

## *Comunidades bentónicas en facies carbonáticas del Ordovícico (inferior-medio) de la Precordillera Argentina*

T. M. SANCHEZ<sup>1 2</sup>, B. G. WAISFELD<sup>1 2</sup>,  
M. CARRERA<sup>1 2</sup>, S. TOFFOLO<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se analizan comunidades de la Formación San Juan (Arenig-Llanvirn) localizadas a lo largo del perfil aflorante en la Quebrada Ancha (Sierra de Talacasto). A partir del estudio biovolumétrico y del análisis multivariante de la macrofauna se reúnen las ocho comunidades en dos agrupamientos mayores: el de las comunidades dominadas por poríferos y el de las comunidades dominadas por braquiópodos. En cada grupo principal se incluyen comunidades que presentan una composición característica debido a variaciones de sus componentes. En consecuencia, pueden reconocerse tres factores alógenos fundamentales que han actuado en dos escalas: la turbidez, que produjo la diferenciación de los dos grupos principales (comunidades dominadas por poríferos y comunidades dominadas por braquiópodos), y el tipo de sustrato y la energía del medio, que afectaron la composición dentro de ambos agrupamientos, lo que se refleja en las diferentes comunidades que los integran. Las variaciones en la composición y abundancia de los taxa a lo largo del perfil señalan un posible descenso relativo del nivel del mar durante el Arenig tardío seguido de un ascenso que se verifica en los tramos superiores de la sección (Llanvirn).

### ABSTRACT

From a biovolumetric study and multivariate analysis of eight macrofaunal assemblages through the San Juan Formation (Early Ordovician) in Quebrada Ancha (Sierra de Talacasto) two major community groups are distinguished: sponge-dominated and brachiopod-dominated communities. Three allogenic limiting factors affected the prima-

---

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>2</sup> Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Av. Velez Sarsfield 299; (5000) Córdoba, Argentina.

rily distribution of these communities. The turbidity effect is a first order factor that lead to the differentiation of the two major groups (sponge-dominated and brachiopod-dominated); the substrate and prevalent energy conditions are second order factors that controlled biovolumetric abundance within each group. These changes in communities structure through the vertical stratigraphic profile suggest a posible sea level fall during the Late Arenigian at the lower part of the section, followed by a sea level rise, well documented at the top the sequence (Llanvirn).

## INTRODUCCION

En la Precordillera argentina son típicos los extensos afloramientos de calizas correspondientes a la Formación San Juan, de edad ordovícica temprana (Arenig-Llanvirn temprano alto). Para el presente trabajo se seleccionó la sección aflorante en la Quebrada Ancha, en la localidad de Talacasto (fig. 1) por su buena exposición y la variedad de su macrofauna (BENEDETTO, 1987; BENEDETTO y HERRERA, 1986, 1987, en prensa, BERESI, 1985; CARRE-

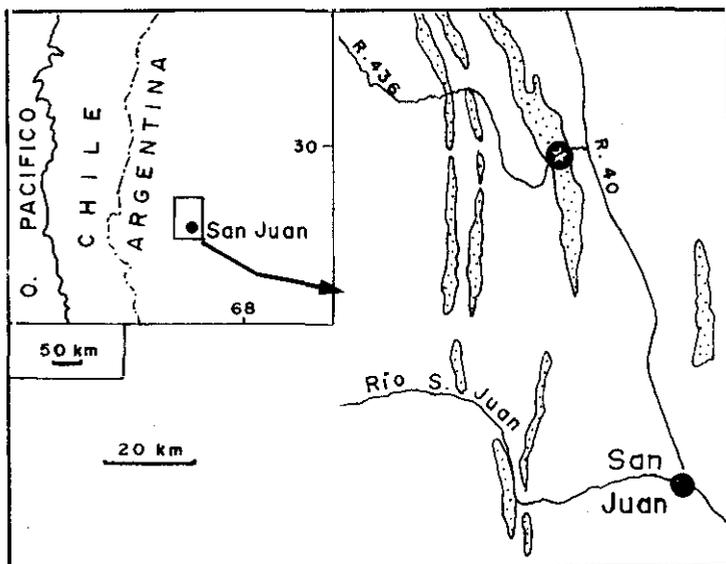


Fig. 1.—Mapa de localización. En punteado: afloramientos de la Formación San Juan. El asterisco señala la ubicación de la localidad de Talacasto. (Tomado de HERRERA y BENEDETTO, 1991.)

RA, 1985, 1986; SANCHEZ, 1985; VACCARI *et al.*, 1986). La bioestratigrafía de la unidad en esta localidad ha sido abordada principalmente a partir de su conodontofauna (HÜNICKEN, 1982; LOZANO y HÜNICKEN, 1991; así como por sus braquiópodos (HERRERA y BENEDETTO, 1991).

BERESI ha encarado estudios paleoecológicos en la Formación San Juan (1981, 1986, 1990) aunque con metodologías y enfoques diferentes a los utilizados en la presente contribución. En este trabajo los criterios utilizados han permitido valorar la relevancia de ciertos grupos en el conjunto de la macrofauna y precisar la naturaleza de los factores limitantes (bióticos y alogénicos).

En la sección de Talacasto, donde la base de la Formación San Juan no está expuesta, el espesor, medido a partir del núcleo de un anticlinal formado por los tramos más inferiores, totaliza aproximadamente 240 m. Sobre la base de las características litológicas, la formación ha sido subdividida en siete miembros por BERESI (1986), cuatro unidades rocosas por HERRERA y BENEDETTO (1991) y cinco unidades por TOFFOLO (1990). En el presente trabajo se sintetiza una descripción general del perfil, remitiéndose al lector a los autores mencionados para mayores detalles.

La secuencia (fig. 2) se inicia con un tramo de aproximadamente 45 m de capas macizas grises de 30 a 60 cm de espesor, compuestas principalmente por wakestones bioclásticos bioturbados, que alternan con capas finas de packstones esqueletales de base erosiva. Sigue una secuencia de 47 m de capas delgadas grises y amarillentas a verdosas que no superan los 10 cm de espesor, con estratificación marcada por efectos de presión-disolución, compuestas por mudstones y wakestones esqueletales que alternan con wakestones bioturbados y niveles de grainstones con abundantes bioclastos. En este tramo se localiza el nivel fosilífero C. Continúa un importante espesor (91 m) de capas macizas de color gris oscuro a verdoso, de 60 a 100 cm de espesor, integradas por wakestones bioclásticos bioturbados y packstones esqueletales; hay además intercalaciones de packstones y grainstones bioclásticos de base erosiva, escasos macrofósiles y gran abundancia de perforaciones rellenas por dolomita. A continuación se desarrollan 28 m de capas macizas gruesas, grises oscuras con chert, en bancos de 50 a 100 cm. Entre los bancos gruesos se observa una marcada estratificación ondulada debido a efectos de presión-disolución. La base de este tramo está compuesta por wakestones bioturbados que hacia el techo pasan gradualmente a grainstones y packstones bioclásticos. En la parte superior de este tramo se localiza el nivel fosilífero E. La sección culmina con una secuencia de 16 m de espesor de capas delgadas de calizas grisáceas a gris amarillentas que no superan los 10 cm de espesor. Están compuestas principalmente por wakestones bioclásticos que alternan con packstones esqueletales con escasos intraclastos. Este tramo, que incluye los niveles fosilíferos G, H, I, J, K y L, se ca-

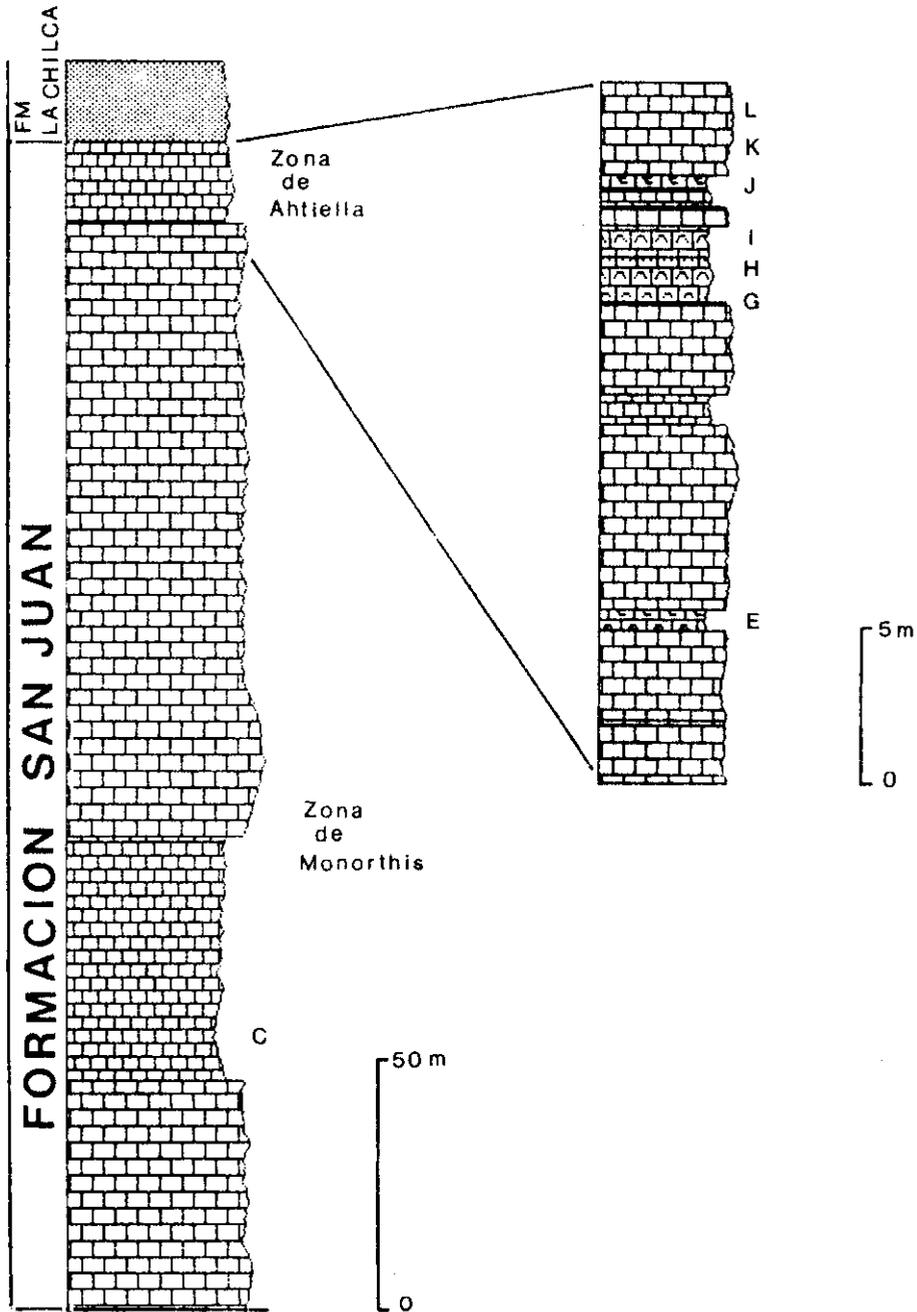


Fig. 2.—Perfil columnar de la Formación San Juan en la Quebrada Ancha (Talacasto). Las letras indican la ubicación de los niveles fosilíferos descritos en el texto.

racteriza por la relativa abundancia de la macrofauna (fig. 2). Un contacto neto separa el techo de esta unidad de las pelitas y areniscas de la Formación La Chilca (Ordovícico tardío-Silúrico temprano).

BERESI (1985, 1990) interpreta que estos últimos niveles corresponden a un abultamiento carbonático. Sin embargo, la estratificación de las capas con su continuidad y alternancia de litologías no permite confirmar el desarrollo de estructuras que geoméricamente representan un abultamiento («mound») o que posean un relieve topográfico sobre el sustrato (WILSON, 1975; JAMES, 1984). Por otra parte, la abundancia relativa de esponjas en estos niveles (6 a 8 ejemplares por m<sup>2</sup>) es considerablemente menor que en abultamientos o estructuras biohermales en las que los poríferos son las formas dominantes (18 a 24 ejemplares por m<sup>2</sup>; KLAPPA y JAMES, 1980; PALMER y FÜRSICH, 1981).

## METODOLOGIA

Se realizó un detallado muestreo de los tramos fosilíferos a lo largo del perfil. Se seleccionaron las concentraciones esqueléticas susceptibles de ser tratadas como asociaciones autóctonas y para-autóctonas. Con respecto a éstas últimas, se asume que los restos proceden de áreas cercanas al sitio de preservación y, por ende, su consideración no conducirá a errores significativos. La existencia de transporte más o menos prolongado está indicada por el grado de articulación de los restos multielementales, presencia de valvas articuladas en el caso de conchillas bivalvas, intensidad de fragmentación vinculada a la estructura de los restos o a morfologías particulares, especialmente susceptibles a la rotura, presencia de individuos de una misma especie en diferentes estadios ontogenéticos, etc.

El análisis sinecológico fue desarrollado en base a censos de población con registros de la abundancia en número y en biovolumen de los distintos taxa y a la diversidad, calculada siguiendo la fórmula de SHANNON-WEAVER

$$D = \sum_1^j p_i \cdot \ln p_i$$

donde  $p$ =frecuencia de biovolumen de cada taxón.

Para la comparación cuantitativa entre comunidades basadas en cálculos de similitud y análisis de agrupamiento se utilizó el programa NTSYS-PC (RHOLF, 1987).

Existen numerosas discusiones acerca de la fiabilidad de las valoraciones de paleocomunidades basadas en datos de abundancia numérica (por ejemplo, STAFF *et al.*, 1985; WIEDMAN, 1984). La biomasa de cada población, por el

contrario, está en directa relación con el consumo energético. En consecuencia, es el indicador adecuado para conocer la importancia relativa de cada especie. POWELL y STANTON (1985) señalan que los datos de abundancia numérica sobrevalúan la importancia de algunas especies cuyo pequeño tamaño contribuye en escasa medida a la biomasa total de la comunidad. Para destacar esto, en las Tablas de valores de las comunidades se incluyen los datos de abundancia numérica de cada especie además de los de biovolumen. Dado que en los fósiles no es posible medir la biomasa, se ha optado por evaluar el volumen (biovolumen) a partir de sus restos preservados. El volumen esquelético está relacionado con la cantidad de energía utilizada para la construcción del material esquelético y por lo tanto no es exactamente análogo a la biomasa, pero ambos (volumen y biomasa) están relacionados con la cantidad de energía utilizada (AUSICH, 1981). Según POWELL y STANTON (1985) en los grupos cuyo cuerpo está contenido en una conchilla, la biomasa está directamente relacionada con el volumen de la misma. Por consiguiente, en los fósiles puede establecerse una relación entre el tamaño y el volumen (o biovolumen) y entre éste y la biomasa. Para ello se han propuesto algunos métodos: AUSICH (1981) utiliza el peso del material fósil extraído de la roca; POWELL y STANTON (1985) calculan el volumen («operational biovolume») homologando los distintos fósiles con cuerpos geométricos y aplicando las fórmulas de volumen correspondientes. En el presente trabajo se ha considerado más sencillo operativamente medir directamente el volumen de ejemplares aislados sumergiéndolos en probetas graduadas y midiendo el desplazamiento del agua. Las mediciones se efectuaron en alrededor de 10 ejemplares bien conservados, incluyendo individuos representativos de los tamaños extremos y medios de la población. De estos mismos ejemplares se tomaron medidas lineales (altura, longitud). Con estos datos, volcados en un sistema de coordenadas, se construyeron curvas donde los valores de volumen (expresado en ml) se volcaron sobre la ordenada y los de la medida lineal sobre la abscisa (fig. 3). De este modo, el volumen de los ejemplares que no pudieron ser extraídos de la roca y de los cuales se pudo obtener sólo una medida lineal, se pudo calcular gráficamente. Este procedimiento se realizó con cada una de las especies. La medida lineal se eligió de acuerdo a las características de cada taxón. En los braquiópodos se tomaron los valores de longitud y anchura; se optó finalmente por la curva construida con los datos de anchura, que resultó el más fácil de medir en los ejemplares incluidos en la roca. En los gastrópodos las medidas fueron el diámetro de la base de la espira y la altura de la espira (sólo en los trocoespiralados). En los rostroconchia se midieron la altura y la longitud, en los poríferos el diámetro máximo y en los bryozoos la longitud de cada una de las ramas. Para los trilobites se confeccionaron, con los mismos valores de volumen (tomados a partir

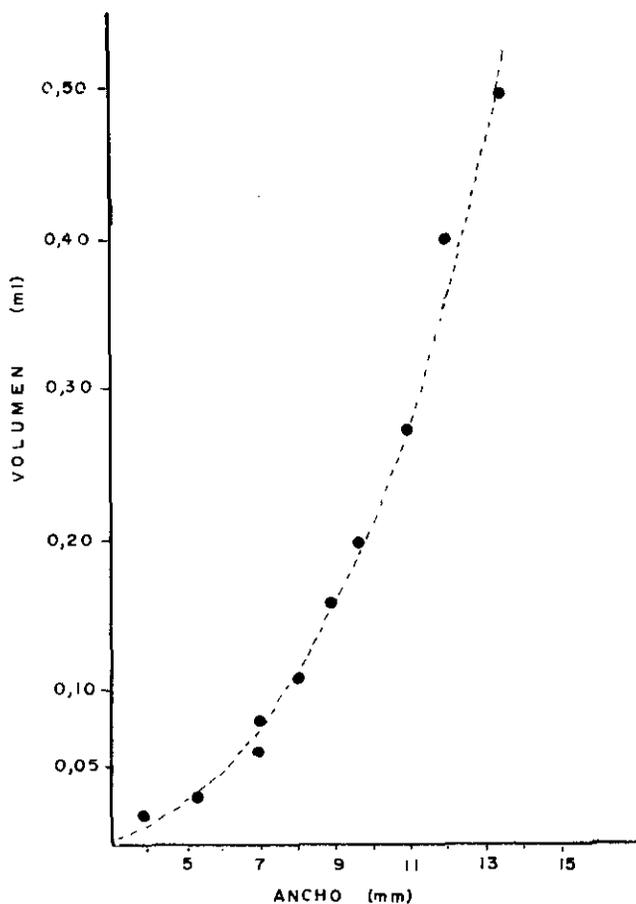


Fig. 3.—Relación entre el volumen y la anchura máxima en 10 ejemplares de *Paralenothis*.

de ejemplares completos) dos sistemas de coordenadas: una para las medidas del pigidio y una para las del cefalón. En braquiópodos, gastrópodos y rostroconchia, el biovolumen está relacionado con la biomasa porque la conchilla contiene al cuerpo; en el caso de los poríferos, teniendo en cuenta los poros y la cavidad central, a los valores de volumen se les disminuyó un tercio para obtener el biovolumen. Los volúmenes de los fragmentos de colonias ramosas de los bryozoos fueron considerados directamente como valores de biovolumen. Los trilobites constituyen el grupo más problemático, ya que el exoesqueleto no envolvía completamente las partes blandas. El biovolumen obtenido para cada ejemplar (igual al volumen medio) es, en consecuencia, tentativo.

Finalmente, debe aclararse que se han incluido los nombres completos sólo de las especies publicadas. Las formas que aparecen como indeterminadas corresponden a material cuyo estudio taxonómico está en realización. Debe tenerse en cuenta que cada forma indeterminada corresponde a una especie distinta. La identificación de los braquiópodos fue realizada por J.L.BENEDETTO y Z.HERRERA. N. VACCARI contribuyó con la determinación de los trilobites.

## ANÁLISIS PALEOECOLÓGICO

A lo largo del perfil se localizaron ocho niveles fosilíferos (C, E, G, H, I, J, K y L, fig. 2) en los que la preservación de la macrofauna permitió reconocer comunidades. La parte inferior de la sección se caracteriza por su escaso material, en ocasiones muy disperso, así como por la presencia de acumulaciones de gastrópodos variados en las que predominan abundantes fragmentos indeterminables de braquiópodos. Tanto estas asociaciones (que pueden considerarse como alóctonas) como los niveles con fósiles escasos y dispersos no se han tenido en cuenta en el estudio de las comunidades. En este tramo inferior sólo se localizó un nivel fosilífero (C) que reúne las condiciones para su tratamiento paleoecológico.

Por debajo de este nivel se recolectaron ejemplares aislados de *Tritoechia* sp., *Leptella* sp., *Ampyx* sp. y gastrópodos euomphalaccos indeterminados. Se localizó asimismo un delgado nivel que contiene una densa acumulación en la que predominan diferentes tipos de gastrópodos (macluritinos indeterminados, Maclurites, pleurotomarinos indeterminados) junto a abundantes fragmentos de valvas de braquiópodos, algunas de las cuales han podido ser identificadas (*Taphrorthis* sp., *Niquivilia extensa*, *Paralenorthis* sp y *Leptella* sp.). Aparecen también restos del trilobite *Annamitella* sp. El grado de fragmentación de las valvas en este nivel indica una intensa remoción, sólo tolerada por las más resistentes conchillas de los gastrópodos.

Es importante mencionar que aproximadamente 20 m por encima del nivel C se hallaron ejemplares del género *Monorthis*, indicador del Arenig alto (HERRERA y BENEDETTO, 1991) (fig. 2).

Por encima, persiste la escasez de macrofauna de los tramos inferiores, y la extracción del material resulta dificultosa. Se han recolectado ejemplares de *Hesperonomia* sp., *Platystrophia fasciculata* y *Annamitella* sp.

Los metros superiores de la unidad, por el contrario, poseen una rica y variada fauna bien preservada que permitió realizar la mayor parte de este estudio. En este intervalo (de aproximadamente unos 20 m de espesor) se locali-

zaron siete niveles fosilíferos (E, G, H, I, J, K y L) cuyas respectivas asociaciones de macrofauna fueron reconocidas como paleocomunidades (fig.2). En las Tablas 1 a 8 se presenta el contenido fosilífero de cada una de las ocho comunidades y sus principales características.

Las comunidades pueden reunirse en dos grupos, caracterizados por su componente principal: un grupo dominado por poríferos (comunidades de los niveles G, H e I) y uno dominado por braquiópodos (comunidades de los niveles C, E, J, K y L) (fig. 4). Estos dos grupos, dominados por taxones pertenecientes a phyla diferentes, señalan la incidencia de un factor abiótico principal, cuya influencia varió a lo largo del tiempo de deposición. Varios autores coinciden en que la turbidez es el principal factor que limita la distribución de los poríferos (DE LAUBENFELS, 1957; RIGBY y AUSICH, 1981; AUSICH, 1983), en tanto que los braquiópodos son afectados principalmente por el tipo de sustrato (AUSICH, 1983). En las comunidades dominadas por poríferos el número y la diversidad de los braquiópodos varía independientemente. El análisis de agrupamiento realizado con las especies de todas las comunidades muestra valores muy bajos de unión entre los poríferos y los braquiópodos más abundantes (*Paralenorthis*, *Petroria*, *Taphrorthis*) (fig. 5) lo que refuerza la idea de que ambos grupos fueron controlados por factores distintos.

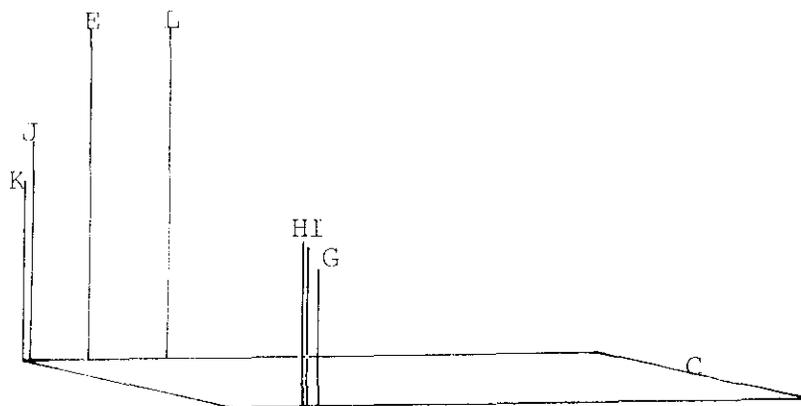


Fig. 4.—Distribución tridimensional de las comunidades (G, H, I: comunidades dominadas por poríferos; C, E, J, K, L: comunidades dominadas por braquiópodos).

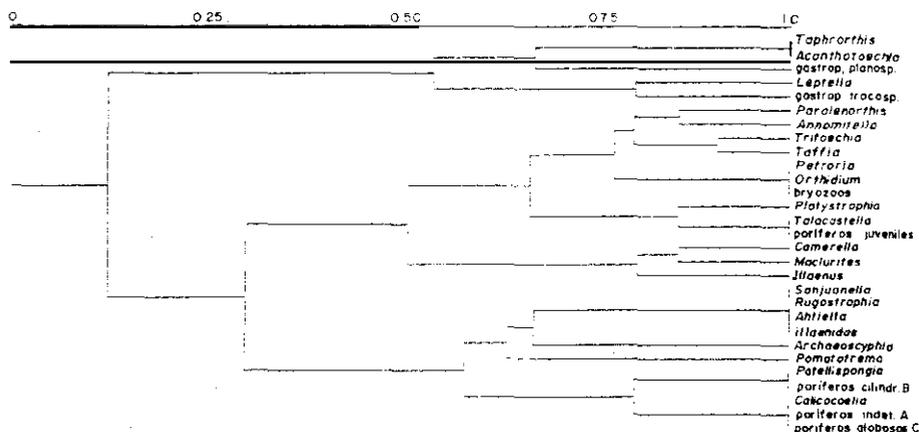


Fig. 5.—Agrupamiento de los taxa presentes en las ocho comunidades estudiadas (tablas 1 a 8). La afinidad se calculó usando el coeficiente de Dice y el agrupamiento se realizó según el método de la media aritmética no ponderada.

### Comunidades de poríferos

Las comunidades de los niveles G, H e I, ubicados en los tramos superiores del perfil, se caracterizan por la notable concentración de poríferos entre los que predominan las formas discoidales a dómicas como *Patellispongia* sp. Si bien este género es abundante en los niveles cuspidales mencionados, su importancia en niveles intermedios de la formación en esta misma localidad (BERESI, 1990) no ha podido ser comprobada.

*Patellispongia* es el género dominante en las tres comunidades y en cada una contribuye con más del 75% del biovolumen total. A pesar de la relativa abundancia de taxones, la existencia de una especie altamente dominante indica que las tres corresponden a comunidades inmaduras (MARGALEF, 1977) o físicamente controladas (SANDERS, 1968) lo que señala condiciones físicas inestables o periodos de estabilidad breves.

La forma discoidal a dómica y el tamaño de *Patellispongia* (el diámetro varía entre 15 y 50 cm) deben haber facilitado su asentamiento en sustratos relativamente blandos. Además, ha sido aprovechada por numerosos organismos como sustrato firme (GUNDRUM, 1979; CARRERA, 1985). Por otra parte, algunas especies (poríferos indeterminados A) presentan proyecciones en forma de raíz («root tuft») que las fijaban al sustrato. La aparición conjunta de estas formas indicaría fondos relativamente blandos.

*Patellispongia* carece de cavidad central, la que está reemplazada por numerosos canales que desembocan en poros prominentes sobre la superficie. Esta estructura compleja actuaría como freno para la brusca entrada del agua en medios de energía moderada a alta. La ausencia de cavidad central confirmaría que estos poríferos han habitado aguas relativamente agitadas, donde los desechos son disipados rápidamente por la corriente (FINKS, 1960).

Hay también poríferos cuya forma se aparta del patrón discoidal: piriformes (poríferos indeterminados A), cilíndricas a cónicas (*Archaeoscyphia*, *Calicocoeilia*, poríferos cilíndricos indet. B) y subglobosas (poríferos globosos indet. C). Las formas elongadas (cilíndricas y piriformes) que poseen amplia cavidad central caracterizan medios de baja energía. Ninguna llega a ser un componente importante en las comunidades estudiadas, lo que indica el control de la energía del medio sobre su emplazamiento.

Las tres comunidades se suceden una a otra sin tramos estériles intercalados. Los intentos de colonización de los poríferos en el nivel inferior (E), donde sólo están representados por formas juveniles (y por eso indeterminables) se concretan en el nivel G (la primera de las comunidades de poríferos). Esto señala la existencia de aguas claras y moderadamente agitadas. Concomitantemente, se produce un decrecimiento del resto de la fauna, especialmente de los braquiópodos y las especies previamente dominantes disminuyen notablemente o desaparecen. Teniendo en cuenta su reaparición en el nivel siguiente (H) (y, en consecuencia, su asociación con los poríferos) su disminución no parece estar ligada a las condiciones de turbidez o energía. Posiblemente los cambios que posibilitaron la instalación de los poríferos afectaron de alguna manera las condiciones del sustrato, lo que causó la retracción de los braquiópodos. El enriquecimiento relativo de la comunidad siguiente (nivel H) indica no sólo la persistencia de las condiciones de baja turbidez sino una estabilización temporal de las condiciones ambientales. El sustrato debe haber sido relativamente firme como para permitir la proliferación de los distintos tipos de braquiópodos (apoyados y semienterrados). Los poríferos, además, sirvieron como superficies de fijación adicionales para gran parte de los braquiópodos pedunculados.

La desaparición de algunos poríferos en el nivel I indica un gradual incremento de la turbidez y posiblemente un aumento de la energía. La disminución de los taxones es más notable entre los braquiópodos, pero las formas que desaparecen son muy poco importantes por lo que su ausencia puede interpretarse como resultado de la acción de factores bióticos (variaciones al azar del emplazamiento de las larvas, por ejemplo) (MILLER, 1986). Los cambios verificados entre las tres comunidades de poríferos pueden ser considerados como reemplazos de comunidades por reorganización (MILLER, 1986).

Los intentos de colonización de los poríferos continuaron pero las condiciones de turbidez no les permitieron alcanzar la etapa adulta (comunidades de los niveles J y K).

### Comunidades de braquiópodos

A excepción de la comunidad del nivel C las comunidades de braquiópodos se caracterizan por *Paralenorthis*. Este género cosmopolita se ha comportado como oportunista y en la mayoría de las comunidades constituye el taxón dominante. En las comunidades dominadas por poríferos es también el principal elemento del grupo de los braquiópodos.

La comunidad del nivel C aparece claramente discriminada del resto de las comunidades de braquiópodos (fig. 4). Se diferencia por el relativamente alto porcentaje de gastrópodos, por la predominancia del braquiópodo *Taphrorthis* y por el bajo valor de la diversidad. No resulta sorprendente que ésta corresponda a una comunidad físicamente controlada (o inmadura) teniendo en cuenta el tramo estratigráfico donde se encuentra, en el cual no se han podido detectar asociaciones que reflejen condiciones estables.

La singularidad de esta comunidad, además, está dada por la presencia de *Taphrorthis*, un género cuyo registro bioestratigráfico se localiza en la parte inferior de la formación, por debajo de la Zona de *Monorthis*.

Las cuatro comunidades restantes son aproximadamente similares. En todas la diversidad es relativamente elevada, los géneros característicos son *Paralenorthis* y *Petroria*, y no existe un taxón cuyo porcentaje alcance el 50 % del total (Tablas 2 a 8). Las diferencias que pueden notarse entre ellas (fig. 4) no están vinculadas a los taxones dominantes, sino que resultan de variaciones en las formas menos importantes. La comunidad del nivel E constituye el primer intento de colonización de una comunidad de braquiópodos diversificada y con mejor acomodamiento biológico, cuya evolución fue interrumpida por la intercalación del intervalo dominado por los poríferos. Las comunidades de los niveles J, K y L se desarrollan luego de este intervalo y en gran medida sus principales integrantes son similares a los del nivel E. El paso de la comunidad del nivel J a la del nivel K puede ser considerado como un reemplazo de comunidades por reorganización (MILLER, 1986) teniendo en cuenta que las variaciones del porcentaje o el reemplazo especie por especie afecta sólo a los taxones de menor importancia (Tablas 6 y 7). El grado de turbidez es similar en ambas, lo que está señalado por los intentos de colonización de poríferos, representados por ejemplares juveniles. La comunidad del nivel del tope (L) muestra un empobrecimiento tanto de la riqueza específica como del valor total de su biovolumen. Además presenta una variación a nivel de taxones mayores por la reaparición de los gastrópodos. Las similitudes de esta comunidad

con las anteriores (niveles J y K) permitirían considerarla como una comunidad relictual en el sentido de ROLLINS y DONAHUE (1975), lo que indicaría una somerización del área de sedimentación.

## LOS CAMBIOS AMBIENTALES EN EL PERFIL DE TALACASTO

Como se ha expuesto, a lo largo del perfil estudiado la importancia y la diversidad de la macrofauna varían ampliamente. La escasez de fósiles y la predominancia de los gastrópodos en los tramos inferiores de la sección sugieren una etapa de aguas someras. Los niveles con faunas de braquiópodos dispersos y la presencia del nivel C, aunque pobres en relación a las comunidades de braquiópodos del tramo superior, señalan oscilaciones periódicas de la profundidad del agua. Esta relativa escasez de macrofauna se evidencia también en el intervalo que contiene la Zona de *Monorthis*, que se correlaciona con la Zona de *Didymograptus hirundo* (HERRERA y BENEDETTO, 1991), la que, según la zonación británica, corresponde al Arenig tardío. La somerización durante la deposición de los niveles que contienen la Zona de *Monorthis* ha sido reconocida ya por CAÑAS y CARRERA (en prep.) en otras localidades de la cuenca de Precordillera, por lo que cabe pensar que tuvo alcance general. Las comunidades del tramo superior de la formación indicarían una inundación de la cuenca, cuyo comienzo está documentado por la aparición de la primera comunidad diversificada de braquiópodos (nivel E). Este intervalo superior corresponde a la Zona de *Antiella* (HERRERA y BENEDETTO, 1991) (fig. 2) y a la Zona de *Pygodus serra* (LOZANO y HUNICKEN, 1991), indicadoras ambas del Llanvirn. Esta etapa de inundación ha sido identificada también por Astini (1991). La comunidad del nivel L señalaría una breve etapa de somerización, posiblemente por oscilaciones del nivel marino.

Las etapas de somerización e inundación mencionadas coinciden con el evento global de descenso-ascenso relativos del nivel del mar reconocido por FORTEY (1984) para el límite Arenig-Llanvirn. La fase regresiva se localiza a fines del Arenig (Zona de *D. hirundo*) mientras que el comienzo de la fase de inundación corresponde al Llanvirn. El origen eustático de este evento, tal como lo propusiera ese autor, ha sido corroborado posteriormente por CHLUPAC y KUKAL (1988) a partir de estudios del Paleozoico inferior de Europa central.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos manifestar nuestro agradecimiento a los doctores J. L. BENEDETTO, Z. HERRERA y N. E. VACCARI, de la Universidad Nacional de

Córdoba, por su colaboración en la identificación de braquiópodos y trilobites. El presente trabajo ha sido realizado gracia al apoyo del Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Provincia de Córdoba (CONICOR) (Subsidio n.º 2011) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (Subsidio PID n.º 3106700/88).

### BIBLIOGRAFIA

- ASTINI, R. (1991): *Paleoambientes sedimentarios y secuencias depositacionales del Ordovícico clásico de la Precordillera Argentina*. Universidad Nacional Córdoba, Tesis Doctoral (Inéd.)
- AUSICH, W. I. (1981): Biovolume revisited: A relative diversity index for paleoecological analyses. *Ohio Journal of Science*, **81** (6): 268-274.
- AUSICH, W. I. (1983): Component for the study of paleocommunities with a example from the Early Carboniferous of Southern Indiana (USA). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **44**: 251-288.
- BENEDETTO, J. L. (1987): Braquiópodos clitambonitáceos de la Formación San Juan (Ordovícico temprano) Precordillera argentina. *Ameghiniana*, **24** (1-2): 95-108.
- BENEDETTO, J. L., y Z. HERRERA (1986): Braquiópodos del Suborden Strophomenidina de la Formación San Juan (Ordovícico temprano), Precordillera argentina. *IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, **I**: 113-124; Mendoza.
- BENEDETTO, J. L., y Z. HERRERA (1987): El género *Platystrophia* King (Brachiopoda) en la Formación San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, **24** (1-2): 51-59.
- BENEDETTO, J. L., y Z. HERRERA (en prensa). New Early Ordovician Leptellinae (Brachiopoda) from the San Juan Formation, West-Central Argentina. *Ameghiniana*.
- BERESI, M. (1981): Fauna y ambiente en los sedimentos carbonáticos arenigianos de Talacasto (San Juan). *VIII Congreso Geológico Argentino*, **II**: 399-417; San Luis.
- BERESI, M. (1985): Capas con *Archaeoscyphia* (Porífera) en los sedimentos carbonáticos ordovícicos de la Precordillera de San Juan. *Primeras Jornadas Geológicas de Precordillera*, San Juan, p.p.99-102.
- BERESI, M. (1986): *Paleoecología y biofacies de la Formación San Juan al Sur del paralelo 30° S, Precordillera de San Juan*. Universidad Nacional San Juan, Tesis Doctoral (Inéd.).
- BERESI, M. (1990): Las esponjas como indicadores paleoecológicos de la Formación San Juan, Precordillera. *V Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, **I**: 19-24; Tucumán.
- CARRERA, M. (1985): Descripción de algunos poríferos de la Formación San Juan (Ordovícico) Provincia de San Juan. *Reunión Comunicaciones Paleontológicas, Asociación Paleontológica Argentina*, San Juan, pp. 41-42.

- CARRERA, M. (1986): *Estratigrafía y paleontología en el área de la Quebrada del Río Gualcamayo, sector de Vallecitos, al norte de la Provincia de San Juan*. Universidad Nacional Córdoba, Trab. Final de Grado (Inéd.).
- CHLUPAC, I., y Z. KUKAL (1988): Possible global events and the stratigraphy of the Palaeozoic of the Barrandian (Cambrian Middle Devonian, Czechoslovakia). *Sbor. geol. ved., Geologie* **43**: 83-145.
- DE LAUBENFELS, M. (1957): Marine sponges. *Geological Society of America Memoir* **67**, vol 1: 1083-1086.
- FINKS, R. (1960): Late Paleozoic sponge fauna of the Texasregion. *American Museum Natural History Bulletin* **120**, art. 1, 160 pp.
- FORTEY, R. A. (1984): Global earlier Ordovician transgressions and regressions and their biological implications. En: Bruton, D. L. (Ed.) *Aspectos on the Ordovician System, Palaeontological Contributions University Oslo*, **295**: 37-50.
- GUNDRUM, L. (1979): Demosponges as substrates: an example from Pennsylvanian of North America. *Lethaia* **12** (2):105-119.
- HERRERA, Z. y J. L. BENEDETTO, (1991): «Early Ordovician brachiopod faunas of the Precordillera basin, Western Argentina: Biostratigraphy and paleobiogeographical affinities.» En: D. I. MACKINNON, D. E. LEE y J. D. CAMBELL (Eds.) «Brachiopods through time». A. A. *Balkema*. pp: 283-302.
- HÜNICKEN, M. (1982): «Zona de Oepikodus evae en la Formación San Juan, Quebrada de Talacasto, Precordillera central» *V Congreso Geológico Latinoamericano, Buenos Aires*. **1**: 797-802.
- JAMES, N. (1984): Reefs. En: WALKER, R. (Ed.) «Facies models», *Geosciences, Canadá*, 2nd, ed.
- KLAPPA, C. y N. JAMES. (1980): «Small lithistid sponge bioherms, early Middle Ordovician Table head Crapu, Western Newfoundland. *Bulletin Canadian Petroleum Geologists*, **28**: 425-451.
- LOZANO, B. y M. HUNICKEN. (1991): «Conodonts and biostratigraphy of the San Juan Formation (Arenigian-Llanvirnian) in the Quebrada of Talacasto, Ullum Department, San Juan Province, Argentina». *1st Latin American Conodont symposium, LACON-I*. **2**: 101-103.
- MARGALEFF, R. (1977): «Ecología». *Ed. Omega, Barcelona*, 951 pp.
- MILLER, W. III. (1986): «Palaeoecology of benthic community replacement». *Lethaia*, **19**: 225-231.
- PALMER, T. y F. FÜRSICH. (1991): «Ecology of sponge reefs from the Middle Jurassic of Normandy». *Palaeontology*, **24**: 1-23.
- POWELL, E. N. y R. J. STANTON. (1985): «Estimating biomass and energy flow of molluscs in palaeo-communities». *Palaeontology*, **28**: 1-23.
- RHOLF, F. J. (1987): «Numerical taxonomy and multivariate analysis system for the IBM PC microcomputer. Version 1.10». *Exeter Publ. Ltd.*

- RIGBY, J. K. y W. I. AUSICH. (1981): «Lower Mississippian sponges from the Edwardsville Formation, Southern Indiana». *Journal of Paleontology*, **55**: 370-382.
- ROLLINS, H. B., y J. DONHAUE. (1975): «Towards a theoretical basis of paleoecology: concepts fo community dynamics». *Lethaia*, **8**: 255-270.
- SANCHEZ, T. M. (1985): «La presencia de la Familia Eopteriidae (Molusca, Rostroconchia) en la Formación San Juan (Ordovícico inferior) de la Precordillera argentina» *IV Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía, Mendoza*. **1**: 127-131.
- SANDERS, H. L. (1968): «Marine benthic diversity: A comparative study». *The American Naturalist*, **102**: 243-282.
- STAFF, G., E. N. POWELL. R. J. STANTON y H. CUMMINS. (1985: «Biomass: Is is a useful tool in paleocommunity reconstruction?» *Lethaia*, **18**: 209-232.
- TOFFOLO, S. G. (1990): «Palontología y paleoecología de la fauna de la Formación San Juan (Ordovícico) en la Quebrada de Talacasto, Provincia de San Juan. Univ. Nac. Córdoba». *Trabajo final de Grado* (Inéd.).
- VACCARI, N. E., B. WAISFELD y M. CARRERA. (1986): «Nuevos trilobites de la Formación San Juan (Ordovícico temprano), Precordillera de San Juan y La Rioja». *IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Mendoza*, **1**: 89-97.
- WIEDMAN, L. A. (1984): «Reproducibility of biovolumetric parameters in community reconstruction». *Ohio Journal of Sciences*, **84** (3):98-102.
- WILSON, J. (1975): «Carbonate facies in geologic history» *Springer Verlag, New York*, 170 pp.

TABLA 1  
**Datos de la comunidad del nivel C**

<i>(Upgma). Taxa</i>	<i>ejempl.</i>	<i>N.º (ml.)</i>	<i>% biovolumen</i>
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Taphrorthis</i> sp. ....	107	23,00	69,8
<i>Acanthotoechia</i> sp. ...	9	0,59	1,8
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	3	0,60	1,8
<i>Laptella</i> sp. ....	1	0,30	0,9
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 74,3%			
<b>GASTROPODOS</b>			
<i>Planosp.</i> indet. ....	13	6,07	18,4
<i>Trocosp.</i> indet. ....	5	1,40	4,2
BIOVOLUMEN DE GASTROPODOS: 22,6%			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	1	1,00	3,0
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 32,86			
DIVERSIDAD: 0,99			
NUMERO DE ESPECIES: 7			

TABLA 2  
**Datos de la comunidad del nivel E**

Taxa	N. <sup>o</sup> ejempl.	Biovolumen (ml.)	% biovolumen
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	89	37,51	33,94
<i>Petroria rugosa elevata</i>			
BENED. y HERR. ..	78	39,98	36,17
<i>Orthidium</i> sp. ....	19	1,11	1,0
<i>Tritoechia</i>			
<i>inaequicostata</i>			
BENED. ....	8	6,1	5,52
<i>Taffia</i> sp. ....	7	2,2	1,99
<i>Camerella</i> sp. ....	3	0,45	0,41
<i>Leptella</i> sp. ....	3	1,5	1,36
<i>Platystrophia</i>			
<i>fasciculata</i>			
BENED. y HERR.	1	0,32	02,9
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 80,68%			
<b>ROSTROCONCHIA</b>			
<i>Talacastella Herrerari</i>			
SANCH. ....	2	1,8	1,63
<b>GASTROPODOS</b>			
<i>Maclurites</i> sp. ....	3	2,85	2,58
<i>Trocosp.</i> indet. ....	6	2,1	1,90
BIOVOLUMEN DE MOLUSCOS: 6,11%			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Illaenus</i> sp. ....	2	2	1,81
<i>Annamitella</i> sp. ....	3	5,4	4,89
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 6,7%			
<b>PORIFEROS</b>			
Juveniles indet. ....	5	6,8	6,15
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos indet. ....	(fragmentos)	0,40	0,36
BIOVOLUMEN TOTAL: 110,52 ml.			
DIVERSIDAD: 1,77			
NUMERO DE ESPECIES: 15			

TABLA 3  
 Datos de la comunidad del nivel G

<i>Taxa</i>	<i>N.º ejemp.</i>	<i>Biovolumen (ml.)</i>	<i>% biovolumen</i>
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	28	8,31	0,62
<i>Petroria rugosa elevata</i>			
BENED. y HERR. ...	1	0,50	0,04
<i>Orthidium</i> sp. ....	1	0,065	0,005
<i>Camerella</i> sp. ....	1	0,15	0,01
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 0,68%			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Iliaenus</i> sp. ....	2	1,50	0,11
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 0,11%			
<b>GASTROPODOS</b>			
<i>Maclurites</i> sp. ....	3	2,70	0,20
<i>Trocosp.</i> indet. ....	3	0,70	0,05
BIOVOLUMEN DE GASTROPODOS: 0,25%			
<b>PORIFEROS</b>			
<i>Patellispongia</i> sp. ....	5	1.150,80	86,32
<i>Calicocoelia</i> sp. ....	1	20	1,50
Cilind. indet. B ....	2	6	0,45
Indet. A ....	1	34	2,55
Glob. indet. C ....	4	106,7	8
BIOVOLUMEN DE PORIFEROS: 98,81%			
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos Indet. ....	(escasos)	0,14	0,01
BIOVOLUMEN TOTAL: 1.331,56 ml			
DIVERSIDAD: 0,57			
NUMERO DE ESPECIES: 13			

TABLA 4  
**Datos de la comunidad del nivel H**

<i>Taxa</i>	<i>N.º ejemp.</i>	<i>Biovolumen (ml.)</i>	<i>% biovolumen</i>
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenortis</i> sp. ....	206	61,58	1,42
<i>Petroria rugosa elevata</i>			
BENED. y HERR. ..	23	11,79	0,27
<i>Taffia</i> sp. ....	18	9,22	0,21
<i>Tritoechia</i>			
<i>inaequicostat A</i>			
BENED. ....	17	12,35	0,28
<i>Sanjuanella</i> sp. ....	14	10,60	0,24
<i>Rugostrophia</i> sp. ....	10	17,80	0,41
<i>Platystrophia</i>			
<i>fasciculata</i>			
BENED. y HERR. ....	8	2,50	9,06
<i>Orthidium</i> sp. ....	7	0,40	0,009
<i>Camerella</i> sp. ....	6	1,05	0,02
<i>Pomatotrema</i>			
<i>talacastoensis</i>			
BENED. ....	5	1,44	0,03
<i>Ahtiella</i> sp. ....	1	0,60	0,01
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 2,97%			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	12	19,50	0,45
<i>Iliaenidos</i> indet. ....	7	3,70	0,09
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 0,54%			
<b>PORIFEROS</b>			
<i>Patellispongia</i> sp. ....	17	3.268,60	75,20
<i>Archaeoscyphia</i> sp. ...	12	520,0	12,0
<i>Calicocoelia</i> sp. ....	5	114,6	2,64
Cilind. ind. B ....	10	45,3	1,0
Glob. ind. C ....	4	185,3	4,26
Indet. A ....	1	16,0	0,39
BIOVOLUMEN DE PORIFEROS: 95,50%			
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos indet. ....		3,15	0,07
BIOVOLUMEN TOTAL: 4.305,48 ml. DIVERSIDAD: 0,96 NUMERO DE ESPECIES: 20			

TABLA 5  
 Datos de la comunidad del nivel I

<i>Taxa</i>	<i>N.º ejemp.</i>	<i>Biovolumen (ml.)</i>	<i>% biovolumen</i>
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	54	16,1	2,01
<i>Tritoechia inaequicostata</i>			
BENED. ....	5	3,8	0,48
<i>Camerella</i> sp. ....	5	0,85	0,11
<i>Taffiu</i> sp. ....	1	0,30	0,04
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 2,64%			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	3	5,2	0,65
<i>Illaenus</i> sp. ....	2	1,5	0,19
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 0,84%			
<b>GASTROPODOS</b>			
<i>Maclurites</i> sp. ....	1	0,9	0,11
<b>PORIFEROS</b>			
<i>Patellispongia</i> sp. ....	5	700	87,5
<i>Archaeoscyphia</i> sp. ...	2	66	8,25
Cilind. ind. B ....	1	6	0,75
BIOVOLUMEN DE PORIFEROS: 95,5%			
BIOVOLUMEN TOTAL: 800,65 ml.			
DIVERSIDAD: 0,53			
NUMERO DE ESPECIES: 10			

TABLA 6  
 Datos de la comunidad a nivel J

Taxa	N. <sup>o</sup> ejempl.	Biovolumen (ml.)	% biovolumen
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	58	17,34	36,36
<i>Petroria rugosa elevata</i> BENED. y HERR. ..	20	10,34	21,68
<i>Orthidium</i> sp. ....	20	1,08	2,26
<i>Tritoechia</i> <i>inaequicostata</i> BENED. ....	3	2,35	4,93
<i>Taffia</i> sp. ....	2	1,1	2,31
<i>Platystrophia fasciculata</i> BENED. y HERR. ..	1	0,35	0,73
<i>Pomatotrema</i> <i>talacastoensis</i> BENED. ....	1	0,35	0,73
BIOVOLUMEN PARCIAL DE BRAQUIOPODOS: 68,96 %			
<b>ROSTROCONCHIA</b>			
<i>Talacastella herrerari</i> SANCH. ....	3	3,0	6,29
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	1	1,6	3,36
<b>PORIFEROS</b>			
Juveniles indet. ....	7	9,8	20,55
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos indet. ....	(escasos)	0,40	0,84
BIOVOLUMEN TOTAL: 47,69 ml. DIVERSIDAD: 1,75 NUMERO DE ESPECIES: 11			

TABLA 7  
 Datos de la comunidad del nivel K

Taxa	N.º ejempl.	Biovolumen (ml.)	% biovolumen
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	32	9,56	31,36
<i>Petroria rugosa elevata</i>			
BENED. y HERR. ...	12	6,15	20,17
<i>Orthidium</i> sp. ....	11	0,61	2,0
<i>Platystrophia</i>			
<i>fasciculata</i>			
BENED. y HERR.	2	0,70	2,29
<i>Tritoechia</i>			
<i>inaequicostata</i>			
BENED. ....	1	0,60	1,97
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 57,79 %			
<b>ROSTROCONCHIA</b>			
<i>Talacastella herrerari</i>			
SANCH. ....	3	3,0	9,84
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	1	1,6	5,35
BIOVOLUMEN DE TRILOBITES: 7,71 %			
<b>PORIFEROS</b>			
Juveniles indet. ....	5	6,8	22,30
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos indet. ....	(escasos)	0,70	2,29
BIOVOLUMEN TOTAL: 30,47 ml. DIVERSIDAD: 1,83 NUMERO DE ESPECIES: 10			

TABLA 8  
 Datos de la comunidad del nivel L

<i>Taxa</i>	<i>N.º ejempl.</i>	<i>Biovolumen (ml.)</i>	<i>% biovolumen</i>
<b>BRAQUIOPODOS</b>			
<i>Paralenorthis</i> sp. ....	22	6,3	29,42
<i>Petroria rugosa elevata</i> BENED. y HERR. ...	9	4,6	21,48
<i>Tritoechia</i> <i>inaequicostata</i> BENED. ....	4	3,0	14,00
<i>Orthidium</i> sp. ....	3	0,13	0,61
<i>Taffia</i> sp. ....	2	1,0	4,67
BIOVOLUMEN DE BRAQUIOPODOS: 70,2 %			
<b>TRILOBITES</b>			
<i>Annamitella</i> sp. ....	3	4,0	18,68
<b>GASTROPODOS</b>			
Planosp. indet. ....	2	2,0	9,34
<b>BRIOZOOS</b>			
Ramosos indet. ....	(escasos)	0,40	1,87
BIOVOLUMEN TOTAL: 21,43 ml. DIVERSIDAD: 1,74 NUMERO DE ESPECIES: 8			