

RESUMEN

Los objetivos principales de esta investigación consistieron en:

- 1- Realizar el estudio sistemático de los foraminíferos recuperados en diferentes secciones del estuario de Bahía Blanca.
- 2- Aportar datos paleoecológicos y definir paleoambientes sobre la base de la presencia, abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos.
- 3- Relacionar la evolución paleoambiental con las fluctuaciones del nivel del mar durante el Holoceno.

Los foraminíferos son organismos unicelulares con testas o conchillas que constan de una o más cámaras interconectadas. Estas pueden ser de naturaleza orgánica, aglutinada, calcárea o silíceas. Constituyen el grupo más diverso de microorganismos con conchilla de los océanos modernos, aunque también estarían representados en ambientes de agua dulce. Tienen un extraordinario registro geológico que se remonta al Precámbrico. Habitan desde la zona intermareal hasta los fondos oceánicos, y desde los polos hasta el Ecuador. Dada su abundancia y extensión en el registro fósil y su gran aplicación en análisis bioestratigráficos y paleoambientales, los foraminíferos han sido y son utilizados por los científicos para la resolución de problemas dentro de las Ciencias de la Tierra.

En esta investigación, los muestreos fueron realizados en el ámbito del estuario de Bahía Blanca, que se ubica al sur de la provincia de Buenos Aires y ocupa una amplia faja costera. Su configuración regional está determinada por la presencia de una compleja trama de canales meandrosos de diversas dimensiones. Gran cantidad de islas bajas, amplias planicies de marea y marismas salinas describen la fisiografía del área. El río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande son los principales afluentes del estuario, y están ubicados en la cabecera y en la zona media del Canal Principal, respectivamente. Éstos tienen cuencas que abarcan hasta las Sierras de la Ventana, por lo que el control de sus descargas depende de las condiciones que imperan en las nacientes.

En cuanto al material analizado, se incluyeron muestras tomadas en afloramientos y un testigo holoceno, y muestras superficiales de edad reciente. En las secciones holocenas las

muestras fueron obtenidas a intervalos variables de entre 5 y 15 cm. El sedimento seco fue procesado y desagregado utilizando agua corriente. Las muestras fueron lavadas a través de un tamiz de 63 μm de abertura de malla y se dejaron secar a temperatura ambiente. Del residuo se extrajo 1 g de material que fue estudiado bajo lupa binocular. Todos los foraminíferos presentes fueron separados mediante la técnica de *picking* y ordenados en portamicrofósiles. Debido al reducido número de foraminíferos presentes en algunas muestras, y con el fin de lograr que éstas sean estadísticamente significativas, la cantidad de ejemplares recuperada fue ponderada en 5 g de sedimento.

Para la extracción de las muestras recientes se utilizó un aro metálico de 10 cm de diámetro por 2 cm de alto, y se recogieron los 2 cm superficiales; luego el material fue vertido en un recipiente con etanol al 70%. Este procedimiento fue repetido en tres ocasiones a fin de evitar la distribución en parches característica de los foraminíferos. El material recogido, fue lavado con un *set* de tamices de 500 y 63 micrómetros de luz de malla con el objetivo de eliminar la fracción gruesa y la fina. Una vez limpio, el residuo fue volcado en un vaso al que se le adicionó una solución de agua destilada con el colorante Rosa de Bengala (1g/l). Al día siguiente las muestras fueron lavadas a fin de eliminar el exceso de colorante, y se dejaron secar a temperatura ambiente. Del residuo se extrajo 1 g de material que fue estudiado bajo lupa binocular. Los ejemplares con protoplasma, presuntamente vivos al momento del muestreo, adquirieron una coloración rosa muy marcada. Todos los foraminíferos presentes fueron separados mediante la técnica de *picking*, y ordenados en portamicrofósiles.

En relación a la edad de las secciones, las dataciones radimétricas se realizaron tanto en el Laboratorio de Análisis de Tritio y Radicarbono (LATYR) de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, como en Beta Analytic. En el caso del LATYR, se utilizó la datación sobre conchillas de moluscos, a través de la técnica de Espectrometría de Centelleo Líquido (LSC), mientras que en laboratorios como BETA Analytic se realizaron dataciones sobre materia orgánica utilizando la técnica de Espectrometría de Masas con Acelerador (AMS).

Para el estudio sistemático, se utilizó principalmente la lupa binocular estereoscópica, mientras que para análisis detallados y obtención de fotografías de alta definición se recurrió al microscopio electrónico de barrido del Centro Atómico Bariloche y del Instituto Steinmann de

la Universidad de Bonn. A fin de determinar la fauna de foraminíferos, se realizó un reconocimiento de la bibliografía disponible para el área de estudio y las áreas adyacentes. Se construyeron las listas sinonímicas y se realizaron las descripciones y observaciones sobre la mayoría de las especies identificadas en este estudio. También se detalló y evaluó el estatus taxonómico de especies asignadas a los géneros *Buccella*, *Elphidium* y *Ammonia*. A su vez, se presentaron los resultados e implicancias biogeográficas de la introducción reciente de *Haynesina germanica* en el estuario de Bahía Blanca.

A nivel cuantitativo se efectuaron análisis de abundancia relativa y absoluta, riqueza específica, índice de Shannon-Wiener y α de Fisher. Con el objetivo de establecer zonaciones en las secuencias estudiadas, también se realizaron análisis de agrupamiento y diagramas de frecuencia utilizando los programas Tilia 2.0 y TG View.

Como resultado del análisis exhaustivo de los foraminíferos bentónicos recuperados en material holoceno y reciente del área del estuario de Bahía Blanca, se actualizó la clasificación sistemática de los ejemplares registrados; se realizó la revisión y posterior reasignación del estatus taxonómico de especies ubicadas dentro de los géneros *Buccella*, *Elphidium* y *Ammonia*. Se han reconocido por primera vez grandes poblaciones vivientes de *Haynesina germanica*, en marismas y sedimentos intermareales del estuario de Bahía Blanca. Éste constituye el primer registro de invasión exitosa de foraminíferos bentónicos exóticos en la costa atlántica argentina. Se ha utilizado el análisis de material reciente como análogo moderno, para su posterior comparación con secuencias holocénicas. A partir de la extracción de muestras superficiales modernas, en ambientes intermareales del estuario de Bahía Blanca, se ha comenzado a caracterizar la fauna de foraminíferos bentónicos viviente, se han introducido nuevas metodologías de muestreo, procesamiento y análisis posterior del material. Se ha hecho hincapié y se han retomado métodos de tinción como la utilización del colorante Rosa de Bengala, técnica que en el ámbito nacional ha sido muy poco utilizada desde los estudios pioneros de Boltovskoy, pero que es de suma importancia como herramienta para el estudio de los ambientes presentes y pasados. A su vez, se han determinado subambientes dentro de un ambiente estuárico y se ha registrado por primera vez en el área la presencia de foraminíferos aglutinados, llamativamente ausentes en el material fósil.

A partir de la información obtenida del análisis de los foraminíferos bentónicos, y de su comparación con la fauna actual, se han podido inferir los ambientes desarrollados en cada una de las secuencias bajo estudio. Las asociaciones de foraminíferos presentes en estas secciones holocenas y su relación con las muestras recientes, donde se observa la dominancia de *Buccella*, *Elphidium* y *Ammonia* junto con una diversidad relativamente baja, permiten inferir que durante los últimos 8200 años AP se ha producido el desarrollo de subambientes submareales someros a intermareales medios-bajos dentro de un ambiente marino marginal. Éstos se hallarían sometidos a variaciones cíclicas de salinidad tal como sucede en la actualidad, por acción de las mareas y responderían a las fluctuaciones del nivel del mar durante el Holoceno.

ABSTRACT

The main objectives of this research were:

- 1-To perform a systematic study of the Foraminifera recovered in different sections of the Bahía Blanca estuary.
- 2-To provide paleoecological data and define paleoenvironments based on the presence, abundance and diversity of benthic foraminifera.
- 3-To link palaeoenvironmental changes with sea-level fluctuations during the Holocene.

Foraminifera are unicellular organisms with tests or shells that consist of one or more interconnected chambers. These shells can be of organic, agglutinated, calcareous or siliceous nature. They are the most diverse group of organisms with shells in modern oceans, but can be represented in freshwater environments as well. They have an outstanding geological record going back to the Precambrian. Their habitats include intertidal to deep ocean and from the poles to Ecuador. Given their abundance and extension in the fossil record and their wide application in biostratigraphic and paleoenvironmental analysis, foraminifera have been and are used by scientists to solve problems within the Earth sciences.

In this research, samples were taken in the area of the Bahía Blanca estuary, which lies in the south of Buenos Aires province occupying a broad coastal strip. Its regional configuration is determined by the presence of a complex web of meandering channels of various dimensions. Lots of low islands, extensive tidal flats and salt marshes feature the physiography of the area. The Sauce Chico river and the Napostá Grande stream are the main tributaries of the estuary and are located at the inner and middle areas of the main channel, respectively. Their watersheds extend into the Sierra de la Ventana, thus the control of their discharges depends on the conditions in the headwaters.

Concerning the analyzed material, holocene samples from outcrops and a core as well as recent surface samples were included. In the Holocene sections samples were obtained at various intervals between 5 and 15 cm. The dried sediment was processed and disaggregated using tap water. Samples were washed through a sieve of 63 μm mesh net and allowed to dry

at room temperature. From the residue 1 g of material was extracted and studied under binocular microscope. All foraminifera present were separated by the technique of picking and arranged in microslides. Because of the small number of foraminifera found in some samples, and to ensure that they are statistically significant, the quantity recovered was weighted at 5 g of sediment.

For the extraction of surface samples a metal ring of 10 cm diameter by 2 cm high was used and the 2 first cm were collected, then the material was poured into a container with 70% ethanol. This procedure was repeated three times to avoid the characteristic patchy distribution of foraminifera. The collected material was washed with a set of sieves of 500 and 63 μm mesh to eliminate coarse and fine fraction. Once cleaned, the residue was poured into a glass in which a solution of distilled water with the colorant Rose Bengal (1 g/l) was added. The next day the samples were washed to remove the excess of colorant and allowed to dry at room temperature. From the residue 1 g of material was extracted and studied under binocular microscope. The specimens with protoplasm, presumably alive at the time of sampling, acquired a very strong pink color. All foraminifera present were separated by the technique of picking, and arranged in microslides.

In relation to the age of the sections, radiometric dating was made both at the Laboratory of Analysis of Tritium and Radicarbono (LATYR), Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, and Beta Analytic. In the case of LATYR, dating was used on molluscs shells through the technique of liquid scintillation spectrometry (LSC), while in Beta Analytic laboratory, radiocarbon dating was performed on organic matter using the technique of accelerator mass spectrometry (AMS).

For the systematic study, the stereoscopic binocular microscope was mainly used, while for detailed analysis and obtaining high-resolution photographs, the scanning electron microscope of the Centro Atómico Bariloche and the Steinmann Institute, University of Bonn were used. To determine the foraminifera fauna, a survey of the available literature for the study and adjacent areas was conducted. Synonymical lists were constructed, as well as the descriptions and comments on most of the species identified in this study. Also the taxonomic status of species assigned to the *Buccella*, *Elphidium* and *Ammonia* genera was assessed. In

addition, the results and biogeographic implications of the recent introduction of *Haynesina germanica* in the Bahía Blanca estuary were presented.

Regarding quantitative study, relative and absolute abundance, species richness, Shannon-Wiener's index and Fisher's α analysis were made. In order to establish zonations in the studied sequences, cluster analysis and frequency diagrams using the programs Tilia 2.0 and TG View were also performed.

As a result of the exhaustive analysis of benthic foraminifera recovered from Holocene and recent material from the Bahía Blanca estuary, the systematic classification of the recorded specimens has been updated; the taxonomic status of species located within the *Buccella*, *Elphidium* and *Ammonia* genera has been reviewed and subsequently reassigned. For the first time large living populations of *Haynesina germanica* have been recognized in marshes and intertidal sediments of the estuary of Bahía Blanca, constituting the first record of a successful invasion of exotic benthic foraminifera in the atlantic coast of Argentina. The analysis of recent material has been used as modern analogue for later comparison with holocene sequences. From the modern surface sampling in intertidal environments of the Bahía Blanca estuary, characterization of the fauna of living benthic foraminifera has begun and new methods of sampling, processing and subsequent analysis of the material have been introduced. The use of staining methods such as Rose Bengal dye has been regained and emphasized, such technique had been locally relegated since the pioneering studies of Boltovskoy, but it has been of outmost importance as a tool for the study of present and past environments. Sub-environments within a certain estuarine environment have been determined and the presence of agglutinated foraminifera, conspicuously absent from the fossil material has been recorded for the first time in the area.

Based on the information obtained from the analysis of benthic foraminifera, and its comparison with the present fauna, it was possible to infer the developed environments in each of the sequences under study. The foraminiferal assemblages present in these holocene sections and its relationship to recent samples, showing the dominance of *Buccella*, *Elphidium* and *Ammonia* with relatively low diversity, allow us to infer that during the last 8200 years AP the development of subtidal to intertidal sub-environments in a marginal marine environment

has occurred. They would have been subject to cyclical salinity variations as it happens today, by tidal action, and would have responded to sea-level fluctuations during the Holocene.