i Assilines.

Els especialistes de Nummulits han aconseguit amb desigual fortuna agrupar les espècies de Nummulits en paquets o grups de diferent grandària, basant-se en caràcters senzills, fonamentalment d'ornamentació externa i forma de la conquilla. Unint aquestes observacions a la situació en la seqüència estratigràfica, han dreçat arbres filogenètic-estratigràfics d'indubtable interès i aplicació. Blondeau (1972)

abans de proposar el seu fa notar com altres autors, des de Boussac (1911) fins a Nemkov (1967), han confeccionat esquemes anàlegs. Igualment aquest autor explica els criteris que s'acostumen a seguir per a la seva elaboració.

En tot cas, quan es treballa amb Nummulits i Assilines cal des del primer moment conèixer a quin grup pertanyen els exemplars en estudi, ja que és dintre del grup propi on caldrà precisar la seva posició filogenètica i estratigràfica. És aquí on comença a tenir importància pràctica l'anàlisi de la variabilitat i on rau l'única manera de fer un ús correcte bioestratigràfic com paleoecològic.

En aquest breu treball intentarem reunir d'una manera resumida els esforços que hem estat fent fins ara en aquesta línia, a fi que es puguin veure les eines gràfiques i matemàtiques que ens han semblat més adients.

Així altres investigadors podran, homologant mètodes, comparar els seus resultats amb els nostres. Amb això, uns i altres podrem fer una crítica positiva que faci progressar o proposi alternatives als nostres mètodes d'estudi de la variabilitat dels Nummulits i Assilines.

L'ESTUDI DE LA VARIABILITAT

La constatació de l'enorme variabilitat dels Nummulits i Assilines va portar alguns autors a la creació exagerada d'espècies i d'altres a la reducció excessiva d'aquestes espècies. En ambdós casos, la utilitat bioestratigràfica quedava destruïda, ja que cap de les dues filosofies és funcional.

En altres autors, menys atrevits i més conscienciosos, la variabilitat va ser simplement constatada i en les seves publicacions les descripcions van acompanyades de dades útils sobre la variabilitat de cadascuna de les espècies o subespècies descrites. Per desgràcia, en molts casos el rigor és baix i es desconeixen paràmetres fonamentals, com el nombre d'exemplars estudiats i la manera com aquests exemplars han estat triats.

Més enllà d'això, alguns autors combinen variables, fent-ne sorgir de noves (d'ordinari en forma de quocients) i amb unes i altres pretenen caracteritzar i definir la taxonomia en estudi.

Per exemple, Rozlosznik (1929) estableix les següents variables (moltes d'elles dependents):

- 1) El quocient entre el diàmetre i l'espessor de la closca (D/E)
- 2) El quocient entre el radi i una volta determinada (T/R)
- 3) El nombre de cambres en 1/4 de volta
- 4) Les dimensions de la megalosfera de les formes A en mm.
- 5) El quocient entre el gruix de la corda espiral i l'alçada de la cambra (e/h).

Cada una d'aquestes variables secundàries hauria de ser críticament discutida. Nosaltres hem pogut comprovar que en el grup del *Nummulites perforatus* D. De Montfort, no té cap sentit el quocient e/h ja que són magnituds no correlacionables. Sembla que a nivell general, tampoc no té cap sentit el quocient T/R, tenint en compte que T és una constant arbitràriament escollida per l'autor. Seria més lògic donar simplement el radi en una volta determinada.

Un de nosaltres en un treball inèdit va arribar a la conclusió que la longitud de les cambres l, el quocient h/l i el nombre de setpes per volta S, no tenien cap significat evolutiu dins del grup del *N. perforatus*.

Tots aquests exemples ens demostren que cal una postura crítica en analitzar la variabilitat de les formes de Nummulites i Assilines. Llavors serem capaços d'afirmar o negar el valor significatiu de certes variables dependents o independents. I podrem precisar quina és aquesta significació. Si té un valor sistemàtic, evolutiu o d'adaptació a l'ambient.

Els diversos autors recolzen les seves descripcions i diagnòstics en aquelles variables que semblen particularment significatives. L'especialista que ha fet un esforç més notable i ha expressat més explícitament la filosofia de fons de l'ús bioestratigràfic dels Nummulites ha estat Schaub. En un treball amb col·laboració (Hottinger, Lehmann i Schaub 1964) en considerar novament els Nummulites com a grup pilot per a la bioestratigrafia de la Tethys, pensen que cal definir les espècies d'una manera més clara i aprofundida.

Per això estableixen les següents bases:

1) Revisió de la successió de faunes en el temps en talls on els canvis de la successió dels macroforaminífers no són deguts als canvis de faciès.

2) Revisió de les espècies basada en el tipus i en el material abundant de les localitats tipus.

Nosaltres creiem que les dues idees són molt bones; és important, però, recalcar que la primera hauria d'establir un concepte operatiu de faciès bastant complex; possiblement per Schaub sigui un concepte més simple. En el mateix treball (p. 625) els autors es plantegen la manera d'agrupar els individus en unitats taxonòmiques. Per a ells la recerca dels tipus en les col·leccions és insuficient per a una definició més precisa i creuen que ha estat necessari tornar a la localitat tipus per tal de:

a) Reconèixer la seva edat, per l'associació faunística i la posició estratigràfica del «stratum typicum».

b) Per a posseir un número suficient d'exemplars i jutjar la variabilitat específica.

c) Per a retrobar les dues generacions de l'espècie, que sovint són definides sota noms diferents.

Aquí nosaltres afegiríem un altre punt:

d) Per efectuar mostreig de les poblacions veïnes.

Per tal d'establir la successió faunística en el temps (filogènia) cal fer l'observació de dos tipus de caràcters:

1) Caràcters estables durant l'evolució. Tals com la forma de l'espira, mode de formació dels pilars, corbatura dels setpes.

2) Caràcters amb modificació gradual. En la successió

dins un grup hi ha transformacions morfològiques que es segueixen sempre el mateix ordre. El creixement de les dimensions absolutes és la tendència més immediata. Aquests canvis s'han d'interpretar com a evolutius.

Sobre aquest punt creiem en la necessitat d'una consideració multivariàble dels Nummulites.

Cal dir que alguns autors s'han preocupat concretament d'aquest punt amb mètodes matemàtics ben rigorosos (cfr. Blondeau et al., 1974 i Barnett, 1974) que representen d'un cantó una coincidència en la línia d'investigació seguida per nosaltres i d'un altre una alternativa, només parcialment homologable als nostres resultats.

UNA METODOLOGIA PER A L'ANÀLISI FILOGENÈTICO-ESTRATIGRÀFICA

Encara que hem treballat només amb dos grups, el del *Nummulites perforatus* D. De Montfort i el de l'*Assilina spira* De Roissy, amb molt lleugeres referències a altres grups, creiem que l'exposició històrica i crítica breu de l'utilatge i criteris empleats pot ser útil, tal com hem dit suara.

L'ANÀLISI DEL DIÀMETRE (D) I L'ESPESSOR (E) DE LA CONQUILLA

La primera constatació que es fa quan es treballa amb un grup que es troba al llarg d'una successió estratigràfica potent és l'augment progressiu de grandària. En la tesi d'un de nosaltres (Reguant, 1967) aquest fet va ser observat i, en confirmar-lo l'anàlisi biomètrica, va conduir finalment a la creació de tres noves espècies i d'una nova subespècie (Reguant i Clavell, 1967).

L'anàlisi Diàmetre-Espessor es fa seguint diverses eines, si es disposa d'una mostra a l'atzar d'una magnitud suficient.

El primer pas consisteix en la tabulació d'ambdues mesures. A partir d'aquestes dues variables es pot obtenir el quocient D/E o índex d'aplanament.

Aquestes dues variables i el quocient que en resulta poden ser tractats estadísticament, obtenint la mitjana aritmètica \bar{X} , la desviació estàndard, s, i els valors màxims x_M i mínim x_m .

Una manera pràctica d'expressar aquests estadístics en una sola ratlla (afegint-hi el nombre d'exemplars mesurats,

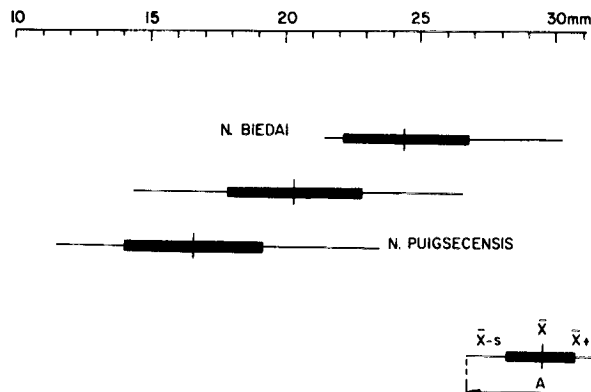


Fig. 1. (De Reguant i Truyols, 1968) — Anàlisi del diàmetre *N. bi-puigsecensis-biedai* de la Playa de Merón (San Vicente de la Barquera), en comparació amb el topotips de *N. puigsecensis* i *N. biedai*. (L'amplitud A correspon a la diferència entre el valor màxim X_M i el valor mínim X_m).

N) es pot fer seguint el que ja han fet paleontòlegs d'altres grups. En concret,

$$D = (N) \bar{X} (s) x_M - x_m$$

pel diàmetre i igualment pels altres valors.

Amb aquests estadístics es pot estudiar la probabilitat d'igualtats i diferències entre diverses mostres de la mateixa o distinta població. En la suposició, acceptable en molts casos, que la mostra s'ajusti a la corba de Gauss, els mètodes estadístics de separació són fàcils i senzills.

Gràficament resulta útil i molt il·lustratiu posar aquests estadístics en una mateixa línia, tal com pot veure's en l'exemple adduït (fig. 1) en el qual aquest dibuix permet situar

la forma de *Nummulites* de San Vicente de la Barquera en una posició estratigràfico-filogenètica intermèdia entre el *N. puigsecensis*, Reguant i Clavell 1967, del Biarritzia inferior i el *N. biedai*, Schaub 1962, del Biarritzia mig-superior i superior de Vic.

També és interessant i il·lustratiu treballar conjuntament amb les dues variables *D* i *E*. L'eina més senzilla de treball és el gràfic *D-E* (figs. 2 i 3) o núvol de punts de les dues variables. Aquest gràfic podria ser millorat afegint-hi les rectes de regressió, una vegada quedés clara la correlació que hi ha entre aquests dos caràcters.

El fet que la variable *E* segueixi pautes oscil·lants en el

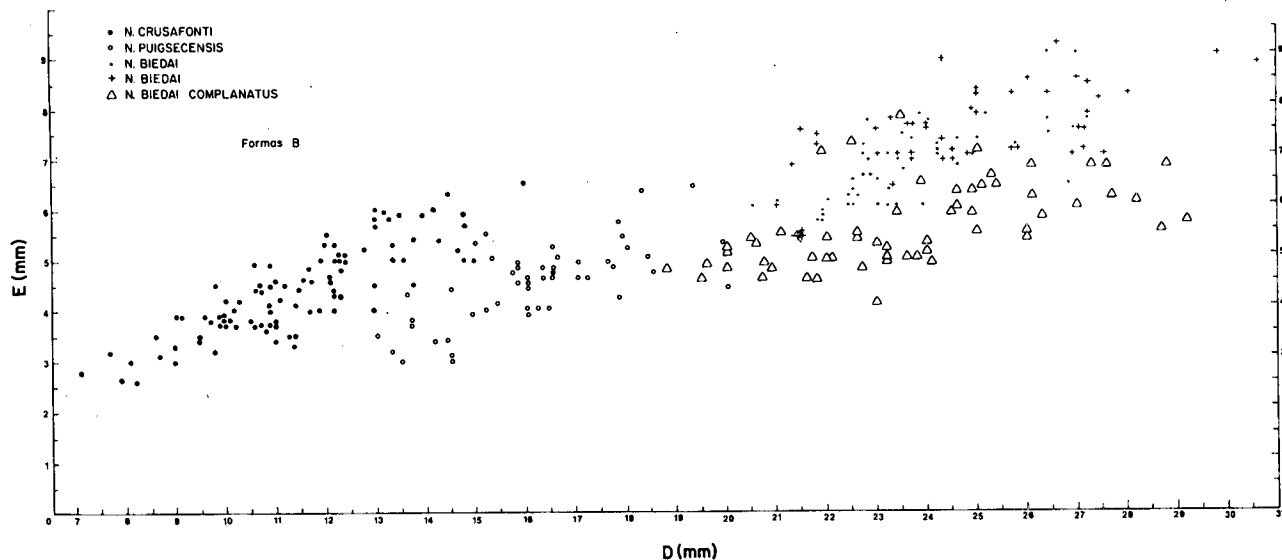


Fig. 2. (De Reguant i Clavell, 1967) – Gràfic *D-E* pels *Nummulites* del grup *N. perforatus* de la Plana de Vic (formes B).

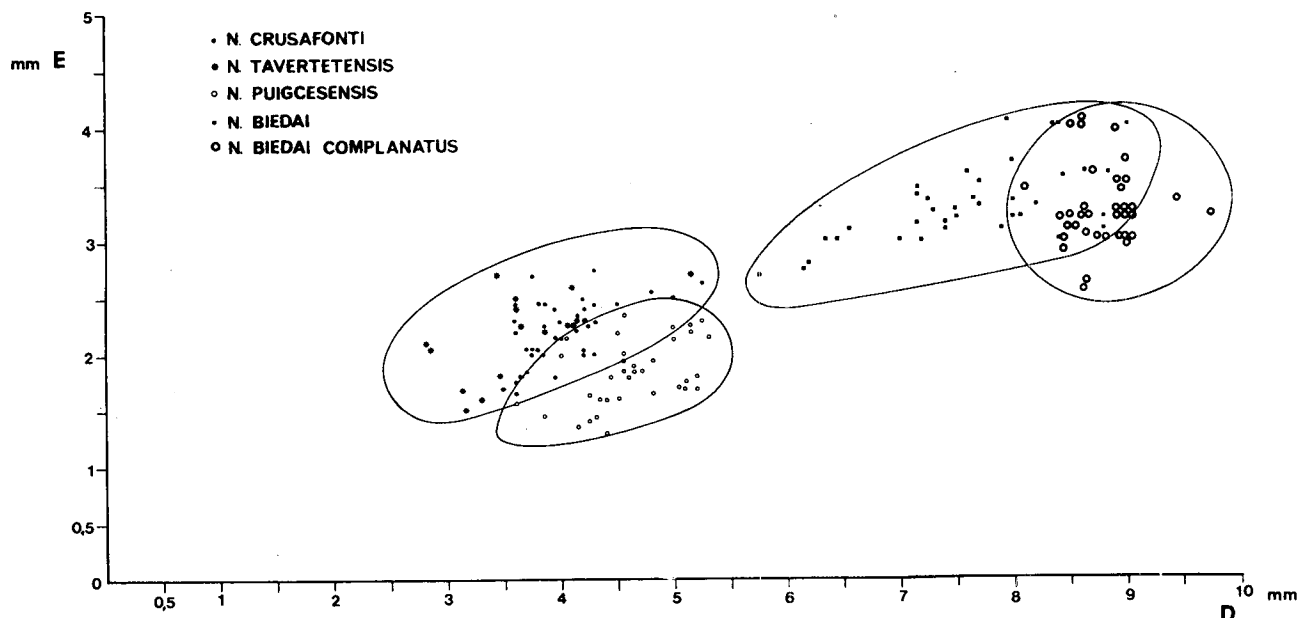


Fig. 3. (De Serra-Kiel, 1977) – Relació entre diàmetre (*D*) i gruix (*E*) per a les formes A de les poblacions de *N. crusafonti*, *N. taverterensis*, *N. puigsecensis*, *N. biedai* i *N. biedai complanatus*.

desenvolupament de les línies evolutives de Nummulits, que sembla que es deuen més a condicions de vida que no al seu propi desenvolupament evolutiu, fa que la via de l'anàlisi d'ambdues variables a la vegada, resulti menys pràctica que la dels diàmetres.

En realitat, els nostres treballs han demostrat que l'anàlisi dels diàmetres forneix la informació essencial sobre la posició filogenètico-estratigràfica d'una població en un tant per cent elevat de casos, però és evident que els resultats obtinguts han de ser confirmats amb l'anàlisi dels caràcters interns de la conquilla. L'estudi del diàmetre no ens diu res sobre les condicions de vida i de mort dels foraminífers dels quals tenim les conquilles fossilitzades. Podem tenir poblacions anormalment infantils i també poblacions que hagin viscut en condicions excepcionalment favorables o desfavorables a la formació esquelètica. En qualsevol d'aquests casos, l'anàlisi única dels diàmetres ens pot enganyar.

L'ANÀLISI DE L'ESPIRA

La manera més senzilla d'estudiar els caràcters interns d'una conquilla de Nummulit és treballar sobre la secció equatorial. Això permet amidar el diàmetre del prolòculus m en les formes A i l'altura de les cambres o espira h i de l'espessor d'aquesta, o sigui, del gruix de la corda dorsal e tant en les formes A com en les formes B, i això en cada una de les voltes de la conquilla. També permet veure la forma, disposició i abundància dels septes que ens donen la forma i dimensions comparatives de cada una de les cambres.

Schaub fa servir molt el que anomena Spirendiagramm, que podríem traduir per diagrama espiral. Es tracta de dibuixar el creixement del radi R en funció de cada volta successiva (fig. 4). En realitat, aquest diagrama és la corba acumulativa de les dues variables $h + e$ per cada volta. En efecte,

$$\begin{aligned} R_1 &= h_1 + e_1 \\ R_2 &= R_1 + h_2 + e_2 \\ R_3 &= R_2 + h_3 + e_3 \end{aligned}$$

i així successivament.

L'interès d'aquesta gràfica resideix en què és una il·lustració de la forma del creixement de la conquilla i en què es comprova que aquesta forma és variable i que aquesta variabilitat pot arribar a ser evolutivament significativa, com es palesa en l'exemple de la figura 4.

Una altra manera d'estudiar el desenvolupament de l'espira és expressar h i e en cada una de les voltes. En aquest cas, el gràfic resultant és el redreçament esquematitzat de la pròpia espira. Arni (1967) presentà aquest gràfic. Clavell i Reguant (1977) l'han aplicat, conjuntament amb el diagrama espiral modificat, per estudiar l'evolució d'algunes Assilines amb material predominantment de San Vicente de la Barquera (fig. 5).

Val la pena observar detingudament els gràfics obtinguts perquè són molt orientatius i pedagògics.

Per dibuixar les gràfiques, els autors han usat 5 exemplars de tipus mitjà dintre la mostra. En el cas de Spirendiagramm han dibuixat l'envolvent dels 5 diagrames espirals i en el cas de l'espira redreçada, cada valor h_i (o e_i) és la mitjana aritmètica dels 5 valors h_i (o e_i) de cada exemplar.

S'han afegit a les gràfiques ratlles que ajuden a veure el sentit de l'evolució. La bisectriu en el Spirendiagramm i un encreuament a 0,4 i volta 5 en els altres gràfics.

Els gràfics fan veure clarament que cada població evolu-

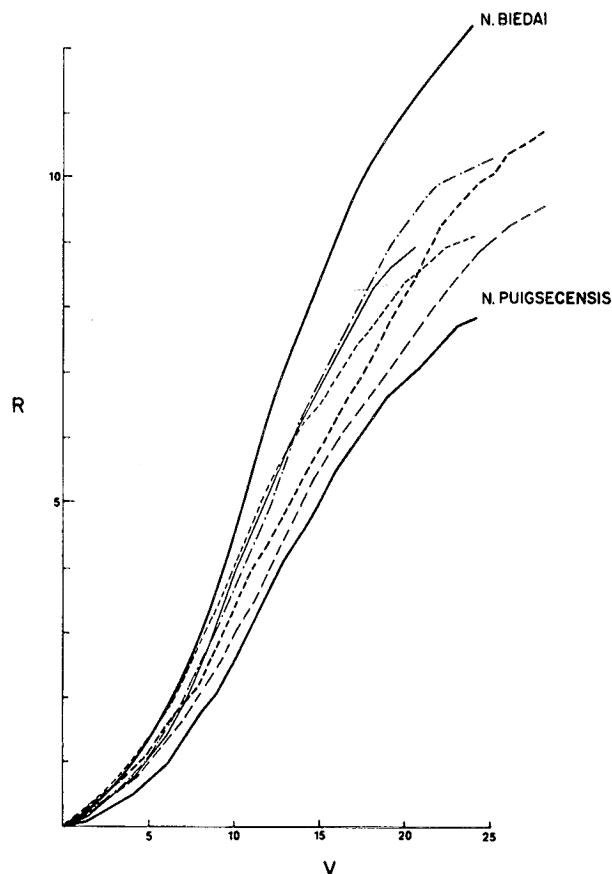


Fig. 4. (De Reguant i Truyols, 1968) - Diagrama espiral de 5 exemplars de tamany mitjà del *N. bi-puigsecensis* - *biedai* de San Vicente de la Barquera comparat amb els diagrames espirals mitjans de topotips de les dues espècies de Nummulit entre les quals se situen.

tivament distinta presenta una espira que, des del començament, es desenrotlla d'una manera diferent. Així, fins i tot un exemplar mort en la infantesa que només hagi arribat, per exemple, a la volta 5 seria ja distingible dels exemplars en diferent estadi filogenètico-estratigràfic. D'altra banda, l'evolució segueix una pauta senzilla que les gràfiques demostren. En tercer lloc, la comparació amb formes de grups diferents, malgrat moltes analogies, demostra una diversificació notable en el desenvolupament de l'espira.

L'ANÀLISI ESTADÍSTICA

Malgrat l'ús de certs instruments estadístics, el que acabem d'exposar representa més un refinament en la caracterització qualitativa amb aparellatge quantitatiu, que no una rigorosa anàlisi estadística.

La nostra experiència ens permet afirmar que, a nivell pràctic, els mètodes anteriors poden ser suficientment vàlids moltes vegades, encara que es vegi clar que poden ser sotmesos a una anàlisi més acurada.

D'altra banda, últimament hem arribat a la conclusió que és molt important treballar amb les formes A, ja que, a part de ser més abundants en els jaciments, la seva menor grandària implica una més gran regulació de la forma. Amb això entenem dues coses: en primer lloc, un millor control, per part

ASSILINA LAXISPIRA
ASSILINA gr EXPONENS

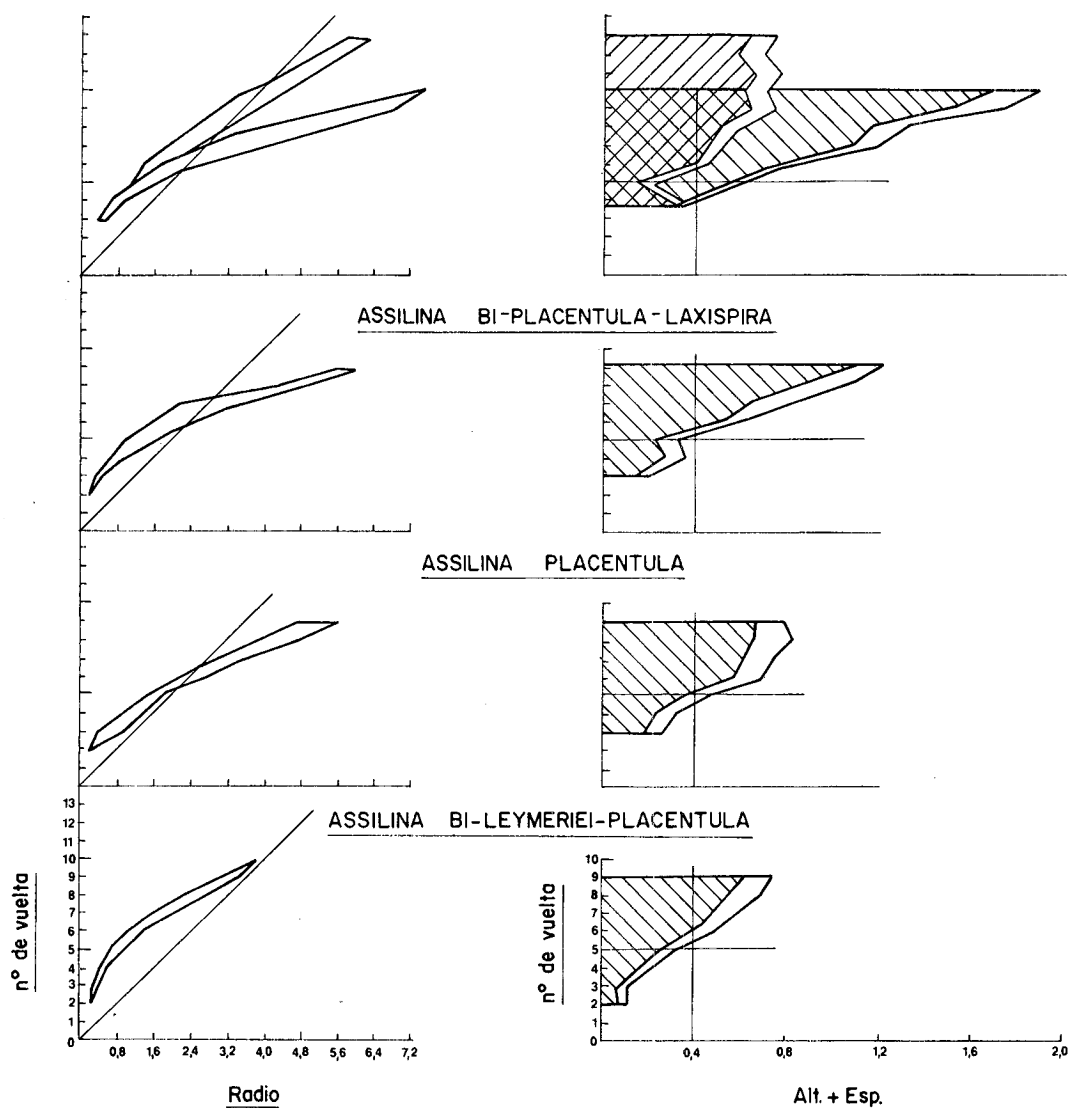


Fig. 5. (De Clavell i Reguant, 1977) - Diagrames espirals i d'espira redreçada d'un fragment de la línia evolutiva d'*Assilina spira* i comparació amb una mostra d'*Assilina* del grup *A. exponens*.

de la massa citoplasmàtica, en ser més petita, del desenvolupament de la conquilla, i, en segon lloc, una estabilitat més gran i una major independència als factors externs que podrien provocar modificacions morfològiques a través del desenvolupament ontogènic.

També podem dir que les formes A tenen un caràcter intern propi, el diàmetre del prolòculus, que té una particular importància. En efecte, la cambra inicial o prolòculus es troba relacionada directament amb la massa citoplasmàtica de la primera fase de creixement de l'animal. Probablement, doncs, qualsevol variació significativa en el prolòculus prové d'un canvi en el codi genètic de l'espècie.

Per últim, amb el tipus d'anàlisi emprats, les formes A, en tenir menys voltes, tenen menys variables i, per tant, una

major facilitat de tractament.

La discussió crítica i el sistema operatiu d'aquesta anàlisi estadística rigorosa es pot veure en Renzi, Serra i Cuadras (en premsa); Serra, 1977 i Serra, Reguant, Renzi i Cuadras (1979). També els resultats obtinguts. Aquí farem una descripció breu del mètode i dels seus resultats concrets, així com de les seves avantatges o qualitats.

Treballem amb variables externes i internes conjuntament o separada. En concret amb D , E , m , h_1 i e_1 . Comparem formes amb els mateixos estadis de creixement (nombre de voltes) a fi que hi hagi el mateix nombre i condició de totes i cadascuna de les variables.

En aquest punt usem dues tècniques analítiques: l'anàlisi de perfils i l'anàlisi canònica.

L'ANÀLISI DE PERFILS

L'anàlisi de perfils és un cas d'anàlisi multivariable de la variança que apliquem a les variables internes h_i i e_i .

La marxa d'aquesta anàlisi ens posa enfront de tres bifurcacions possibles:

i - L'homogeneïtat o no de la matriu de covariança.

Aquesta és una condició essencial per poder aplicar l'anàlisi de perfils a dues o més mostres. Si no hi ha homogeneïtat la comparació estadísticament no és possible.

Cal llavors veure quines variables són les que provoquen la no homogeneïtat de la matriu de covariança. Si són totes, evidentment no cal fer anàlisi de perfils. En el nostre cas, no obstant, vam poder constatar que les variables e_i eren les que provocaven l'heterogeneïtat i amb això vam poder demostrar que cal prescindir d'aquestes variables en fer l'anàlisi filogenètic-estratigràfica. El gruix de la corda o espessor de l'espira està íntimament lligat a l'ambient en què vivia l'animal i, en concret, a les possibilitats de calcificació de la conquilla. Si comparem, doncs, mostres de jaciments d'ídèntiques condicions litològiques les matrius de covariança seran homogenies fins i tot encabint-hi les variables e_i .

ii - El paral·lisme o no dels perfils

Una vegada hem comprovat l'homogeneïtat de les matrius de covariança podem aplicar una prova (test de paral·lisme) per veure si dos o més perfils són paral·lels.

En el nostre cas hem comprovat (fig. 6) que són paral·lels dos a dos. És a dir, el perfil de *N. crusafonti* és paral·lel al de *N. puigsecensis* i el perfil de *N. biedai* és paral·lel al de *N. biedai complanatus*. Clarament, doncs, les dues formes primerament esmentades se separen de les dues formes de *N. biedai* en no haver-hi paral·lisme de perfils.

iii - La coincidència o no de perfils

La pregunta següent és: les mostres, els perfils de les quals són paral·lels són ídèntiques estadísticament o no. És a dir, els perfils són a més de paral·lels, coincidents o no. Qualsevol mètode estadístic de comparació de valors mitjans ens pot servir.

En el cas concret estudiat hem pogut demostrar que el perfil de *N. crusafonti* no coincideix amb el de *N. puigsecensis*. Les mostres, doncs, pertanyen a poblacions estadísticament diferents. Per contra, els perfils de *N. biedai* i *N. biedai complanatus* coincideixen. Donats els resultats d'aquestes anàlisis no podem doncs separar, atenent-nos als caràcters interns, aquestes dues formes.

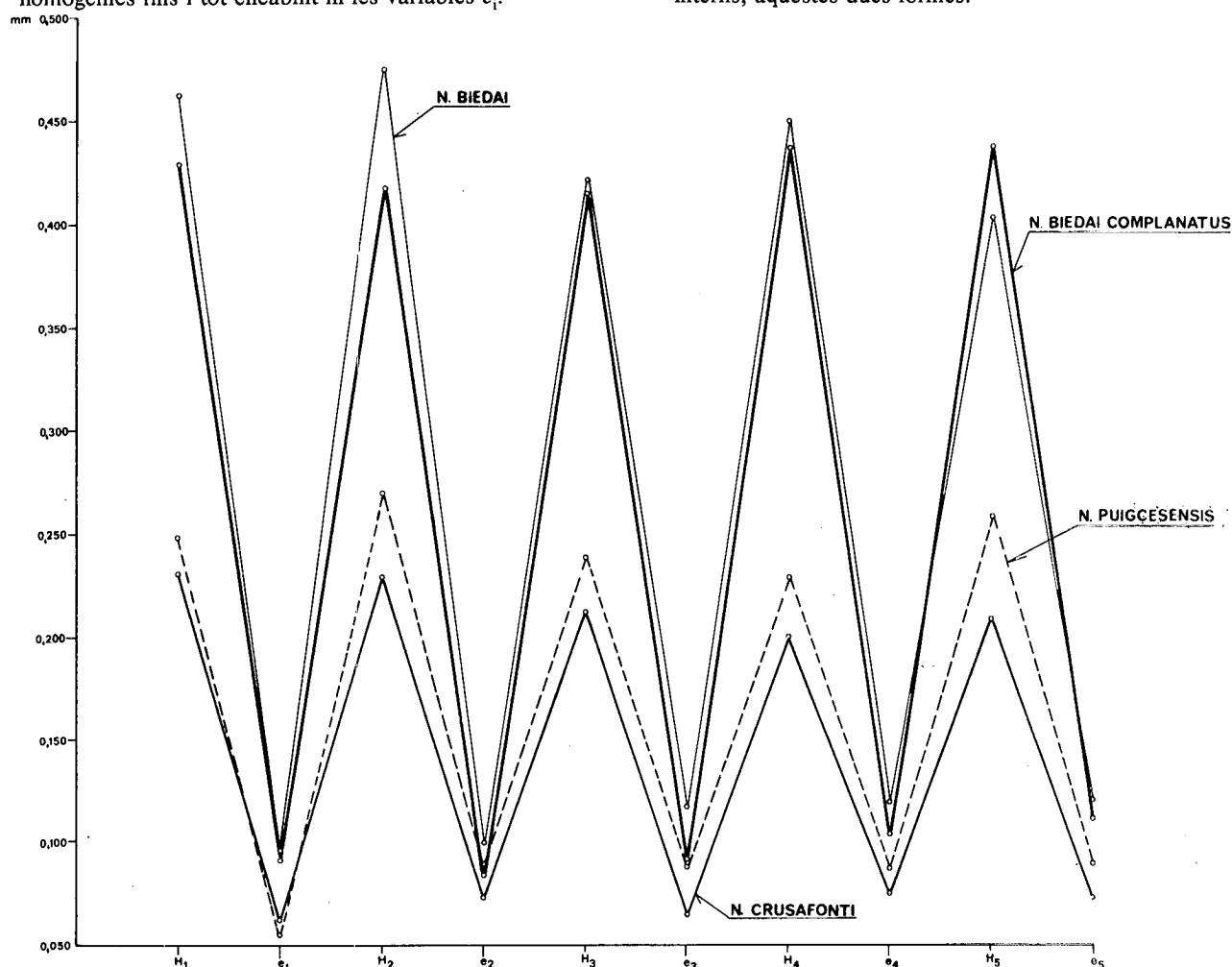


Fig. 6. (De Serra-Kiel, 1977) - Perfils de *N. crusafonti*, *N. puigsecensis*, *N. biedai* i *N. biedai complanatus* en mostres d'ídèntiques condicions litològiques.

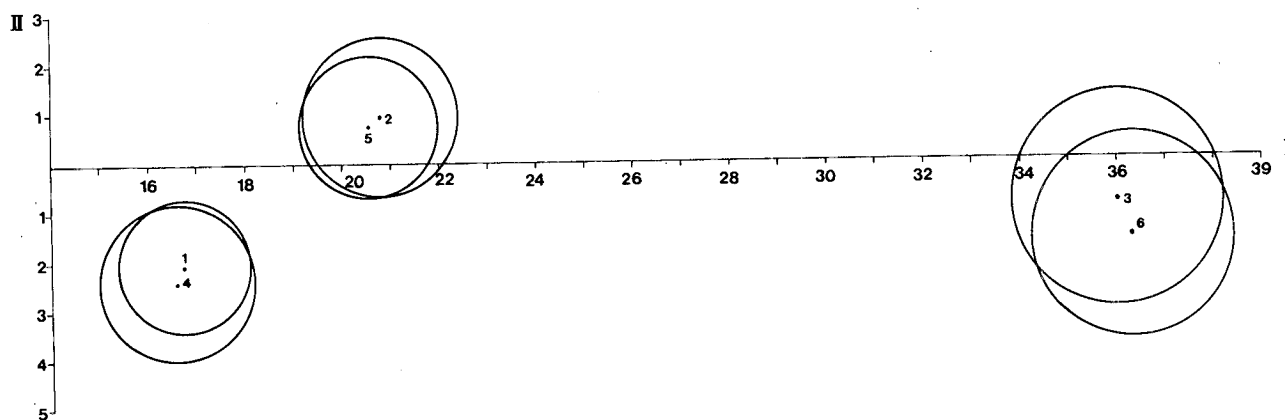


Fig. 7. (De Serra-Kiel, 1977) - Anàlisi canònica de les poblacions de *N. crusafonti*, *N. puigsecensis* i *N. biedai* segons estadis de creixement (cinc i sis voltes) (4) i (1) per al primer (5) i (2) per al segon i (3) i (6) per al tercer. Cada estadi és una nova «població» (en el sentit estadístic). L'anàlisi ha estat feta sobre tretze variables: les deu internes, més el diàmetre del proloculus, el diàmetre extern i el gruix.

L'ANÀLISI CANÒNICA

L'anàlisi canònica intenta donar una representació gràfica de les mútues relacions de proximitat o distanciament de diverses poblacions caracteritzades per n variables comunes que presenten una mateixa matriu de covariància, cosa que les fa comparables.

En concret, els resultats es poden veure en la figura 7. En aquesta gràfica, basada com s'indica en les variables externes D i E , i internes m , h_i i e_i es pot veure sense esforç la coincidència o no coincidència de les diverses poblacions estudiades.

En realitat, com ja és conegut, l'anàlisi canònica ve a ser la projecció, en dos eixos seleccionats, del núvol de punts que es tindria en un espai n -dimensional, essent n el nombre de variables usades. En aquest cas, 13 i 15.

És molt important observar en aquesta gràfica la gran diferència en el distanciament dels cercles, anomenats confidencials, segons l'eix coordinat que considerem.

L'eix I està seleccionat en funció de les variables D , E i m i l'eix II de les variables h_i i e_i . Es pot veure clarament que les distàncies sobre l'eix I són molt grans i que la separació dels grups de cercles confidencials de cada espècie no presenta cap dubte. Per contra, la distància sobre l'eix II és mínima i si només consideréssim aquest eix ens seria difícil fer-nos càrrec de les diferències existents entre les tres formes.

Aquest mètode d'anàlisi, que afegeix a un rigor matemàtic la claredat gràfica, resulta particularment interessant en el nostre cas perquè ens selecciona les variables que tenen més pes en la discriminació de poblacions pròximes. Això confirma el que ja havíem indicat en parlar del valor de la variable diàmetre.

Caldrà afegir-hi, com a variable molt important, la variable m en les formes A.

A TALL DE CONCLUSIÓ

Les pàgines precedents reflecteixen la història de les nostres recerques en les quals hem buscat un progrés constant, tant en serietat científica com en resultats aplicables a l'estratigrafia de l'anàlisi de la variabilitat dels Nummulites i Assilines. El treball de recerca metodològica continua, però

avui ja disposem d'unes bones eines de treball que poden ser aplicades amb èxit i no sols per l'estudi de la variabilitat d'aquests macroforaminífers del Terciari inferior.

BIBLIOGRAFIA

- ARCHIAC, A. D' & HAIME, J. (1853): *Monographie des Nummulites. Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*. 373 pp., Gide et Baudry ed.
- ARNI, P. (1967): A comprehensive graph of the essential diagnostics of the Nummulites. *Micropaleontology* 13, 1; pp. 41-54.
- BARNETT, R. S. (1974): An application of numerical taxonomy to the classification of the Nummulitidae (Foraminiferida). *J. Paleont.* 48, 6; pp. 1249-1263.
- BLONDEAU, A. (1972): *Les Nummulites*. Vuibert. 254 pp.
- BLONDEAU, A.; PAJOT, F.; & TASSENCOURT, L. (1974): Essais de traitements numériques pour l'étude des Nummulites. 1. Etude d'un phylum issu de *Nummulites fraasi* De La Harpe. *Bull. Centre Rech. Pau. SNPA*. 8, 2; pp. 455-467.
- BOUSSAC, J. (1911): Études stratigraphiques et paléontologiques sur le Nummulitique alpin. *Mém. Carte Géol. France*, 457 pp.
- CLAVELL, E., & REGUANT, S. (1977): Contribución al conocimiento del valor estratigráfico de las *Assilina* (aplicación al Eoceno de San Vicente de la Barquera, Santander, España). *Mem. Seg. Congr. Latinoam. Geol. III*; pp. 1383-1392.
- HOTTINGER, L., LEHMANN, R., & SCHAUB, H. (1964): Données actuelles sur la biostratigraphie du Nummulitique méditerranéen. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.* 28; pp. 611-652.
- NEMKOV, G. I. (1967): *Nummulitidae of the Soviet Union and their biostratigraphic significance*. 318 pp., Isd. Nauka.
- REGUANT, S. (1967): El Eoceno marino de Vic (Barcelona). *Mem. I.G.M.E.*, LXVIII, 350 pp.
- REGUANT, S., & CLAVELL, E. (1967): Descripción de algunos *Nummulites* afines al *N. perforatus* del Eoceno de Vic (Barcelona). *Not. Com. I.G.M.E.* 101-102; pp. 41-56.
- REGUANT, S. & TRUYOLS, J. (1968): El *Nummulites* aff. *biedai* de Cabo Oriambre (San Vicente de la Barquera, Santander y su situación estratigráfica). *Brev. Geol. Astur.* XII, 2; pp. 1-4.
- RENEVIER, E. (1873): *Tableau des terrains sédimentaires (in 4.º) plus un texte explicatif*. Tab. III., G. Bridel.
- RENZI, M. DE., SERRA-KIEL, J. & CUADRAS, C. M. (en prensa): Rational methods versus empirical methods: the use of the profile analysis in the study of the spiral diagrams in *Nummulites* and its taxonomical and phylogenetical consequences.
- ROZLOSZNIK, P. (1929): Studien über Nummulinen. *Geol. Hungarica*, sér. Pal., t. 1 f. 2; 164 pp.
- SERRA-KIEL, J. (1977): Ús biostratigráfico de les formes A de *Nummulites* a l'eocè mig de Vic. *Tesi de Llic. Univ. Barcelona* (mecnog.) 96 pp.
- SERRA-KIEL, J., REGUANT, S., RENZI, M. DE. & CUADRAS, C. M. (1979): Aplicación del análisis de perfiles y canónico a las formas A de *Nummulites* del grupo de *N. perforatus* de Vic (Barcelona). *Rev. Esp. Micropal.* XI, 2; pp. 279-294.

Rebut, novembre 1978