DIATOMEAS COMO INDICADORAS PALEOAMBIENTALES EN LA FORMACIÓN RÍO NEGRO, PROVINCIA DE RÍO NEGRO, ARGENTINA

NATALIA CABALLERO

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, Bahía Blanca 8000, Argentina.
natalia.caballero@uns.edu.ar

YESICA NASS

Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, Bahía Blanca 8000, Argentina. *yessi_mn@yahoo.com*

BEATRIZ GUTIÉRREZ TÉLLEZ

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, Bahía Blanca 8000, Argentina.
bgutierr@uns.edu.ar

ABSTRACT – DIATOMS AS PALEOENVIRONMENTAL INDICATORS IN RIO NEGRO FORMATION, RIO NEGRO PROVINCE, ARGENTINA. Diatom assemblages taken from outcropping sequences located on the cliffs of the Río Negro Formation, northeast of Río Negro province were studied. Paleoenvironmental interpretations of the area, during late Miocene-early Pliocene, were performed. Diatom data were analyzed according to ecological tolerances of the taxa. Samples from minor sedimentary sections showed a paleoenvironment composed by aeolian levels with shallow interdune lagoons, with little water flow and high influence of aridness and evaporation. The diatomological flora was represented by fresh, brackish and sea water taxa. The lagoons were characterized by being shallow interdune, with an alternation between wet and dry conditions. During wet conditions, freshwater lagoons may have established by a higher water input from the combination of different processes such meteoric water increased and phreatic level rise. In dry periods, lagoons have modified their salinity from freshwater to brackish water due to increased evaporation because of aridity. An increase in the deposition of sandy sediments, the effect of wind and the reduction of the water would have concluded with the development of these two paleoenvironments. Besides, an episodic and marginal marine influence was inferred, due to the presence of allochthonous diatoms of marine origin.

Key words: diatoms, paleoenvironments, Río Negro Formation, Río Negro province, Miocene-Pliocene, Argentine.

RESUMO – Associações de diatomáceas foram estudadas em sedimentos extraídos de sequências aflorantes nas falésias da Formação Rio Negro, ao noroeste da província de Rio Negro. Foram realizadas interpretações paleoambientais da área no intervalo correspondente ao Neomioceno-Eoplioceno. Os dados obtidos das amostras estudadas foram analisados levando em consideração as características ecológicas de cada táxon. As seções sedimentares menores mostraram um paleoambiente composto por níveis eólicos com lagoas interdunares, com pouco fluxo de água e alta influência de aridez e evaporação. A flora de diatomácea é representada por táxons de água doce, salobra e marinha. As lagoas se caracterizaram por ser de interduna com uma alternância entre condições úmidas e secas. Durante as condições úmidas se estabeleceram lagoas com maior entrada de água, devido a combinação de diferentes processos, tais como aumento de água meteórica e aumento do nível freático. Em períodos secos, as lagoas modificaram sua salinidade de água doce à água salgada devido aumento da evaporação causada pela aridez. Um incremento na deposição de sedimentos arenosos, o efeito do vento e a redução da água finalizaram o desenvolvimento desses paleoambientes. Além disso, se estabeleceu uma influência marinha episódica e marginal devido a presença de diatomáceas alóctones de origem marinha.

Palavras-chave: diatomáceas, paleoambientes, Formação Rio Negro, Província Rio Negro, Mioceno-Plioceno, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Las diatomeas (Clase Bacillariophyceae), son muy utilizadas como indicadores ambientales, debido a su amplia distribución geográfica, su elevado número de especies, su habilidad para colonizar diferentes medios y su capacidad de respuesta a cambios en su entorno. Son una valiosa

herramienta para realizar inferencias paleoclimáticas debido a su sensibilidad a variables indicadoras de cambios ambientales, como por ejemplo profundidad del agua, temperatura, salinidad y pH (Round *et al.*, 1990). Las interpretaciones de los ensambles diatomológicos, constituyen un método de aproximación en la definición de paleoambientes, ya que reflejan las condiciones físico-químicas de los ambientes

del pasado (Gutiérrez Téllez, 2007). La reconstrucción paleoambiental a partir de estos ensambles depende de las características autoecológicas de los taxones involucrados y de su sensibilidad frente a distintas variables físico-químicas (Fayó & Espinosa, 2014). Por otra parte, la presencia de cistos de crisostomatóceas (Clase Chrysophyceae) en los sedimentos estudiados es indicadora de cambios en el nivel de agua, salinidad y estado trófico. Sin embargo, un porcentaje alto de cistos indicaría agua pobre en nutrientes debido a que las crisostomatóceas tienden a ser competitivas bajo éstas condiciones (Smol, 1985).

El presente trabajo se focaliza en los afloramientos de la Formación Río Negro, expuestos en el sector costero de la provincia de Río Negro (Andreis, 1965), en inmediaciones de la localidad de Playa Bonita (Figura 1). Esta unidad está compuesta por depósitos acumulados en dos paleoambientes principales, uno de carácter continental (eólico) y otro marino, correspondiente a un importante evento transgresivo ("mar entrerriense") que cubrió gran parte de la costa atlántica de Argentina, el litoral sur de Uruguay y la costa sur de Brasil, durante el Mioceno tardío-Plioceno temprano (Marengo, 2000 y Sprechmann *et al.*, 2000). Dicha transgresión es reconocida en Uruguay en los depósitos de la Formación Camacho (Goso & Bossi, 1966), Ojeda (1982) y Dias *et al.* (1994) la correlacionaron con depósitos del subsuelo de la Cuenca Pelotas en Brasil. Del Río & Martínez (1998) establecieron una correlación con depósitos argentinos, conocidos como formaciones Paraná y Puerto Madryn. Sprechmann *et al.* (1994) analizaron la paleoecología y sedimentología de la Formación Camacho en el Departamento de Colonia, también se observaron microfósiles de ambientes marinos, como

foraminíferos y ostrácodos pero solo Sprechmann (2000) menciona diatomeas estudiadas por Martínez Macchiavello (1975), quien presenta una lista de siete taxones de ambientes salobre-marinos, siendo éste el único antecedente de estudios diatomológicos encontrados en la zona.

Las investigaciones paleodiatomológicas en el ambiente costero de la provincia de Río Negro, Argentina, reconocen trabajos como los de Wichmann (1918, 1919), quien señaló por primera vez la presencia de diatomeas en el área y de Frenguelli (1939a,b) quien realizó estudios sobre diatomeas, describiendo asociaciones marinas en los golfos de San Matías (provincia de Río Negro) y San Jorge (provincia de Chubut). Estudios de diatomitas de yacimientos de la zona fueron efectuados por Malumián *et al.* (1984). Sepúlveda y Martínez Macchiavello (1985) realizaron un trabajo paleoecológico basado en diatomeas de la zona del Bajo del Gualicho, de edad Mioceno tardío-Plioceno temprano. Escandell *et al.* (2009) estudió los ensambles de diatomeas de un testigo sedimentario ubicado en la desembocadura del Río Negro, con el fin de reconstruir las variaciones de salinidad y profundidad.

Doménech & Farinati (2007) y Farinati *et al.* (2010) realizaron análisis tafonómicos sobre concentraciones de ostras [*Crassostrea patagonica* (D'Orbigny)]. Los estudios de paleoambientes lacustres en el litoral marino rionegrense son escasos pudiéndose mencionar a Angulo & Casamiquela (1982), Zavala & Freije (2001, 2005), Aramayo (1987, 1999, 2007, 2008), Aramayo *et al.* (2004) y Schillizzi & Luna (2008). Zavala & Freije (2000, 2001) y Zavala *et al.* (2000) realizaron estudios en la estratigrafía y sedimentología de la Formación Río Negro, los que permitieron reinterpretar gran parte de su origen.

Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio.

Figure 1. Location map of the study areas.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar paleoambientes, a través de la utilización de diatomeas y otros proxies, en una secuencia de perfiles aflorantes en barrancas de la Formación Río Negro, depositadas durante el Mioceno tardío-Plioceno temprano.

AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde a la unidad geológica conocida como Formación Río Negro, de edad Mioceno tardío-Plioceno temprano, ampliamente distribuida en la costa del Océano Atlántico. Por encima de la unidad estudiada se encuentran sedimentitas fluviales denominadas “Rodados Patagónicos” asignados al Plioceno-Pleistoceno. Según Zavala & Freije (2000, 2001) la Formación Río Negro, con espesor máximo de 65 metros, puede dividirse en tres unidades denominadas Miembro Inferior, Medio y Superior limitadas por discordancias. El primero, con un espesor de aproximadamente 4 m, se compone de areniscas con estratificación cruzada, mayormente de origen eólico, depositadas en un campo de dunas separadas por áreas llanas y secas o húmedas. El Miembro Medio, de origen marino, está formado por areniscas finas bioclásticas y pelitas, con abundantes restos fósiles y espesores de hasta 10 m. El Miembro Superior, cuya potencia máxima es de 50 m, está principalmente constituido por sedimentitas arenosas de origen eólico y fluvial, con niveles pelíticos, tobáceos y paleosuelos (Zavala & Freije, 2001; Perez *et al.*, 2013). Tanto en el Miembro Superior como en el Miembro Inferior se reconocen paleoambientes lacustres (Schillizzi & Luna, 2008). El área de estudio está ubicada en el noreste de la provincia de Río Negro, entre el Balneario El Cóndor y Playa Bonita, desde los 41°03'56"S y 62°50'34" O correspondientes al perfil denominado “El Faro” hasta los 41° 07'11,6"S y 63°

00'34,3"O de la columna llamada “El Espigón” (Figuras 2A,B, 3A,B). También se analizaron secciones sedimentarias (SS) discontinuas (Figuras 4A-C, 5A,B), de escasa extensión, ubicadas a unos 300 m en dirección SO, del perfil El Faro.

MATERIAL Y MÉTODOS

De los perfiles (El Faro y El Espigón) y las secciones sedimentarias (I y II) se obtuvieron 18 y 13 muestras, respectivamente. Las técnicas para el tratamiento químico de las muestras se realizaron siguiendo a Setty (1966) y Battarbee (1986). Se extrajeron aproximadamente 50 g de material en cada cambio litológico, se tomó el color en seco de cada muestra (Rock-Color-Chart, 1980) y se ingresaron al laboratorio de Paleontología Estratigráfica de la Universidad Nacional del Sur con el número de repositorio **Mi.Diat.UNS** número 388 al 395, 400 al 409 y 424 al 436. Los sedimentos fueron colocados en estufa a 60°C durante 24 horas, de cada muestra secada se pesaron 3 g, se trataron con peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 30% y ácido clorhídrico al 10%, para eliminar la materia orgánica, las sales de calcio y carbonatos presentes. Con posterioridad, se lavaron con agua destilada hasta lograr un pH neutro. Con el sobrenadante obtenido se realizaron preparados permanentes en los cuales se contaron hasta 300 valvas. Se utilizó como medio dispersante Cumar (IR: 1.72).

La observación de las diatomeas se realizó en un microscopio óptico Olympus, con aumento de x1500 y se tomaron microfotografías con cámara Olympus SC 35, para clasificación de las mismas se consultaron los trabajos de Simonsen (1979), Hustedt (1957), Patrick & Reimer (1966, 1975), Hendey (1964), Luchini & Verona (1972), Germain (1981), Ricard (1987) y Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991a,b, 1988). Se siguió el sistema de clasificación de Round *et al.* (1990) y las tipologías de cada especie fueron

Figura 2. A, perfil El Faro; B, perfil El Espigón.

Figure 2. A, El Faro profile; B, El Espigón profile.

Figure 4. A, sección sedimentaria I (SS I); B, sección sedimentaria II (SS II); C, detalle de la sección sedimentaria muestreada.

Figure 4. A, sedimentary section I (SS I); B, sedimentary section II (SS II); C, detail of the studied sedimentary section.

actualizadas utilizando los nombres aceptados por Algaebase (Guiry & Guiry, 2009). Las características ecológicas de las especies fueron tomadas de De Wolf (1982), Denys (1991) y Vos & De Wolf (1988, 1993) con el objeto de relacionar los taxones hallados con las distintas variables ambientales. Los resultados obtenidos se graficaron en diagramas de frecuencias relativas utilizando el programa TILIA (Grimm, 2004). Sobre los mismos preparados diatomológicos se realizó el estudio de los cistos de crisostomatáceas (Clase Chrysophyceae), cuyos morfotipos fueron identificados siguiendo a Sandgren (1991), Vigna (1995) y Coradeghini & Vigna (2001). Se analizó la frecuencia relativa de los estomatocistos con relación a la frecuencia de frústulos de diatomeas (Battarbee *et al.*, 2001).

RESULTADOS

La reconstrucción de los ambientes se basó en las características autoecológicas y frecuencias relativas de los taxones de diatomeas hallados. El perfil El Faro permitió diferenciar el Miembro superior y medio de la Formación Río Negro (Figuras 2A, 3A). El primer estrato de 17,5 m de espesor se inicia (techo): (a) con un suelo actual con rodados poco cementado por calcáreos; (b) toba gris clara poco consolidada con abundante cuarzo; (c) arcilita parda, laminada con intercalaciones de gravas arenosas y óxidos de hierro. Presenta abundantes frústulos de diatomeas, espículas de esponjas y vegetales oxidados; (d) arenisca gris-azulada con estratificación entrecruzada e intercalación lentiforme de arcilla; (e) arenisca limosa pardo azulada,

con estratificación horizontal que en parte se torna masiva. Presenta abundantes frústulos de diatomeas, nódulos de CaCO_3 y huellas de aves y mamíferos (Aramayo, 2007, 2008); (f) areniscas limoarcillosas, con estratificación entrecruzada, ondulitas, grietas de desecación y abundantes nódulos de Fe. Acompañan frústulos de diatomeas, vegetales oxidados y huellas de mamíferos. La base (g) finaliza con arenisca gris clara, cementada por carbonato de calcio, con intercalaciones arcillosas. Presenta frústulos de diatomeas, estomatocistos de Chrysophytas, espículas de esponjas, nódulos de hierro y huellas de carpincho (Rodentia, Caviomorpha). El ensamble diatomológico está dominado por *Cyclotella ocellata* Pantocsek y *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen, diatomeas de ambientes salobres a dulceacuícolas. El Miembro medio, de 1,30 m de espesor, presenta limolita arenosa parda oscura con intercalaciones de conchillas de bivalvos, junto con *Paralia sulcata* (Ehr.) Cleve y *Coscinodiscus lineolatus* Ehrenberg, diatomeas de ambiente marino/costero (Figura 6).

El perfil El Espigón también presenta estratos del Miembro superior y medio de la Formación Río Negro (Figuras 2B, 3B). El primero de ellos de 26,50 m de potencia, presenta en el techo (a) un nivel de rodados sueltos; (b) arcilita limosa algo arenosa, nódulos arcillo-yesosos, con óxidos de Fe y trizas volcánicas. Acompañan restos de raíces momificadas y frústulos de diatomeas; (c) arenisca gris azulada, con estratificación entrecruzada. Intercala una arcilita parda, finamente laminada con frústulos de diatomeas; (d) arenisca gris azulada con estratificación entrecruzada; (e) arcilita compacta con fina laminación

Figura 5. A, perfil estratigráfico de la sección sedimentaria I (SS I); B, perfil estratigráfico de la sección sedimentaria II (SS II).

Figure 5. A, stratigraphic profile of the sedimentary section I (SS I); B, stratigraphic profile of the sedimentary section II (SS II).

Se realizó el estudio diatomológico de dos secciones sedimentarias (SS I y SS II) (Figuras 4, 5). La SS I está compuesta por techo: (a) arenisca limoarcillosa, con trizas volcánicas, espículas de esponjas, restos de vegetales oxidados y frústulos de diatomeas y base; (b) toba con material piroclástico fino, trizas volcánicas y frústulos de diatomeas. El ensamble de diatomeas está dominado por *Staurosirella pinnata*, *Cyclotella ocellata*, *Aulacoseira granulata*, características de ambientes salobres a dulceacuícolas, y *Halamphora veneta* (Kützing) Levkov, en los niveles de toba (Figura 8). La SS II está constituida por techo: (a) arenisca arcillosa hasta limosa, trizas volcánicas, vegetales oxidados, espículas de esponjas, estomatocistos de Chrysophytas y frústulos de diatomeas y base; (b) toba con material piroclástico blanco grisáceo, laminación horizontal, teñida por óxidos de hierro, restos de vegetales oxidados, cistos de Crisófitas y frústulos de diatomeas. El ensamble diatomológico está dominado por *Aulacoseira granulata*.

En el perfil El Espigón los niveles estériles en diatomeas junto con la observación de valvas rotas estarían relacionadas

Figura 7. Diagrama de diatomeas del perfil El Espigón.

Figure 7. Diatom diagram from El Espigón profile.

Figura 8. Diagrama de diatomeas de la sección sedimentaria I.

Figure 8. Diatom diagram of the sedimentary section I.

Figura 9. Diagrama de diatomeas de la sección sedimentaria II.

Figure 9. Diatom diagram of the sedimentary section II.

Los paleoambientes determinados en los perfiles El Faro y El Espigón, habrían estado expuestos a una alternancia entre períodos secos y húmedos. El estudio diatomológico de las SS I y II, permitió inferir que las mismas corresponderían a cuerpos lagunares intermedanosos. Estos ambientes, si bien son medios geológicos restringidos, poseen gran susceptibilidad frente a las variaciones climáticas. Son indicadores de gran importancia en la determinación y evolución de los cambios

En la SS II dominan taxones como *Staurosirella pinnata* en forma alternante con *Cyclotella ocellata*. La diversidad encontrada en este paleoambiente decrece de manera lineal desde la base hacia el techo del perfil. En esta sección la alternancia entre períodos húmedos y secos es menos marcada, ya que presenta una variación muy leve en sus niveles de salinidad, lo cual se correspondería con una mayor estacionalidad climática, debida al poco aporte de agua meteórica y a temperaturas menos elevadas. Por lo tanto, en ambas geoformas se observa una sucesión diatomológica, siendo *Staurosirella pinnata* y *Halamphora veneta* especies

Figura 11. Diagrama del total de taxones identificados según su forma de vida (parte 2).

Figure 11. Diagram of all taxa identified according to lifestyle (part 2).

dominantes en períodos secos con mayor evaporación del cuerpo de agua y *Cyclotella ocellata* junto con *Aulacoseira granulata* dominantes en períodos húmedos.

En la SS II la disminución de la diversidad de frústulos se opone a un aumento considerable en el número de cistos, éste incremento representaría una disminución en la concentración de nutrientes del cuerpo de agua. Se observa luego, un crecimiento considerable en el número de cistos superando al número de frústulos. Este aumento progresivo denotaría un deterioro en el ambiente, el cual se tornaría inadecuado para el desarrollo de las diatomeas.

CONCLUSIONES

Del análisis de los sedimentos de perfiles ubicados en la costa norte del Golfo San Matías, surge un registro de 104 taxones de diatomeas discriminados en 20 correspondientes al Orden Centrales y 84 al Orden Pennales (Figuras 10, 11).

El estudio de los ensambles permitió diferenciar diatomeas bentónicas de planctónicas y con ellas establecer una mayor o menor profundidad en los cuerpos de agua continentales y marinos. En el perfil El Faro, la presencia de *Cyclotella ocellata* en los estratos inferiores del Miembro Superior, indicaría cuerpos lagunares de interduna, la manifestación de *Staurosirella* spp., confirmarían la amplitud del borde litoral, mientras que las grietas de desecación señalarían la exposición aérea de los cuerpos lagunares. En el Miembro Medio la presencia de diatomeas alóctonas de origen marino como *Paralia sulcata*, *Actinopteryx splendens* (Shadb) Ralfs, *Biddulphia biddulphiana* (J. Smith) Boyer y *Coscinodiscus lineolatus*, señalarían un flujo de agua de mar que habría inundado de manera temporal el área.

En el perfil El Espigón los niveles estériles en diatomeas, debido a una sedimentación mínima, junto con la observación de valvas rotas de moluscos determinarían un momento de máxima inundación y otro de regresión abrupta del mar. *Cyclotella ocellata* y *Aulacoseira granulata*, entre otras, indicarían un ambiente con influencia de agua salobre a dulce. La existencia de *Staurosirella* spp. y *Cocconeis placentula*, la depositación rítmica de los sedimentos, las grietas de desecación y las huellas aves y mamíferos, determinarían la presencia de un cuerpo de agua lagunar con bordes litorales marcados. Se infiere un ambiente de dunas

con influencia eólica y ácuea por escurrimiento, además una posible exposición aérea por la presencia de restos vegetales oxidados, los que marcarían la cercana continentalización del ambiente.

En el Miembro Superior del perfil El Faro, los estratos inferiores corresponderían a cuerpos lagunares de interduna, con diferentes ensambles diatomológicos que brindarían información sobre los períodos húmedos y secos que debió soportar el ambiente y que modificaron la salinidad de los cuerpos de agua. La presencia de *Staurosirella pinnata* y *Halarnphora veneta* indicaría un cuerpo de agua pando, vegetado y con cercanía al borde litoral. *Cyclotella ocellata* y *Aulacoseira granulata*, confirmarían que las lagunas habrían sido de agua salobre a dulce y de mayor caudal.

En la SS I se observa una alternancia entre períodos secos y húmedos, en los primeros la laguna habría reducido su caudal de agua por evaporación, favoreciendo la aparición de *Staurosirella pinnata*, luego el aporte hídrico proveniente de la conjunción de procesos como aumento de lluvias, ascenso del nivel freático y aporte de canales fluviales, habría favorecido el florecimiento de *Cyclotella ocellata* y *Aulacoseira granulata*. La fauna fósil de bivalvos endobentónicos reafirmaría el desarrollo de una nueva paleolaguna. La SS II exhibe la misma alternancia entre períodos secos y húmedos, aunque en forma menos marcada ya que presenta una variación muy leve en sus niveles de salinidad, lo que pudo deberse a una mayor estacionalidad climática. En este caso se trata de un cuerpo de agua pando, como lo indica *Staurosirella pinnata*, con una posterior aparición de *Cyclotella ocellata* que señalaría un leve aumento en el nivel de agua.

Tanto en los perfiles El Faro y El Espigón como en las SS I y II, los cistos de crisófitas habrían permitido determinar el empobrecimiento del ambiente, señalando el inicio de la desaparición de las lagunas por reducción de los aportes hídricos, aumento de evaporación al acentuarse la aridez y depositación de materiales arenosos por efecto del viento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al R. Schillizzi y a la D. Olivera por la revisión crítica del manuscrito. A la R. Silveira de la Universidade Federal do Amazonas por su colaboración.

REFERENCIAS

- Andreis, R.R. 1965. Petrografía y paleocorrientes de la Formación Río Negro (tramo General Conesa- Boca del Río Negro). *Revista del Museo de La Plata*, **36**:245-310.
- Angulo, R.J. & Casamiquela, R.M. 1982. Estudio estratigráfico de las unidades aflorantes en los acantilados de costa norte del Golfo San Matías (Río Negro y extremo austral de Buenos Aires) entre los meridianos 62°30' y 64°30'. *Mundo Ameghiniano*, **2**:20-73.
- Aramayo, S.A. 1987. *Plohoporus* aff *figuratus* (Edentata Glyptodontidae) en la Formación Río Negro (Mioceno tardío-Plioceno), Provincia de Río Negro, Argentina. Importancia bioestratigráfica. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 10, 1987. *Actas*, San Miguel de Tucumán, p. 171-174.
- Aramayo, S.A. 1999. Nuevo registro de icnitas en la Formación Río Negro (Mioceno tardío-Plioceno temprano) Provincia de Río Negro, Argentina. *Ameghiniana*, **36**:5R-6R.
- Aramayo, S.A. 2007. Neogene Vertebrate Palaeoichnology of the North Atlantic coast of Río Negro Province, Argentina. *Archivos do Museu Nacional*, **65**:573-584.
- Aramayo, S.A. 2008. Phorusrhacidae footprints at the Río Negro Formation (Late Miocene-early Pliocene) Atlantic coast of Río Negro province, Argentina. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ICHNIOLOGY, 2, 2008. *Abstracts*, Kraków, p. 12-13.
- Aramayo, S.A.; Barros, M.; Candel, S.Y.; Vecchi, L. 2004. Mammal and bird footprints at Río Negro Formation (Late Miocene-early Pliocene), Río Negro Province, Argentina. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ICHNOLOGY, 1, 2004. *Abstracts*, Trelew, p. 14.
- Battarbee, R.W. 1986. Diatom analysis. In: B.E. Berglund (ed.) *Handbook of Holocene paleoecology and paleohydrology*, Wiley & Sons, p. 527-570.
- Battarbee, R.W.; Jones, V.J.; Flower, R.J.; Cameron, N.G.; Bennion, H.; Carbalho, L. & Juggins, S. 2001. Diatoms. In: J.P. Smol; H.J.B. Birks & W.M. Last (eds.) *Tracking environmental change using lake sediments*, Kluwer Academic Publishers, p. 155-202.
- Coradeghini, A. & Vigna, M.S. 2001. Flora de quistes crisoficeos fósiles en sedimentos recientes de Mallín Book, Río Negro (Argentina). *Revista Española de Micropaleontología*, **33**:163-181.
- Dangavs, N. 2005. Los ambientes acuáticos de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 16, 2005. *Relatorio*, La Plata, p. 219-236.
- De Wolf, H. 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Geological Survey of Netherlands*, **36**:95-98.
- Del Río, C.J. & Martínez, S. 1998. El Mioceno marino en la Argentina y en el Uruguay. In: C.J. Del Río (ed.) *Moluscos marinos Miocenos de la Argentina y del Uruguay*, Buenos Aires, Academia Nacional Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires, p. 5-25 (Monografías 15).
- Denys, L. 1991. *A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgian coastal plain with the survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list*. Brussels, Geological Survey of Belgium, 92 p. (Professional Paper 247).
- Dias, J.L.; Sad, A.R.E.; Fontana, R.L. & Feijó, F.J. 1994. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociencias da Petrobras*, **8**:235-245.
- Domenech, R. & Farinati, E.A. 2007. Análisis tafonómico de concentraciones de ostras (*Ostrea patagonica*) en el Mioceno de Patagonia Argentina. *Cuaderno del Museo Geominero*, **8**:117- 122.
- Escandell, A.; Espinosa, M. & Isla, F. 2009. Diatomeas como indicadoras de variaciones de salinidad durante el Holoceno tardío en el río Negro, Patagonia Norte, Argentina. *Ameghiniana*, **46**:1-8.
- Farinati, E.A. 2007. Trace fossils in firm sediment and skeletal substrates, Miocene to Pliocene, Patagonia, Argentina. In: R.G. Bromley; L.A. Buatois; G. Mángano; J.F. Genise & R.N. Melchor (eds.) *Sediment-organism interactions: multifaceted ichnology*, Tulsa, Society for sedimentary Geology, p. 279-285 (Special Publications 88).
- Farinati, E.; Fernández, A.L.; Higuera-Ruiz, R.; Ibisate, R. & Elorza, J. 2010. Respuesta morfológica y microestructural condicionada por estrés en *Crassostrea patagonica* (D'Origny) de la Formación Río Negro (Mio-Plioceno), Patagonia, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **23**:9-22.
- Farinati, E.A. & Zavala, C. 2005. Asociaciones de megafósiles de invertebrados en el Neógeno Atlántico de la Patagonia Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **18**:187-194.
- Fayó, R. & Espinosa, M. 2014. Reconstrucción paleoambiental de la planicie costera de Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante el Holoceno, basada en diatomeas. *Ameghiniana*, **51**:510-528. doi:10.5710/AMGH.13.10.2014.2812
- Frenguelli, J. 1939a. Diatomeas de Rada Tilly en el Golfo de San Jorge (Chubut). *Revista del Museo de La Plata II*, **2**:179-199.
- Frenguelli, J. 1939b. Diatomeas del Golfo San Matías (Río Negro). *Revista del Museo de La Plata II*, **2**:201-231.
- Germain, H. 1981. *Flore des Diatomées Diatomophycées eaux douces et saumâtres du Massif Armoricaín et des contrées voisines d'Europe Occidentale*. Paris, Société Nouvelle des Editions Boubée, 444 p.
- Goso, H. & Bossi, J.C. 1966. Cenozoico. In: J.C. Bossi (ed.) *Geología del Uruguay*, Universidad de la República, p. 259-305.
- Grimm, E.C. 2004. *TGVIEW 2.0.2 (Computer Software)*. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield, IL.
- Guiry, M.D. & Guiry, G. M. 2009. *Algaebase*. National University of Ireland. Available at <http://www.algaebase.org>; accessed on 07/12/2015.
- Gutiérrez Téllez, B. 2007. *Reconstrucción paleoambiental del cuaternario de la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires*. Universidad Nacional del Sur, Ph.D. Thesis, 165 p.
- Hendey, I.N. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. part. V. Bacillariophyceae (Diatoms)*. London, Fishery Investigations Service, Her Majesty's stationery office, 317 p. (Series 4).
- Hustedt, F. 1957. Die Diatomeenflora des Fluss-systems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. *Abhandlungen herausgegeben von Naturwissenschaftlichen Verein zu Breme*, **34**:181-440.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae Teil: 1. Naviculaceae. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1*. Gustav Fisher, 876 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae Teil: 2. Bacillariophyceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2*, Gustav Fisher, 596 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991a. Bacillariophyceae Teil: 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2*, Gustav Fisher, 576 p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991b. Bacillariophyceae Teil: 4. Achnanthaceae, Kristische Esrgänzungen Zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: H. Ettl; J. Gerloff; H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3*, Gustav Fischer, 576 p.

- Luchini, L. & Verona, C.A. 1972. *Catálogo de las diatomeas argentinas. Diatomeas de aguas continentales (incluido el Sector Antártico)*. Buenos Aires, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 304 p. (Monografía 2).
- Malumian, N.; Echeverría, A.; Martínez, M.J.C. & Nañez, C. 1984. Los microfósiles. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 9, 1984. *Relatorio*, Bariloche, AGA, p. 485-526.
- Martínez Macchiavello, J.C. 1975. Diatomeas (Bacillariophyta) fósiles de las cercanías de Colonia, República Oriental del Uruguay. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 1, 1975. *Actas*, Tucumán, APA, p. 317-328.
- Marengo, H.G. 2000. Rasgos micropaleontológicos de los depósitos de la transgresión Entrerriense - Paranense en la Cuenca Chaco - Paranense y Noroeste Argentino, Republica Argentina. In: F.G. Aceñolaza & R. Herbst (eds.) *El Neógeno de Argentina*, Tucumán, INSUGEO, p. 9-27 (Serie Correlación Geológica 14).
- Mcquoid, M.R. & Nordberg, K. 2003. The diatom *Paralia sulcata* as an environmental indicator species in coastal sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **56**:339-354. doi: 10.1016/S0272-7714(02)00187-7
- Ojeda, H.A.O. 1982. Structural framework, stratigraphy, and evolution of Brazilian marginal basins. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **66**:732-749.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. 1966. *The Diatoms of United State (Exclusive of Alaska and Hawaii): Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheae, Naviculaceae*. Philadelphia, Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 688 p. (Monograph 13).
- Patrick, R. & Reimer, C.W. 1975. *Diatoms of United State (Exclusive of Alaska and Hawaii): Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae*. Philadelphia, Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 213 p. (Monograph 13).
- Perez, M.; Umazano, A.M. & Visconti, G. 2013. Análisis paleoambiental del miembro superior de la Formación Río Negro (Mioceno-Plioceno de la Patagonia septentrional): un ejemplo de interacción fluvio-eólica compleja. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **26**:25-39.
- Ricard, M. 1987. *Atlas du phytoplankton marin*. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 297 p.
- Rock-Color Chart Committee. 1980. *Rock-Color Chart*. Boulder, Geological Society of America.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. *The Diatoms, biology and morphology of the genera*. London, Cambridge University Press, 747 p.
- Sandgren, C.D. 1991. Chrysophyte reproduction and resting cyst: a paleolimnologist's primer. *Journal of Paleolimnology*, **5**:1-9. doi:10.1007/BF00226555
- Schillizzi, R. & Luna, L. 2008. Paleoambientes lacustres en la sección inferior de la Formación Río Negro, (Mioceno-Plioceno), Río Negro, Argentina. *Geoacta*, **33**:11-22.
- Sepúlveda, E.G. & Martínez Machiavello, J.C. 1985. La formación Puerta del Diablo (Mioceno superior - Plioceno inferior) en el gran bajo del Gualicho (Río Negro, Argentina) y su paleoecología basada en diatomeas. *Ameghiniana*, **22**:81-96
- Setty, M.G.A.P. 1966. Preparation and method of fossil diatoms. *Micropaleontology*, **12**:511-514. doi:10.2307/1484796
- Simonsen, R. 1979. The Diatom system: idea on phylogeny. *Bacillaria*, **2**:9-71.
- Smol, J.P. 1985. The radio of diatom frustules to chrysophycean statospores: a useful paleolimnological index. *Hydrobiologia*, **123**:199-208. doi: 10.1007/BF00034378
- Sprechmann, P.; Ferrando, L.A. & Martínez, S. 2000. Estado actual de los conocimientos sobre la Formación Camacho (Mioceno medio? - superior?, Uruguay). In: F.G. Aceñolaza & R. Herbst (eds.) *El Neógeno de Argentina*, Tucumán, INSUGEO, p. 47-65 (Serie Correlación Geológica 14).
- Sprechmann, P.; Martínez, S. & Gaucher, C. 1994. Paleoeología y sedimentología de la Formación Camacho en el Departamento de Colonia (Mioceno Medio - Superior, Uruguay). *Paleociencias del Uruguay*, **2**:21-24.
- Vigna, M.S. 1995. Flora fósil de estatósporas crisofíceas (Chrysophyta) en sedimentos recientes del lago Nahuel-Huapi (Río Negro, Argentina). Buenos Aires. *Ameghiniana*, **32**:63-72.
- Vos, P.C. & De Wolf, H. 1988. Methodological aspects of paleo-ecological diatom research in coastal areas of the Netherlands. *Geologie en Mijnbouw*, **67**:31-40.
- Vos, P.C. & De Wolf, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia*, **269**:285-296. doi: 10.1007/BF00028027
- Wichmann, R. 1918. *Estudios geológicos e hidrogeológicos en la región comprendida entre Boca del Río Negro, San Antonio y Choele-Choel*. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geológica, Mineral y Minería, 44 p. (Anales 13).
- Wichmann, R. 1919. *Contribución a la geología de la región comprendida entre el Río Negro y A. Valcheta*. Buenos Aires, Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología Mineral y Minería, 45 p. (Anales 13).
- Zavala, C.; Abrameto, A.; Azua, G.; Freije, H., Inchenon, C.H. & Ponce, J. 2000. Estratigrafía de los acantilados marinos de la zona de El Cóndor- Bahía Rosas (Formación Río Negro, Mioceno-Plioceno) Provincia de Río Negro. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE SEDIMENTOLOGÍA, 2, 2000. *Resúmenes*, Mar del Plata, AAS, p. 186-187.
- Zavala, C. & Freije, H. 2000. Estratigrafía secuencial del terciario superior marino de Patagonia. ¿Un equivalente de la crisis del Messiniano? *Geotemas*, **1**:217-221.
- Zavala, C. & Freije, H. 2001. On the understanding of aeolian sequence stratigraphy: an example from Miocene-Pliocene deposits in Patagonia Argentina. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **107**:251-264.
- Zavala, C. & Freije, H. 2005. *Geología de los acantilados. En las mesetas patagónicas que caen al mar: La costa rionegrina*. Río Negro, Ed. F. Masera, p. 187-197.

Received in March, 2015; accepted in November, 2015.