

INTERPRETACIÓN
DE LOS
RESULTADOS:
DISCUSIÓN



6.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1.1 Perfil Arroyo Napostá (N1)

Esta sección se encuentra caracterizada por la dominancia de *Buccella peruviana*; *Elphidium* aff. *E. poeyanum* tipo II; *Elphidium gunteri*; *Elphidium* sp. aff. *E. clavatum*; *Elphidium* aff. *E. poeyanum* tipo I; *A. parkinsoniana*; *Bolivina pseudoplicata*; *B. striatula*; *A. tepida* y *Bolivina* sp. Las especies de bolivinidos se hallaron con frecuencias relativas muy bajas.

Dentro del género *Elphidium*, *Elphidium gunteri*; *Elphidium* sp. aff. *E. clavatum*; *Elphidium* sp. aff. *E. poeyanum* tipo I y tipo II son las especies más abundantes. Según Murray (1991), este género es típico de ambientes litorales de plataforma interna, encontrándose en profundidades que varían entre los 0-50 m y en ambientes templado-cálidos. Boltovskoy (1976) señala que este género está ampliamente distribuido en la plataforma interna Argentina, y se ha reconocido su presencia a nivel mundial en el Golfo de México, en Long Island Sound (USA) (Murray, 2007) y en las costas y estuarios de Nueva Zelanda (Hayward y Hollis, 1994).

Elphidium clavatum es una especie característica de ambientes marino-marginales, estuarios y fiordos; es dominante en lagunas costeras a lo largo de la costa atlántica desde Canadá hasta el sur de USA, también se han registrado especímenes en aguas templado frías del mar Báltico (Murray, 2007). *Elphidium poeyanum* es representativa de ambientes costeros, bahías y estuarios, y es menos frecuente en ambientes de plataforma interna (Poag, 1978). En tanto, la especie *Elphidium gunteri*, es característica de ambientes salobres en asociación con *Ammonia* y sus formas como en Laguna Dos Patos, en el Río Quequén



(Boltovskoy *et al.*, 1980; Cusminsky *et al.*, 2006) y en la bahía de Florida (EE.UU), (Ishman *et al.*, 1996). En relación al status taxonómico de las especies de *Elphidium*, consultar el capítulo Resultados: Sistemática de esta Tesis.

El género *Ammonia* también presenta una amplia distribución y una gran variedad morfológica, soportando altos rangos de salinidad. Según Walton y Sloan (1990) fundamentalmente se encuentran dos variedades, *Ammonia beccarii* f. *parkinsoniana* y *Ammonia beccarii* f. *tepida*, presentes en ambientes salobres a marinos, presentes en bahías, golfos y principalmente en estuarios (Boltovskoy, 1976). Boltovskoy (1957) definió para el estuario del Río de la Plata, diferentes biofacies de *Ammonia beccarii* f. *parkinsoniana*, la cual correspondería a una zona intermedia fluvial con salinidades que varían entre 0.5 ‰ y 25‰ dependiendo de la dirección del viento (Boltovskoy, 1957). En este trabajo, para la determinación a nivel específico de ejemplares del género *Ammonia*, se decidió adoptar el criterio propuesto por Buzas-Stephens *et al.* (2002), donde se propone que el nombre *Ammonia beccarii* debe reservarse exclusivamente para designar la forma ornamentada de *Ammonia*, correspondiente a la descripción original. Por su parte, las especies *Ammonia beccarii* f. *parkinsoniana* y *Ammonia beccarii* f. *tepida* deben ser denominadas *Ammonia parkinsoniana* y *Ammonia tepida* respectivamente. Esto se debe a que existen evidencias en base a características reproductivas, genéticas y de distribución geográfica, que indican que las tres formas de *Ammonia* son especies diferentes (para mayor información consultar el capítulo Resultados: Sistemática).

La asociación *Ammonia-Elphidium* fue mencionada por varios autores en ambientes estuáricos, como en el Canal de la Mancha, en el Mar del Norte, en Puerto Deseado, en Nigeria, en la plataforma continental del Caribe, en Florida y en el Golfo de México (Ishman *et al.*, 1996, Sen Gupta, 2002). La mayoría de las



asociaciones dominadas por *Elphidium* con o sin dominancia de *Ammonia* son típicas de aguas frías, templadas y tropicales de plataformas continentales con sustrato clástico y salinidad normal (Sen Gupta, 2002).

Estudios realizados en testigos de la zona de Florida (USA), señalan que la asociación *Ammonia-Elphidium* indicaría condiciones oligohalinas a mesohalinas con salinidades de 5 a 18 ppm. Un gradual incremento de la salinidad señalaría un aumento de *Elphidium* y un decrecimiento en el número de individuos del género *Ammonia* (Brewster-Wingard *et al.*, 1996).

El género *Buccella* presenta una amplia distribución desde los 32°-33°O hasta los 57°-58°S ocupando la Provincia Zoogeográfica Argentina (Boltovskoy *et al.*, 1980). Es sin dudas la especie más común en toda la región bajo estudio y es por esto que el área ha recibido el nombre del “Reino de *Buccella*”. En cuanto a su morfología es altamente variable, y como consecuencia se la ha denominado de manera diferente en Argentina y Brasil, hallándose en la interfase entre ambientes salobres y marinos, como las desembocaduras de estuarios y en áreas superiores de bahías (Hayward y Hollis, 1994). Según Murray (1991) éste género es de plataforma interna (0-100 m) a batial y temperatura templado-fría. El predominio de *B. peruviana* sugeriría una mayor influencia marina.

Cuantitativamente los valores de H variaron entre 0,5 y 1,7 y los del índice α de Fisher, se ubicaron entre 1 y 3. La interpretación de ambos datos, junto con la baja diversidad registrada (2-18) estarían indicando el desarrollo de un ambiente marino marginal sujeto a variaciones en la estabilidad ambiental (Buzas y Gibson, 1969; Murray, 1991).



La asociación faunística hallada en esta sección, es propia de un ambiente marino restringido (Cusminsky *et al.*, 2006). Las variaciones en abundancia de *Ammonia parkinsoniana*, *Buccella peruviana*, y de las especies de *Elphidium* reflejan oscilaciones en el grado de influencia marina, como consecuencia de las variaciones ambientales ocurridas durante la depositación de la secuencia.

En función de las zonaciones establecidas a partir del análisis de agrupamiento y de los análisis cuali y cuantitativos, pudo reconocerse el desarrollo de ambientes marino-marginales con especies características de aguas más profundas, que reflejan una mayor conexión marina (Zona N1-1). Luego, se observó el pasaje gradual a ambientes salobres de baja energía (Zona N1-2), con mezcla de aguas y salinidad variable. Se trataría de ambientes marino marginales poco profundos o estuáricos, con fauna propia de un entorno predominantemente mesohalino, caracterizado por el dominio de unas pocas especies de foraminíferos, capaces de tolerar grandes variaciones de salinidad e inestabilidad ambiental.



6.1.2 Testigo PS2B2

Las siguientes especies fueron halladas en forma regular y abundante a lo largo de todo el testigo: *Buccella peruviana*, *Elphidium gunteri*, *Ammonia tepida* y *Bolivina pseudoplicata*. En menores porcentajes se registraron ejemplares de *Elphidium* aff. *E. poeyanum* tipo II, *Elphidium* sp. aff. *E. poeyanum* tipo I, *Bolivina variabilis*, *B. translucens*, *Elphidium* sp. aff. *E. clavatum* y *Bolivina striatula* definiendo un ambiente típicamente marino-marginal a estuárico (Boltovskoy y Lena, 1971; Lena y L'Hoste, 1975; Poag, 1978; Scott y Medioli, 1980; Boltosvkoy *et al.*, 1980; Cearreta, 1988, 1998; Scott *et al.*, 1990; Murray, 1991, 2006; Alve y Murray, 1994; Hayward y Hollis, 1994; Brewster-Wingard *et al.*, 1996; Hayward *et al.*, 1996, 2004; Ishman *et al.*, 1996, 1997; Horton, 1999; Horton *et al.*, 1999a, b; Debenay y Guillou, 2002; Laprida y Bertels-Psotka, 2003; Leorri y Cearreta, 2004; Cearreta *et al.*, 2006; Ferrero, 2006; Calvo-Marcilese *et al.*, 2007; Laprida *et al.*, 2007; Calvo-Marcilese, 2008; Calvo-Marcilese y Pérez-Panera, 2008).

Debido a que las especies mencionadas como dominantes se han registrado a lo largo de todo el testigo, las zonaciones en el mismo surgen de la consideración de aquellas especies presentes en menor proporción, tales como *Bolivina* sp., *B. striatula*, *B. ordinaria*, *B. malovenssis*, *B. variabilis*, *B. translucens* y *Bolivina pseudoplicata*; *Q. seminulum*, *Q. patagonica*, *M. subrotunda* y *Pyrgo patagonica*, así como ejemplares de *C. dispars* y *C. fletcheri*.

Las diferentes formas de *Ammonia* son descritas en forma recurrente en los estudios mencionados previamente. Es una especie cosmopolita, característica de ambientes intermareales (Murray, 1991; Hayward *et al.*, 1996; Debenay y Guillou, 2002), siempre presente en aguas salobres y asociada principalmente a ejemplares de *Elphidium*, como *E. excavatum*, *E. galvestonense*, *E. williamsoni* y *E. gunteri*. Esta asociación, *Ammonia-Elphidium* es mencionada por muchos autores



como característica de ambientes intermareales con condiciones desde oligo a mesohalinas (Hayward y Hollis, 1994; Hayward *et al.*, 1996; Ishman *et al.*, 1996, 1997; Sen Gupta, 2002; Bernasconi y Cusminsky, 2005, 2007; Cearreta *et al.*, 2006; Calvo-Marcilese *et al.*, 2007; Calvo-Marcilese, 2008; Calvo-Marcilese y Pérez-Panera, 2008). *Ammonia* domina las asociaciones en aguas someras, y a partir de los 15 m comienza a predominar *E. excavatum* (Sen Gupta y Kilbourne, 1976).

Buccella peruviana es una de las especies más frecuentes y abundantes de la plataforma interna (Boltovskoy *et al.*, 1980; Bernasconi y Cusminsky, 2005, 2007; Bernasconi, 2006; Laprida *et al.*, 2007; Alperin *et al.*, 2008).

Es importante destacar que los ejemplares hallados en la Zona I del testigo bajo estudio, poseen una baja tasa adulto/juvenil (Gómez *et al.*, 2005, 2006). Según Laprida *et al.* (2007) los individuos pequeños son registrados en ambientes salobres con salinidad no mayor a 30-31 ups.

Aquellas especies poco frecuentes como *Bolivina* sp., son típicas de ambientes de plataforma interna a marino-profundos, ocupando sedimentos fangosos y limo-arenosos en forma indistinta. (Boltovskoy *et al.*, 1980; Murray, 1991, 2006; Villanueva-Guimerans, 2000). Estos bolivinidos junto con altos valores de abundancia y diversidad parecen definir la Zona PS2B2-I. Su presencia parecería estar vinculada al desarrollo de pequeñas intercalaciones de arcillas limosas.

La baja proporción de *M. subrotunda*, *Q. seminulum*, *Q. patagonica*, *P. patagonica*, *C. disparis* y *C. fletcheri*, sumada al descenso en la abundancia total y en la diversidad parecen determinar la Zona PS2B2-II. Estas especies también están presentes en la Zona PS2B2-III con una mayor proporción de miliólidos que en la Zona PS2B2-II.



Los menores valores de abundancia y diversidad se han registrado hacia el tope del perfil caracterizando la zona superior.

Cearreta (1988, 1998); Leorri y Cearreta (2004) y Cearreta *et al.* (2006) clasificaron las especies de foraminíferos en indígenas (aquellas que viven y se reproducen en el estuario) y exóticas (transportadas desde la plataforma hasta el área estuarina depositacional). Las especies indígenas halladas son *A. tepida* (denominada *A. beccarii* en Cusminsky *et al.*, 2009, y reasignada en esta contribución), *Haynesina germanica* y *Elphidium* sp., todas indicativas de ambientes intermareales. También se han registrado como especies acompañantes a *Q. seminulum* y *B. pseudoplicata*.

Las especies exóticas incluyen a miliólidos como *M. subrotunda*. Sus robustas conchillas son transportadas hacia el estuario como carga de fondo, los cambios en abundancia pueden reflejar las variaciones en el grado de influencia marina (Cearreta, 1988). La mayor frecuencia se registró hacia el tope del testigo, relacionada con el desarrollo de un ambiente litoral donde las corrientes pueden transportar conchillas más grandes y densas (Cusminsky *et al.*, 2009).

Cuantitativamente los valores de H se encontraron entre 0,9 y 2,4. Según Buzas y Gibson (1969) y Sen Gupta y Kilbourne (1976) corresponderían a ambientes de plataforma interna. Valores de baja diversidad en aguas poco profundas pueden darse como respuesta al stress físico, y valores de mayor diversidad sólo pueden ocurrir luego de períodos de estabilidad ambiental. Por lo tanto, para estos autores los valores de H determinados en este estudio podrían indicar condiciones de inestabilidad ambiental, causadas por variaciones de los parámetros físicos.

Los valores obtenidos para el α de Fisher fueron menores a 5, indicando condiciones de ambiente marino marginal con aguas salobres o hipersalinas; o el



desarrollo de un ambiente marino-normal con dominancia de una sola especie (Murray, 1991).

Valores similares han sido registrados por Hayward y Hollis (1994) y Hayward *et al.* (1996) en estuarios de Nueva Zelanda; por Alve y Murray (1994), Murray y Alve (2000 en Murray, 2006) en Inglaterra y por Cearreta (1988) en el estuario de Santoña, España.

En función de las zonaciones establecidas a partir del análisis de agrupamiento y de los análisis cuali y cuantitativos, pudo reconocerse el desarrollo de un ambiente marino-marginal, particularmente un ambiente submareal somero a intermareal bajo.



6.1.3 Perfil Canal del Medio (CDM)

Dentro de los foraminíferos hialinos, la especie dominante es *Buccella peruviana*, asociada fundamentalmente a *Elphidium gunteri* y a otras especies de *Elphidium*. También están presentes, aunque en bajas proporciones, *Ammonia tepida* y *A. parkinsoniana* junto con bolivinidos como *B. striatula* y *B. pseudoplicata*. Entre los miliólidos, las especies más conspicuas son *M. subrotunda* y *Q. seminulum*. No se hallaron ejemplares pertenecientes al Orden Textulariida o Trochamminida.

De la interpretación de la riqueza específica (S), el índice de Shannon-Wiener y el α de Fisher, surge el desarrollo de un ambiente marino marginal ya que estos valores son compatibles con ambientes salobres o hiperhalinos (Murray, 1991; Douglas, 1979).

Las zonas definidas surgieron como resultado del análisis de agrupamiento y los análisis cuali y cuantitativos.

En la zona CDM-1a se registraron las mayores abundancias de miliólidos, representados por *M. subrotunda* y *Q. seminulum*, también los mayores valores para *Bolivina* sp. y *B. striatula*. A su vez aquí se han reconocido los valores más bajos de *Buccella peruviana*, *Elphidium gunteri*, *A. parkinsoniana*, *E. sp. aff. E. poeyanum* tipo I y II. Estas asociaciones y sus variaciones en abundancia podrían estar indicando condiciones ambientales relacionadas con un leve aumento de la influencia marina y de la energía ambiental dentro de un ambiente estuarino (Hayward y Hollis, 1994; Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009). En la subzona CDM-1b, si bien las especies dominantes siguen presentes aquí y a lo largo de toda la sección, se registran marcados aumentos en la abundancia de *A. parkinsoniana*, *E. sp. aff. E. poeyanum* tipo I y II y *E. sp. aff. E. clavatum*. Al mismo tiempo, los bolivinidos y



miliólidos más abundantes en la subzona 1a registran abruptos descensos hasta desaparecer completamente o presentar valores muy bajos. Estos descensos junto con los aumentos en abundancia de *B. peruviana*, *A. parkinsoniana*, *E. sp. aff. E. poeyanum* tipo I y II y *E. sp. aff. E. clavatum* se encuentran definiendo la subzona 1b.

En este contexto quedaría definida la zona CDM-2, con un aumento progresivo en la abundancia de las especies dominantes y características de subambientes más restringidos y la desaparición de aquellas que caracterizaban la subzona 1a, indicadoras de mayor influencia marina y de mayor energía ambiental (Cusminsky *et al.*, 2006; Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009).

En función de las zonaciones establecidas a partir de los análisis cuali y cuantitativos, pudo reconocerse el desarrollo de un ambiente marino-marginal poco profundo, con fauna propia de un entorno intermareal bajo-medio a submareal somero.



6.1.4 Perfil Canal Tres Brazas (C3B)

Los niveles fértiles de esta sección registraron ejemplares, en general, bien preservados. Los taxones más abundantes y presentes a lo largo del perfil están representados por *Buccella peruviana*, *Elphidium gunteri*, *Ammonia tepida* y *Bolivina pseudoplicata*. En menores porcentajes se hallaron ejemplares de *Elphidium* aff. *E. poeyanum* tipo II, *Elphidium* sp. aff. *E. poeyanum* tipo I, *Bolivina variabilis*, *B. translucens*, *Elphidium* sp. aff. *E. clavatum*, *Bolivina striatula*, *Quinqueloculina seminulum*, *Miliolinella subrotunda* y *Pyrgo patagonica*. Al igual que en las secciones anteriores, no se registraron ejemplares aglutinados.

Los valores de H variaron entre 1,36 y 2,5. El índice α de Fisher no superó el valor de 5, y la riqueza específica presentó valores entre 4 y 22. En función de los bajos valores de H y S registrados puede inferirse el desarrollo de un ambiente marino marginal de aguas poco profundas (Buzas y Gibson, 1969; Sen Gupta y Kilbourne, 1974). A su vez los valores de α obtenidos, también indican condiciones de ambiente marino marginal (Murray, 1973).

Las zonas definidas surgieron como resultado del análisis de agrupamiento y los análisis cuali y cuantitativos:

Para el C3B, es posible reconocer que la zona C3B-1 coincide con el desarrollo de la Facies A, caracterizada por la presencia de una sucesión de arenas finamente laminadas y mezcladas con limos y arcillas, evidenciando oscilaciones en la energía ambiental, tal como sucede en las planicies de marea que se encuentran en estrecha relación con un sistema de canales (Spalletti, 1980; Aliotta *et al.*, 2004; Gómez *et al.*, 2005). Las asociaciones de la subzona 1a podrían estar indicando un leve aumento de la influencia marina y de la energía ambiental, condiciones evidenciadas por los mayores porcentajes de miliólidos de toda la sección. Entre ellos se han registrado ejemplares de *Quinqueloculina seminulum* y



Miliolinella subrotunda, asociados a especies calcáreas características de ambientes marino-marginales. En esta subzona también se han registrado los valores más bajos de *E. gunteri* de toda la sección.

La subzona C3B-1b presentó la mayor abundancia y diversidad. Los porcentajes de abundancia de *Buccella peruviana* se mantuvieron constantes a lo largo de la sección, mientras que en los casos de *E. gunteri* y de *E. sp. aff. E. poeyanum* tipo I fue posible observar un marcado aumento en comparación con la subzona 1a. Los miliólidos por su parte registraron un abrupto descenso. Estas variaciones podrían estar indicando condiciones de menor influencia marina, lo cual es característico de un ambiente intermareal.

La ausencia de material micropaleontológico en los niveles de la zona C3B-2 (correspondiente a facies B) indicaría una progradación de las planicies de marea dentro de un entorno intermareal restringido (Spalletti, 1980).

En líneas generales y en relación a los resultados obtenidos pudo reconocerse el desarrollo de un ambiente marino-marginal poco profundo, submareal a intermareal bajo, que gradaba hacia el techo hacia condiciones continentales.



6.1.5 Muestras superficiales recientes

Asociación de *Haynesina germanica* y *Ammonia parkinsoniana*, HA

Estas especies están particularmente asociada a marismas de *Spartina alterniflora*, y están acompañadas por representantes aislados de *Ammonia tepida* y *Elphidium gunteri* en el sitio V1. Las especies *Trochammina inflata* y *Jadammina macrescens* aparecen muy bien representadas en los sitios M1 y M2, en la marisma de *S. alterniflora* que crece en la boca del canal Maldonado.

Asociación de *Haynesina germanica*, H

Similar a la asociación anterior, con *Ammonia parkinsoniana* también presente, pero empobrecida (con menos especies acompañantes y en menores abundancias). Aparece en sitios desprovistos de vegetación, con salinidades elevadas, pero que retienen humedad durante la bajamar.

Asociación de individuos calcáreos, C

Estos sitios donde se registraron las menores abundancias y la menor riqueza específica, se ubican en ambientes con muy altas densidades de cangrejos, y una posible explicación para las bajas abundancias de foraminíferos es el efecto bioturbador de *Chasmagnathus granulatus* Dana. Los cangrejos a tan altas densidades se comportan como importantes agentes modeladores del paisaje debido a la gran cantidad de sedimentos que movilizan, además de su comportamiento como herbívoro y predador de otros organismos bentónicos.



Asociación de *Trochammina inflata*, T

Esta asociación suele desarrollarse en sitios que se ubican entre el nivel medio de pleamar (MHT) y el de mareas extraordinarias (SHT).

Es importante remarcar, la presencia en el sitio B1 de ejemplares (entre 1 y 4 individuos) característicos de asociaciones típicamente marino marginales, como *Elphidium gunteri*, *Elphidium* sp. aff. *E. clavatum*, *Ammonia tepida*, *A. parkinsoniana*, *Quinqueloculina seminulum*, *Bolivina compacta* y *Buccella peruviana*, los cuales probablemente hayan sido transportados desde la parte externa del estuario con las corrientes de marea.

Los sitios M3 a M7 tienen muy pocos individuos vivos. Si tenemos en cuenta las asociaciones de muerte, y en contraste con la fauna vivientes, es posible reconocer la presencia de ejemplares de *Haynesina germanica*, *Ammonia tepida* y *Elphidium gunteri*, especies que actualmente son consideradas oportunistas en zonas con marcada contaminación e impacto antrópico (Cearreta y Leorri, 2000; Armynot du Châtelet *et al.*, 2004; Calvo Marcilese y Langer, 2010). Estos sitios se encuentran bajo la influencia directa del canal Maldonado, que desemboca en este sector del estuario luego de recorrer una zona agrícola y atravesar la ciudad de Bahía Blanca. Asociada a esta descarga, se han registrado niveles elevados de diversos contaminantes y en particular de hidrocarburos aromáticos policíclicos (Arias *et al.*, 2008), hecho que en un momento dado pudo haber provocado la proliferación de ejemplares de estas especies, pero que con el paso del tiempo y el aumento del foco contaminante, podría haber impedido la supervivencia de los mismos.

Con respecto a los aglutinados, *Trochammina inflata* y *Jadammina macrescens* aparecen en M1 y M2, casi en el límite inferior de la marisma de *Spartina*



alterniflora. En este caso, la presencia de los foraminíferos aglutinados parece estar asociada a la cabecera del estuario (Fig. 6.1.5.1), en donde pueden ocupar elevaciones intermedias y bajas dentro de las marismas. En sitios con elevaciones similares en Villa del Mar (ubicado en la desembocadura), este tipo de fauna no aparece. En la cabecera del estuario, la distribución de ambas especies se relaciona con la salinidad de los sitios, con un rango de ocurrencia entre 17 y 24 ups, aunque excepcionalmente, un individuo vivo de *Trochammina inflata* fue encontrado en el sitio B1, en un ambiente extremadamente salino (46 ups).

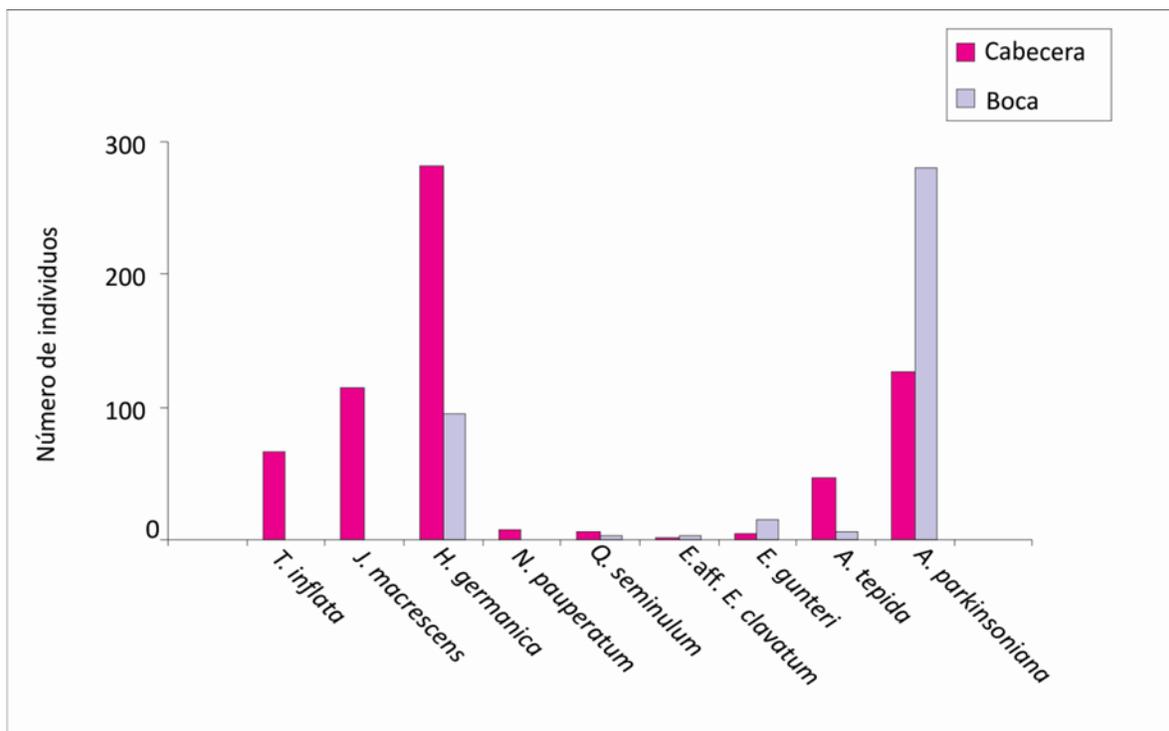


Fig. 6.1.5.1. Distribución y abundancia de especies vivas en la cabecera y desembocadura del estuario de Bahía Blanca.



En la gran mayoría de los trabajos realizados sobre marismas salinas del hemisferio Norte, se registra la presencia de foraminíferos aglutinados asociados a marismas altas o medias (Scott *et al.*, 1990; Hayward y Hollis, 1994; Horton *et al.*, 1999; Horton y Murray, 2007), sin embargo en este trabajo se ha reconocido la presencia de *J. macrescens* and *T. inflata* asociadas a zonas de marismas bajas, como ha sido reportado por De Rijk y Troelstra (1997) y por Southall *et al.* (2006).

Tanto *Elphidium gunteri* como *Haynesina germanica*, *Ammonia tepida* y *Ammonia parkinsoniana* se distribuyen en un rango muy amplio de salinidades, pero todas aparecen en mayor proporción en la marisma baja y ambientes submareales como señalan Hayward y Hollis (1994) y Horton y Murray (2007). Sólo *Ammonia tepida* aparece en forma relativamente constante en las marismas altas y bajas. La única especie que muestra preferencia por sitios elevados y de inundación menos frecuente (marismas altas y salt pans) es *Elphidium* aff. *E. clavatum*.

Los sitios de Villa del Mar (V) son los que presentan mayor abundancia de foraminíferos y ensambles dominados por *Ammonia parkinsoniana* y caracterizados por la presencia de *Haynesina germanica* y *Elphidium gunteri*. La excepción en esta transecta es el sitio V2 que, aunque con similar composición, presenta abundancias notablemente menores. En la transecta del Club Almirante Brown (B), por el contrario, las abundancias son mucho menores y *Ammonia parkinsoniana* ya no es la especie dominante. El sitio B4 parece no compartir el mismo patrón, ya que con abundancias moderadas se asemeja en su composición a los sitios de Villa del Mar. Además, en esta zona aparecen, aunque con muy bajas abundancias, especies que no se encuentran en Villa del Mar, como *Trochammina inflata*, *Jadammina macrescens*, *Buliminella elegantissima*, *Bolivina compacta* y *Elphidium excavatum*.



Asociaciones muertas

Con respecto a las asociaciones de muerte es posible observar que estas difieren de las asociaciones vivas en mayor o menor grado, se han hallado caparazones vacíos con abundancias variables en todas las muestras. Incluso de algunas especies solo se encontraron ejemplares muertos y ningún representante viviente. Esto puede deberse principalmente al transporte post-mortem, ya que estas asociaciones se han formado a lo largo del tiempo manifestando efectos acumulativos y transporte desde áreas abiertas cercanas. Las conchillas vacías de los foraminíferos son consideradas sedimentológicamente como clastos y debido a esto están sujetas a transporte, tanto en suspensión como en carga de fondo (Murray, 1991).

Muchos estuarios son sitios de depositación de foraminíferos que viajan como carga en suspensión proveniente de la plataforma, debido a que estos ambientes marinos marginales poseen relativamente baja energía. En este caso el estuario de Bahía Blanca es un estuario de régimen mesomareal, lo que implica que al hacer una correlación entre el rango de mareas y las conchillas transportadas puede considerarse que la proporción de conchillas exóticas es de moderada a alta (Murray, 1991). Por otro lado es conveniente considerar aspectos relacionados con la contaminación del sitio bajo estudio, pudiendo ser este factor causante de la desaparición de muchas especies que en algún momento vivieron en el estuario.

Teniendo en cuenta las características ambientales de los sitios en forma conjunta con las asociaciones resultantes del análisis de agrupamiento en muestras recientes, puede observarse que las similitudes y diferencias en la composición específica de los sitios no pueden explicarse por un único factor. En



la cabecera del estuario, la alta salinidad registrada podría constituir un aspecto determinante de la baja abundancia de individuos. Sin embargo, el sitio que presentó las mayores abundancias en Almirante Brown no fue el de menor salinidad, sino el sitio ubicado en la posición más baja y, por lo tanto, el que retiene la mayor cantidad de agua durante el periodo de exposición, sugiriendo que la desecación podría ser un factor limitante en esta zona. En la transecta de Villa del Mar, por el contrario, el sitio con menor número de individuos fue aquel cuyos sedimentos presentaron las texturas más gruesas. Una mayor proporción de arenas en el sedimento indicarían condiciones de mayor energía en el ambiente hidrodinámico y, por consiguiente una restricción al desarrollo de ensamblajes de foraminíferos.



6.2 Interpretación general

Casi la totalidad de los foraminíferos hallados en las secciones bajo estudio corresponden al Orden Rotaliida, con algunos representantes del Orden Miliolida y Lagenida. Es notable la ausencia de formas aglutinadas (*Textulariina* y *Trochamminida*) en el material holoceno, mientras que en sedimentos intermareales recientes son taxones bien representados (Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009).

En todas las secuencias los valores de S no superaron a 20 en la mayoría de los niveles salvo algunas excepciones donde el valor máximo alcanzado fue de 30 (Testigo PS2B2). A su vez los valores de H fueron inferiores a 2,5 en todas las secciones. Según Buzas y Gibson (1969) valores de H superiores a 3 serían indicadores de ambientes con salinidad normal. Por su parte, Murray (1991) sugiere que valores superiores a 2,1 corresponderían a ambientes marinos normales y menores a 0,6 podrían indicar lagunas hiposalinas.

El número de taxones registrados en este estudio, parece concordar con el patrón general observado en ambientes similares a nivel mundial. Por ejemplo, ambientes intermareales del norte de Norteamérica y sus equivalentes hacia el sur de Sudamérica poseen una baja diversidad y abundancia (Murray, 2007).

En los niveles fértiles de todas las secciones estudiadas existe una gran similitud entre las especies registradas, y a su vez las abundancias en las que están presentes es también equivalente.

Dentro de los foraminíferos hialinos, la especie dominante en todas las secciones es *Buccella peruviana*, asociada fundamentalmente a *Elphidium gunteri* y a otras especies de *Elphidium*. También están presentes, aunque en bajas proporciones, *Ammonia tepida* y *A. parkinsoniana* junto con bolivinidos como *B.*



striatula y *B. pseudoplicata*. Dentro de los miliólidos, las especies más conspicuas son *M. subrotunda* y *Q. seminulum*.

B. peruviana es una de las especies más recurrentes en las aguas costeras de Argentina y caracteriza la Provincia Zoogeográfica Argentina descrita por Boltovskoy *et al.* (1980). Si bien ha sido señalada como una especie representativa de sectores de plataforma continental, se ha registrado su presencia con abundancias variables en sectores marino-marginales, restringidos y de aguas salobres de Argentina, Brasil y Uruguay (Boltovskoy, 1976; Boltovskoy y Lena, 1974; Boltovskoy *et al.*, 1980; Ferrero, 2006; Cusminsky *et al.*, 2006, 2009; Calvo Marcilese, 2008 y Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009). También hay registros de su presencia a nivel mundial, en estuarios de Rusia e Inglaterra y en ambientes marino-marginales desde Canadá hasta Long Island Sound (USA) (Murray, 2006).

A nivel local, estudios realizados por Cusminsky *et al.* (2006) en áreas aledañas al Canal Tres Brazas, han registrado la presencia de *Buccella peruviana* f. *campsi* pero únicamente asociada a facies de canal o borde de canal, es decir en sectores submareales sometidos a una mayor influencia marina. Por lo tanto, la presencia y dominancia de *Buccella peruviana* en estas secciones estuarinas constituye un caso único en comparación con ambientes similares alrededor del mundo.

Debido a la gran variabilidad morfológica, esta especie ha sido objeto de un gran número de discusiones intentando resolver su status. En esta contribución se ha optado por utilizar *Buccella peruviana* como especie válida, y como sinónimo de *Buccella peruviana* y sus formas (Ver Resultados: Sistemática).

Elphidium gunteri se encuentra muy bien representada en todas las secciones fósiles y presente en las asociaciones muertas del material Reciente. Es una especie dominante en ambientes salobres, marismas y lagunas costeras, extendiéndose desde latitudes australes hasta la costa sur de América del Norte.



Se ha reconocido su presencia en ambientes salobres del estuario de Bahía Blanca (Cusminsky *et al.*, 2006, 2009; Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009) y en sedimentos del Río Quequén, Lagoa dos Patos, Brasil (Boltovskoy *et al.*, 1980) y Laguna de Mar Chiquita (Ferrero, 2006).

En orden decreciente de abundancia se registraron diferentes especies del género *Elphidium*, como *E. sp. aff. E. poeyanum* tipo I y II y *E. sp. aff. E. clavatum*, características de ambientes de eurihalinos a polihalinos, que reflejan la incursión de agua marina (Eichler *et al.*, 2007).

Por su parte tanto *Ammonia tepida* como *A. parkinsoniana* se encuentran presentes en todas las secciones aunque su abundancia relativa es baja. Los ejemplares del género *Ammonia* son conocidos por ser tolerantes a condiciones de baja salinidad y oxígeno, oportunistas en ambientes contaminados y típicamente abundantes en variedad de ambientes costeros, marino-marginales, estuarios y marismas de todo el mundo (Walton y Sloan, 1990; Hayward y Hollis, 1994; Ferrero, 2006; Murray, 2006) (Ver discusión sobre el grupo *Ammonia* en el apartado Sistemática).

Las especies de bolivinidos halladas con mayor frecuencia en este estudio son *B. striatula* y *B. pseudoplicata*, aunque en muy bajos porcentajes. Ambas han sido reconocidas como habitantes frecuentes en ambientes de aguas salobres, marismas (Golfo de México y Mar Caribe) y manglares (Florida, USA). También, se las ha hallado en la plataforma interna, extendiéndose hacia las regiones más restringidas de los ambientes marino-marginales (Murray, 2006).

En el caso de los porcelanáceos, las especies más frecuentes halladas fueron *Q. seminulum* y *M. subrotunda*, ambas indicadoras de salinidad marina normal y buena circulación de las masas de agua; presentes en ambientes intermareales, marismas y plataforma interna a nivel mundial (Ishman *et al.*, 1997; Murray, 2007; Eichler *et al.*, 2007). Su abundancia es baja y su presencia está



asociada a especies que han sido mencionadas como indicadores de salinidad variable. Tanto *B. striatula* y *B. pseudoplicata* como *Q. seminulum* y *M. subrotunda* son especies que pueden considerarse raras o poco frecuentes en las secciones estudiadas.

Es importante remarcar la ausencia de individuos del grupo de los Textulariida y Trochamminida, quienes se encuentran bien representados en ambientes de plataforma y marino-costeros actuales (Boltovskoy *et al.*, 1980; Hayward y Hollis, 1994; Gehrels y van de Plassche, 1999; de Rijk y Troelstra, 1999), pero de los cuales no se han tenido registros en ninguna de las secciones fósiles correspondientes al estuario de Bahía Blanca (Calvo Marcilese, 2008; Calvo Marcilese *et al.*, 2007; Cusminsky *et al.*, 2009). Su ausencia podría estar relacionada con problemas de índole tafonómico, que conllevan a la desintegración de las conchillas y su posterior pérdida en el registro sedimentario (Goldstein y Watkins, 1999). La ausencia también podría deberse al hecho de que los ambientes determinados en las secciones muestreadas, no habrían sido apropiados para su desarrollo. Estudios previos sugieren que los foraminíferos aglutinados han sido encontrados habitando zonas verticales muy específicas y ocupando nichos estrechamente definidos, dentro de las marismas salinas o los sectores medios y altos del intermareal (Scott y Medioli, 1978; Gehrels, 1994; de Rijk y Troelstra, 1999; Haslett, 2001). A su vez, se ha demostrado que especies como *Trochammina inflata* (Montagu) y *Jadammina macrescens* (Brady) poseen conchillas robustas y resistentes y que, por consiguiente, son factibles de preservarse en el registro fósil (de Rijk y Troelstra, 1999; Gehrels y van de Plassche, 1999). Por lo tanto de haber sido el ambiente adecuado para el desarrollo de estas especies, las conchillas podrían haberse preservado.

Las especies *T. inflata* y *J. macrescens* han sido halladas viviendo y en gran abundancia en sectores de intermarea media y alta y de marisma, tanto en áreas



externas como internas del estuario de Bahía Blanca (Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009). En ningún caso estas especies aglutinadas se han encontrado asociadas a ejemplares de *Buccella peruviana*, especie casi ausente en la totalidad de las transectas analizadas por Calvo Marcilese y Pratolongo (2009). Por lo tanto, la ausencia de *B. peruviana* y la presencia de *T. inflata* y *J. macrescens* en ambientes modernos intermareales del estuario de Bahía Blanca sugieren que estos subambientes carecen de las condiciones necesarias para el asentamiento y desarrollo de *B. peruviana*. Sobre la base de esta información puede inferirse que ninguna de las secciones holocenas bajo estudio estarían reflejando condiciones de ambiente intermareal medio o alto; y sí representarían un ambiente intermareal bajo a submareal somero.

Datos provenientes del estudio de las asociaciones de ostrácodos y de análisis palinológicos del CDM (Borel y Gómez, 2006; Constantini *et al.*, 2006), concuerdan con la información aportada por los foraminíferos bentónicos. El ambiente de depositación de esta secuencia refleja oscilaciones marcadas de las densidades faunísticas que pueden relacionarse con la dinámica de un ambiente mareal. Éste correspondería particularmente a un ambiente intermareal a submareal somero, donde el nivel del mar se encontraría en una posición similar a la actual (Martínez, 2002; Borel y Gómez, 2006).

Por su parte las asociaciones de ostrácodos del perfil C3B también fueron estudiadas, aportando las mismas, información que se ajusta a lo reflejado por los foraminíferos. La fauna de ostrácodos registrada es característica de ambientes intermareales a submareales someros, que hacia el techo gradúa a otros con mayor influencia continental sin microfósiles (Martínez, 2002).



6.3 Discusión General

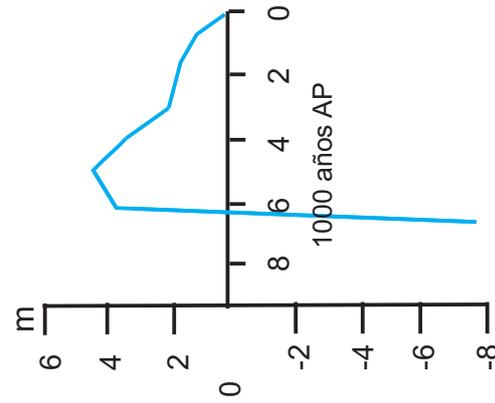
Las fluctuaciones del nivel del mar para el Holoceno de la provincia de Buenos Aires han sido analizadas por diversos autores, y se han sugerido esquemas ambientales basados en estudios de geología regional, paleontología y dataciones radiocarbónicas (Fray y Ewing, 1963; Parker y Violante, 1982; Codignotto *et al.*, 1992; Codignotto y Aguirre, 1993; Cavallotto, 1995; Violante *et al.*, 2001; Gómez *et al.*, 2005; Schnack *et al.*, 2005) (Fig. 6.1.5.2.).

A grandes rasgos el escenario ambiental holoceno para esta área se ha desarrollado de la siguiente manera:

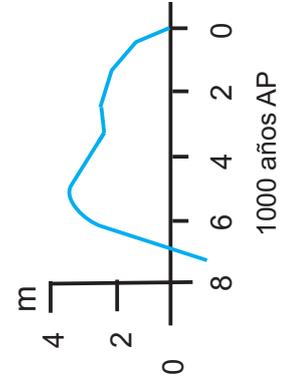
Hace aproximadamente 18000 años AP, momento en que se produjo el pico de la última glaciación. El nivel del mar se habría ubicado a unos 170 km al este de la línea de costa actual, con una profundidad de -115 m (Tonni y Cione, 1997).

Durante la transición Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano (11000 años AP), se produjo un ascenso progresivo del nivel del mar (Aguirre, 1995; Melo, 2007). Hacia los 9500 y hasta aproximadamente los 7500 años AP el nivel del mar continuó creciendo hasta alcanzar cotas de entre -12 y -18 m (Aliotta y Perillo, 1990).

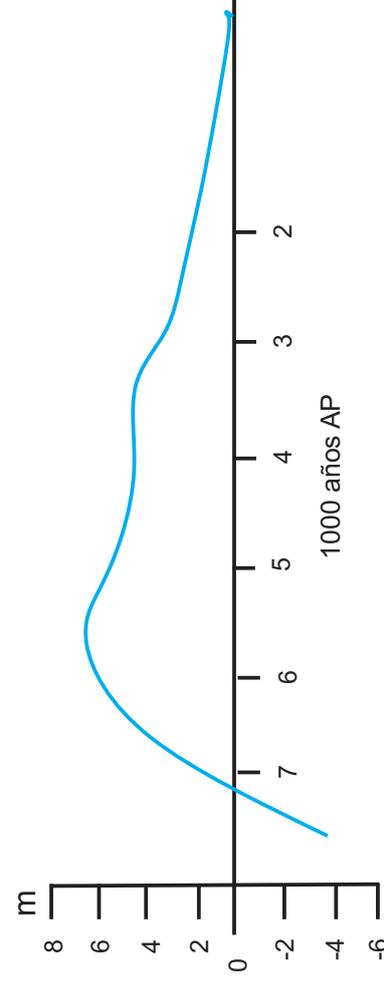
A los 7000 años AP el nivel del mar en ascenso, alcanzó valores altimétricos similares a los actuales para, posteriormente sobrepasarlos (Gómez y Perillo, 1995). A los 6000 años AP se habría producido el máximo transgresivo con un nivel del mar ubicado entre 5 y 6 m por sobre el nivel actual, y luego un descenso progresivo que habría ocurrido de manera escalonada (Laprida *et al.*, 2007). Gómez *et al.* (2005, 2006) propusieron luego de analizar secuencias submarinas en el área externa del estuario de Bahía Blanca, el desarrollo de pulsos



Bahía Blanca
Spagnuolo 2005, en
Schnack *et al.*, 2005
y Ferrero, 2006



Sudeste de Pcia. de Buenos Aires
Isla y Espinosa 1998, en
Ferrero, 2006



Área del Río de la Plata
Cavallotto *et al.*, 2004, en
Ferrero, 2006

Fig. 6.1.5.2. Curvas relativas del nivel del mar estimadas para el Holoceno de la Provincia de Buenos Aires (modificado de Ferrero, 2006)



negativos con un descenso del nivel del mar de varios metros por debajo del actual, hacia los *ca.* 6350 y los *ca.* 2500 años AP.

La evolución del estuario de Bahía Blanca ha sido parcialmente reconstruida en esta Tesis, utilizando a los foraminíferos como indicadores ambientales. Se ha contado con un registro que abarca desde los 6000 años AP hasta la actualidad, que ha permitido establecer un modelo regional y ha concordado con lo propuesto por otros autores para la provincia de Buenos Aires. Todas las secciones representan ambientes marino marginales a estuáricos que se desarrollaron como respuesta a las variaciones del nivel del mar durante el Holoceno.

El testigo PS2B2 representa afloramientos submarinos regionales en la zona del estuario de Bahía Blanca. Debido a que este sitio se ubica en la plataforma interna del estuario, todos los cambios relacionados con las variaciones del nivel del mar pueden verse amortiguados, en comparación a como pueden visualizarse en sectores internos del estuario. Las secciones aflorantes del Arroyo Napostá, del Canal Tres Brazas y del Canal del Medio representan áreas, internas y medias del estuario; mientras que las muestras modernas indican las condiciones actuales en la cabecera (M, B) y en la desembocadura (V).

Si bien la edad de la base del perfil Arroyo Napostá se encuentra sujeta a revisión, la edad establecida para el nivel 18 (m18) sugiere una edad de 4090±50 años AP siendo esta correlacionable con la secuencia depositada y analizada en el testigo PS2B2. Esta última ha sido descripta en su base como representando el desarrollo de un ambiente intermareal o de planicie de marea vegetada, que pasa gradualmente a un ambiente con mayor influencia marina, en relación estrecha con un sistema de canales (Gómez *et al.*, 2005; Cusminsky *et al.*, 2009). En estudios posteriores se ha demostrado, luego de realizar una comparación con la



fauna actual (Calvo Marcilese y Pratolongo, 2009; Calvo Marcilese *et al.*, en prensa), que la asociación registrada en el testigo PS2B2 no representaría exclusivamente a ensambles de ambiente intermareal alto o vegetado, sino que caracterizaría ambientes submareales someros. De esta manera hacia los 6350 años AP el subambiente registrado en la sección I del testigo habría correspondido a un sector completamente inundado, sin momentos de exposición como sucede en un ambiente submareal, a diferencia de un ambiente de intermarea, el cual se encuentra sujeto a períodos de inundación y exposición. Es por esto, que es posible identificar la presencia de *B. peruviana* y las diferentes formas de *Elphidium*, con una abundancia relativa constante a lo largo de toda la secuencia.

Estas afirmaciones a su vez, permiten establecer que, debido a la suave pendiente existente en la Plataforma interna Argentina (1:10.000) (Gelós *et al.*, 1988), a la morfología del estuario y a la batimetría sugerida para ese lapso temporal; hacia los 6300 años AP la posición del nivel del mar habría dado lugar al desarrollo de un ambiente submareal en la plataforma interna, y su inserción hacia el interior del estuario ya formado, originando los depósitos internos analizados en esta Tesis. Si bien aquí se ha concluido que las asociaciones de foraminíferos halladas en el testigo PS2B2 representan un ambiente submareal, a diferencia de lo propuesto por Gómez *et al.* (2005) y Cusminsky *et al.* (2009) para el ambiente de depositación, estos supuestos no se contraponen con la hipótesis de desarrollo de un mar bajo (planteada por dichos autores), previo al máximo transgresivo holoceno, ya que este pudo haberse dado con una diferencia de unos pocos metros, no logrando establecerse con precisión dicha diferencia al estudiar foraminíferos bentónicos, como los hallados en esta sección.

Por su parte, en el caso del perfil Arroyo Napostá, la edad de la base se encuentra sujeta a revisión ya que entre las dataciones originales (presentadas



aquí), y otras realizadas posteriormente se han detectado incongruencias (Gómez, comunicación personal, 2010). Si bien no existen certezas en relación a la exactitud del valor para la base del perfil, sí se cuenta con una datación correspondiente al nivel 18 de *ca.* 4090 años AP que, junto con la interpretación de la información aportada por los foraminíferos hallados, indica un ambiente de depositación marino marginal, submareal o intermareal bajo que grada a ambientes salobres con mayor influencia continental.

Esta secuencia así como la correspondiente al Canal Tres Brazas y al Canal del Medio, se depositaron con posterioridad al evento máximo transgresivo asignado para los *ca.* 6000 años AP, y corresponderían a un mar en regresión. Particularmente la sección N1, podría haberse comenzado a depositar en un período de mar alto, previo o simultáneo al máximo, pero debido a las incertezas en relación a la edad obtenida para la base de la sección no es posible sustentar esta hipótesis.

En relación al máximo transgresivo se han construido curvas donde se grafican las variaciones del nivel del mar, para diferentes regiones de la provincia de Buenos Aires (Fig. 6.1.5.2). Muchos autores han tratado de establecer si el descenso posterior al máximo transgresivo se produjo en forma escalonada, o si lo hizo en forma gradual. Gómez *et al.* (2005) y Laprida *et al.* (2007) han propuesto, luego de estudiar material proveniente de las costas de Bahía Blanca y del Río de la Plata respectivamente (Provincia de Buenos Aires), que el modelo escalonado tiene suficiente asidero en base a la información brindada por análisis de geología regional, foraminíferos, ostrácodos y palinomorfos. Otros autores han respaldado la hipótesis del descenso gradual del nivel del mar, aunque en forma desigual para el Holoceno Tardío (Angulo y Lessa, 1997; Angulo *et al.*, 1999). Eventos de cambio climático a nivel global, como períodos de enfriamiento, durante el Holoceno Medio-Tardío, pudieron haber provocado los



pulsos negativos dentro del evento regresivo de gran escala (Gómez *et al.*, 2005; Laprida *et al.*, 2007).

En el caso del CDM y en base a la información aportada por el estudio de los foraminíferos, ostrácodos y de análisis palinológicos (Martínez, 2002; Borel y Gómez, 2006; Constantini *et al.*, 2006), correspondería al desarrollo de un ambiente intermareal a submareal somero, con un nivel del mar en posición similar a la actual.

Por su parte las asociaciones de ostrácodos del perfil C3B también fueron analizadas (Martínez, 2002), y junto con la información brindada por el estudio de los foraminíferos, caracterizarían ambientes intermareales a submareales someros, que hacia el techo gradan a otros con mayor influencia continental sin contenido microfosilífero.

En base a estos resultados es posible inferir que las condiciones de depositación imperantes en las secciones Arroyo Napostá (N1), Canal del Medio (CDM) y Canal Tres Brazas (C3B) corresponderían a subambientes estuarinos intermareales bajos o a sectores submareales someros que se desarrollaron entre los *ca.* 4090 años AP y *ca.* 1400 años AP en el área del estuario Bahía Blanca.