

Dario G Lazo, Mariel Andrada, Cecilia S Cataldo, Ricardo M Garberoglio,
Leticia Luci, Pablo S Milla Carmona y Agustina G Toscano
Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN), UBA-Conicet

La vida en los mares neuquinos hace 130 millones de años

Una serie diversa y compleja de comunidades marinas habitaba, hace unos 130 millones de años (Ma), lo que en el presente son las provincias argentinas de Mendoza y Neuquén, más partes de las de La Pampa y Río Negro. En ese momento la cordillera de los Andes que conocemos actualmente no existía, y las aguas del Pacífico ingresaban desde el oeste para formar un amplio golfo que cubría dicha extensión continental, como se aprecia en el mapa publicado en la página 42 de este número, parte del artículo 'De extinción en extinción: la vida se reinventa una y otra vez'. América del Sur no estaba entonces en su posición actual sino algo más al nor-

te, por lo que el área que nos ocupa –denominada Cuenca Neuquina en los documentos geológicos– estaba entre los 28° y los 36° de latitud, es decir, a unos 700km hacia el norte de donde la encontramos hoy, en la zona climática subtropical, entre una franja tropical árida, al norte, y una templada húmeda, al sur. Tenía un clima cálido intermedio, con variaciones entre árido y húmedo según qué lapso temporal se considere.

Las comunidades marinas del pasado geológico se estudian analizando los fósiles de los organismos que las componían y las rocas en que se los encuentra. El estudio de afloramientos rocosos, a los que en geología se refiere con el nombre de *formaciones*, permite conocer la relación

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Cómo eran las comunidades de invertebrados marinos cuyos fósiles se encuentran en afloramientos rocosos de un área extensa del oeste de Neuquén y del suroeste de Mendoza, y por qué hay allí fósiles de origen marino?



Paisaje de Agua de la Mula, a unos 90km al sur de Chos Malal, en Neuquén. En los afloramientos de la Formación Agrio se preservaron arrecifes en parche y praderas de corales.

espacial entre las especies que formaron esas comunidades, así como su ambiente y su ubicación temporal. En la zona indicada, la Formación Agrio presenta amplios afloramientos de rocas principalmente marinas y, en menor medida, continentales, que superan los 1000m de espesor. Esto proporciona a los paleontólogos una sucesión casi ininterrumpida de comunidades marinas que se fueron sucediendo por un lapso aproximado de 6Ma. La nota que sigue proporciona una breve referencia sobre algunas de esas comunidades.

Arrecifes coralinos

Los corales son invertebrados marinos que viven principalmente en colonias compuestas por millares de pequeños individuos cilíndricos o pólipos de pocos milímetros de diámetro y pocos centímetros de longitud. Una de sus características es que secretan carbonato de

calcio (CaCO_3) y forman exoesqueletos duros, razón por la cual dan lugar a excelentes fósiles. Florecen principalmente en aguas tropicales, donde sus colonias toman una gran variedad de formas y terminan constituyendo grandes ecosistemas subacuáticos llamados *arrecifes*, en especial en sitios de poca profundidad con fondo rocoso y aguas claras, agitadas y bien iluminadas.

La ubicación subtropical de la Cuenca Neuquina permitió la inmigración y el establecimiento de organismos de aguas cálidas, entre ellos, las veinticuatro especies de *corales escleractínidos* coloniales descritas hasta el momento por los autores de este artículo. Para prosperar, además de las temperaturas cálidas, necesitaron determinadas condiciones ambientales, como una salinidad que se mantuviera dentro de ciertos límites, reducidos niveles de nutrientes, baja tasa de sedimentación y un sustrato duro donde asentarse. Además, igual que la mayoría de los corales actuales, vivían en simbiosis con algas, de las que dependían para su nutrición, pues estas, utilizando la luz solar, se nutrían a sí mismas y a los corales.



Izquierda. Fósiles de un arrecife coralino en parche del Cretácico Inferior (145-101Ma) encontrados en Neuquén, en estratos de la Formación Agrio. Arriba del martillo, fósiles de corales ramosos en su posición de vida; abajo del martillo, fósiles del mismo coral en estado de desorden producto de roturas y desplazamientos debidos a la agitación de las aguas por tormentas. El largo del martillo, colocado para dar la escala, es de unos 40cm.

Derecha, arriba. Vista en planta de una colonia de coral masiva correspondiente a un arrecife en parche, Formación Agrio, Neuquén. La barra que da la escala mide 5cm.

Derecha, abajo. Fósiles de corales faceloides cretácicos de Neuquén que pertenecían a arrecifes en parche y que se preservaron en su posición de vida, Formación Agrio, Neuquén. La barra que da la escala mide 5cm.



Esta necesidad de luz solar restringe a la mayoría de los corales a aguas poco profundas, en las que les llega la máxima luz solar. Sin embargo, las condiciones que encontraron los corales en la Cuenca Neuquina no fueron las óptimas, ya que en la Formación Agrio se registraron variaciones en la salinidad, sedimentación y turbidez, y había un predominio de sustratos blandos. Por esto, los arrecifes coralinos fueron por lo general efímeros y no llegaron a constituir grandes estructuras como las que se registran en regiones tropicales actuales, entre ellas, la Gran Barrera australiana.

En la Formación Agrio, se puede distinguir entre praderas de corales y arrecifes en parche. Las primeras se componían únicamente de corales ramosos asentados sobre el fondo del mar, y ocupaban una superficie de hasta un kilómetro cuadrado. Por lo general en una pradera había corales de solo una especie, cuyas colonias podían alcanzar hasta un metro de altura. Sufrían frecuentemente la acción de tormentas, que provocaban la rotura de los corales y generaban depósitos de detritos coralinos. Por otro lado, los arrecifes en parche estaban conformados por numerosas especies coralinas con distintas morfologías que se distribuían en un área geográfica más extensa. Su mayor biodiversidad y complejidad permite suponer que se trataba de ambientes algo más favorables para los corales que aquellos donde se desa-

rollaron las praderas, y que sus condiciones eran más estables a lo largo del tiempo.

En los arrecifes en parche se establecieron de manera sucesiva diferentes especies de corales. Los primeros en establecerse eran los faceloides (que tienen forma de haces o fascículos) y los incrustantes, lo cual facilitaba el posterior asentamiento de los corales ramosos y los masivos, con pequeños corales en forma de disco en los espacios libres entre ellos. Cada parche podía contener hasta unas diecisiete especies de corales, y una extensión máxima de algunas decenas de kilómetros cuadrados en zonas propicias para su crecimiento. Las praderas y los arrecifes en parche perduraban por algunos miles de años, hasta que factores ambientales como la sedimentación, la temperatura o la salinidad del agua, o el nivel del mar, tomaran valores incompatibles con su subsistencia.

La diversidad de corales de la Formación Agrio, que alcanzaba las veinticuatro especies, era sensiblemente menor que la de zonas tropicales contemporáneas, en

algunas de las cuales pueden contabilizarse más de cien especies, pero concuerda con la de otras zonas subtropicales y tropicales con condiciones ambientales inestables y por lo tanto desfavorables para la supervivencia de estos organismos. Los géneros registrados en la mencionada formación tenían distribución global durante el Cretácico (145-66Ma); las características morfológicas de los individuos se pueden interpretar como adaptaciones por las cuales lograron sobrevivir y reproducirse en medios no enteramente favorables.

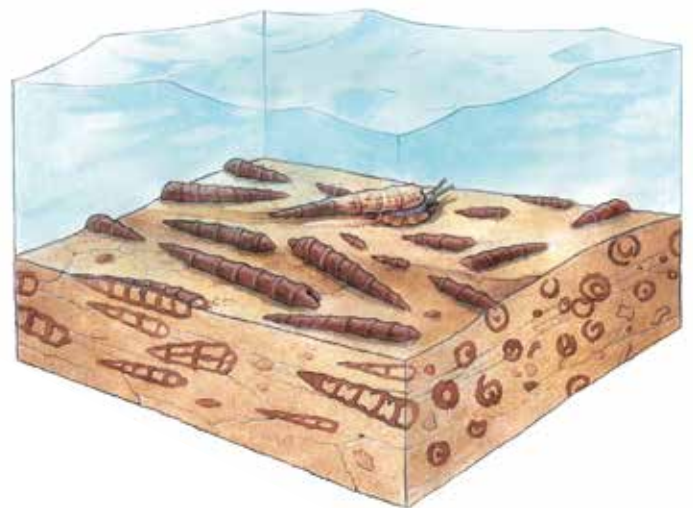
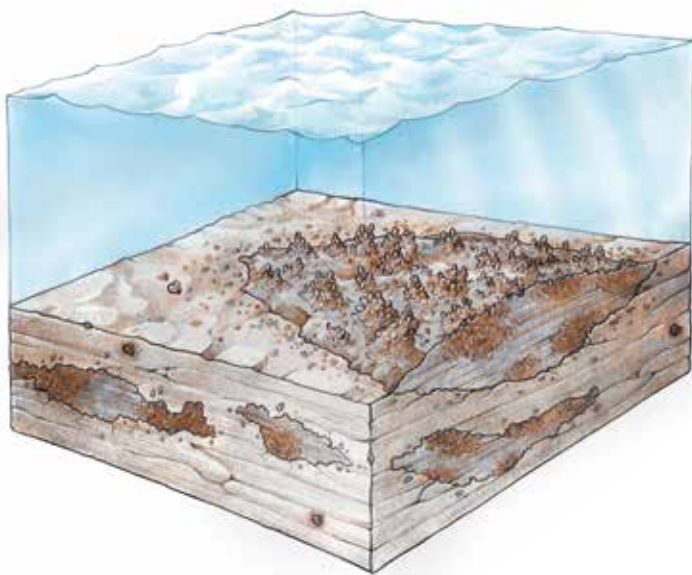
Junto con las praderas y los arrecifes en parche se encontraron también en los estratos de la formación Agrio fósiles de una variada fauna de invertebrados marinos, que incluyó bivalvos, esponjas, gusanos *serpúlidos*, *briozoos*, *braquiópodos* y minúsculos *foraminíferos*, para la mayoría de los cuales los arrecifes servían de sostén, dado que vivían adheridos a los corales. Además, habitaban allí *gastrópodos*, así como erizos cuya presencia indicaría que había algas. Asimismo, hay evidencia de que peces, amonites y reptiles marinos, como los plesiosaurios, nadaban cerca de los arrecifes en busca de presas y posiblemente cobijo.

Comunidades dominadas por ostras

En determinados momentos, las ostras experimentaron picos de abundancia en las aguas de la Cuenca Neuquina y conformaron acumulaciones muy similares a las que existen en la actualidad en distintas partes del mun-

do, por ejemplo, en la Argentina, la bahía San Blas, sobre el Atlántico, entre las desembocaduras de los ríos Colorado y Negro, o sobre las costas de Texas en el golfo de México. Las comunidades dominadas por ostras constituían dos estructuras: 1) los *biohermas*, que son arrecifes o montículos con forma lenticular, capaces de crear cierto relieve en el fondo marino, formados por acumulaciones de ostras adheridas unas sobre otras, y 2) los *biostromas*, que son cuerpos rocosos de forma tabular o plana y no generan relieve sobre el fondo. Entre los biostromas se diferencian aquellos en que predominan las ostras con ambas valvas unidas, de otros que las tienen separadas y no articuladas. Posiblemente los primeros se formaron con ostras que estaban de esa manera al morir, y así resultaron fosilizadas; interpretamos que en los segundos, en cambio, la separación de las valvas se produjo antes de la fosilización y a menudo resultó de la acción de tormentas. Cuando en un lugar había baja sedimentación, las ostras quedaban expuestas en el fondo, por lo que las sucesivas generaciones tendían a adherirse unas sobre otras y conformar biohermas. En cambio, cuando la sedimentación era alta, las ostras eran rápidamente cubiertas por el sedimento, por lo que las siguientes generaciones no daban lugar a acumulaciones apreciables sobre el fondo, por no haber sustrato duro al que adherirse.

En la Cuenca Neuquina, los autores hallamos una gran acumulación de ostras que en la pared de roca ocupaban un frente de 35 x 2m, compuesta por una combinación de biohermas intercalados con biostromas. A partir del estudio de esta concentración y de otras similares,



Representaciones de comunidades bentónicas de la Formación Agrio. A la izquierda, biohermas formados por acumulaciones de ostras que se adhieren unas sobre otras sobre el fondo marino fangoso (Neuquén); a la derecha, una comunidad dominada por gastrópodos nerineoideos sobre un fondo marino de naturaleza calcárea (Mendoza). Dibujos de Gabriel Lio

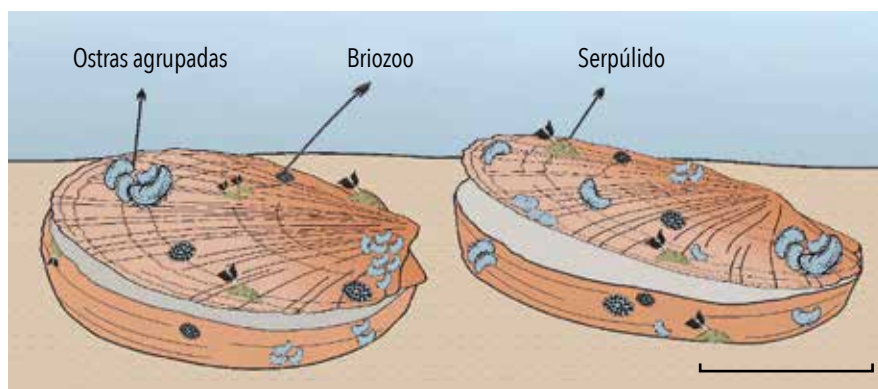
pero de menor escala, concluimos que posiblemente una generación fundacional de ostras colonizó el fondo marino fijándose a un sustrato duro, quizá pequeños fragmentos de conchillas. Con el paso del tiempo, la reproducción de esas ostras generó una población de larvas que se asentó sobre sus progenitoras. Con la repetición de esta secuencia por varias generaciones se formaron los primeros biohermas, que aumentaron de tamaño con el paso del tiempo. Esos biohermas sufrieron desprendimientos y roturas, letales para sus organismos, por la acción de tormentas y de organismos que se alimentaban de ellos. La desarticulación de las valvas y su ruptura en pequeños fragmentos favoreció el asentamiento de nuevas cohortes de ostras, con el resultado de la observada alternancia de biohermas y biostromas.

Las acumulaciones masivas de ostras eran comunidades de muy baja biodiversidad, y aunque coexistían con organismos como erizos, serpúlidos y briozoos, la abundancia de estos con relación a las ostras era reducida. La presencia recurrente de acumulaciones de ostras alternando en el tiempo con arrecifes coralinos es indicativa de alteraciones ambientales, por ejemplo, cambios de la tasa de sedimentación, la disponibilidad de nutrientes y la salinidad del agua. Los ambientes estables en los cuales prosperaban los corales permitían el asentamiento de otros organismos y conducían a mayor biodiversidad que los ambientes inestables característicos de las ostras, siendo menor la biodiversidad de las comunidades dominadas por estas.

Comunidades dominadas por nerineoideos

Los nerineoideos son un grupo extinguido de moluscos gastrópodos típicos del Jurásico (201-145Ma) y del Cretácico cuyas conchillas son fácilmente reconocibles por sus pliegues espirales internos. Fueron un componente clave de los sistemas arrecifales de esos períodos geológicos, especialmente en aguas cálidas y someras del medio marino tropical. En algunos casos los individuos alcanzaron tallas de hasta 60cm de largo. Dadas sus preferencias de temperatura, las acumulaciones de nerineoideos revisten especial importancia paleoclimática.

En la localidad mendocina de Lomas Bayas, a unos 110km al oeste de San Rafael, se preservaron, en los metros superiores de los afloramientos de la Formación Agrio, acumulaciones lenticulares de aproximadamente 100m² y unos 15cm de espesor de una sola especie de nerineoideos (*Eunerinea mendocana*). En ellas también se



Esquema interpretativo del aspecto de dos ejemplares del bivalvo *Prohinnites* con ostras, briozoos y serpúlidos incrustados en sus valvas. La barra que da la escala mide 10cm.

conservaron fósiles de erizos, corales coloniales y ostras pequeñas, en muy baja proporción. Por su cantidad, se puede presumir que dichos gastrópodos fueron muy abundantes, pero el modo en el que se encontraron sus fósiles sugiere que sus conchillas fueron desplazadas y reorientadas por acción del oleaje, y que se fueron acumulando en sedimentos calcáreos en aguas poco profundas y agitadas de manera constante.

La presencia de este tipo de comunidad es una evidencia del clima subtropical imperante en el extremo norte de la Cuenca Neuquina, pero si se comparan las concentraciones de nerineoideos que había allí con las ubicadas en climas tropicales, más cerca del ecuador, se advierte que estas las superan claramente en espesor, extensión y biodiversidad, señal de que las condiciones ambientales de la Cuenca Neuquina no eran óptimas para el desarrollo y la proliferación de estos moluscos. Se puede inferir que ello se debió principalmente a una menor temperatura del agua.

Comunidades de sustratos duros

Las conchillas de los moluscos expuestas sobre el fondo marino pueden actuar como islas de sustrato duro en fondos blandos, por lo cual son un gran atractivo para organismos incrustantes y perforantes que requieren este tipo de sustrato para asentarse y desarrollarse. En un ambiente marino poco profundo de la Formación Agrio los autores hemos encontrado abundantes conchillas de un bivalvo pectínido del género *Prohinnites*. Los individuos de esa especie alcanzaban hasta 15cm de altura y habitaban posados sobre fondos blandos, al tiempo que su presencia creaba islas de sustrato duro y permitía que una abundante y diversa fauna de organismos incrustantes se desarrollara sobre sus valvas, con el consiguiente incremento de la biodiversidad del fondo marino.

Más del 90% de los ejemplares analizados de *Prohinnites* presentaron abundantes incrustantes en la superficie ex-



Paisaje de Lomas Bayas, a unos 110km al oeste de San Rafael, en Mendoza. En los afloramientos de la Formación Agrio de esa zona se preservaron fósiles de la especie *Eunerinea mendozana*, descrita en el texto.

terna de sus valvas pertenecientes a catorce especies diferentes, entre ellas una de ostras y varias de serpúlidos y briozoos. Si bien las ostras constituyeron más del 50% del total de incrustantes, los serpúlidos y briozoos fueron más diversos, pues de ambos grupos había más de una especie. Principalmente las ostras, pero también los serpúlidos, mostraron una tendencia a asentarse agrupados sobre las valvas, un patrón que se conoce como gregarismo. Las interacciones biológicas entre incrustantes fueron escasas y en su mayor parte implicaron la colonización por nuevos incrustantes sobre el esqueleto de incrustantes ya muertos.

La abundancia de ostras se podría explicar suponiendo que se establecieron más temprano, y aprovechando su gran capacidad de proliferación, colonizaron rápidamente la mayor parte de la superficie dura disponible. Los briozoos y los serpúlidos fueron capaces de asentarse independientemente de la presencia de las ostras. Se puede concluir que la fauna de incrustantes estuvo principalmente determinada por las abundancias larvales de los diferentes taxones más que por la existencia de interacciones competitivas entre ellos.

El anterior es solo un ejemplo de las numerosas comunidades de incrustantes asentadas en la variedad de moluscos registrados en esos ambientes. Cada comunidad presentaba particularidades relacionadas con las características del molusco actuante como sustrato duro, pero a la vez todas ellas comparten rasgos comunes, como la dominancia de las ostras y el poco desarrollo de las interacciones competitivas.

Final

El relato de los párrafos anteriores se refiere a acontecimientos del Cretácico Inferior, hace unos 130Ma y durante un lapso de unos 6Ma. Se estima que unos 30Ma después, en el Cretácico Superior, se comenzó a levantar la cordillera de los Andes, un largo proceso que continuó durante el Cenozoico pero que, para el fin del Cretácico (hace 66Ma), ya estaba lo suficientemente adelantado como para retirar las aguas del Pacífico y dar lugar al regreso de ecosistemas terrestres y marinos, pero ya de origen Atlántico, a la zona de la Cuenca Neuquina. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

CATALDO CS et al., 2013, 'Taphonomy and palaeoecology of singular Hauterivian-Barremian nerineoid shell beds from the Neuquén Basin, west-central Argentina', *Lethaia*, 46: 114-126.

GARBEROGLIO RM, LAZO DG & PALMA RM, 2013, 'An integrate analysis of an Hauterivian coral biostrome from the Agrio Formation, Neuquén Basin, west-central Argentina', *Cretaceous Research*, 3: 97-115.

LUCI L & LAZO DG, 2015, 'Living on an island: Characterization of the encrusting fauna of large pectinid bivalves from the Lower Cretaceous of the Neuquén Basin, west-central Argentina', *Lethaia*, 48: 205-226.

TOSCANO AG, LAZO DG & LUCI L, 2018, 'Taphonomy and paleoecology of Lower Cretaceous oyster mass occurrences from west-central Argentina and evolutionary paleoecology of gregariousness in oysters', *Palaos*, 33: 237-255.