

# Estratigrafía y biomagnetoestratigrafía del Messiniense en la sección del Garruchal (Cuenca del Bajo Segura). Implicaciones para la crisis de salinidad del Mediterráneo

*Messinian stratigraphy and biomagnetostratigraphy in the Garruchal section (Bajo Segura Basin). Implications for the Mediterranean salinity crisis*

J.M. Soria <sup>(1)</sup>, J.E. Caracuel <sup>(1)</sup>, H. Corbí <sup>(1)</sup>, J. Dinarès-Turell <sup>(2)</sup>, C. Lancis <sup>(1)</sup>, J.E. Tent-Manclús <sup>(1)</sup> y A. Yébenes <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Apdo. Correos 99, 03080 Alicante. E-mail: [jesus.soria@ua.es](mailto:jesus.soria@ua.es)

<sup>(2)</sup> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia.

## ABSTRACT

The Messinian and Pliocene stratigraphic record in the Garruchal section (Bajo Segura Basin) has been divided into three allostratigraphic units, whose timing were established through combined calcareous nannoplankton biostratigraphy and magnetostratigraphy. The T-MI Unit (late Tortonian – Messinian) recorded the pre-evaporitic marine sedimentation (pre-Messinian salinity crisis deposits). This Unit is limited at the top by the intra-Messinian unconformity, representing a subaerial erosive phase related to a first major sea-level fall. The MII Unit (late Messinian) is characterized by lagoonal sedimentation, related to the so-called Lago Mare episode of the Mediterranean. At the top of this MII Unit is located the end-Messinian unconformity, caused by a second major sea-level fall. Over this unconformity lies the P Unit (early Pliocene), represented by marine deposit which marks a transgression, and the subsequent final of the Messinian salinity crisis.

**Key words:** stratigraphy, biomagnetostratigraphy, Messinian salinity crisis, Bajo Segura Basin

*Geogaceta*, 41 (2007), 215-218

ISSN: 0213683X

## Introducción

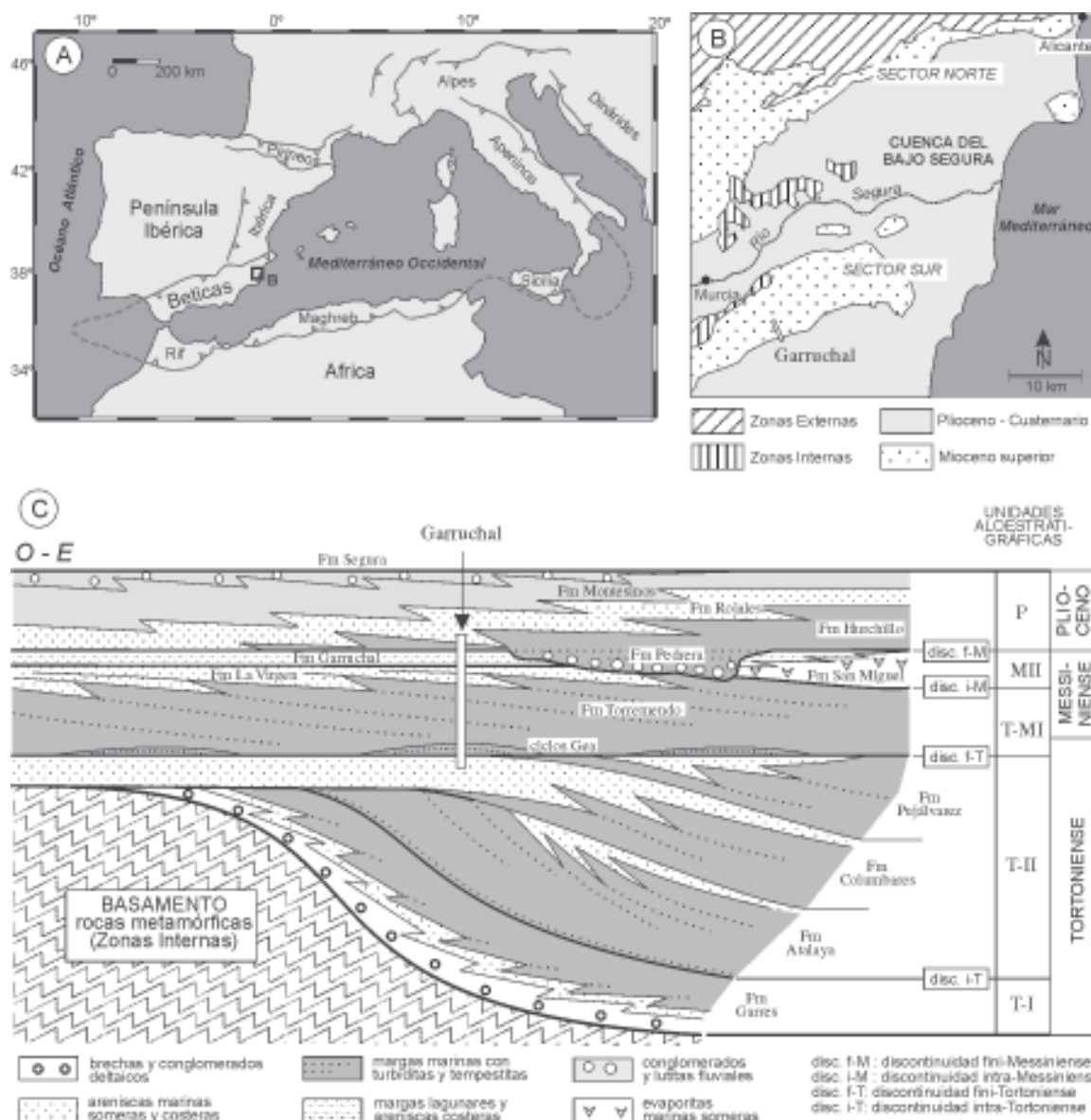
Desde que fue acuñado el término crisis de salinidad del Messiniense por Selli (1960) y, en especial, tras el descubrimiento de evaporitas en el subsuelo de las llanuras abisales del Mediterráneo durante el Leg 13 del DSDP (Friedman, 1973; Hsü *et al.*, 1973; Nesteroff 1973), la crisis de salinidad es ampliamente considerada como uno de los episodios más dramáticos de cambio oceánico en los últimos 20 millones de años (Krijgsman *et al.*, 1999). La crisis de salinidad Messiniense no es un evento exclusivo del centro del Mediterráneo, sino que ha quedado registrado también en las cuencas periféricas o sectores marginales, actualmente a más de 2000 metros de elevación respecto a las cuencas centrales o abisales. De hecho, las manifestaciones de la crisis han sido documentadas desde Chipre en el Mediterráneo oriental hasta las cordilleras Bética y Rifeña (región de Gibraltar) en el Mediterráneo occidental. En los sectores marginales la crisis está expresada por dos acontecimientos fundamentales; uno es la precipitación de evaporitas,

que se acumularon en cuencas marinas periódicamente aisladas del cuerpo de agua principal del Mediterráneo; y el otro es la formación de superficies erosivas subaéreas (discontinuidades del Messiniense) relacionadas con la caída del nivel del mar que originó las evaporitas centrales. Adicionalmente, en estas cuencas se dispone de otros dos registros sedimentarios vinculados a la crisis; uno es el llamado episodio *Lago Mare* del Messiniense terminal, que sucedió a la fase evaporítica y que se caracteriza por el desarrollo de ambientes de agua hipohalina o *brackish*; y el otro es la completa reinundación del Mediterráneo a inicios del Plioceno, que es el evento que marca definitivamente el final de la crisis de salinidad.

La Cuenca del Bajo Segura presenta un registro adecuado para ilustrar la expresión estratigráfica y establecer la cronología de los eventos relacionados con la crisis de salinidad. En concreto, la sección del Garruchal ofrece datos sobre tres acontecimientos principales: i) etapas erosivas messinienses, ii) episodio *Lago Mare*, y iii) reinundación del Plioceno.

## Localización geológica y contexto estratigráfico

El trabajo se centra en la Cuenca del Bajo Segura, una cuenca marginal del Mediterráneo occidental localizada en la terminación oriental de las Cordilleras Béticas (Fig. 1A). La sección del Garruchal se sitúa en el sector sur de la Cuenca del Bajo Segura (Fig. 1B). En este sector, el relleno sedimentario de la cuenca abarca en tiempo mayoritariamente desde el Tortonense al Plioceno, cuya descripción general está en la completa síntesis realizada por Montenat *et al.* (1990). El esquema estratigráfico que se presenta en la figura 1C, basado en parte en los datos de estos autores, diferencia cinco unidades alostratigráficas (TI, TII, T-MI, MII y P) cuyas discontinuidades limitantes se reconocen en toda la extensión de la cuenca. La sección del Garruchal, donde se centra nuestro estudio, es la que presenta mejores condiciones de observación para analizar los rasgos estratigráficos de las unidades del Messiniense y Plioceno (T-MI, MII y P).



**La sección del Garruchal**

Las tres unidades del Messiniense y Plioceno representadas en la sección han sido estudiadas en términos de análisis de facies sedimentarias e interpretación deposicional, bioestratigrafía mediante nanoplancton calcáreo y magnetoestratigrafía (Fig 2). La unidad T-MI está constituida por la Fm Torremendo en posición inferior y por la Fm La Virgen en posición superior. La unidad MII coincide con la Fm Garruchal. La unidad P consta de la Fm Hurchillo a la base y de la Fm Rojales a techo.

**Formación Torremendo.** Está representada por una sucesión de 450 m de espesor en la que dominan margas pelágicas ricas en organismos planctónicos. Los 170 metros inferiores se caracterizan por una ritmicidad de margas y areniscas turbidíticas que exhiben secuencias de Bouma tipo Ta, Tb y Ta-b. Esta parte basal de la formación ha sido denominada como ciclos Gea y se interpreta como pequeños abanicos submarinos acumulados en la parte más profunda de la cuenca durante la sedimentación de la Fm Torremendo. El resto superior de esta formación está dominada por margas con frecuentes, e irregularmente distribuidas,

intercalaciones de areniscas turbidíticas de grano fino, masivas y sin secuencias de Bouma apreciables. Otro rasgo adicional, aunque ocasional, de esta formación es la presencia de *slumps* y de intervalos de diatomitas. Esta parte superior de la Fm Torremendo se interpreta como un talud submarino dominado por sedimentación pelágica, en el que se incorporan avalanchas de arena emplazadas por mecanismos de flujos de granos.

**Formación La Virgen.** La Fm Torremendo evoluciona gradualmente en la vertical hacia la Fm La Virgen. En la zona de tránsito entre ambas, las

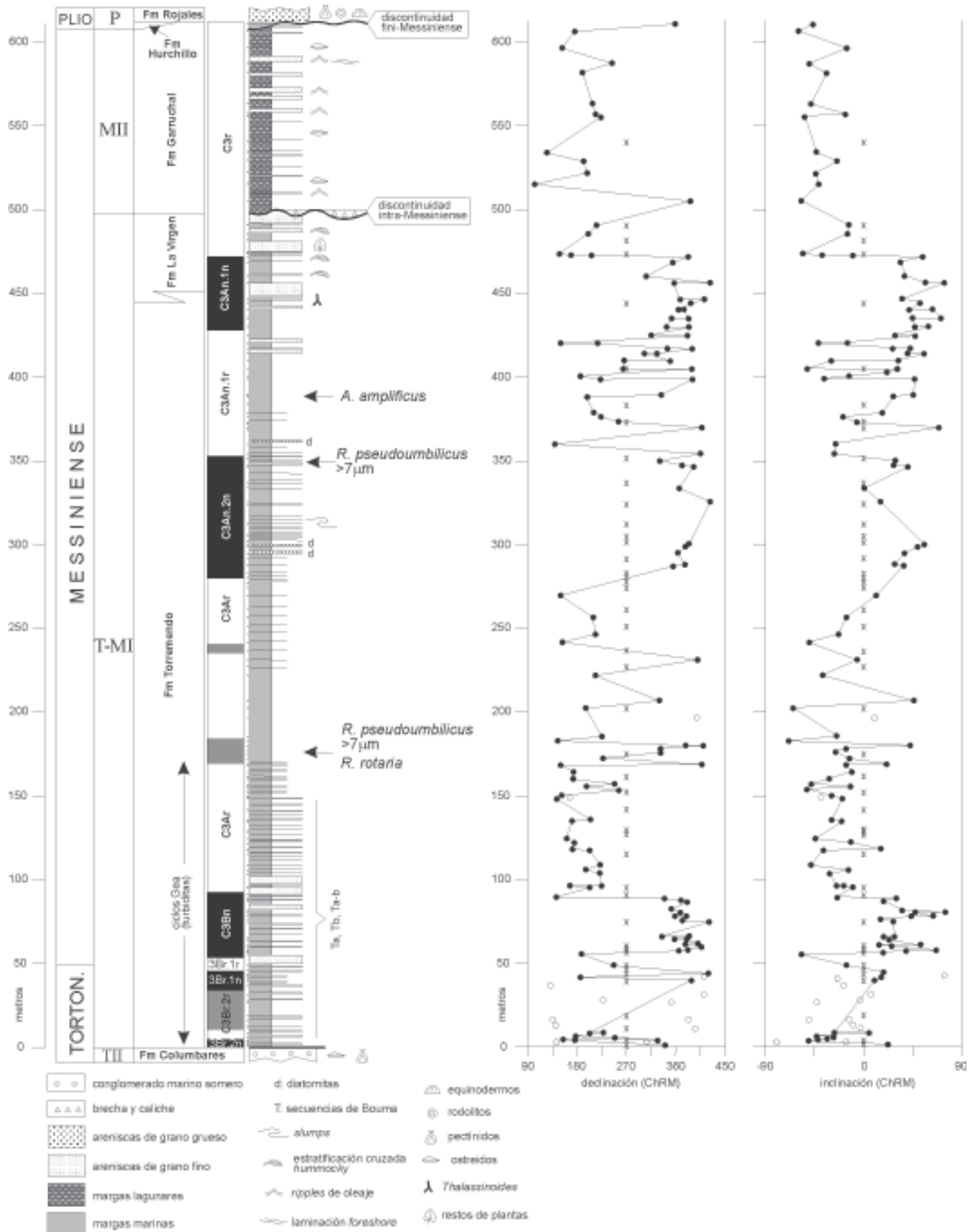


Fig. 2.- Estratigrafía, marcadores bioestratigráficos de nanoplancton calcáreo y magnetoestratigrafía de la sección del Garruchal.

Fig. 2.- Stratigraphy, calcareous nannoplankton biostratigraphic markers and magnetostratigraphy of the Garruchal section.

margas superiores de la Fm Torremendo incrementan el contenido en fracción arenosa terrígena, donde aparecen bancos de areniscas con trazas fósiles (*Thalassionides* isp.). Estas areniscas están compuestas mayoritariamente por litoclastos carbonáticos y cementos de

calcita, composición que explica la denominación de Calizas de la Virgen propuesta por Montenat *et al.* (1990) para esta formación. Por encima de esta zona de tránsito, la Fm La Virgen presenta 50 metros de espesor y está compuesta por tres secuencias estratocrecientes de are-

niscas interestratificadas con margas. Cada una de estas secuencias comienza con bancos de areniscas de 50 cm de espesor que exhiben un intervalo basal con clastos blandos y otro intervalo superior con estratificación cruzada *hummocky*; la secuencia termina con bancos de are-

niscas de 7 m de espesor, masivos o con frecuentes superficies onduladas internas. La Fm La Virgen se interpreta como una plataforma dominada por tormentas, donde alternan episodios de acumulación margosa en condiciones de buen tiempo con la deposición de tempestitas procedentes de la erosión de costas arenosas.

**Formación Garruchal.** El límite superior de la Fm La Virgen es una superficie irregular denominada como discontinuidad intra-Messiniense. Esta superficie erosiona las areniscas superiores de la Fm La Virgen y muestra bolsadas rellenas de brechas derivadas de esta formación, interestratificadas con costras carbonáticas tipo caliche. Estos rasgos indican una etapa de exposición subaérea en clima subárido durante la génesis de la discontinuidad intra-Messiniense. Por encima de esta discontinuidad reposa la Fm Garruchal, que está representada por una sucesión de 100 metros de espesor dominada por margas grises y rojas, cuyos únicos macrofósiles reconocidos son ostreoides (de ahí la denominación de margas con ostreas propuesta por Montenat *et al.*, 1990). El contenido micropaleontológico se caracteriza únicamente por ostrácodos y foraminíferos bentónicos. Dentro de estas margas aparecen bancos regularmente espaciados de areniscas con *ripples* de oleaje y laminación *foreshore*. Esta formación se interpreta como depósitos de laguna costera de fondo fangoso limitados hacia mar por playas arenosas.

**Formaciones Hurchillo y Rojas.** La Fm Garruchal está truncada por una superficie erosiva denominada como discontinuidad fini-Messiniense, sobre la cual reposan la Fm Hurchillo y la Fm Rojas. En posición estratigráfica inferior, la Fm Hurchillo rellena depresiones erosivas de la discontinuidad. Esta formación está representada por 5 metros de margas ricas en foraminíferos planctónicos, con una característica asociación de pectínidos y equinodermos. Tanto sobre la Fm Hurchillo como directamente sobre la discontinuidad fini-Messiniense se dispone la Fm Rojas, que está constituida por más de 20 metros de areniscas de grano grueso que contienen rodolitos y pectínidos. Ambas formaciones son marinas e indican una transgresión tras la fase de erosión que caracteriza la discontinuidad fini-Messiniense.

### Biomagnetoestratigrafía

Las margas pelágicas de la Fm Torremendo por encima de los ciclos Gea contienen una asociación de nanoplancton calcáreo compuesta, entre otras especies, por *Amaurolithus amplificus* y *Reticulofenestra rotaria*, que son características del Messiniense (Berggren *et al.*, 1995). La presencia de *Reticulofenestra pseudoumbilicus* >7mm a la mitad de la formación es otro indicador del Messiniense (ver Krijgsman *et al.*, 2000, para referencias). Esta edad Messiniense para la mayor parte de la Fm Torremendo coincide con las determinaciones de foraminíferos planctónicos efectuadas por Montenat *et al.* (1990), quienes ya indicaron la presencia de *Glorotalia conomiocea* y *Globorotalia mediterranea*. Adicionalmente, en la parte inferior de la formación estos autores reconocieron *Globorotalia humerosa* y *Globorotalia duterrei*, especies que indican el Tortonense superior. Así, el límite Tortonense/Messiniense está en esta parte inferior de la Fm Torremendo.

Para encajar las magnetozonas diferenciadas en la sección del Garruchal con la *GPTS* de Cande y Kent (1995) se han utilizado los eventos de nanofósiles calcáreos establecidos por Berggren *et al.* (1995). Dos especies -*Reticulofenestra rotaria* y *Amaurolithus amplificus*- han servido para identificar crones. *R. rotaria* ha sido reconocida en la parte media de la Fm Torremendo, en una zona inversa de gran extensión que encaja bien con el cron C3Ar. La especie *A. amplificus* ha sido determinada en la parte superior de la Fm Torremendo, en una zona inversa cuya única posibilidad de asignación corresponde al cron C3An.1r. A partir del cron C3Ar hacia abajo el resto de las magnetozonas han sido extendidas siguiendo el orden de la *GPTS*, resultando que el límite Tortonense/Messiniense quedaría situado en los ciclos Gea, en coincidencia con una zona inversa de escasa extensión que coincide con el cron C3Br.1r. A partir del cron C3An.1r, la extensión hacia arriba de las magnetozonas indica que durante el cron C3r (ca. 5.9 – 5.2 Ma) ocurrió el depósito de la Fm La Virgen, la discontinuidad intra-Messiniense, la sedimentación de la Fm Garruchal, la discontinuidad fini-Messiniense y el depósito de la Fm Hurchillo.

### Implicaciones para la crisis de salinidad del Messiniense

En relación con las manifestaciones de la crisis de salinidad en las cuencas marginales del Mediterráneo, la sección del Garruchal ilustra la siguiente sucesión de acontecimientos: 1) sedimentación marina pre-evaporítica o pre-crisis, representada por la unidad T-MI; 2) primera caída del nivel del mar y erosión subaérea, registrada por la discontinuidad intra-Messiniense; 3) sedimentación lagunar sin-evaporítica correspondiente al episodio *Lago Mare*, documentada por la unidad MII; 4) segunda caída del nivel del mar registrada por la discontinuidad fini-Messiniense; y 5) reinundación de la cuenca y sedimentación marina post-evaporítica o post-crisis, caracterizada por la unidad P. Asumiendo el modelo de cuenca profunda desecada, cualquiera de las dos discontinuidades (intra- y fini-Messiniense), o incluso ambas, podría representar la caída mayor del nivel del mar que dió origen a las evaporitas precipitadas en las llanuras abisales del Mediterráneo.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación BTE2003-05047 MCYT.

### Referencias

- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher III, C.C. y Aubry, M.-P. (1995). *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Special Publication*, 54, 129-212.
- Cande, S.C. y Kent, D.V. (1995). *Journal of Geophysical Research*, 100, 6093-6095.
- Friedman, G.M. (1973). *Init. Rep. D.S.D.P.* 13, II, 695-713.
- Hsü, K.J., Cita, M.B. y Schreiber, B.C. (1973). *Init. Rep. D.S.D.P.* 13, II, 708-711.
- Krijgsman, W., Garcés, M., Agustí, J., Raffi, I., Taberner, C. y Zachariasse, W.J. (2000). *Earth Planet. Sci. Letters*, 181, 497-511.
- Krijgsman, W., Hilgen, F.J., Raffi, I., Sierro, F.J. y Wilson, D.S. (1999). *Nature*, 400, 652-655.
- Montenat, C., Ott d'Estevou, P. y Coppier, G. (1990). *Doc. et Trav. I.G.A.L.*, 12-13, 313-368.
- Nesteroff, W.D. (1973). *Init. Rep. D.S.D.P.*, 13, II, 673-693.
- Selli, R. (1960). *Giornale di Geologia*, 28, 1-33.