

El viaje de campaña: Buscando agujeros en Patagonia y Antártida

Sandra Gordillo^{1,2}, M. Sol Bayer^{1,2} y Gabriella M. Boretto¹

¹Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA, CONICET-UNC), Córdoba, Argentina

²Centro de Investigaciones Paleobiológicas (CIPAL), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba

Fecha de recepción del manuscrito: 23/12/2013

Fecha de aceptación del manuscrito: 25/02/2014

Fecha de publicación: 28/03/2014

Resumen—En nuestro equipo de investigación utilizamos los exoesqueletos calcáreos (valvas) de los moluscos de Patagonia y Antártida como indicadores múltiples o “multi-proxy” para estudiar los ecosistemas y los ambientes y climas del pasado reciente, que corresponden al período Cuaternario. Uno de los estudios que realizamos es el análisis de marcas de interacciones bióticas que queda registrado en las valvas, como las perforaciones (agujeros) producidas por la actividad de ciertos depredadores. Para cumplir con nuestros objetivos y coleccionar valvas de moluscos de los fondos marinos, de las playas actuales y de los sitios paleontológicos hemos realizado varios viajes de campaña que incluyen la Patagonia argentina y la Península Antártida. Esta contribución pretende ejemplificar nuestra experiencia en torno a una de las tareas que realizamos muchos grupos de investigación, el denominado viaje de campaña, brindando además información sobre el proyecto.

Palabras clave—Moluscos, Cuaternario, Valvas, Interacciones bióticas, Perforaciones, Viaje de campaña.

Abstract—In our research we use the calcareous exoskeletons (shells) of mollusks from Patagonia and Antarctica as multiple indicators or “multi-proxy” to study ecosystems and environments and climates in the recent past, corresponding to the Quaternary period. One of our studies is the analysis of marks of biotic interactions recorded in the shells, as the drilling (holes) produced by the activity of certain predators. To meet our objectives and collect mollusk shells from the seabed, the modern beaches and paleontological sites we performed several field trips including Patagonia Argentina and the Antarctic Peninsula. This contribution aims to exemplify our experience around one of the tasks performed by many research groups, the so-called field work, also providing information about the project.

Keywords— Mollusks, Quaternary, Shells, Preserved biotic interaction, Drilling, Fieldtrip.

INTRODUCCIÓN

En Patagonia las valvas de moluscos del período Cuaternario, principalmente bivalvos y gasterópodos, constituyen los restos biológicos mejor preservados tanto en las playas actuales como en los depósitos fosilíferos que se extienden de manera contigua a modo de cordones litorales y terrazas marinas.

En ese contexto en nuestro proyecto de investigación analizamos valvas recientes y fósiles del período Cuaternario a través de diferentes técnicas y disciplinas (e.g. tafonomía, análisis de microestructura y de isótopos estables, esclerocronología, morfometría lineal y geométrica, paleoecología y paleobiogeografía; Gordillo et al., 2014) con la finalidad de comprender ciertos patrones y procesos que quedan registrados en las mismas. El enfoque de indicadores múltiples (*multi-proxy*) proporciona

evidencias consistentes para conocer la evolución ambiental y cambios climáticos de la región de estudio durante el período Cuaternario.

El período Cuaternario y los cambios ambientales y climáticos

El período Cuaternario abarca los últimos 2,58 millones de años (Ma) y se subdivide en Pleistoceno (2,58 Ma-11.700 años) y Holoceno (11.700 años hasta la actualidad) (Cohen et al., 2013). Una característica de este período geológico reciente es la alternancia de ciclos fríos (glaciales) y otros relativamente más cálidos (interglaciales), lo que fue acompañado por variaciones significativas en el nivel del mar, afectando indudablemente la distribución de la flora y la fauna actual. Estas variaciones climáticas se deben principalmente a causas astronómicas vinculadas a cambios en la forma de la órbita terrestre y a variaciones en el ángulo de inclinación del eje terrestre y en su dirección; esto último denominado precesión de los equinoccios.

La costa patagónica argentina conserva importantes vestigios de estas oscilaciones del nivel del mar, que han

Dirección de contacto:

Sandra Gordillo, Avenida Vélez Sarsfield 1611 Ciudad Universitaria, X5016 CGA. Tel: 5353800 interno 30200, gordillosan@yahoo.es

quedado representadas por niveles de terrazas y cordones costeros (ver Fig. 1).



Fig. 1: Depósitos marinos costeros en el área del Golfo San Jorge, en Patagonia. Cordón litoral de edad Holoceno (arriba) y terraza marina (abajo).

Pero además, en el fondo marino (en la plataforma continental) existen niveles de terrazas (ver Fig. 2) que serían equivalentes a las terrazas elevadas, asociados a las glaciaciones cuaternarias (Cavalotto *et al.*, 2011; Ponce *et al.*, 2011). Por ejemplo, la última glaciación que se habría iniciado hace más de 100.000 años alcanzó su momento más frío hacia los 24.000-22.000 años AP.; en ese momento el nivel del mar se encontraba a unos 120 m por debajo del nivel actual y la línea de costa estaba a unos 100-200 km de distancia de la línea actual.

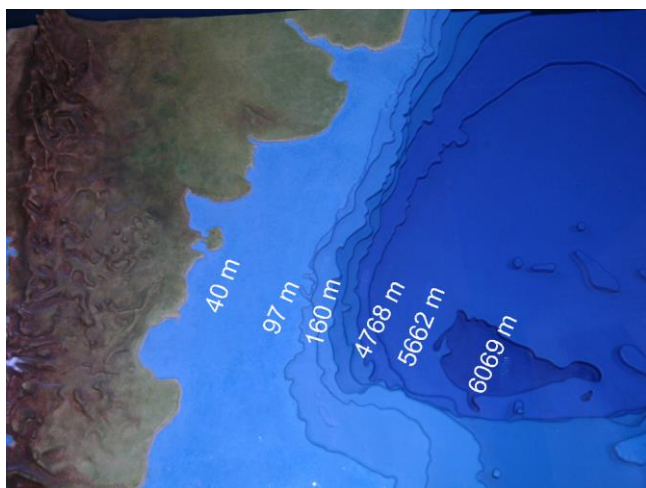


Fig. 2: Maqueta donde se visualizan los niveles de terrazas escalonadas en la plataforma continental

Por lo tanto, los depósitos marinos del Cuaternario preservan gran parte de los registros de eventos tectónicos, sedimentarios, climáticos y oceanográficos que participaron en la evolución de la región Patagónica y del Atlántico Suroccidental, por lo que su conocimiento es esencial para

comprender cabalmente la geología y biodiversidad de Patagonia.

Por otro lado, dada la posición geográfica de Patagonia respecto a la Península Antártica (ver Fig. 3), y en virtud de una historia geológica pasada en común y su influencia en la distribución y patrones ecológicos de las especies, también resulta importante evaluar si existen patrones de conexión o desconexión entre los moluscos de Sudamérica y Antártida.



Fig. 3: Imagen de Google earth de Patagonia y Antártida en su posición actual.

De la biósfera a la litósfera

Dada la escala temporal de las valvas de moluscos que estudiamos, la cual se extiende por miles e incluso cientos de miles de años, debemos tener en cuenta los cambios producidos durante la transición de los restos animales de la biósfera a la litósfera, lo que es tratado a través de una disciplina llamada tafonomía (etimológicamente deriva del griego: *taphos*, tumba; *nom*, ley), y definida por Efremov (1940) como la ciencia que estudia las leyes del enterramiento. Seilacher (1976) diferenció tres etapas en los procesos tafonómicos: la necrólisis, que incluye la muerte y la descomposición de los organismos; la bioestratonomía, que incluye la historia sedimentaria de los restos hasta su enterramiento; y la diagénesis, que incluye todas las alteraciones químicas y mecánicas que sufren los fósiles dentro de los sedimentos que los contienen. Si bien Efremov (1940) admitía que los procesos tafonómicos llevan a la pérdida de información y son la causa de vacíos en el registro fósil, actualmente ese concepto se ha revertido (e.g. Kidwell, 2001, 2013) ya que hoy se considera que las valvas de las playas actuales aportan información relevante sobre las comunidades vivientes, como así también los ensambles de valvas fósiles, con su correcta interpretación tafonómica, también brindan información sobre las paleocomunidades de moluscos, pudiendo en ambos casos reconstruir los ambientes y paleoambientes a partir del análisis de las valvas y así interpretar los cambios ambientales y climáticos. En síntesis, en nuestro trabajo, como se indica en la Fig. 4, incluimos los restos de

organismos que se encuentran en las distintas etapas, posteriores a su muerte.

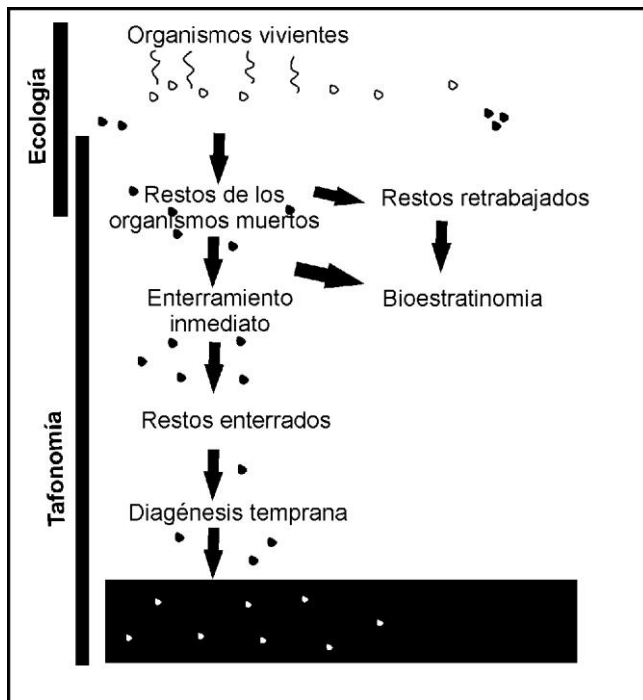


Fig. 4: Diagrama que resume las etapas y procesos entre la muerte de un organismo y su deposición final en el registro fósil. Modificado de Martin (1999).

Marcas de depredación

La depredación constituye una interacción biológica clave para la determinación de la estructura y de la organización en las comunidades tanto marinas como terrestres. Uno de los ejes de nuestro trabajo de investigación está centrado en el análisis de marcas de interacciones bióticas en las valvas, como las perforaciones (agujeros; Fig. 5), las cuales constituyen huellas, muchas veces inequívocas, de la actividad de ciertos depredadores. Es ampliamente conocido que ciertos gasterópodos, particularmente de las familias Muricidae y Naticidae, obtienen su alimento realizando perforaciones a través de los exoesqueletos calcáreos de sus presas, preferentemente bivalvos y gasterópodos, además de otros invertebrados marinos.

En Patagonia argentina el murícido *Trophon geversianus* (ver Fig. 6) es uno de los carnívoros característicos de las comunidades intermareales y submareales, que incluye en su dieta un amplio espectro de presas, lo cual puede llevar a suponer que tiene un efecto relevante dentro de las comunidades que integra; para el extremo sur de Sudamérica, algunos autores han sugerido incluso que puede representar uno de los depredadores claves de estas comunidades (Gordillo y Amuchástegui, 1998; Ríos et al., 2003; Andrade et al., 2009).

Esta especie, de igual manera que otros murícidos, ha desarrollado un método de perforación utilizando la rádula (acción mecánica) que se combina con la secreción ácida (acción química) de un órgano accesorio ubicado en el pie.

Así, la perforación se produce por la alternancia del raspado de la rádula y la aplicación del órgano accesorio (Taylor, 1970; Carriker, 1981). Por otro lado, los naticidos, con algunas variaciones anatómicas y de la posición del órgano secretor, también perforan las valvas de sus presas a través de una acción mecánica y química combinadas. Tradicionalmente los murícidos y los naticidos se identificaron por la forma de la perforación completa, pero hay tantas excepciones a la regla que esta puede ser una forma equívoca de reconocer al depredador. Particularmente, *Trophon geversianus* puede realizar perforaciones que, dependiendo de su presa, se asemejan a las perforaciones producidas por los naticidos (Gordillo, 1998). Por lo tanto, ambos tipo de depredadores se reconocen a través de sus perforaciones incompletas ya que los naticidos exhiben una protuberancia central característica, la cual está ausente en los murícidos.



Fig. 5: Perforaciones realizadas por caracoles depredadores en una valva de una almeja (arriba) y de un mejillón (debajo). Escala: 1 cm.



Fig. 6: Caracol trofon (*Trophon geversianus*) sobre mejillones de los cuales se alimenta.

EL VIAJE DE CAMPAÑA

El viaje de campaña, viaje de campo o simplemente la campaña, tal como nos referimos frecuentemente, encierra un conjunto de motivaciones asociadas al trabajo en equipo y las relaciones humanas, además de otras connotaciones vinculadas al traslado y al hecho de pernoctar en otro lugar, y con el principal objetivo que es la búsqueda de material para su estudio, en nuestro caso valvas de moluscos marinos. Para el viaje de campaña son necesarios una serie de elementos como GPS, mapas, cartas geológicas, muestreadores, envases, libreta de campo (infaltable) y cámara de fotos

El viaje se hace con un propósito claro, definido, y el nuevo conocimiento puede reafirmar el conocimiento previo y probablemente surgirán cuestionamientos y nuevas preguntas. Por eso, una constante de los viajes de campaña es siempre el asombro.

Dado que investigamos los moluscos que vivieron en el período Cuaternario, para nosotros el viaje de campaña implica un conjunto de técnicas que variarán según el lugar donde se encuentren las valvas; es decir, en las playas actuales, o en los depósitos marinos (terrazas y cordones litorales) que se hallan a lo largo de la costa, o en el fondo del mar, teniendo en cuenta los cambios del nivel del mar y la variación en la posición de la línea de costa en el período considerado.

Las metodologías de muestreo se eligen en base a los objetivos, a la naturaleza de los sitios de estudio y del material a analizar. De esta manera, los muestreos se llevan a cabo en tierra firme y en altamar. A continuación nos referiremos a los muestreos realizados en relación a uno de los proyectos centrado en la detección de interacciones bióticas, entre ellas la depredación, en valvas de moluscos. Los muestreos realizados en tierra firme consistieron en la recolección de valvas de moluscos de playas y sitios paleontológicos, variando la modalidad de recolección según los casos, como se explica a continuación.

Recolección de valvas actuales

Las valvas de moluscos de las playas modernas se encuentran de manera horizontal a lo largo de la costa, por lo que su recolección fue llevada a cabo por medio de un instrumento denominado cuadrata el cual delimita un área (1 m^2) para coleccionar luego el material superficial contenido dentro de su perímetro (Fig. 7). En algunos casos, cuando las valvas se encuentran sobre las superficies de sedimentos es posible también muestrear material paleontológico utilizando cuadratas o delimitando transectas paralelas y transversales a la costa.



Fig. 7: Muestreador “cuadrata” utilizado para coleccionar valvas de moluscos actuales. Este instrumento permite realizar la recolección superficial de las valvas contenidas en 1 m^2 . Dicho procedimiento se repite n veces en cada sitio.

Muestreo de material paleontológico

Dado que gran parte de las valvas de moluscos correspondientes a los períodos interglaciales se encuentran actualmente contenidas en terrazas marinas escalonadas o cordones litorales a todo lo largo de la costa patagónica, y en ellos las valvas se disponen en capas y niveles, se opta para estos casos obtener el material a partir de muestras volumétricas, representativas de cada nivel (Fig. 8).



Fig. 8: Sitio paleontológico de edad Holoceno ubicado en la provincia de Río Negro. Vista de la terraza (arriba) y detalle de la disposición de valvas de moluscos (abajo).

En otros casos, algunos depósitos paleontológicos más antiguos se preservaron como paleoplayas o planicies de marea conteniendo valvas cementadas o unidas al sedimento (ver Fig. 9), por lo que su muestreo es más dificultoso ya que no se puede llevar todo el material al laboratorio. En estos casos, para su estudio, parte del material se cuantifica en el sitio, tomando fotografías, medidas y los datos necesarios; y separando bloques de material con valvas contenidas con la ayuda de cincel y martillo, o incluso un martillo neumático según las características del sedimento, y estudiándolos en el

laboratorio; o realizando un muestreo selectivo extrayendo solo las valvas de interés por medio de cincel y martillo.

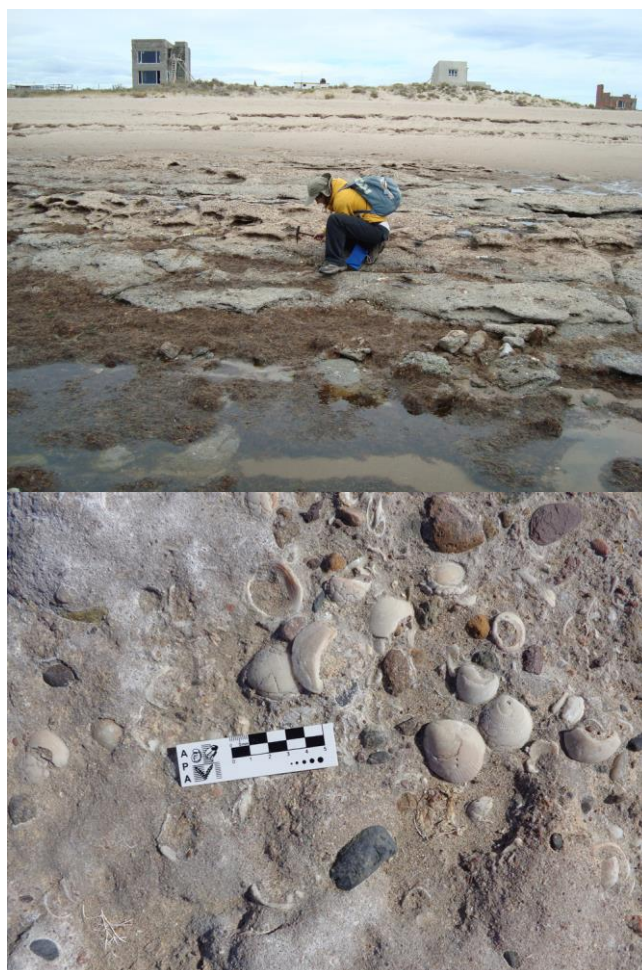


Fig. 9: Sitio paleontológico de edad Pleistoceno en Patagonia norte. Vista de la planicie (arriba) y detalle de un sector donde se visualizan valvas de moluscos consolidadas al sedimento (abajo)

Muestreo en alta mar

Como se ha mencionado, las glaciaciones ocurridas durante el Cuaternario expusieron en diferente grado la actual plataforma continental argentina, por lo tanto, los fondos marinos contienen valiosa información dada por restos de moluscos y las comunidades vivientes que se asientan en los fondos.

La colecta de material en altamar se realizó en tres oportunidades utilizando una red de pesca (red piloto) a bordo del Buque Oceanográfico A.R.A. Puerto Deseado (ver Fig. 10). Este sistema fue implementado a través de numerosos lances realizados en distintas estaciones de muestreo a lo largo de un gradiente latitudinal y longitudinal en el Mar Argentino, en islas Orcadas y en Península Antártica.



Fig. 10: Muestreo en altamar. En una secuencia (de arriba hacia abajo): red piloto utilizada para muestrear; momento de llegada de la red piloto con la captura de elementos bentónicos; colocación en envases plásticos; separado del material colectado; en el conjunto se destacan dos valvas perforadas; se separa el material de interés para su análisis posterior en laboratorio.

En los distintos viajes de campaña, además de tomar muestras representativas y selectivas de valvas de moluscos según los objetivos específicos de cada caso, se registra información complementaria sobre los diferentes sitios y que servirá al momento de procesar e interpretar los datos recabados.

DESPUÉS DEL VIAJE DE CAMPAÑA

Dado que hemos realizado varias campañas, además de algunas experiencias de laboratorio, y ya hemos procesado parte del material colectado, tenemos algunos resultados. Por ejemplo, hemos reconocido al caracol *Trophon geversianus* como el principal depredador que produce marcas de depredación en bivalvos y gasterópodos epifaunales, pero también en bivalvos infaunales como las almejas. Hay otros gasterópodos depredadores que también dejan perforaciones diferenciables (ej. *Xymenopsis muriciformis*), e incluso otros depredadores como *Acanthina monodon*, que puede realizar perforaciones de manera alternativa, o producir roturas en los bordes de las valvas utilizando un diente, lo que también constituye otro tipo de registro diferenciable de la actividad de los depredadores (Gordillo, 2001; Gordillo y Archuby, 2012).

Por otro lado, a lo largo de un gradiente latitudinal, si bien faltan realizar análisis de determinadas localidades, la

información recabada indica que aparentemente no existiría una tendencia latitudinal marcada en los índices de depredación, y la incidencia se asocia a factores en una escala regional a local (Martinelli et al., 2013). Además, aunque de manera preliminar, se observa que en una escala geológica o temporal en determinados sitios hay un aumento de la depredación hacia el presente, siendo menor en el Pleistoceno respecto al Holoceno. Pero aún no hemos concluido de cuantificar la información recabada, y nos quedan muchos sitios por muestrear, y otros viajes de campaña por realizar. Continuará!

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el financiamiento de este proyecto centrado en las interacciones bióticas en asociaciones de moluscos del período Cuaternario de Patagonia y Antártida a través de los subsidios PIP 114-200801-00260 y PIP 114-201101-00238, y por posibilitar la participación de tres integrantes del grupo de trabajo y de dos alumnos de Ciencias Biológicas de la FCEPyN en los viajes de campaña; 3 de los cuales fueron realizados en los años 2011 y 2012 en el Buque oceanográfico ARA Puerto Deseado (Q-20).

REFERENCIAS

- [1] Andrade C., Montiel A. y Quiroga E. (2009) "Estimation of secondary production and productivity from an intertidal population of *Trophon geversianus*, (Laredo Bay, Straits of Magellan)", en *Anales del Instituto de la Patagonia*, vol. 37, pp. 73-84.
- [2] Carriker M. R. (1981) "Shell penetration and feeding by naticacean predatory gastropods: a synthesis", en *Malacologia*, vol. 20, pp. 403-422.
- [3] Cavallotto J.L., Violante R.A. y Hernández-Molina F.J. (2011) "Geological aspects and evolution of the Patagonian continental margin", en *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 103, pp. 346-362.
- [4] Cohen K.M., Finne S. y Gibbard P.L. (2013) "International Commission on Stratigraphy. International Stratigraphic chart". <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2013-01.pdf>.
- [5] Efremov J.A. (1940) "Taphonomy: new branch of paleontology", en *PanAmerican Geologist*, vo. 74, pp. 81-93.
- [6] Gordillo S. (1998) "Trophonid gastropod predation on recent bivalves from the Magellanic Region", en *An eon of evolution. Paleobiological Studies Honoring Norman N. Newell*. University of Calgary Press. pp. 251-254.
- [7] Gordillo S. (2001) "Marcas de la depredación de *Acanthina* Fisher von Waldheim, 1807 (Gasteropoda: Muricidae) sobre Bivalvia", en *Ameghiniana*, vol 38, pp. 55-60.
- [8] Gordillo S. y Amuchástegui S. (1998) "Estrategias de depredación del gastrópodo perforador *Trophon geversianus* (Pallas) (Muricoidea: Trophonidae)", en *Malacología*, vol. 39, pp. 83-91.
- [9] Gordillo S. y Archuby F. (2012) "Predation by drilling gastropods and asteroids upon mussels in rocky shallow shores of southernmost South America: paleontological implications", en *Acta Palaeontologica Polonica*, vol. 57, No 3, pp 633-643.
- [10] Gordillo S., Bayer M.S., Boretto G.M. y Charó M. (2014) "Mollusk shells as bio-geo-archives: Evaluating environmental changes during the Quaternary", SpringerBriefs in Earth System Sciences. 80 pp.
- [11] Kidwell S.M. (2001) "Preservation of species abundance in marine death assemblages", en *Science*, vol. 294, pp. 1091-1094.
- [12] Kidwell S.M. (2013) "Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation palaeobiology", en *Palaeontology*, vol. 56, pp. 487-522.
- [13] Martin R.E. (1999) "Taphonomy: A Process Approach". Cambridge Paleobiology Series 4. Cambridge: Cambridge University Press. 1-35.
- [14] Martinelli J., Gordillo S. y Archuby F. (2013) "Muricid drilling predation at high latitudes: insights from the Southernmost Atlantic", en *Palaios*, vol. 28, pp. 33-41.
- [15] Ponce J.F., Rabassa J., Coronato A. y Borromei A.M. (2011) "Palaeogeographical evolution of the Atlantic coast of Pampa and Patagonia from the last glacial maximum to the Middle Holocene", en *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 103, pp. 363-379.
- [16] Ríos C., Mutschke E. y Morrison E. (2003) "Biodiversidad bentónica sublitoral en el estrecho de Magallanes, Chile", en *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, vol. 38, No 1, pp. 1-12
- [17] Seilacher A. (1976), "Sonderforschungsbereich 53, Palökologie: Arbeitsbericht 1970-1975", en *Zentralblatt für Geologie und Mineralogie*, vol. 2, pp. 203-494.
- [18] Taylor J.D. (1970) "Feeding habits of predatory gastropods in a Tertiary (Eocene) molluscan assemblage from the Paris basin", en *Palaeontology*, vol. 13, pp. 254-260.