

BIOESTRATIGRAFÍA, PALEOGEOGRAFÍA Y PALEOAMBIENTES BASADOS EN PALINOMORFOS EN CUENCAS ORDOVÍCICAS, SILÚRICAS Y DEVÓNICAS DE LA ARGENTINA

BIOSTRATIGRAPHY, PALEO GEOGRAPHY AND PALEOENVIRONMENTS BASED ON PALYNOMORPHS IN ORDOVICIAN, SILURIAN AND DEVONIAN BASINS OF ARGENTINA

Claudia Viviana Rubinstein

Claudia V. Rubinstein

Geóloga graduada en la Universidad de Buenos Aires. Fue becaria del CONICET. Realizó su tesis doctoral sobre palinoestratigrafía del Silúrico de la Precordillera de San Juan, graduándose en la misma Universidad. Es Investigadora Adjunta de CONICET y trabaja sobre palinología del Paleozoico del oeste de Argentina. Forma parte del IANIGLA desde 1986.

Geologist, graduated at the Buenos Aires University. She was a research fellow from CONICET. She obtained her PhD. in Geology at the same University on Silurian palynostratigraphy in San Juan Precordillera. She is Researcher from CONICET and she works on palynology of Paleozoic in the west of Argentina. She is a member of IANIGLA staff since 1986.

INTRODUCCIÓN

Los palinomorfos, por su pequeño tamaño, gran resistencia y amplia distribución en los diferentes ambientes sedimentarios a lo largo de toda la columna geológica, desde los inicios de la vida en la Tierra, constituyen una valiosa herramienta principalmente en el campo de la estratigrafía.

El objetivo de este trabajo es resumir el contenido palinológico (criptoesporas, mioesporas, quitinozoos, acritarcos y otras formas marinas relacionadas) hallado por la autora en cuencas ordovícicas, silúricas y devónicas de la Argentina (ver mapa de ubicación) y destacar su potencial para estudios bioestratigráficos, paleogeográficos y paleoambientales (**Fig. 1**).

Las criptoesporas son los palinomorfos más antiguos supuestamente producidos por plantas costeras y/o terrestres.

Fig. 1. Mapa de ubicación.

Estas tienen similitudes con las provenientes de plantas hepáticas modernas y se consideran como pertenecientes a un ancestro común (embriofitas) de las plantas hepáticas (briofitas) y de las plantas vasculares modernas. Su importancia reside en que representarían la transición entre las plantas acuáticas y las terrestres.

El término espora es utilizado aquí para las células reproductoras de briofitas y

INTRODUCTION

Since life began on Earth palynomorphs have been a valuable tool mainly on the stratigraphic field, owing to their small size, high resistance and wide distribution throughout the geological time.

This work aims to summarize the palynological content (cryptospores, miospores, chitinozoans, acritarchs and other related marine forms) found by the author in the

Ordovician, Silurian and Devonian basins of Argentina (see location map) and to bring out their potential for biostratigraphic, paleogeographic and paleoenvironmental studies.

Cryptospores are the oldest palynomorphs supposedly produced by coastal and/or terrestrial plants. These present similarities with those proceeding from modern hepatic plants and are considered as having been produced by a common ancestor (embriophytes) of the hepatic plants (briophytes) and of the modern vascular plants. They are important because they would represent the transition between aquatic and terrestrial plants.

The word spore is here used for the reproductive cells of briophytes and pteridophytes. Their essential function is the distribution and reproduction of the plants. Spores smaller than 200 microns are called miospores.

Chitinozoans, considered as

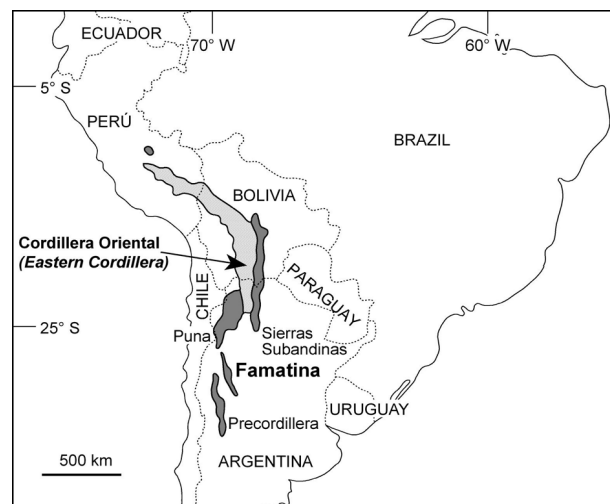


Fig. 1. Location map.

pteridofitas. Su función esencial es la distribución y reproducción de las plantas. Las esporas menores de 200 micrones son denominadas mioesporas.

Los quitinozoos, considerados por largo tiempo como fósiles enigmáticos, son interpretados actualmente como huevos de metazoos marinos. Estos microfósiles de pared orgánica provendrían de metazoos aún no documentados en el registro fósil, probablemente por poseer un cuerpo delicado que dificultó su preservación.

Los acritarcos constituyen un grupo artificial, polifilético, que incluye diversos tipos de microorganismos de pared orgánica y de morfología variada que representarían una amplia variedad de restos provenientes tanto del reino vegetal como animal (restos de algas, huevos, etc.). Etimológicamente, acritarco proviene del griego y significa "de origen incierto". Estos microfósiles son en su mayor parte marinos.

ORDOVÍCIO

Cordillera Oriental

En la Formación Santa Rosita, región de Nazareno, Salta, fue descripta una asociación de acritarcos asignada al Tremadociano, coincidiendo con la edad propuesta para esta unidad en base a conodontes y macrofauna (Rubinstein 1997). Esta asociación fue relacionada a la Provincia Mediterránea la que actualmente, modificada y ampliada, es la Provincia Perigondwánica, definida como una ancha franja paleogeográfica, de aguas frías a templadas, que se extendió a lo largo del borde norte de Gondwana desde Argentina, este de Newfoundland (Canadá), norte de África,

centro y sur de Europa, sur de Turquía hasta el sur de China, durante el Arenigiano-Llanvirniano.

En años más recientes fue encarado el estudio sistemático e interdisciplinario de la Cordillera Oriental, comprendiendo este a la parte superior de la Formación Santa Rosita (Tremadociano) y la Formación Acoite (Arenigiano inferior a medio) (Rubinstein et al., 1999, Rubinstein y Toro, 1999, 2001). Los resultados obtenidos hasta el momento son significativos, tanto desde el punto de vista bioestratigráfico como paleogeográfico. Se realizó por primera vez para la región un esquema bioestratigráfico preciso basado en graptolitos y acritarcos, lo que permitió establecer la correlación entre los distintos perfiles estudiados.

La asociación de acritarcos sugiere una posición paleolatitudinal intermedia, cercana al límite de la Provincia Perigondwánica, para la Cordillera Oriental argentina, durante el Arenigiano inferior a medio. Esta situación latitudinal es sustentada también por los graptolitos.

Famatina

Las rocas ordovícicas del Famatina corresponden a un arco volcánico activo relacionado a la subducción en el margen gondwánico. En este contexto, tanto el registro sedimentario como el contenido fosilífero fueron controlados por la interacción entre vulcanismo, tectonismo y cambios del nivel del mar.

La sucesión volcánica sedimentaria está representada en el Famatina Central por las formaciones Suri (inferior) y Molles (superior), ambas datadas por conodontes como del Arenigiano medio (parte superior de la Zona de *Oepikodus evae*).

enigmatic fossils for a long time, are presently interpreted as eggs from marine metazoans. These organic wall microfossils would proceed from metazoans not yet documented in the fossil record, probably because they had a delicate body that hindered their preservation.

Acritarchs constitute an artificial polyphyletic group spanning diverse types of microorganisms with organic wall and varied morphology, representing a large variety of remains proceeding from the animal and vegetal kingdoms (algae remains, eggs, etc.). Etymologically acritarch has a Greek origin and means of "uncertain origin". These microfossils are mostly of marine provenance.

ORDOVÍCIAN

Eastern Oriental Cordillera

In the Santa Rosita Fm., Nazareno region, Salta, a description was made of an acritarch assemblage assigned to the Tremadoc, in agreement with the age proposed for this unit based on conodonts and macrofauna (Rubinstein, 1997)

This assemblage was related to the Mediterranean Province, which as presently modified and enlarged, is the Perigondwanic Province, defined as a broad, latitudinally extensive, circumpolar, cold to temperate paleogeographical belt along the northern Gondwana border, from Argentina through eastern Newfoundland, north Africa, central and southern Europe, and southern Turkey to South China during the Arenigian - Llanvirnian.

In the recent years the systematic and interdisciplinary study of the Eastern Cordillera was approached, including the upper part of the

Santa Rosita Fm. (Tremadoc) and the Acoite Fm. (lower to middle Arenig) (Rubinstein et al., 1999, Rubinstein and Toro, 1999, 2001). The results obtained up to now are significant, from the biostratigraphic as from the paleogeographic point of view. A precise biostratigraphic scheme was done for the first time for the region based on graptolites and acritarchs, thus permitting to establish the correlation between the different studied sections.

The acritarch assemblage suggests an intermediate paleolatitudinal position, close to the limit of the Perigondwanic Province, for the Argentine Eastern Cordillera, during the lower to middle Arenig. This latitudinal situation is also supported by graptolites.

Famatina

The Ordovician Famatina rocks correspond to an active volcanic arc related to subduction in the Gondwanic margin. In this frame, the sedimentary record as well as the fossiliferous content were controlled by the interaction among volcanism, tectonism and sea level changes.

*The sedimentary-volcaniclastic succession is represented at the Central Famatina by the Suri (lower) and Molles (upper) formations, both dated as mid Arenig by conodonts (upper part of the *Oepikodus evae* Zone).*

*The first palynological assemblages are reported in detail by Rubinstein and Astini (2000) and by Rubinstein (2001). An important part of the acritarch species found in the Suri Fm. are the same as those found in the Eastern Cordillera. Among them there have to be mentioned *Eisenackidium orientalis* and*

Las primeras asociaciones palinológicas registradas están detalladas en Rubinstein y Astini (2000) y Rubinstein (2001a). Una parte importante de las especies de acritarcos encontradas en la Formación Suri son las mismas que en la Cordillera Oriental, entre las que se destacan *Eisenackidium orientalis* y *Dactylofusa velifera* forma *brevis*, particularmente útiles para correlaciones regionales de estratos del Arenigiano inferior a medio, en la Cordillera Oriental. También se observa un importante incremento de formas de latitudes intermedias, como Australia y sur de China. Paleogeográficamente presenta claras afinidades con la Provincia Perigondwánica, especialmente por la presencia de géneros como *Arbusculidium* y *Striatotheca*.

En la Formación Molles el panorama cambia drásticamente, desapareciendo totalmente los elementos perigondwánicos y predominando las formas de latitudes intermedias y bajas registradas en el sur de China, Australia y en la región «Báltica» (Fig. 2). Los acritarcos de esta unidad muestran una fuerte afinidad con los del sur de China.

Este cambio entre las asociaciones de acritarcos de ambas

formaciones habría sido consecuencia de condiciones ambientales locales, relacionadas al arco volcánico.

LÍMITE ORDOVÍCICO-SILÚRICO

Puna

La Formación Salar del Rincón, considerada ashgilliana tardía-llandoveriana temprana, aflora en el oeste de la Puna, en la Provincia de Salta. En su miembro superior de origen marino litoral se hallaron asociaciones de acritarcos y criptoesporas (Rubinstein y Vaccari, 2001).

A pesar de que la información palinológica es aún limitada, se obtuvieron resultados bioestratigráficos provisionales.

La presencia de las criptoesporas *Imperfectotriletes* y *Laevolancis divellomedia* y la ausencia de esporas trilete verdaderas indicaría una edad ashgilliana tardía. Algunos acritarcos como *Eupoikilofusa striata* y *Dactylofusa spinata*, considerados como buenos fósiles guías para el Ordovícico superior sustentarían esta edad.

Las criptoesporas son similares a las descritas para el Ordovícico tardío-Llandoveriano temprano en diferentes localidades del

Dactylofusa velifera forma brevis, both being particularly useful for regional correlation of strata from the lower to middle Arenig, at the Oriental Eastern Cordillera. It can be also observed an increase of forms from intermediate latitudes like Australia and south China. From a paleogeographic point of view it shows clear affinities with the Perigondwanic Province, specially owing to the presence of genus such as *Arbusculidium* and *Striatotheca*.

At the Molles Fm. the scenario changes dramatically, with the perigondwanic elements totally disappearing and with predominance of forms from intermediate and lower latitudes recorded at south China, Australia and Baltica. *Acritarchs* from this unit show a strong affinity with those from south China.

This change between the acritarch assemblages from both formations would have resulted from local environmental conditions related to the volcanic arc.

ORDOVICIAN-SILURIAN BOUNDARY

Puna

The Salar del Rincon Formation, considered as late Ashgill - early Llandoverly outcrops at the

west of the Puna, in the Province of Salta. *Acritarch* and cryptospore assemblages were found in the littoral marine upper member (Rubinstein and Vaccari, 2001).

Although the palynological information is still restricted, it was possible to obtain provisional biostratigraphic results.

The presence of the Imperfectotriletes and Laevolancis divellomedia cryptospores and the absence of true trilete spores would indicate a late Ashgill age. Some acritarchs, like *Eupoikilofusa striata* and *Dactylofusa spinata*, regarded as good guide fossils for the Upper Ordovician would support such age.

The cryptospores are similar to those described for the late Ordovician - early Llandoverly in different localities of the world from higher to lower paleolatitudes (Saudi Arabia, Turkey, Wales, Lybia, China, etc.) This suggests that the parent plants of these spores were cosmopolitan and their high resistance under diverse climatic conditions.

SILURIAN

Precordillera

The Silurian deposits of the Central Precordillera in San Juan comprise the formations La Chilca (late Hirnantian - Llandoverly/Wenlock?) and Los Espejos (Wenlock to Pridoli, locally Lochkov at the northeastern side).

Rubinstein and Brussa (1999) integrated the palynological and graptolite studies at the La Chilca and Los Espejos formations, for correlation purposes within the Central Precordillera Basin and to propose a biostratigraphic scheme based in both groups.

The La Chilca Formation yielded

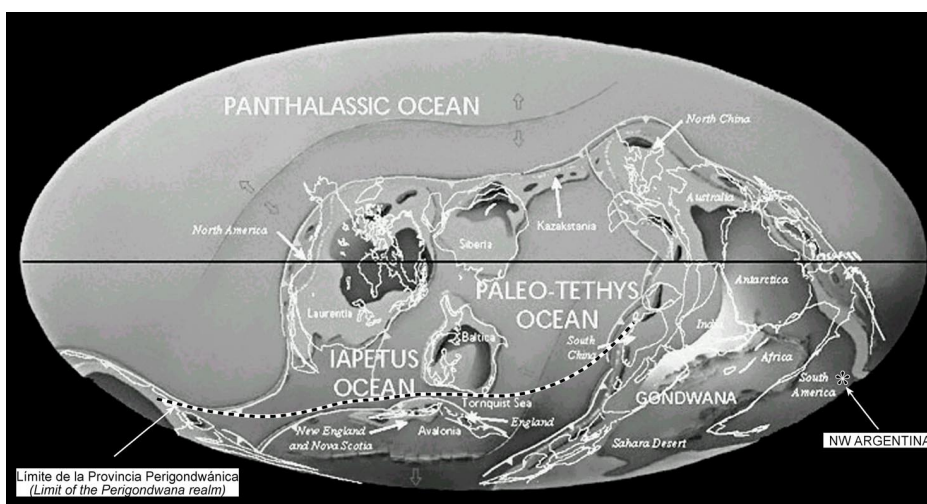


Fig.2. Reconstrucción paleogeográfica

Fig.2. Paleogeographical reconstruction.

mundo, que se extendieron desde paleolatitudes altas a bajas (Arabia Saudita, Turquía, Gales, Libia, China, etc.). Esto sugiere el carácter cosmopolita de las plantas que les dieron origen y su alta resistencia bajo diversas condiciones climáticas.

SILÚRICO

Precordillera

Los depósitos silúricos de la Precordillera Central sanjuanina comprenden las formaciones La Chilca (Hirnantiano tardío-Llandoveryano/Wenlockiano?) y Los Espejos (Wenlockiano a Pridoliano, localmente Lochkoviano en su extremo noreste).

Rubinstein y Brussa (1999) integraron los estudios palinológicos y de graptolitos en las formaciones La Chilca y Los Espejos, con el objetivo de establecer correlaciones regionales y proponer un esquema bioestratigráfico basado en ambos grupos.

Como resultado se obtuvieron dos asociaciones palinológicas (acritarcos y criptoesporas) para la Formación La Chilca, donde se destacan *Tylotopalla caelamenicutis* y *Tylotopalla digitifera*, que por su presencia y abundancia serían de utilidad para las correlaciones regionales de estratos del Llandoveryano medio, en la Precordillera Central.

Los estudios palinológicos en la Formación Los Espejos han sido objeto de numerosas contribuciones (lista completa en Rubinstein 2001b). En base al estudio integrado de palinomorfos y graptolitos se distinguieron tres asociaciones compuestas por acritarcos y en menor proporción mioesporas y criptoesporas. Los palinomorfos indicarían una edad wenlockiana tardía a ludloviana temprana, debido a

la presencia de *Emphanisporites*, *Ozotobracion*, *Fimbrigliomerella divisa* y *Triangulina alargada*.

Desde un punto de vista paleogeográfico, los acritarcos silúricos de la Precordillera, particularmente los del Silúrico superior, muestran claras afinidades gondwánicas con evidencias de intercambio con el hemisferio norte, probablemente por una buena conexión con el mar abierto. Este modelo de distribución es similar al de faunas de la misma edad.

DEVÓNICO

Precordillera

En la Precordillera Central de San Juan los afloramientos devónicos corresponden a las formaciones Talacasto (Devónico inferior) y Punta Negra (Devónico medio-superior?).

Los estudios palinológicos, basados en el hallazgo de acritarcos, mioesporas y quitinozoos permitieron confirmar la edad lochkoviana tardía a emsiana para la Formación Talacasto en Cerro del Fuerte (Le Herissé et al., 1997), previamente asignada por su contenido en braquiópodos. Entre los palinomorfos se destacan *Urochitina lobo*, *Demorbethium lappaceum*, *Schizocystia pilosa*, *Acinosporites lindlarensis*, *Dibolisporites echinaceus* y *Dictyotriletes emsiensis*, en los niveles inferiores y *Armoricochitina* aff. *panzuda*, en el nivel más joven.

En la Formación Punta negra los quitinozoos permitieron precisar la edad previamente asignada por acritarcos y mioesporas. La presencia de *Fungochitina pilosa*, *?Ancyrochitina langei* y

two palynological assemblages (acritarchs and cryptospores), where the species *Tylotopalla caelamenicutis* and *Tylotopalla digitifera* stand out. Because of their presence and abundance they would both be very useful for regional correlation of middle-Llandovery strata in the Central Precordillera.

There have been numerous contributions to the palynological studies at the Los Espejos Fm. (complete list in Rubinstein 2001b). Three assemblages composed by acritarchs, with a lower proportion of miospores and cryptospores were distinguished based on the integrated study of palynomorphs and graptolites. Palynomorphs would be indicating a late Wenlock to early Ludlow age owing to the presence of *Emphanisporites*, *Ozotobracion*, *Fimbrigliomerella divisa* and *Triangulina alargada*.

From a paleogeographic standpoint the Silurian acritarchs of the Precordillera, most particularly those from the upper Silurian, show clear gondwanic affinities, also evidencing an exchange with the Northern Hemisphere. This is probably owed to a good connection with the open sea. This distribution pattern is similar to that of the coeval faunas.

DEVONIAN

Precordillera

The Devonian outcrops in the Central Precordillera correspond to the Talacasto (lower Devonian) and Punta Negra (middle-upper Devonian?) formations.

Palynological studies based on the finding of acritarchs, miospores and chitinozoa led to confirm the late Lochkv to Emsian age for the Talacasto Fm. in the Cerro del Fuerte (Le Herissé

et al., 1997), previously assigned because of its brachiopods. In the lower levels there can be mentioned *Urochitina lobo*, *Demorbethium lappaceum*, *Schizocystia pilosa*, *Acinosporites lindlarensis*, *Dibolisporites echinaceus* and *Dictyotriletes emsiensis*, and *Armoricochitina* aff. *panzuda* at the younger level.

Based on the chitinozoa it was possible to precise the age previously assigned by acritarchs and miospores in the Punta Negra Fm. The presence of *Fungochitina pilosa*, *?Ancyrochitina langei* and a probably new species of *Ancyrochitina*, commonly found in strata of the middle to upper Givetian, would indicate this age for the palynological assemblages. The finding of *Bimerga bensonii*, a typically gondwanic acritarch would confirm the continental relationship (Rubinstein, 2000).

REFERENCIAS

- LE HERISSÉ, A. et al. 1997. Lower Devonian palynomorphs from the Talacasto Formation, Cerro del Fuerte Section, San Juan Precordillera, Argentina. In: Fatka, O. y T. Servais (eds.), *Acritarcha in Praha 1996*. Acta Univ. Carol., (Geol.), 40(3-4): 497-515.
- RUBINSTEIN, C.V. 1997. Tremadocian acritarchs from northwestern Argentina. Rev. Palaeobot. Palynol., 98 (1997): 41-45.
- . 2000. Middle Devonian palynomorphs from the San Juan Precordillera, Argentina: biostratigraphy and paleobiogeography. I Congreso Ibérico de Paleontología/ XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, VIII International Meeting of IGCP 421: 274-275.
- . 2001a. Biostratigraphic and palaeogeographic implications of Lower Ordovician acritarchs from the Eastern Cordillera and

probablemente una nueva especie de *Ancyrochitina* sp., común en estratos del Givetiano medio a superior, indicarían esta edad para las asociaciones palinológicas. El hallazgo de *Bimerga bensonii*, acritarco típicamente gondwánico confirmaría la relación continental (Rubinstein, 2000).

- Famatina, northwestern Argentina. Early Palaeozoic palaeogeographies and biogeographies of western Europe and north Africa. Université des Sciences et Technologies de Lille, Villeneuve d'Ascq. Abstracts, p. 57.
- 2001b. Microflora y microplancton silúricos de la Precordillera Central de San Juan, Argentina. En: Fombella Blanco, M.A.; D. Fernández González, R.M. Valencia Barrera (eds.). *Palinología: Diversidad y Aplicaciones*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León, León (España), pp. 45- 54.
- RUBINSTEIN, C. y R. ASTINI. 2000. Primer registro de palinomorfos arenigianos en las formaciones Suri y Molles, región del Famatina, provincia de La Rioja, Argentina. X Simp. Argent. Paleobot. Palinol. Resúmenes, p. 98.
- RUBINSTEIN C.V. y E.D. BRUSSA. 1999. A palynomorph and graptolite biostratigraphy of the Central Precordillera Silurian basin, Argentina. In: Tongiorgi, M. y G. Playford (eds.), 1999, *Studies in Palaeozoic Palynology*, Selected papers from the CIMP Symposium at Pisa, 1998: *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, 3(2-3): 257-266.
- RUBINSTEIN, C. y B. TORO 1999. Acritarch and graptolite biostratigraphy in the lower Arenig of the peri-Gondwana related Eastern Cordillera, Argentina. *Acta Univ. Carol. (Geol.)*, 43(1/2): 255-258.
- 2001. Review of acritarch biostratigraphy in the Arenig of the Eastern Cordillera, northwestern Argentina. New data and calibration with the graptolite zonation. In: *Contributions to Geology and Palaeontology of Gondwana - In honour of Helmut Wopfner*. Weiss, R.H. (ed.). Geological Institute, University of Cologne, Germany, pp. 421- 439.
- RUBINSTEIN, C.V. y N.E. VACCARI. 2001. Palynomorphs of the Ordovician–Silurian boundary in the Salar del Rincón Formation, Argentine Puna. First Meeting of the C.I.M.P. Spores and Pollen Subcommittee, National University of Ireland, Cork, Ireland. Abstracts, pp. 40- 41.
- RUBINSTEIN, C.V. et al. 1999. Acritarch biostratigraphy of the upper Tremadoc-Arenig of the Eastern Cordillera, northwestern Argentina: relationships with graptolite and trilobite fauna. In : Tongiorgi, M. y G. Playford (eds.), 1999, *Studies in Palaeozoic Palynology*, Selected papers from the CIMP Symposium at Pisa, 1998: *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, 38(2-3): 267- 286.