

Vestigios de un reino perdido. Un mar de hace 440 millones de años en Paraguay.

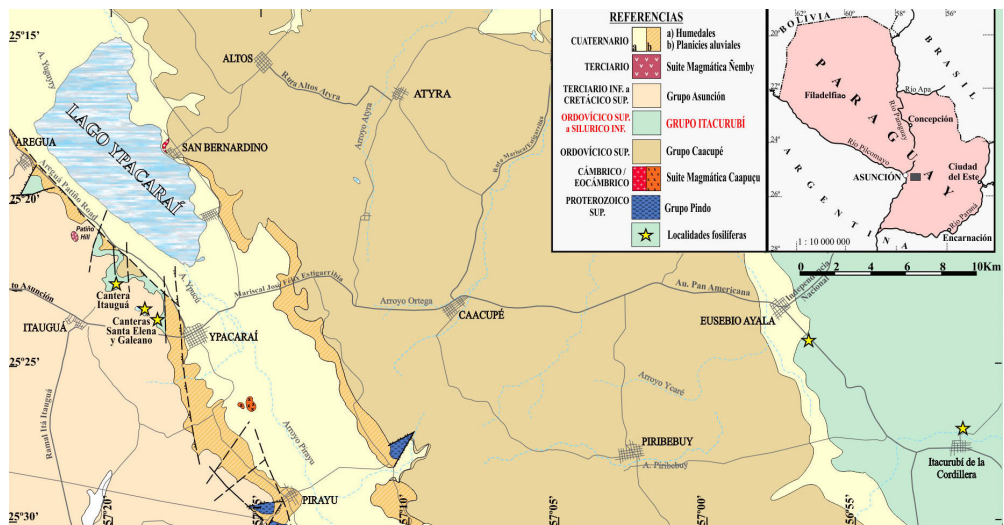


Norberto J. Uriz
M. Franco Tortello
Andrea R. Bidone
Arón Siccardi

*Un mar paleozoico en el seno de Sudamérica.
Sedimentos y fósiles de un Paraguay remoto.*

Hace unos 440 millones de años, durante el Paleozoico Temprano, un mar ocupó una vasta región de Sudamérica que se corresponde actualmente con la porción oriental de Paraguay, sureste de Brasil, centro de Uruguay y noreste de Argentina. En esta cuenca, que no era muy profunda, vivieron comunidades muy diversas de animales invertebrados (trilobites, graptolitos, braquiópodos y moluscos, entre otros), cuyos restos perduran hasta nuestros días en el interior de las rocas sedimentarias. Los afloramientos con estos fósiles poseen un singular valor geológico para reconstruir los ambientes y la geografía del pasado de este territorio. No obstante, debido a la densa vegetación actual, las rocas de ese antiguo mar sólo asoman en algunas localidades. En la República del Paraguay, los depósitos más importantes se localizan cerca del margen suroeste del Lago Ypacaraí, al este de la ciudad de Asunción (Fig. 1), y consisten en limos y arcillas que quedan al descubierto en las canteras abiertas para la explotación económica de arcilla.

Hace unos años, la División Geología del Museo de La Plata inició una serie de estudios, con el apoyo logístico del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay, para avanzar en el conocimiento del sector paraguayo de la Cuenca de Paraná. Estas actividades comprendieron varios trabajos de campo con el fin de describir las rocas de la región y su contenido fosilífero. Retomando el camino trazado por Horacio Harrington, Bruno Baldis y otros célebres geólogos del siglo XX, el estudio de estos materiales aporta nueva información sobre los tipos de organismos conservados en estas rocas, sus edades, y las condiciones ambientales (profundidad



1. Localidades fosilíferas en las secuencias sedimentarias del Grupo Itacurubí con registros de faunas.

del mar, energía, etc.) que prevalecieron durante su formación.

La Cuenca de Paraná. Un mar semioculto en la espesura

Reconstruir las características de la cuenca de Paraná es un gran desafío ya que buena parte de la geografía actual está

signada por una profusa vegetación, lo que hace muy dificultoso el trabajo geológico. Es por eso que las canteras existentes en la región constituyen tesoros invaluable, pues ofrecen una oportunidad única de acceder a estratos geológicos que de otra manera permanecerían ocultos.

En 2005, 2006, 2007 y 2009 el equipo de investigación del MLP realizó campañas a la región del Paraguay oriental con el fin de estudiar las secuencias sedimentarias que rellenaron la cuenca de este mar interior (Fig. 2). El trabajo de campo se centralizó en determinados puntos estratégicos donde la actividad minera dejó al descubierto las rocas del subsuelo por la explotación de materiales rocosos de interés económico-minero, principalmente arcillas caoliníticas y piedra laja, utilizados en la fabricación de cerámicos y como roca ornamental. Las capas sedimentarias atribuidas a este lapso temporal resultaron propicias para la preservación excepcional de una interesante fauna de organismos marinos. Entre las canteras de arcillas visitadas, se relevaron especialmente las de San Fernando, Santa Elena y Galeano (nombres derivados de las empresas que explotan estos recursos) en la zona de Itauguá, en el margen Suroeste del Lago de Ypacaraí.

Otra región explorada fue la localidad de Itacurubí de la Cordillera, donde se encuentra una explotación de piedra laja de composición arenosa. Estos materiales guardan una estrecha relación geológica y paleoambiental



2. Integrantes de los viajes de campo 2005, 2006 y 2009 (C. Cingolani, M. Alfaro, M.A. Montalvo, F. Tortello, A. Bidone, J.C. Galeano Inchausti, N. Uriz y jóvenes colaboradores locales). Se puede observar la exuberante vegetación que cubre los afloramientos rocosos en algunas regiones del Paraguay.

con las arcillas de las canteras de Itauguá, sobreyaciendo a las mismas. No obstante, en estas rocas arenosas los fósiles son más escasos y están pobremente conservados.

Asimismo, en las inmediaciones de la ciudad de Eusebio Ayala a unos 70 km al Este de Asunción, existen algunas exposiciones rocosas que fueron descubiertas durante las construcciones de rutas y caminos. Estas secuencias consisten en areniscas rojizas que se disponen estratigráficamente por debajo de las arcillas fosilíferas de las canteras.

Registro de un mar “Mediterráneo” en Sudamérica: Geología de la región oriental del Paraguay

Existen evidencias de un vasto mar semicerrado que ocupó la porción Centro-Este de Sudamérica, cuando ésta aún se encontraba unida a África y otros continentes conformando el gran supercontinente de Gondwana. La presencia de rocas con fauna

fósil sugiere que un mar poco profundo y con escasa conectividad por el Oeste con el océano abierto, cubrió esta región (Fig. 3). El estrecho istmo que comunicaba el mar interior con el océano se encontraba ubicado próximo a donde hoy se emplaza la ciudad capital de Paraguay, reconociéndose al alto topográfico que los separaba como Arco de Asunción. Una interesante comunidad de organismos vivió en estas aguas someras, muy ricas en oxígeno y nutrientes, aunque el particular aislamiento geográfico y la proximidad de su posición paleogeográfica respecto al Polo Sur en ese momento, pueden ser las causas de una baja diversidad de especies para los distintos grupos de animales.

En el Paraguay oriental se identificaron tres sucesiones sedimentarias (Grupo Itacurubí) generadas durante un ciclo de sedimentación común, que se extendió desde los 445 hasta los 440 millones de años de antigüedad (Ordovícico Tardío al Silúrico Temprano) (Fig. 4). Cada sucesión marca un estadio o etapa, en la cual las condicio-



3. Reconstrucción esquemática de la distribución paleogeográfica de los continentes durante el Ordovícico Tardío-Silúrico Temprano.

nes de depositación estuvieron sujetas a los cambios o variaciones del nivel del mar.

En la primera etapa, el nivel del mar comenzó a aumentar paulatinamente, dejando tras de sí un potente paquete de arenas de notables tonalidades rojizas a moradas y composición cuarzo-feldespática, con una importante participación de micas del tipo muscovitas (Formación Eusebio Ayala).

Durante el segundo periodo de sedimentación (Formación Vargas Peña) el

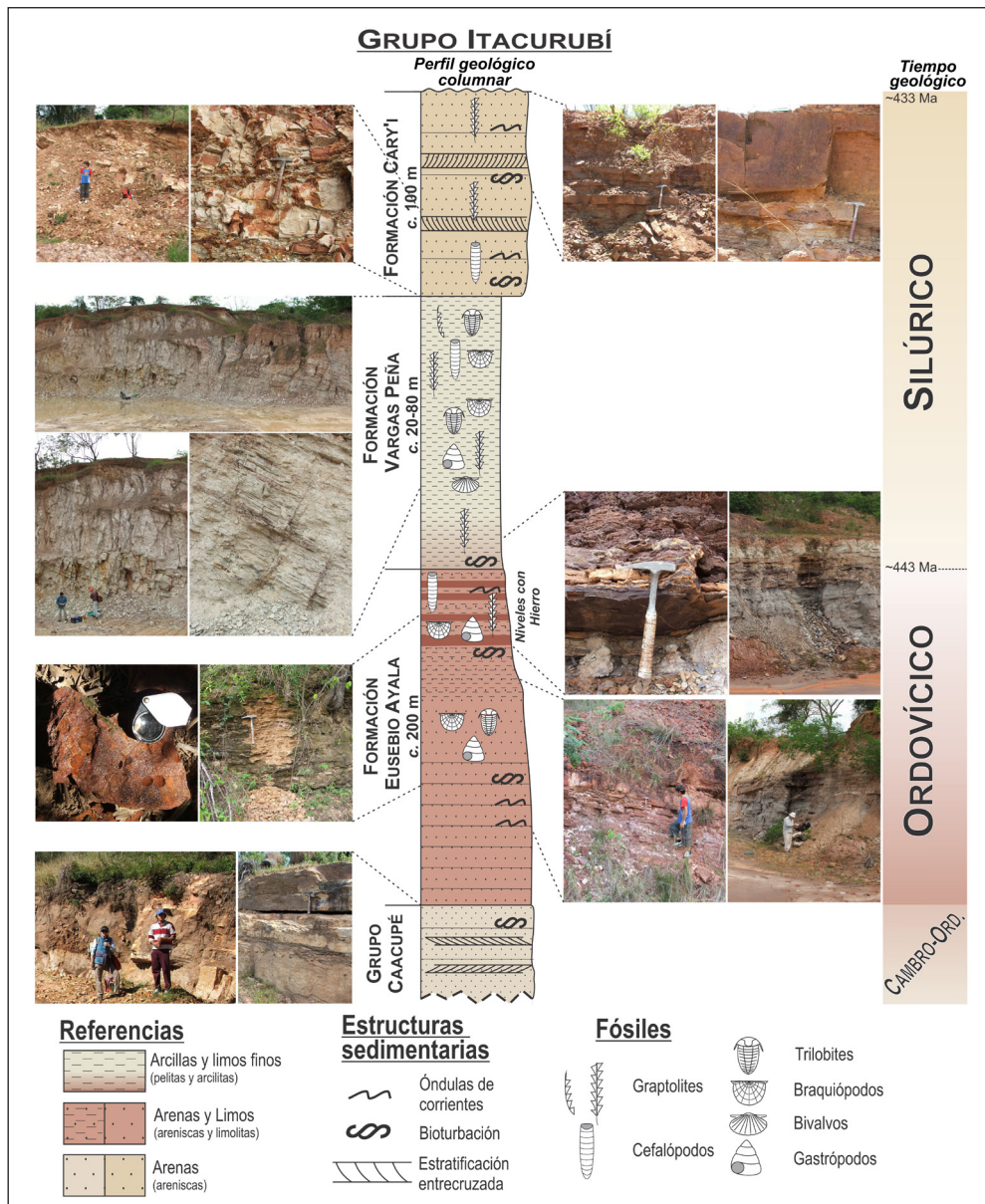
nivel del mar alcanzó su máxima expresión (“evento transgresivo”), produciéndose la mayor inundación de la cuenca, cubriendo un área aproximada de 1.600.000 km². Las condiciones de mar alto y relativamente más profundo, generaron la depositación de espesos estratos de materiales finos de composición arcillosa, coloración gris-blanquecina a amarillenta y gran riqueza fosilífera.

Finalmente (Formación Cary’i), el nivel del mar comenzó a descender (“evento regresivo”) retirándose de su antigua línea de costa. Esto provocó que los materiales finos (limos o arcillas) depositados durante la anterior etapa sean cubiertos por sedimentos más gruesos (arenas) de ambientes más someros.

Cronología de las expediciones y divulgación de los resultados

Con el fin de impulsar trabajos científicos interdisciplinarios, durante los años 2003-2004 el equipo de investigación del MLP recibió una interesante fauna fósil de graptolitos (pequeños organismos coloniales extinguidos) procedente de la porción oriental de Paraguay. Las muestras habían sido obtenidas por J. C. Galeano Inchausti, quien por entonces realizaba estudios de posgrado en la Facultad de Cs. Naturales y Museo de la UNLP, y estaban incluidas en las lajas de areniscas cuarzo-micáceas de la Formación Cary’i en la región de Itacurubí de la Cordillera. Dado que los graptolitos constituyen un grupo muy diverso, con un gran número de géneros y especies que vivieron durante períodos de tiempo muy acotados, resultaba entonces clave la identificación y determinación de estos ejemplares para ajustar la edad de las rocas que los contienen.

No obstante, el estudio de este material se vio dificultado por su pobre estado de preservación. Las características líticas de las areniscas, con un tamaño de grano medio, sumado al abundante contenido en micas (muscovitas) y la alta concentración de óxidos ferruginosos, que reemplazaron al material orgánico, impidieron clasificar adecuadamente a los graptolitos y obtener



4. Columna estratigráfica esquemática del Grupo Itacurubí, detallando mediante fotografías los afloramientos principales de cada unidad y sus características litológicas, la diversidad general de los niveles fosilíferos y el rango de tiempo geológico que comprende la secuencia y niveles particulares.

información confiable sobre la edad de la secuencia. Por lo tanto, se planificó una campaña específica al Paraguay Oriental para obtener muestras con ejemplares mejor conservados.

Dicho viaje de campo se cristalizó en 2005, siendo parte del equipo M. Alfaro, M. Montalvo y N. Uriz (MLP), junto a la participación de J.C. Galeano Inchausti (Py) y el apoyo logístico del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay. Se visitaron la cantera de cuarcitas de Itacurubí de la Cordillera y la cantera San Fernando de la localidad de Itauguá. Los

ejemplares colectados dieron resultados novedosos, que ameritaban intensificar los trabajos y extenderlos a otros sectores de la cuenca. Así, en el año 2006 se realizó una nueva campaña, en las canteras próximas a la ciudad de Itauguá (San Fernando y Santa Elena) y esencialmente en las arcillitas de la Formación Vargas Peña, las cuales preservaron de manera excepcional las delicadas faunas de graptolites, como así también otros organismos (trilobites, braquiópodos, bivalvos, cefalópodos) que serían de gran interés para futuros viajes de campo. A partir del estudio de los materiales colectados hasta

ese momento se pudo arribar a conclusiones significativas en cuanto a la edad de las rocas portadoras (bioestratigrafía) y las características del ambiente en el cual vivían las faunas marinas.

Como los trilobites también poseen valor bioestratigráfico y paleoambiental, posteriormente se realizaron nuevas campañas a la región. En 2007 F. Tortello, N. Uriz (MLP) y J.C. Galeano Inchausti (Py) relevaron en detalle la Formación Vargas Peña en la cantera San Fernando y coleccionaron ejemplares con estricto control estratigráfico, tomando notas muy precisas sobre los niveles de donde procedía cada espécimen. Finalmente, con el fin de realizar estudios más profundos en la unidad basal del Grupo Itacurubí (Formación Eusebio Ayala), en 2009 se llevó a cabo un nuevo viaje de campo a las canteras de la región de Itauguá (San Fernando y su ampliación más occidental, Santa Elena y Galeano).

Estudios de gabinete y laboratorio desarrollados durante los últimos años condujeron a la publicación de diversos trabajos

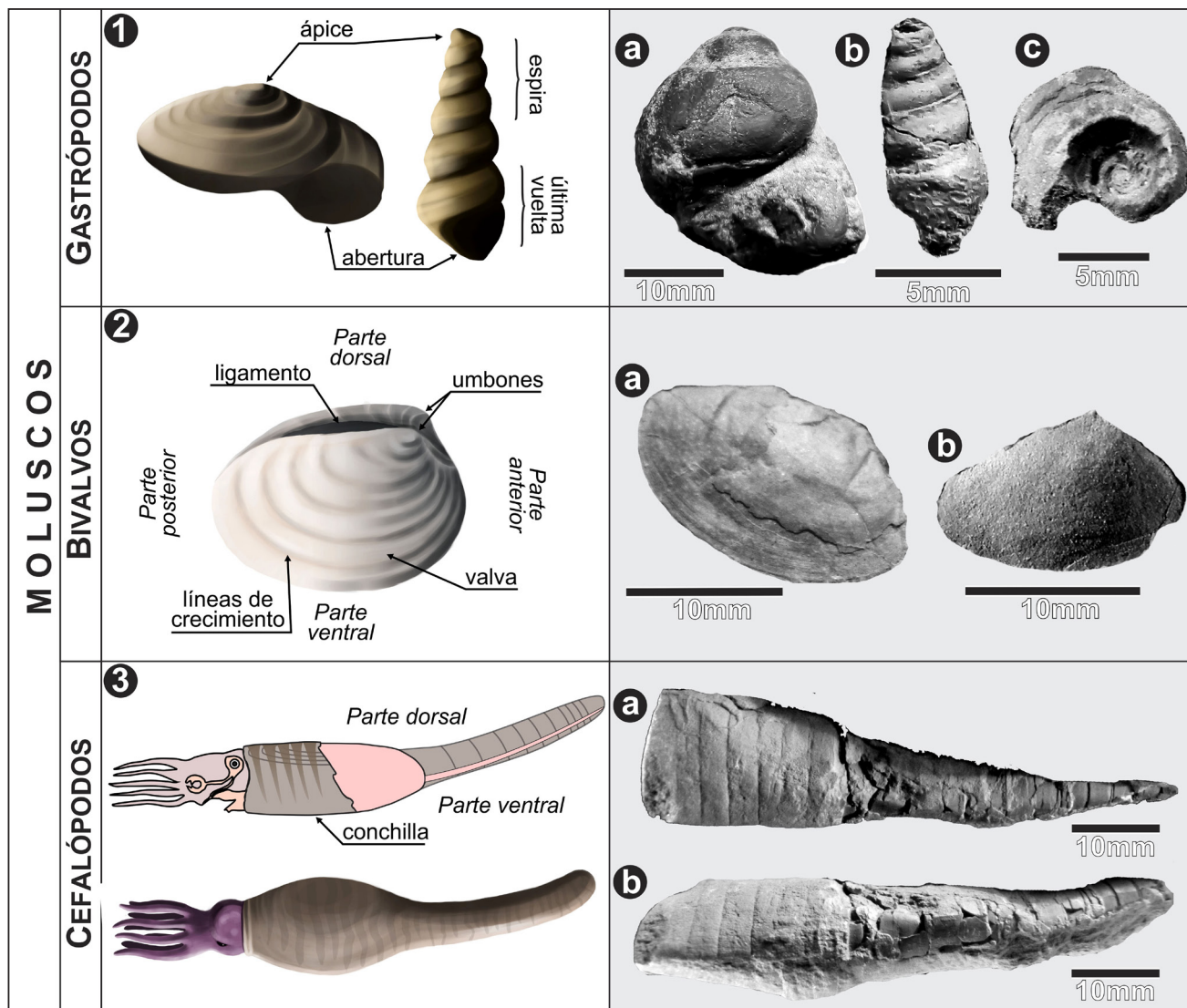
científicos en revistas internacionales y reuniones científicas. De esta manera, la fructífera relación científica establecida entre el MLP y colegas de Paraguay durante más de una década, ha permitido mejorar el conocimiento del patrimonio paleontológico, estratigráfico y paleoambiental de la Cuenca de Paraná, como así también, continuar desarrollando tareas de investigación sobre aspectos geológicos y paleogeográficos dentro del contexto gondwánico. Aunque aún queda mucho trabajo por hacer, se siguen dando pasos en pos de reconstruir la historia geológica de la región y conocer mejor a sus protagonistas.

Los fósiles de la Cuenca de Paraná

La mayoría de los organismos del Ordovícico Tardío-Silúrico Temprano de la Cuenca de Paraná tenía su cuerpo protegido por algún tipo de exoesqueleto duro, conchilla o caparazón que les servía de armadura para protegerse de enemigos y predadores. Esos esqueletos, por estar mineralizados, se conservan más fácilmente que las partes blandas del cuerpo. Algunos fósiles se preservan intactos y completos, mientras que otros exhiben sus partes desarticuladas y con algún tipo de deterioro (por haber sufrido transporte antes de ser sepultados, o alteración después del enterramiento).

Estos organismos pertenecen a diversos grupos de invertebrados como los *moluscos*, los cuales poseen una conchilla muy resistente, de carbonato de calcio. Entre estos últimos encontramos gastrópodos (caracoles) con una conchilla típicamente enroscada helicoidalmente, algunos redondeados con espira muy corta y otros con espira muy larga (Fig. 5-1); *bivalvos*, similares a las almejas actuales, provistos de dos valvas (derecha e izquierda) que se articulan dorsalmente mediante dientes y fosetas (Fig. 5-2); y *cefalópodos nautiloideos*, parientes de los calamares actuales y del *Nautilus*, que poseían una conchilla recta, con su interior dividido en cámaras debido a la presencia de septos internos (Fig. 5-3).

Asimismo, la fauna de Paraguay incluye



5. Representantes del grupo de los Moluscos. 5-1) gastrópodos: a) *Eotomaria* sp. b) *Hormotoma* sp. y c) gastrópodo indeterminado; 5-2) bivalvos: a, b) bivalvos indet.; 5-3) cefalópodos: a, b) Probilling-sitinae géneros y especies indeterminados.

otros animales que florecieron especialmente durante la era Paleozoica y que, salvo alguna excepción, están extinguidos. Los *trilobites* eran artrópodos que guardan alguna similitud superficial con los cangrejos, con un esqueleto dorsal mineralizado y dividido en tres partes: céfalo (“cabeza”), tórax y pigidio (“cola”), el cual podía mudar en las distintas etapas de su crecimiento (Fig. 6-1). Los *graptolitos* eran organismos coloniales muy delicados y de aspecto muy extraño ya que parecen “dibujos sobre la roca”; su estructura colonial (rabdosoma) adoptaba diferentes formas (uni- a multi-ramosas) y estaba compuesta por pequeñas “capsulas” de composición proteica (tecas) unidas entre sí en forma lineal o ramificada (Fig. 6-2). Los

braquiópodos tienen algunos representantes actuales pero fueron mucho más diversos en el pasado, y poseen dos valvas calcáreas (dorsal y ventral), que pueden estar ornamentadas externamente con costillas radiales; esta conchilla protege eficientemente las partes blandas del cuerpo, las cuales incluyen un órgano tentacular (lofóforo) muy particular que sirve para capturar alimento (Fig. 6-3). Otros animales de la comunidad, con afinidades biológicas inciertas, desarrollaron un esqueleto quitino-fosfático de forma piramidal (similar a un cono de papas fritas) y finas costillas transversales (*conuláridos*) (Fig. 6-4); o una conchilla calcárea cónico-piramidal (*hyolítidos*) o con forma de “tornillo” (*tentaculítidos*) (Fig. 6-5).

GRUPOS EXTINTOS

<p>TRILOBITE</p>	<p>1</p> <p>Antenas</p> <p>Pigidio Torax Céfalos</p>	<p>a b c d e</p>
<p>GRAPTOLITO</p>	<p>2</p> <p>Rabdosoma</p> <p>tecas</p>	<p>a b c d</p> <p>2mm 5mm 5mm 2mm</p>
<p>BRAQUIÓPODOS</p>	<p>3</p> <p>umbo</p> <p>foramen peduncular</p> <p>valva braquial o ventral</p> <p>valva peduncular o dorsal</p>	<p>a b</p> <p>5mm 5mm</p>
<p>CONULÁRIDOS</p>	<p>4</p> <p>apertura</p> <p>teca</p> <p>costilla transversal</p> <p>ápice</p>	<p>a b</p> <p>10mm 10mm</p>
<p>TENTACULÍTIDOS</p>	<p>5</p> <p>conchilla</p> <p>apertura</p> <p>anillos transversales</p> <p>cámara inicial</p>	<p>a</p> <p>10mm</p>



Ilustró: F. Gastaminza
fedex22@gmail.com

7. Reconstrucción de la comunidad.

Una comunidad a toda orquesta

Cada grupo de invertebrados jugó un papel específico en la comunidad de la Cuenca de Paraná, mostrando una relación particular con el sustrato y la columna de agua. Por ejemplo, algunos animales vivieron inmóviles, apoyados (hyolítidos, algunos braquiópodos) o fijados sobre el fondo marino mediante un pedúnculo carnososo (braquiópodos) o algún disco adhesivo (conuláridos), alimentándose de plancton y partículas orgánicas en suspensión en el agua. Otros organismos habrían vivido semi-enterrados (tentaculítidos) o excavaban en el sustrato en busca de alimento y protección (bivalvos). Por su parte, los ca-

6. Representantes de grupos en su mayoría extintos. 6-1) Trilobites: a, b) *Calymene boettneri*, c) *Trimerus* sp. y d, e) *Guaranites paraguayensis*; 6-2) Graptolitos: a, b, c) *Normalograptus persculptus* y d) *Monograptus priodon*; 6-3) Braquiópodos: a) *Eostreophondonta conradii* y b) *Eocelia paraguayensis*; 6-4) Conuláridos: a, b) *Conularia* sp.; 6-5) Tentaculítidos: a) *Tentaculites* sp.

racoles tal como en la actualidad, se desplazaron sobre la superficie del fondo marino nutriéndose de algas y materia orgánica. Los trilobites también poseían una vida libre y dejaron abundantes huellas de su actividad sobre el sustrato. Algunos se alimentaban de detritos orgánicos presentes entre los granos de sedimento, mientras que otros habrían sido predadores muy eficientes, dotados de ojos complejos y espinas en las bases de sus patas, las cuales habrían facilitado la captura y procesamiento de las presas. En tal sentido, el trilobite gigante *Guaranites paraguayensis* habría sido uno de los predadores más temibles, junto a los euriptéridos (escorpiones de mar) y los cefalópodos nautiloideos. Estos últimos eran nadadores muy veloces, capaces de desplazarse libremente a diferentes profundidades y de atacar mortalmente a una amplia gama de invertebrados. La comunidad de la Cuenca de Paraná se completa con formas planctónicas muy delicadas (graptolitos) que vivían suspendidas en la columna de agua y eran transportadas

pasivamente por las corrientes marinas, alimentándose de microplancton (Fig. 7).

Cabe destacar que los graptolitos del Paraguay (ej.: *Monograptus priodon*, *Normalograptus persculptus*) resultaron ser particularmente útiles para determinar la edad de los estratos que los contienen y para establecer correlaciones con otras localidades. Asimismo, algunos trilobites (*Trimerus*) aportan valiosa información paleoecológica ya que son diagnósticos de ambientes de plataforma no muy profundos, con condiciones de energía relativamente alta. Los invertebrados de la Cuenca de Paraná incluyen a buena parte de los actores típicos de los mares silúricos. Cada uno de estos grupos ejecutó una partitura específica en el gran concierto de la comunidad, y brindan datos únicos para reconstruir la paleogeografía del sur de Sudamérica. ◆



Norberto J. Uriz.
División Geología, Museo de La Plata.
UNLP

M. Franco Tortello.
División Paleozoología Invertebrados,
Museo de La Plata. CONICET - UNLP

Andrea R. Bidone.
División Geología, Museo de La Plata.
UNLP

Arón Siccardi.
División Geología, Museo de La Plata.
UNLP

Colaboradores: Carlos A. Cingolani,
Marta Alfaro, Julio C. Galeano
Inchausti, Marcela Cichowolski