

Short Communication

Registro tafonómico de *Ammonia beccarii* (Linné, 1758) (Protozoa: Foraminiferida) en la Ensenada Quillaípe, Chile

Leonardo Fernández^{1,2} & Jaime Zapata³

¹Departamento de Acuicultura y Recursos Acuáticos, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile

²Centro de Estudios en Biodiversidad (CEBCh), Magallanes 1979, Osorno, Chile

³Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile

RESUMEN. Los foraminíferos están siendo utilizados para reconstruir los cambios producidos en el nivel del mar durante el Holoceno. Esto se realiza mediante la comparación de la distribución de las comunidades actuales con las fósiles. Sin embargo, los taxa calcáreos pueden ser afectados por procesos tafonómicos que provocan el deterioro y/o su desaparición, lo que puede conducir a una errada interpretación paleoambiental. En este trabajo, se registra el efecto producido *in situ* por el pH sobre el caparazón calcáreo y sobre la distribución vertical y horizontal del foraminífero *Ammonia beccarii*, entregando de esta forma información de línea base para futuros estudios paleoambientales y ecológicos. Al considerar a *A. beccarii* como herramienta paleoambiental se determinó que posee la ventaja de tener una clara distribución vertical y horizontal, lo cual, es congruente con los patrones encontrados en otras zonas del globo. Contrariamente, presenta la desventaja de ser afectada por procesos tafonómicos que pueden provocar incluso la completa desaparición del caparazón. Esto debe ser tomado en consideración cuando sus poblaciones sean utilizadas para reconstrucciones paleoambientales.

Palabras clave: *Ammonia beccarii*, foraminíferos, tafonomía, epipélico, endopélico, Chile.

Taphonomy of *Ammonia beccarii* (Linné, 1758) (Protozoa: Foraminiferida) in the Quillaípe Inlet, Chile

ABSTRACT. Foraminifers are being used to reconstruct changes in sea level during the Holocene. This is done by comparing the distribution of current communities with the fossils ones. However, calcareous taxa may be affected by taphonomic processes that cause deterioration and/or disappearance, which may lead to erroneous paleoenvironmental interpretation. The aim of this paper is to register the vertical and horizontal distribution and taphonomic effect produced by the pH *in situ* over the calcareous foraminifera *Ammonia beccarii*. Considering *A. beccarii* as a paleoenvironmental tool has the advantage of having a clear vertical and horizontal distribution, which is consistent with the patterns found around the world. On the other hand, it has the disadvantage of being affected by taphonomic processes that can cause the complete disappearance of the shell. This should be taken into consideration when their populations are used for paleoenvironmental reconstructions.

Keywords: *Ammonia beccarii*, foraminifera, taphonomy, epipellic, endopelic, Chile.

Corresponding author: Leonardo Fernández (limnoleo@gmail.com)

Los foraminíferos que habitan en la zona intermareal de las marismas salobres, están siendo utilizados para reconstruir los cambios producidos en el nivel del mar durante el Holoceno (e.g. Gehrels & Newman, 2004; Duchemin *et al.*, 2005; Tobin *et al.*, 2005; Boomer &

Horton, 2006; Horton & Edwards, 2006). Esto se debe a que son pequeños (63-500 μm), abundantes, cosmopolitas y presentan distribuciones horizontales que están en directa relación con las fluctuaciones mareales (Horton & Edwards, 2005). La metodología

utilizada se conoce como Función de Transferencia y se realiza comparando estadísticamente las distribuciones verticales de las comunidades contemporáneas y fósiles, bajo el supuesto de que las primeras reproducen fielmente la distribución de las segundas en la columna de sedimento (Berkeley *et al.*, 2007).

Para obtener resultados confiables con esta metodología algunos investigadores (Patterson *et al.*, 1999; Edwards & Horton, 2000) sugieren considerar a las comunidades contemporáneas que se encuentran sobre el sedimento (epipélicas, 1 cm superior) y las que se distribuyen en la columna de sedimento (endopélicas, primeros 10 cm), pues, se han identificado diferencias en su composición. Consecuentemente, se debe considerar también su producción y procesos tafonómicos al momento de hacer interpretaciones paleoambientales (Berkeley *et al.*, 2007).

Una de las principales consecuencias de los procesos tafonómicos es la degradación de los caparazones calcáreos, lo cual, está estrechamente relacionado al pH (Krauskopf & Bird, 1995). Por lo tanto, una variación de este parámetro puede modificar la proporción y preservación de los caparazones de ejemplares muertos en la columna de sedimento, lo que puede conducir a interpretaciones paleoambientales erróneas (Cummins *et al.*, 1986).

Un género cosmopolita de foraminífero calcáreo, generalmente dominante en zonas litorales y comúnmente registrado en estudios relacionados con los cambios en el nivel del mar es *Ammonia*. Este se puede encontrar en ambientes costeros, aguas marinas someras, ambientes intermareales y aguas salobres (Murray, 1991).

Dentro de este contexto, el objetivo de este artículo es examinar *in situ* el efecto producido por el pH sobre el caparazón calcáreo y sobre la distribución vertical y horizontal del foraminífero *Ammonia beccarii* entregando de esta forma información de línea base para futuros estudios paleoambientales y ecológicos en el lugar.

Este estudio se realizó en mayo del 2007, en el intermareal de la Ensenada Quillaípe (41°32'S, 72°44'W), punto ubicado a 17 km al oriente de Puerto Montt. El lugar tiene una pendiente de 180 cm y está influenciado por una marea semidiurna, con un rango cercano a los 4 m en pleamar de sicigia (Fig. 1). En el área intermareal es posible determinar dos zonas; una vegetada (marisma) con dominio de flora vascular perenne hemcriptofítica (*e.g.* *Anagallis alternifolia*, *Puccinellia glaucescens*) (San Martín & Ramírez, 2002) y una carente de vegetación (llanura de marea). En el lugar se realizó una transecta (1700 m)

perpendicular a la línea de marea de 20 estaciones, separadas entre sí por 85 m, ubicándose la estación 1 en el límite inferior del intermareal y la estación 20 en el límite superior. Desde cada estación se extrajo, mediante un tubo metálico de acero (Scott & Medioli, 1980), un núcleo de sedimento de 12 cm de altura, el cual, fue dividido en tres segmentos de 4 cm cada uno (A: superior, B: medio, C: inferior) los que fueron fijados al instante con etanol al 98%. Adicionalmente, se midió en cada estación el pH en el agua acumulada en la cavidad dejada por el núcleo (De Rijk, 1995). En el laboratorio, las muestras se tiñeron con Rosa de Bengala y fueron tratadas según el procedimiento entregado por Zapata *et al.* (2007). Luego, desde cada segmento se extrajeron 3 g de muestra seca y se contaron todos los ejemplares de *A. beccarii*, vivos (teñidos) y muertos (sin teñir). Finalmente, algunos ejemplares se fotografiaron con un microscopio electrónico de barrido modelo JEOL JSM-6380, operando a 20 kV.

Sólo en las estaciones ubicadas en la llanura de marea (estaciones 1 a 10) se encontraron ejemplares de *A. beccarii*. La ausencia de individuos vivos o muertos en las estaciones pertenecientes a la marisma podría deberse a que en la zona vegetada la solubilidad del carbonato que forma los caparazones es alta y parece estar controlada en cierto grado por el flujo de materia orgánica, la que al ser oxidada incrementa la producción de ácidos carbónico, nítrico y sulfúrico (Schafer, 2000). Igualmente, otros autores han registrado la ausencia de foraminíferos calcáreos vivos y la casi nula preservación *post mortem* de los caparazones en las marismas (Scott & Medioli, 1980; Jonasson & Patterson, 1992; Murray & Alve, 1999). En la llanura de marea se encontraron individuos vivos en todos los segmentos de las estaciones, excepto en el segmento C de las estaciones 1, 3, 4, 6, 8 y 9 (Tabla 1). Esto estaría indicando que *A. beccarii*, si bien, no siempre se distribuyó en todos los segmentos, sería una especie con distribución vertical epipélica-endopélica capaz de sobrevivir en sedimentos superficiales y subsuperficiales en un rango de pH de 6,2 a 7,0. Esto es consistente con lo concluido por Debenay *et al.* (1998), quienes señalan a *A. beccarii* como una especie epipélica-endopélica en los ambientes salobres del hemisferio norte. presentes en todos los segmentos de las estaciones de la llanura de marea, pero exhibiendo diferentes estados de conservación (Fig. 2). Así, algunos estaban bien conservados, otros presentaron destrucción de las últimas cámaras, destrucción casi completa del caparazón con presencia sólo de las paredes interloculares, hasta la descalcificación total, quedando visible únicamente la capa orgánica interna.

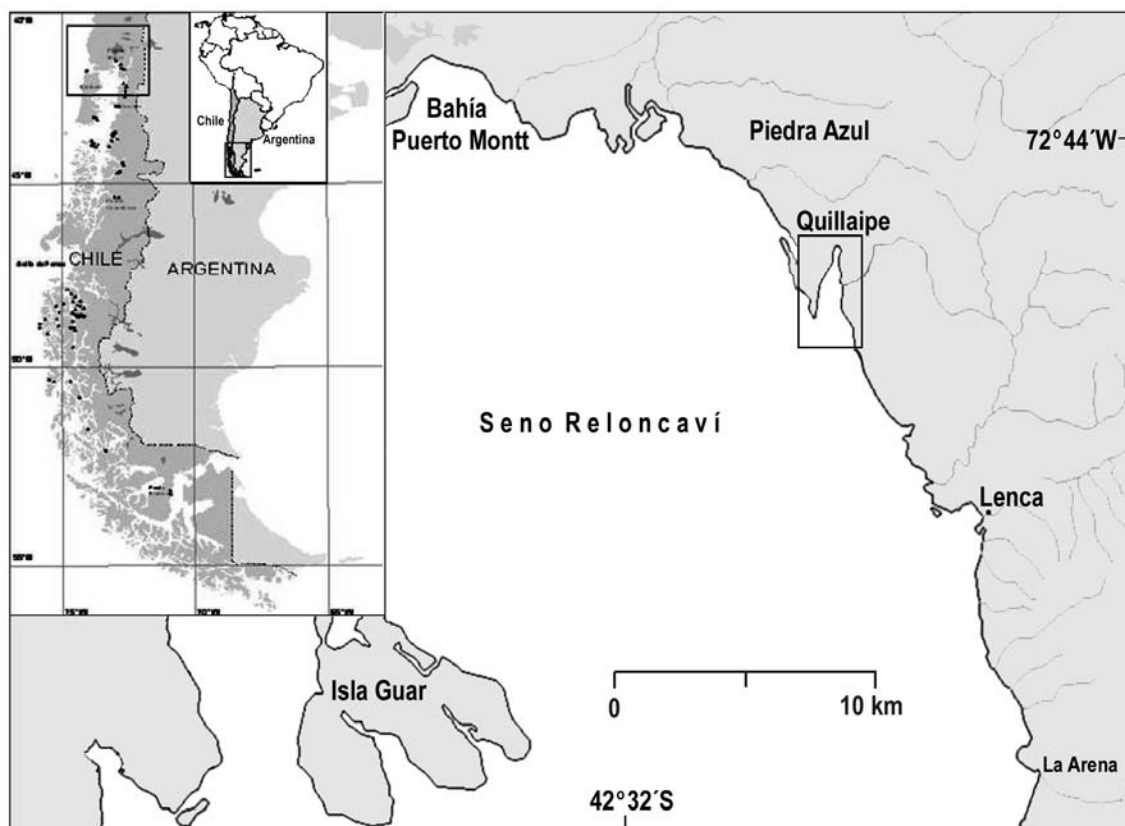


Figura 1. Ubicación de la Ensenada de Quillaipe, Región de Los Lagos, Chile.

Figure 1. Quillaipe Inlet, Los Lagos Region, Chile.

Tabla 1. Distribución vertical y horizontal de los ejemplares vivos y muertos de *A. beccarii* en la Ensenada Quillaipe.

Table 1. Vertical and horizontal distribution of live and dead specimens of *A. beccarii* in Quillaipe Inlet.

| Estación | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| pH | 6,2 | 6,5 | 6,8 | 6,6 | 6,8 | 7,0 | 6,9 | 7,0 | 7,2 | 6,9 |
| Segmentos | Vivos | | | | | | | | | |
| A | 8 | 12 | 20 | 18 | 29 | 36 | 35 | 31 | 42 | 53 |
| B | 2 | 4 | 5 | 8 | 12 | 13 | 6 | 7 | 19 | 16 |
| C | --- | 3 | --- | --- | 8 | --- | 14 | --- | --- | 6 |
| Total | 10 | 19 | 25 | 26 | 49 | 49 | 55 | 38 | 61 | 75 |
| | Muertos | | | | | | | | | |
| A | 4 | 6 | 2 | 7 | 4 | 5 | 17 | 6 | 9 | 4 |
| B | 2 | 9 | 5 | 3 | 10 | 2 | 9 | 4 | 3 | 8 |
| C | 3 | 5 | 3 | 2 | 6 | 1 | 4 | 2 | 5 | 3 |
| Total | 9 | 20 | 10 | 12 | 20 | 8 | 30 | 12 | 17 | 15 |

Esta última situación, disolución total del caparazón, se observó en las estaciones 1-5, 7 y 10 (pH siempre < 7). Se esperaba que sólo las estaciones con valores de pH más bajos hubieran presentado individuos

totalmente descalcificados; sin embargo, la presencia de individuos en este estado en la mayoría de las estaciones estaría sugiriendo que el tiempo de permanencia de los caparazones a un pH determinado

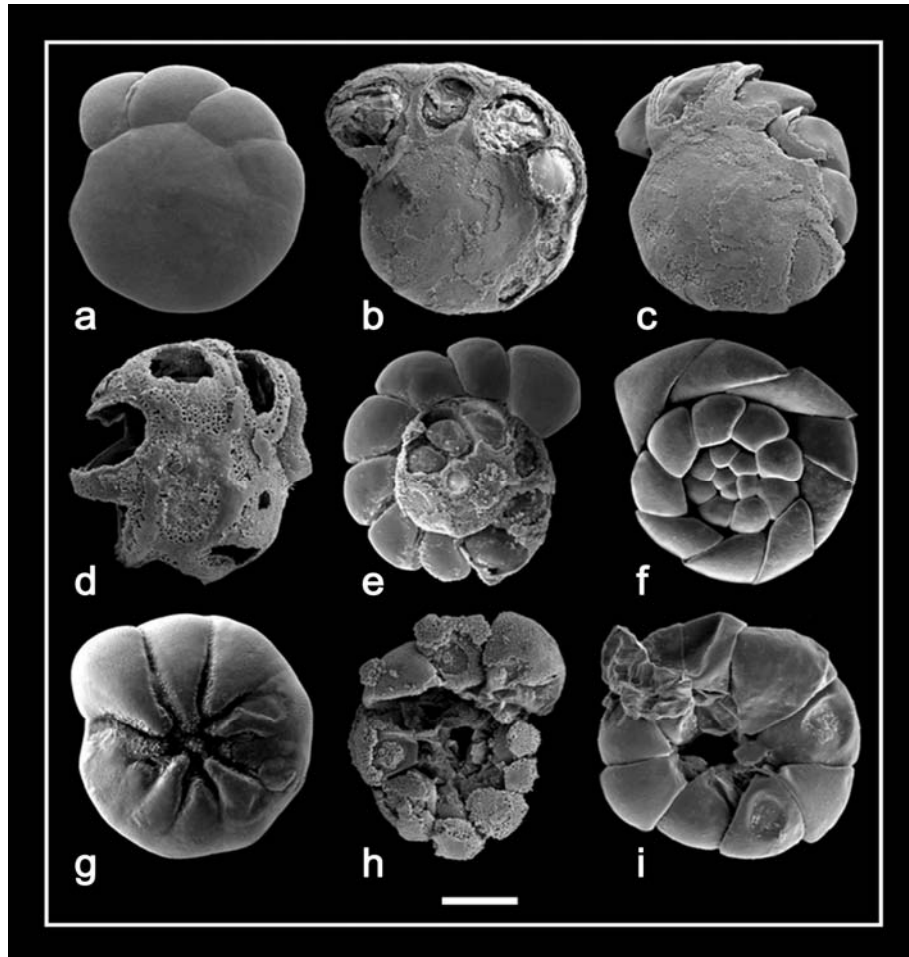


Figura 2. Vista dorsal (Figs. 2a-2f) y ventral (Figs. 2g-2i) de *A. beccarii*. Caparazones completos (Figs. 2a y 2g); caparazones mostrando un progresivo aumento en la tasa de disolución (Figs. 2a-2e y 2h); caparazones con una disolución total de su pared calcárea (Figs. 2f y 2i); caparazón sin cubierta orgánica interna debido probablemente a la acción bacteriana (Fig. 2d). La barra de la escala es equivalente a 100 μm .

Figure 2. Dorsal (Figs. 2a-2f) and ventral view (Figs. 2g-2i) of *A. beccarii*. Entire shells (Figs. 2a y 2g); shells showing a progressive increase in the rate of dissolution (Figs. 2a-2e and 2h); shells with total dissolution of calcareous wall (Figs. 2f and 2i); shells without organic inner lining probably due to bacterial action (Fig. 2d). The scale bar is equivalent to 100 μm .

también jugaría un rol importante en este fenómeno tafonómico. Esta última idea está sustentada por los resultados obtenidos por Le Cadre *et al.* (2003) en un experimento *ex situ*. Ellos sometieron a *A. beccarii* a diferentes valores de pH y observaron que a pH 7,0 el caparazón se ponía opaco (primer estado de descalcificación), a los 15 días quedaban sólo las paredes interoculares y si el pH se bajaba a un valor de 6,5 a los 35 días el caparazón calcáreo se disolvía totalmente, con excepción de la cubierta orgánica interna.

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman que los individuos vivos de *A. beccarii*, presentan en

la Ensenada Quillaiepe una distribución vertical y horizontal que coincide con la encontrada en otras zonas del globo. En primer lugar su distribución vertical sería epipélica-endopélica, encontrándose al menos hasta los 12 cm superficiales del sedimento y en segundo lugar se distribuiría horizontalmente sólo en la zona carente de vegetación del intermareal (llanura de marea). Ambas distribuciones parecen estar condicionadas por el pH, aunque no se descarta que otros factores también puedan influir sobre la distribución vertical (*e.g.* disponibilidad de alimento, oxígeno). Por otro lado, la clara distribución vertical y horizontal que presentan los individuos vivos de *A.*

beccarii, la revelan como una buena candidata para ser utilizada en estudios paleoambientales, ya que, se distribuye bien en la columna de sedimento y presenta una marcada zonación horizontal. Contrariamente, presenta la desventaja de que los caparazones de los individuos muertos son susceptibles de ser afectados por procesos tafonómicos que pueden provocar la completa desaparición del caparazón. Por ende, se debe ser cuidadoso con la interpretación de la ausencia de caparazones fósiles de *A. beccarii* en ambientes en los cuales potencialmente debería estar, pues, es un taxa susceptible de verse afectado por el pH. Esto, debería ser tomado en consideración cuando sus comunidades sean utilizadas para reconstrucciones paleoambientales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Los Lagos, Osorno, por el financiamiento de esta investigación; al personal del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Concepción por el fotografiado de los ejemplares; a Richard Cárdenas por su cooperación en la obtención del mapa utilizado y a Alfredo Dawson por la revisión del abstract.

REFERENCIAS

- Berkeley, A., C. Perry, S. Smithers, B. Horton & K. Taylor. 2007. A review of the ecological and taphonomic controls on foraminiferal assemblage development in intertidal environments. *Earth Sci. Rev.*, 83: 205-230.
- Boomer, I. & B.P. Horton. 2006. Holocene relative sea-level movements along the North Norfolk Coast, UK. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 23: 32-51.
- Cummins, H., E. Powell, R. Stanton & G. Staff. 1986. The rate of taphonomic loss in modern benthic habitats: how much of the potentially preservable community is preserved? *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 52: 291-320.
- Debenay, J., E. Bénéteau, J. Zhang, V. Stouff, E. Geslin, F. Redois & M. Fernández-González. 1998. *Ammonia beccarii* and *Ammonia tepida* (Foraminifera): morphofunctional arguments for their distinction. *Mar. Micropaleontol.*, 34: 235-244.
- De Rijk, S. 1995. Salinity control on the distribution of salt marsh foraminifera (Great Marshes, Massachusetts). *J. Foraminiferal Res.*, 25: 156-166.
- Duchemin, G.F., F.J. Jorissen, F. Redios & J.P. Debenay. 2005. Foraminiferal microhabitats in a high marsh: consequences for reconstructing past sea levels. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 226: 167-185.
- Edwards, R. & B. Horton. 2000. High resolution records of relative sea-level change from U.K. salt-marsh foraminifera. *Mar. Geol.*, 169(1-2): 41-56.
- Gehrels, W.R. & R.M. Newman. 2004. Salt-marsh foraminifera in Ho Bugt, western Denmark, and their use as sea-level indicators. *Norsk Geog. Tidsskrift*, 104: 97-106.
- Horton, B.P. & R.J. Edwards. 2005. The application of local and regional transfer functions to reconstruct former sea levels, north Norfolk, England. *Holocene*, 15(2): 216-228.
- Horton, B.P. & R.J. Edwards. 2006. Quantifying holocene sea level change using intertidal foraminifera: lessons from the British Isles. *J. Foraminiferal Res. (Spec. Publ.)*, 40: 1-97.
- Jonasson, K. & R. Patterson. 1992. Preservation potential of marsh foraminifera from the Fraser River Delta, British Columbia. *Micropaleontology*, 38: 289-301.
- Krauskopf, K. & D. Bird. 1995. *Introduction to Geochemistry*. McGraw-Hill, Singapore, 647 pp.
- Le Cadre, V., J. Debenay & M. Lesourd. 2003. Low pH effects on *Ammonia beccarii* test deformation: implications for using test deformation as a pollution indicator. *J. Foraminiferal Res.*, 33: 1-9.
- Murray, W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman, Harlow, 397 pp.
- Murray, W. & E. Alve. 1999. Natural dissolution of modern shallow water benthic foraminifera: taphonomic effects on the palaeoecological record. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 146: 195-209.
- Patterson, R., J. Guilbault & J. Clague. 1999. Taphonomy of tidal marsh foraminifera: implications of surface sample thickness for high-resolution sea-level studies. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 149(1-4): 199-211.
- San Martín, C. & C. Ramírez. 2002. Sinecología de una marisma en el seno de Reloncaví (Llanquihue, X Región, Chile). *Rev. Geogr. Valparaíso*, 32-33: 307-319.
- Schafer, C. 2000. Monitoring nearshore marine environments using benthic foraminifera: some protocols and pitfalls. *Micropaleontology*, 46: 161-169.
- Scott, D. & F. Medioli. 1980. Quantitative studies of marsh foraminifera distribution in Nova Scotia: implications for sea-level studies. *J. Foraminiferal Res. (Spec. Publ.)*, 17: 1-58.

Tobin, R., D.B. Scott, E.S. Collins & F.S. Medioli. 2005. Infaunal benthic foraminifera in some North American marshes and their influence on fossil assemblages. *J. Foraminiferal Res.*, 35: 130-147.

Zapata, J., A. Muñoz & M. Rojas. 2007. Tecamebas Euglyphida (Protozoa, Cercozoa, Silicofilosea) del volcán Casablanca (40°16'17''S; 72°00'00''O), Parque Nacional Puyehue, Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 78: 99-105.

Received: 1 April 2009; Accepted: 26 April 2010