

# ESTRATIGRAFÍA CUATERNARIA DEL SUBSUELO DE LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO PARANÁ

Sergio AMATO<sup>1</sup> y Adrián SILVA BUSSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comisión de Investigaciones Científicas Provincia de Buenos Aires, INA, Ezeiza, Buenos Aires, E-mail: pntsas@ina.gov.ar

<sup>2</sup> Instituto Nacional del Agua, Ezeiza, Buenos Aires, E-mail: pntsas@ina.gov.ar

## RESUMEN

El área de estudio comprende el subsuelo de la cuenca inferior del río Paraná (zona del Delta del Paraná) desde la latitud de la localidad de Diamante, en la provincia de Entre Ríos y hacia el sur hasta la localidad de San Fernando en la provincia de Buenos Aires. El relleno sedimentario moderno está relacionado directamente con la evolución de las condiciones ambientales durante el Cuaternario. Luego de la ejecución de un conjunto de perforaciones y de la obtención de algunos datos de afloramientos, se realiza un análisis de algunos de los eventos que han actuado dejando distintos tipos de registros geológicos que exceden al depósito deltaico actual. Se propone aquí, a partir del estudio litológico de depósitos de subsuelo y de la fracción de argilominerales que los componen, un modelo depositacional para la zona. De acuerdo a este análisis se ha definido que el evento ha tenido más de un pulso de avance y retroceso, lo cual involucra un aporte al conocimiento del fenómeno transgresivo-regresivo ocurrido durante el Holoceno. Se propone una alternancia de ambientes estuarinos y marginales costeros, que se repiten según la evolución de los pulsos de avance y el retroceso del mismo en el área de estudio. Por último y del análisis de los datos obtenidos hasta la actualidad, no se desprende si el retiro del mar desde el último gran pulso de la trasgresión se realizó en una sola etapa, o si se produjo con interrupciones por ascensos relativos de orden menor.

Palabras clave: *Paraná, Cuaternario, Cuenca Hídrica.*

**ABSTRACT:** *Subsurface Quaternary stratigraphy of the lower Río Paraná basin.* The study area is underground deposits in the lower basin of Paraná River (Paraná Delta area), from Diamante city in Entre Ríos province southward to the San Fernando city in the Buenos Aires province. The recent sedimentary deposits in this zone are directly related with the evolution of the environmental conditions throughout the Quaternary. This paper carries out based on a study well set and outcrops data set a analysis of the different sedimentary agents, process and events that have intervened producing different geological data that exceeded to current deltaic deposits. We propose here, from the litologic study, clay minerals fraction, the C14 analysis and geologic outcrop a depositional model. This depositional model involves a transgressive regressive analysis of the different fluvial, estuarine and sea paleoenvironment processes occurred during the Holocene. In accordance with this geologic underground analysis we defined that the transgressive event throughout the Holocene has had more the one pulse of advance and regression. We propose an alternation of the estuarine environment and coast marginal environment which recurs according to the evolution of the advance and regression pulses of each event in the study area. Finally and with the analysis of data obtained so far, it is not clear if the regressions of the sea level form the last great transgressive pulse occurred in only one stage, or if this stage it occurred with interruptions due to relative sea level increases of minor magnitude.

Keywords: *Paraná, Quaternary, Basin.*

## INTRODUCCIÓN

La denominación delta del río Paraná ha sido utilizada en ocasiones para designar a una extensa región con características fisiogeográficas similares, relacionadas con el uso humano del suelo, la flora, la fauna o el clima y enmarcada en una densa red de drenaje fluvial, que se inicia muy cerca de la localidad de Diamante, en la provincia de Entre Ríos y que alcanza hacia el sur la localidad de San Fer-

nando en la provincia de Buenos Aires (Fig. 1).

Teniendo en cuenta estas consideraciones el área deltaica subárea, entendida ésta, como aquella producto de la acción de depositación del actual río Paraná, se circunscribe a un ámbito geográfico más restringido que el mencionado más arriba, y solo involucra al extremo sur de Entre Ríos y noreste de Buenos Aires, extensión territorial emergida sumamente moderna, que se desarrolla principalmen-

te al este-sudeste del viaducto Zárate-Brazo Largo que une ambas provincias. En términos generales el clima de la región es de tipo templado húmedo sin estación seca. El valor promedio de precipitaciones indica un valor de 1020,9 mm anuales. El delta subaéreo está representado por bajos con agua permanente y temporaria, desarrollados en cotas inferiores a 2,5 m y delimitados por albardones. Esta área emergida corresponde al delta inferior y superior de Iriondo

(1980). Un estudio detallado de la geomorfología de la región puede encontrarse en Iriondo (2004) y en Parker y Marcolini (1992), la evolución regional ha sido descrita por Cavallotto *et al.* (1999) y Violante y Parker (2004). El área, a su vez, se encuentra separada de la llanura pampeana por una serie de acantilados que señalan el límite de acción de los procesos marinos durante el Holoceno. Se realiza aquí una síntesis de los resultados obtenidos en un estudio de subsuelo realizado a partir de doce perforaciones de exploración y de reconocimientos de superficie, así como de la revisión de planos antiguos de perforaciones elaborados por distintos organismos oficiales y de material bibliográfico generado por varios autores en las últimas décadas.

## GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

La región forma parte del área de contacto sur entre la Mesopotamia y la región Chaco-Pampeana, con un registro discontinuo integrado por un Basamento Precámbrico/Paleozoico con rocas metamórficas y plutónicas ácidas, y por efusivas mesozoicas de carácter básico asimilables a la Formación Serra Geral (White 1908). Continúan hacia arriba sedimentos cretácicos y terciarios de origen continental y sedimentos marinos de edad Mioceno pertenecientes a la Formación Paraná (d'Orbigny, 1842). El registro culmina con una sucesión de sedimentos correspondientes a la Formación Puelches (Santa Cruz 1972) de edad plio-pleistocena, descrita en el área de estudio por Amato y Silva Busso (2005), sobre los cuales se observan sedimentos holocenos.

Toda interpretación regional que pretenda realizarse sobre estas últimas unidades estratigráficas, deberá contemplar el análisis de la variación relativa del nivel mar en el periodo de tiempo considerado y la incidencia que tuvo dicha variable en la conformación de los paleoambientes sedimentarios, así como en las características texturales de los depósitos que en

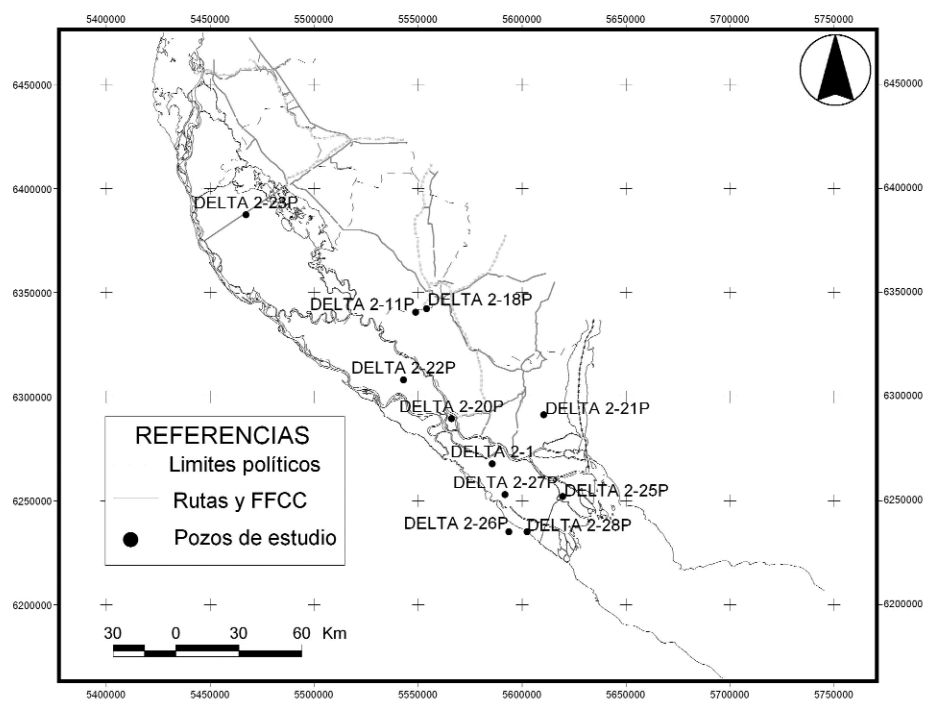


Figura 1: Mapa ubicación de las perforaciones y el área de estudio.

cada etapa se han conformado. De hecho la geografía actual se encuentra estrechamente vinculada con la evolución sufrida por la región en tiempos pre-holocénicos, con una paleo-topografía definida sobre sedimentos inconsolidados, con un nivel relativo del mar mas bajo.

Una evolución detallada del área se puede encontrar en Cavallotto *et al.* (1995) y Cavallotto *et al.* (2004) quienes señalan que como consecuencia del cambio climático que siguió al máximo glacial, el inicio de la trasgresión holocena se habría iniciado hace unos 20.000 años atrás, durante dicho lapso de tiempo el antiguo paleoauce fluvial se vio invadido por agua de mar, alcanzando su máximo nivel relativo hace aproximadamente 6.000 años atrás. A posterior y de acuerdo a los mismos autores, habiendo superado las condiciones de mar alto, el mar comenzó su descenso hasta la posición actual generando procesos de progradación con generación de cordones litorales y sucesión de líneas de playa que fueron dejando encerradas a las planicies de mareas precedentes; depósitos reconocidos en la provincia de Entre Ríos como Formación Isla Talavera (Gentili y Rimoldi

1979). Dicha migración acompaña un cambio en la región, que pasó de condiciones estuáricas nuevamente a condiciones fluviales provocando la instalación de un sistema deltaico (Cavallotto *et al.* 1999), que ocuparía todo el sector del Río de la Plata actual hasta su desembocadura en el Océano Atlántico (Parker y Marcolini 1992)

## METODOLOGÍA

El análisis de sedimentos de subsuelo obtenidos de las perforaciones implicó el muestreo metro a metro de niveles de interés y ante cambios texturales de importancia. Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente, separadas mecánicamente en mortero y pilón de goma y cuarteadas para su observación bajo lupa binocular y clasificadas texturalmente mediante el uso de cartilla comparativa. Se separaron conchillas calcáreas, para su datación mediante método de Carbono 14, y se seleccionaron muestras pelíticas para su análisis por difracción de rayos X, análisis similares se efectuaron en muestras seleccionadas de afloramientos. La sedimentación post-pampeana incluye

en el área una marcada abundancia de sedimentos de tipo arcillosos, por lo que se procedió a la determinación de argilominerales en las unidades estratigráficas reconocidas.

La misma fue realizada en el Laboratorio de Rayos X del Centro de Investigaciones Geológicas, UNLP- CONICET, de la ciudad de La Plata, a partir de un total de 36 muestras seleccionadas. Los datos de  $C^{14}$  fueron analizados por el Laboratorio de Tritio y Radiocarbono (LATyR), dependiente de la Universidad Nacional de La Plata. Mediante técnica de Roca Total por Rayos X, se identificaron todos aquellos componentes minerales no argilíticos que se encuentran en una proporción mayor al 3%.

Por su parte para la identificación y cuantificación de arcillas se realizó un análisis en muestras orientadas, glicoladas y calcinadas. La determinación de la cristalinidad de los argilominerales se realizó por vía comparativa, por métodos numéricos y con índices propios del citado laboratorio.

## RESULTADOS

Los sondeos en algunos casos alcanzaron el techo de la Formación Paraná, en otros ingresaron varios metros en la Formación Puelches, pudiendo reconocerse sedimentos correlacionables con la Formación Atalaya descrita por Parker (1985) y con la Formación Isla Talavera de Gentili y Rimoldi (1979).

El ordenamiento de los datos obtenidos en cada sondeo respondió a su ubicación en profundidad y a criterios estratigráficos y texturales de separación de unidades (cuadros 1, 2, 3 y 4).

Se ha realizado la determinación cuantitativa por rayos X de los siguientes minerales: cuarzo (Q), feldespato potásico (K), plagioclasa (Pl), ortosa (Ort) en la fracción arena y en la fracción arcillas se determinó arcillas totales (Ar), illita (I), esmectita (Sm), caolinita (Ko), clorita (Cl) y se indicó además profundidad de la muestra (Prof), sobre las muestras tomadas de los sondeos realizados presentes

**CUADRO 1:** Pozos de estudio, ubicación y agrupación de muestreo litológico.

| Código Pozo | Lugar  | X         | Y         | Grupo de Muestras      |
|-------------|--|-----------|-----------|------------------------|
| DELTA 2-25P | Río Paraná Mini y Canal<br>4. 3º Sección de la Isla          | 6223684.2 | 5633684.2 | PD2, PD3, PD4          |
| DELTA 2-27P | INTA Delta   | 6224750.0 | 5602500.0 | PD22, PD23, PD24       |
| DELTA 2-1   | Escuela Agrotécnica. Ruta<br>12-14 Km 102. Isla Tala         | 6241443.0 | 5595566.1 | PD32, PD33             |
| DELTA 2-22P | Escuela Nº 72 "Gral. Toribio<br>Luzuriaga". Dpto. Guaaleguay | 6286842.1 | 5547395.8 | PD6, PD7, PD8          |
| DELTA 2-23P | Tramo Rosario-Victoria                                       | 6376315.8 | 5461979.2 | PD20                   |
| DELTA 2-28P | Escuela Nº 11.<br>El Cazador. Escobar                        | 6204571.6 | 5614370.3 | PD13, PD14, PD15, PD16 |
| DELTA 2-18P | Puerto Ruiz  | 6325377.1 | 5559870.2 | PD25, PD1              |
| DELTA 2-20P | Escuela Nº 8 "20 de Junio".<br>Dpto. Islas del Ibicuy        | 6265789.5 | 5573437.5 | PD17, PD18, PD19       |
| DELTA 2-21P | Escuela Nº 3 "El Temple<br>Argentino". Dpto. Islas de        | 6267894.7 | 5623437.5 | PD10, PD11             |
| DELTA 2-11P | Escuela Nº 34 "La Calera".<br>Dpto. Islas del Ibicuy         | 6323544.5 | 5553952.9 | PD35, PD36             |
| DELTA 2-26P | Ruta Panamericana y<br>Río Luján. Escobar                    | 6204530.0 | 5604490.0 | PD28, PD30, PD27, PD29 |

**CUADRO 2:** Porcentaje de componentes mineralógicos y profundidad (Q, K, Pl, Ort y Ar)

| Muestra | Q  | K | Pl | Otr | Ar | Prof. (m) | Muestra | Q  | K | Pl | Otr | Ar | Prof. (m) |
|---------|----|---|----|-----|----|-----------|---------|----|---|----|-----|----|-----------|
| PD1     | 80 | 2 | 8  | 5   | 5  | 2-2,5     | PD19    | 87 | 3 | 3  | 5   | 2  | 15-16     |
| PD 2    | 81 | 2 | 7  | 5   | 5  | 1-2       | PD20    | 86 | 3 | 3  | 5   | 3  | 2-3       |
| PD 3    | 64 | 2 | 7  | 5   | 20 | 12-13     | PD 22   | 80 | 2 | 7  | 5   | 4  | 0-1       |
| PD 4    | 62 | 5 | 6  | 5   | 20 | 23-24     | PD23    | 60 | 2 | 6  | 5   | 25 | 13-14     |
| PD6     | 80 | 2 | 5  | 5   | 8  | 2-3       | PD24    | 70 | 5 | 10 | 5   | 10 | 22-23     |
| PD 7    | 68 | 2 | 5  | 5   | 20 | 9-10      | PD 25   | 69 | 7 | 7  | 5   | 12 | 1-2       |
| PD 8    | 71 | 2 | 4  | 5   | 16 | 11-12     | PD 27   | 68 | 3 | 14 | 5   | 10 | 1-2       |
| PD10    | 87 | 3 | 2  | 5   | 3  | 1-2       | PD 28   | 70 | 3 | 7  | 5   | 15 | 4-5       |
| PD11    | 89 | 2 | 2  | 5   | 2  | 4-5       | PD 29   | 55 | 3 | 22 | 5   | 8  | 13-14     |
| PD 13   | 66 | 2 | 5  | 5   | 20 | 1-2       | PD 30   | 60 | 3 | 12 | 5   | 16 | 20-21     |
| PD 14   | 71 | 2 | 12 | 5   | 10 | 4-5       | PD 32   | 74 | 3 | 7  | 5   | 7  | 1-2       |
| PD15    | 77 | 3 | 9  | 5   | 6  | 18-19     | PD33    | 67 | 2 | 6  | 5   | 20 | 14-15     |
| PD16    | 60 | 3 | 7  | 5   | 21 | 22-23     | PD 35   | 79 | 4 | 8  | 5   | 4  | 0-1       |
| PD17    | 93 | 0 | 2  | 5   | 2  | 0-1       | PD36    | 75 | 3 | 9  | 5   | 6  | 18-19     |
| PD18    | 89 | 0 | 3  | 5   | 3  | 7-8       |         |    |   |    |     |    |           |

en el Cuadro 1. El Cuadro 2 presenta los resultados porcentuales de la distribución mineralógica total.

Se realizó posteriormente las determinaciones mineralógicas de arcillas (por lo métodos ya expresados) que se presentan como contenido porcentual relativo al total de arcilla en el cuadro 3.

El cuadro 4 presenta los valores de los análisis de  $C^{14}$ . En el caso de los datos provenientes de sondeos se especifica la profundidad del material recuperado.

### Caracterización del relleno sedimentario post-puelchense

El depósito sedimentario atravesado por

encima de la Formación Puelches (Santa Cruz 1972), comprende tres asociaciones texturales diferentes:

*Arcillas y arcillas limosas:* de colores verdes y grises, masivas, correspondientes a un ambiente estuárico y de carácter transgresivo (Parker, 1990) que se manifiesta con facies relativamente poco variables en todo el ámbito de estudio, con niveles aislados de conchillas y en algunos sectores de los niveles basales, abundante presencia de materia orgánica. Estos depósitos pueden ser correlacionables con la Formación Atalaya (Parker 1985) y a su vez con unidades estratigráficas como el Querandinense de Cortezzi y Lerman

**CUADRO 3:** Porcentaje relativo de la fracción arcilla (Ar) y profundidad (I, Sm, Ko, Cl)

| Muestra | I  | Sm | Cl | Ko | Prof. (m) | Muestra | I  | Sm | Cl | Ko | Prof. (m) |
|---------|----|----|----|----|-----------|---------|----|----|----|----|-----------|
| PD1     | 35 | 50 | 0  | 15 | 2-2,5     | PD19    | 25 | 55 | 0  | 10 | 15-16     |
| PD 2    | 65 | 10 | 5  | 10 | 1-2       | PD20    | 25 | 55 | 5  | 15 | 2-3       |
| PD 3    | 45 | 30 | 5  | 20 | 12-13     | PD 22   | 65 | 10 | 10 | 15 | 0-1       |
| PD 4    | 50 | 25 | 5  | 20 | 23-24     | PD23    | 50 | 20 | 10 | 20 | 13-14     |
| PD6     | 35 | 50 | 5  | 10 | 2-3       | PD24    | 55 | 25 | 5  | 15 | 22-23     |
| PD 7    | 45 | 30 | 10 | 15 | 9-10      | PD 25   | 35 | 45 | 0  | 15 | 1-2       |
| PD 8    | 50 | 25 | 10 | 15 | 11-12     | PD 27   | 45 | 45 | 5  | 5  | 1-2       |
| PD10    | 35 | 40 | 10 | 15 | 1-2       | PD 28   | 40 | 40 | 5  | 15 | 4-5       |
| PD11    | 40 | 30 | 15 | 15 | 4-5       | PD 29   | 40 | 55 | 0  | 5  | 13-14     |
| PD 13   | 40 | 30 | 10 | 20 | 1-2       | PD 30   | 40 | 55 | 0  | 5  | 20-21     |
| PD 14   | 45 | 35 | 5  | 15 | 4-5       | PD 32   | 40 | 40 | 5  | 15 | 1-2       |
| PD15    | 50 | 30 | 10 | 10 | 18-19     | PD33    | 50 | 30 | 0  | 20 | 14-15     |
| PD16    | 55 | 25 | 10 | 10 | 22-23     | PD 35   | 45 | 40 | 0  | 15 | 0-1       |
| PD17    | 35 | 35 | 15 | 15 | 0-1       | PD36    | 65 | 25 | 0  | 10 | 18-19     |
| PD18    | 35 | 40 | 10 | 15 | 7-8       |         |    |    |    |    |           |

**CUADRO 4:** Pozos de estudio y afloramientos de muestreo de bioclastos para C<sup>14</sup>

| Lugar                            | Muestra C <sup>14</sup> | Prof. mbbp | Edad C <sup>14</sup> (a) | Litología                                  |
|----------------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|--|
| Esc. N° 34 - La Calera - Médanos | Sondeo AC1706           | 6          | 7.450+/- 80              | Arcillas masivas y arcillas limosas        |
| Esc. N° 11- El Cazador           | Sondeo AC1701           | 21         | 7.130+/-90               | Pelíticos Arcillosos-limosos               |
| Isla Talavera - Zárate           | Sondeo AC1709           | 17         | 5.980+/-70               | Arcillas masivas algo limosas              |
| Área Pto. Ruiz                   | Afloram. /C4S           | 0          | 5.770+/- 80              | Arenas finas-m. finas algo limosas         |
| Área Pto. Ruiz                   | Afloram /C2S            | 0          | 5.770+/- 70              | Arenas finas-m. finas limosas              |
| Área Pto. Ruiz                   | Afloram. /C5S           | 0          | 5.710+/- 70              | Arenas finas-m. finas limosas              |
| Área Pto. Ruiz                   | Afloram. /C1S           | 0          | 5.690+/- 70              | Arenas finas-m. finas limosas              |
| Área Pto. Ruiz                   | Afloram. /C1S           | 0          | 5.490+/- 60              | Arenas finas-m. finas limosas              |
| Esc. N° 34 - La Calera - Médanos | Sondeo /AC1707          | 4          | 5.510+/-90               | Limos arenosos m. finos y arcillas limosas |
| Río Luján y Ruta Nac. 9          | Sondeo /AC 1694         | 6          | 4.930+/-70               | Limos arcillosos algo arenosos             |
| Río Luján y Ruta Nac. 9          | Sondeo /AC1693          | 5          | 4.410+/-80               | Limos arcillosos algo arenosos             |

(1969), y con la Formación Destacamento Río Salado de Fidalgo *et al.* (1973). Alcanza potencias cercanas a 2 m en Diamante, provincia de Entre Ríos y de más de 10 m en Tigre (Isla del INTA Delta), provincia de Buenos Aires. La base de estos depósitos fue identificada con registro variable; cota -1 m en el sondeo La Calera, en área vecina a Médanos, hasta -21 m en el sondeo en una Isla del Paraná Miní, en el partido de San Fernando, prácticamente en el límite entre el área deltaica subaérea y el actual Río de la Plata. En dirección prácticamente perpendicular a la anterior, el espesor si bien presenta un comportamiento variable, no define una tendencia clara como en el caso anterior. Por su parte dataciones absolutas realizadas, principalmente de bivalvos pelecípodos, del área de Ibicuy en Entre Ríos, probablemente pertenecien-

tes a las especies *Erodona mactroides* y *Macrastra patagónica*, indicarían para esta unidad estratigráfica edades C<sup>14</sup> que oscilan entre los 7.500 años y los 6.000 años (Cuadro 4), mientras que dataciones citadas por Parker, (1985), señalan para sedimentos correlacionables con esta unidad en el subsuelo del Delta de Campana, edades de C<sup>14</sup> de alrededor de 8.600 años, lo que hace perfectamente compatibles ambas dataciones, teniendo en cuenta la posición geográfica de dichas localidades.

*Fangos y arenas aluviales:* de color castaño o castaño grisáceo, generalmente se encuentran asociadas o intercaladas en los sondeos mencionados, con las arcillas transgresivas anteriormente descritas. Litológicamente se las reconoce por la presencia de limos arenosos y limos gruesos hasta arcillosos inconsolidados. Su espesor promedio es inferior a aquella

con valores que oscilan en los 2 m, y 5 m como máximo en una perforación, en islas del partido de San Fernando. Sus cotas superiores varían entre más de 10 m en los cordones litorales y menos de 2 m en el frente deltaico subaéreo. Podrían correlacionarse con la Formación Talavera (Gentili y Rimoldi 1979). Las edades obtenidas del material fosilífero carbonático sub-superficial oscilan en estos casos entre los 5.700 años y los 4.400 años (Cuadro 4).

*Limos y arenas muy finas y fangos limosos-arcillosos:* ubicados en el área de desembocadura del actual río Paraná y correspondientes a limos-arenosos muy finos del actual depósito deltaico y fangos limosos algo arcillosos de inundación fluvial, que podrían correlacionarse con la Formación Playa Honda de Parker (1990).

#### Caracterización de argilominerales y su relación con los ambientes holocenos

La composición mineralógica de las arcillas presentes en los depósitos de distintos ambientes de la cuenca del Plata, fue estudiada entre otros por: González Bonorino (1965), Depetris (1968), Iñiguez (1981), Zalba *et al.* (1995), de acuerdo a estos autores la composición del sedimento en suspensión y de diferentes ambientes sedimentarios de la cuenca del Plata, se encuentra relacionada con la descarga del río Paraná y de sus afluentes, además de las aportadas desde las capas superiores de los Sedimentos Pampeanos. Como dato de importancia se ha establecido que la illita es el mineral argílico dominante en los sedimentos de fondo aportados al Río de la Plata por sus afluentes principales el Paraná y el Uruguay cuando se depositan en el ambiente fluvial de agua dulce y la esmectita constituye la especie principal cuando las condiciones se modifican a aguas salobres de ambiente estuarino, Cavallotto (1995).

Al aplicar este criterio en el área de estudio, se ha podido corroborar que la columna sedimentaria holocena sufre variaciones en la composición de las arcillas presentes, acompañada por un cambio

moderado en los porcentajes de los principales minerales para cada tipo de depósito considerado. Los cuadros 5 y 6 muestran la relación propuesta entre diferentes valores porcentuales medios de las especies minerales y argiominerales con los paleoambientes.

Efectuado el análisis de muestras de cuatro unidades consideradas se observa que; si bien toda la sedimentación holocena es abundantemente pelítica, mínimos cambios texturales permiten realizar una correlación estratigráfica al poder utilizarse niveles guías de naturaleza arcillosa presentes y el resultado de los análisis mineralógicos y porcentuales, considerando a la vez el contenido en arcillas totales (Ar) y la participación de cuarzo (Q) y plagioclasas (Pl) que presentan ambas unidades, en cada muestra analizada y en el valor promedio obtenido (Cuadros 5 y 6). En el caso de los resultados de roca total, los minerales principales Q, K y Pl generalmente superan en las unidades suprayacentes a la trasgresión el 90% del contenido total, mientras que para los sedimentos holocenos anteriores a la trasgresión y aquellos pertenecientes a la misma, dicho valor promedia el 75% del total de especies mineralógicas presentes. Si se analiza además la composición y participación de los minerales de arcillas contenidas, puede observarse al integrar toda la columna holocena un cambio alternado en el predominio de dos de las especies presentes.

Valores entre 45% y 65% de esmectita son comunes en las muestras provenientes de los sedimentos que conforman los pulsos de la trasgresión, dichos valores decaen a una participación entre el 25% y 40% en aquellos que pertenecen a ambientes costeros o algo alejados de la influencia estuarina (Figs. 2, 3, 4 y 5).

El límite entre ambas secciones por lo tanto no es solo textural, sino también de proporciones mineralógicas, ya que coincidiría con la inversión en los contenidos de argilominerales y la variación en el contenido de los minerales principales.

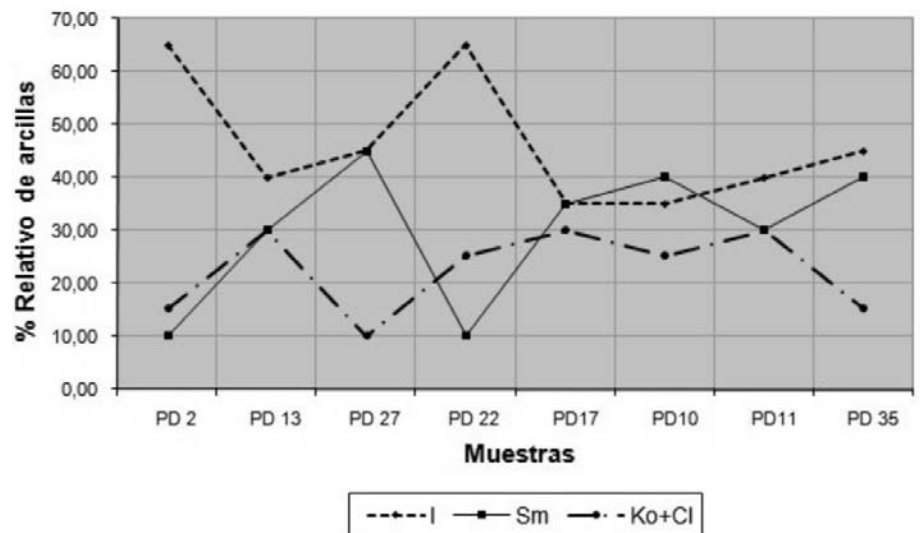
Otro límite mineralógico composicional

**CUADRO 5:** Agrupación de muestras y valores promedio de porcentajes de componentes mineralógicos asociados por ambiente.

| Ambiente  | Muestras                      | Q    | K   | Pl  | Otr | Ar  |
|---|-------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| Sedimentos recientes de ambiente fluvio-deltaico                        | 2, 10, 11, 13, 17, 22, 27, 35 | 79.1 | 2.3 | 6.4 | 5   | 6.9 |
| Sedimentos costeros y litorales suprayacentes a depósitos transgresivos | 1, 14, 15, 16, 23, 28, 32, 36 | 73   | 2.6 | 7.4 | 5   | 11  |
| Sedimentos transgresivos holocenos                                      | 3, 6, 18, 19, 20, 25, 29, 30  | 68   | 3   | 8   | 5   | 9   |
| Sedimentos costeros-litorales subyacentes y a la trasgresión holocena   | 4, 7, 8, 24, 33               | 67   | 3   | 6   | 5   | 17  |

**CUADRO 6:** Agrupación de muestras y valores promedio de porcentajes relativos de la fracción Arcillas asociadas por ambiente

| Ambiente  | Muestras                      | I    | Sm | Cl  | Ko |
|---|-------------------------------|------|----|-----|----|
| Sedimentos recientes de ambiente fluvio-deltaico                      | 2, 10, 11, 13, 17, 22, 27, 35 | 47.1 | 30 | 8   | 13 |
| Sedimentos costeros suprayacentes a depósitos transgresivos           | 1, 14, 15, 16, 23, 28, 32, 36 | 47   | 32 | 7.2 | 14 |
| Sedimentos transgresivos holocenos                                    | 3, 6, 18, 19, 20, 25, 29, 30  | 35   | 49 | 3.1 | 12 |
| Sedimentos costeros-litorales subyacentes y a la trasgresión holocena | 4, 7, 8, 24, 33               | 50   | 27 | 4   | 17 |



**Figura 2:** Sedimentos recientes fluvio deltaicos (G-1).

se define al analizar las arcillas presentes en los sedimentos transgresivos y en aquellos de carácter costero, así como los de carácter fluvio-deltaico.

Estos últimos con espesores que pueden variar entre 1 y 3 metros presentan no solo un aumento en el contenido de los minerales principales, sino también un acentuado incremento en la participación de illita (entre 40% y 65%) así como una caída sustancial en los valores de la esmectita (entre 10 % y 30 %) (Figs. 2, 3, 4 y 5).

En el diagrama triangular de la figura 7 ha sido realizado para permitir una mejor interpretación de la distribución y relación de los argiominerales y paleoambientes. En la misma se observa una buena concentración y baja dispersión de las muestras para los sedimentos pertenecientes a la trasgresión holocena, marcados como grupo G-3.

Este último campo se diferencia notoriamente de los grupos G-2 y G4 correspondientes a sedimentos litorales supra e

infra transgresivos, que a su vez, se concentran entre sí en un área bien definida de baja dispersión. Finalmente el grupo G-1, fluviodeltaico reciente es en el que se observa mayor dispersión en la relación de sus minerales de arcilla.

## DISCUSIÓN

### Análisis del Relleno Sedimentario

El análisis textural de los sedimentos atravesados así como la variación en contenido de las arcillas presentes permitió realizar una correlación de pozos (Fig. 7). Las intercalaciones de sedimentos limo-arcillosos castaños grisáceos, en parte hasta arenosos muy finos, con depósitos predominantemente arcillosos gris verdosos-azulados, asociada a variaciones en el contenido de los minerales de arcilla presentes demuestran un relleno de cuenca para el Holoceno que utiliza a la Formación Puelches como sustrato, y que contiene como depósito principal a sedimentos pertenecientes a una trasgresión, producida en por lo menos tres etapas o pulsos de avance y retrocesos menores, asociados lateralmente a ambientes costeros asociados que avanzan y retroceden según dicho comportamiento. El mismo muestra un aumento de espesores hacia el sudeste como resultado de una superposición de pulsos de agua salobre, que alcanzaron a ingresar cada vez más hacia el NO con el desarrollo de la transgresión, dejando una superposición de capas arcillosas donde el fenómeno perduró más tiempo, (área del partido de Tigre) mientras que hacia el noroeste los pulsos de avance pueden individualizarse e identificarse en forma intercalada entre sedimentos marginales y de planicies costeras, debido a los retiros parciales sufridos por los sucesivos pulsos de ascenso. El perfil longitudinal muestra además que en contraposición a lo que sucede en áreas como Diamante, zona del puente Victoria-Rosario o en Las Lechiguanas; desde el área del INTA Delta en el partido de Tigre y hacia el SE los depósitos sub-superficiales no corresponden a ambientes costeros o estuarinos (Capas B y

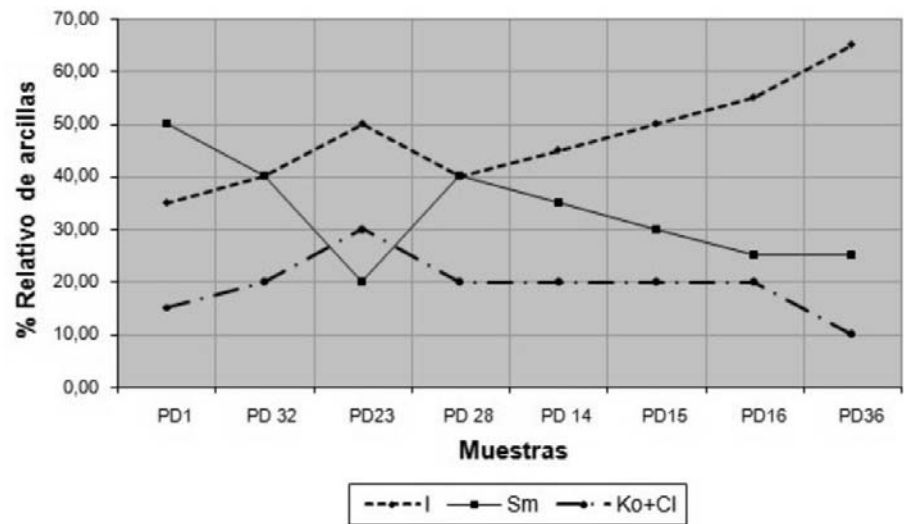


Figura 3: Sedimentos costero litoral suprayacente a depósitos transgresivos (G-2).

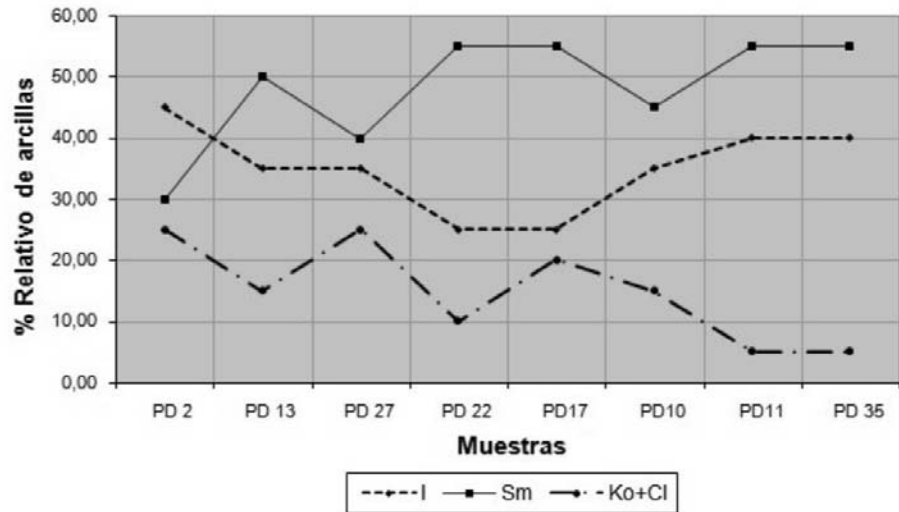


Figura 4: Sedimentos transgresivos holocénicos (G-3).

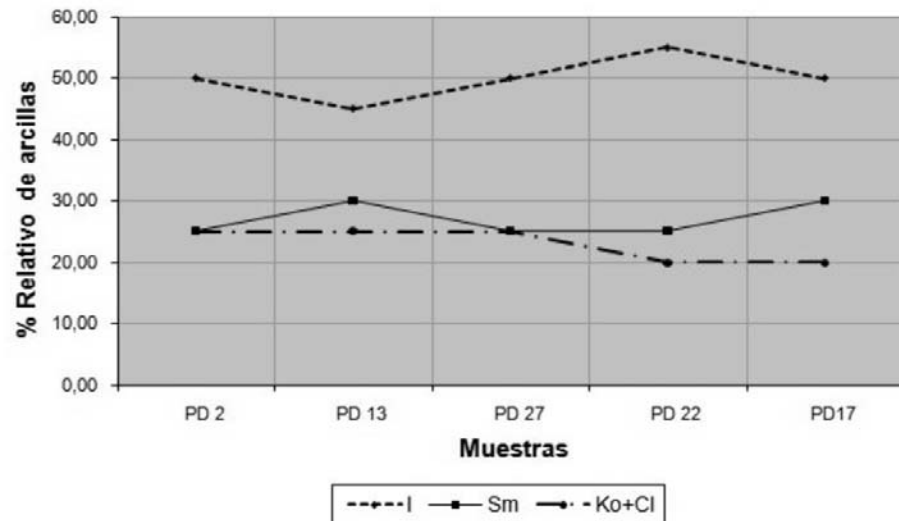


Figura 5: Sedimentos costero litorales subyacente a la trasgresión holocena (G-4).

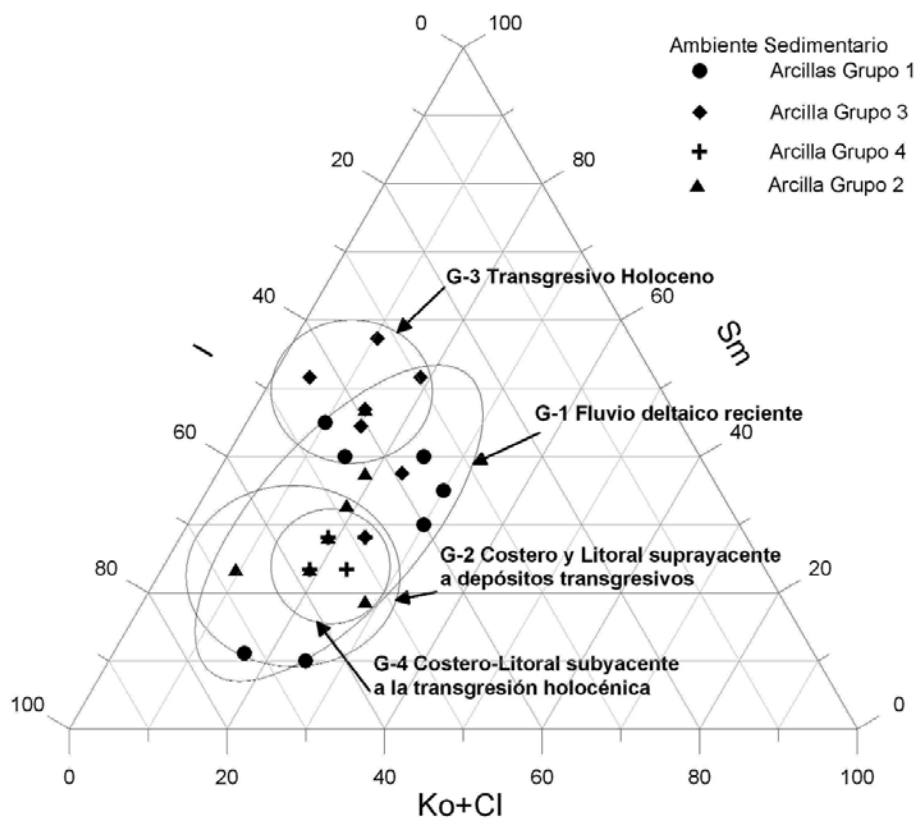


Figura 6: Relación I-Sm-Ko+Cl como indicador de paleoambiente. Cuenca inferior del río Paraná.

Capas C) sino que pertenecen a limos-arenosos muy finos del actual depósito deltaico y fangos limosos algo arcillosos de inundación fluvial (Capas D, E y F), no habiéndose registrado la presencia de capas arcillosas verdosas sub-superficiales, sino hasta los 8 metros de profundidad, lo que produjo un relleno de cuenca interdigitado cuyo modelo se presenta en la figura 8.

Posiblemente incluso en algunos sectores de esta área, la ausencia de capas arcillosas de ambiente estuarino en el área de Ibicuy, podría tener relación con la denominada paleo-isla de Ibicuy, que si bien contendría también sedimentación post-pampeana directamente sobre la Formación Puelches, la misma sería en una gran parte más antigua que la última ingresión holocénica, comportándose como un área elevada para tal evento.

Luego en el área de desembocadura del actual río Paraná, y como producto de nuevos cambios en la posición relativa

del nivel del mar, la reinstalación del sistema fluvial habría producido, primero la erosión parcial de las capas de subsuelo menos profundas, y luego la instalación de depósitos pertenecientes al ambiente deltaico, lo que se verifica en la existencia de depósitos de sedimentos sub-superficiales diferentes de aquellos muestreados en el sector NO del área de estudio (Fig. 8).

## CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de muestras de subsuelo y de su integración regional en cortes geológicos realizada en el presente trabajo, se puede establecer que el evento transgresivo del Holoceno contuvo más de un pulso de avance y retroceso, los resultados exploratorios indican que el evento transgresivo se dio por lo menos en tres etapas, logrado por avances de mayor rango que los retrocesos correspondientes. Como en todo evento de

este tipo, en la etapa final, el ascenso fue perdiendo velocidad hasta alcanzar su cota máxima, calculada por distintos autores, entre los 5 m y 6 m sobre el actual nivel del mar. El avance del agua salobre fue acompañado lateralmente desde el principio por el desarrollo de un ambiente costero-continental que en algunos sectores pudo alcanzar estabilidad en el tiempo para desarrollar varios metros de espesor, dependiendo de la evolución de los pulsos y de la posición geográfica. La recurrencia en profundidad en la misma perforación de mantos fangosos arcillosos separados por capas de sedimentos limosos y hasta arenosos finos, inducen a pensar en dicha posibilidad, es decir una alternancia de ambientes estuarinos y marginales costeros, que se repiten según la evolución de los pulsos de avance y retroceso que el evento contuvo, esta recurrencia en profundidad se observó especialmente para la franja central del área de estudio. Se destaca el dato observado en varios de los sondeos, que nos indica que en la base de la columna holocena antes de ingresar en los sedimentos de la Formación Puelches se presentan sedimentos de tipo costero, para luego recién ser cubiertos por el manto fangoso propio del ambiente estuarino. Por último, durante la etapa final de máxima expansión de la trasgresión y en el estadio de mar alto, la colmatación del sistema habría provocado la conformación de áreas semiprotectidas con generación de planicies de marea. Estas planicies quedaron en el registro representadas por extensas capas de sedimentos heterolíticos finos, limosos-arcillosos y limosos-arenosos muy finos conservando en algunos casos restos de bivalvos, depositados en condiciones restringidas de moderada a baja energía. Luego del avance del último y más importante pulso de ascenso, si bien los datos provenientes del sector NO del área de estudio, inducen a pensar en un retiro producido en una sola etapa y sin interrupciones por ascensos relativos de orden menor. Las evidencias geológicas de cómo se produjo el retroceso final del

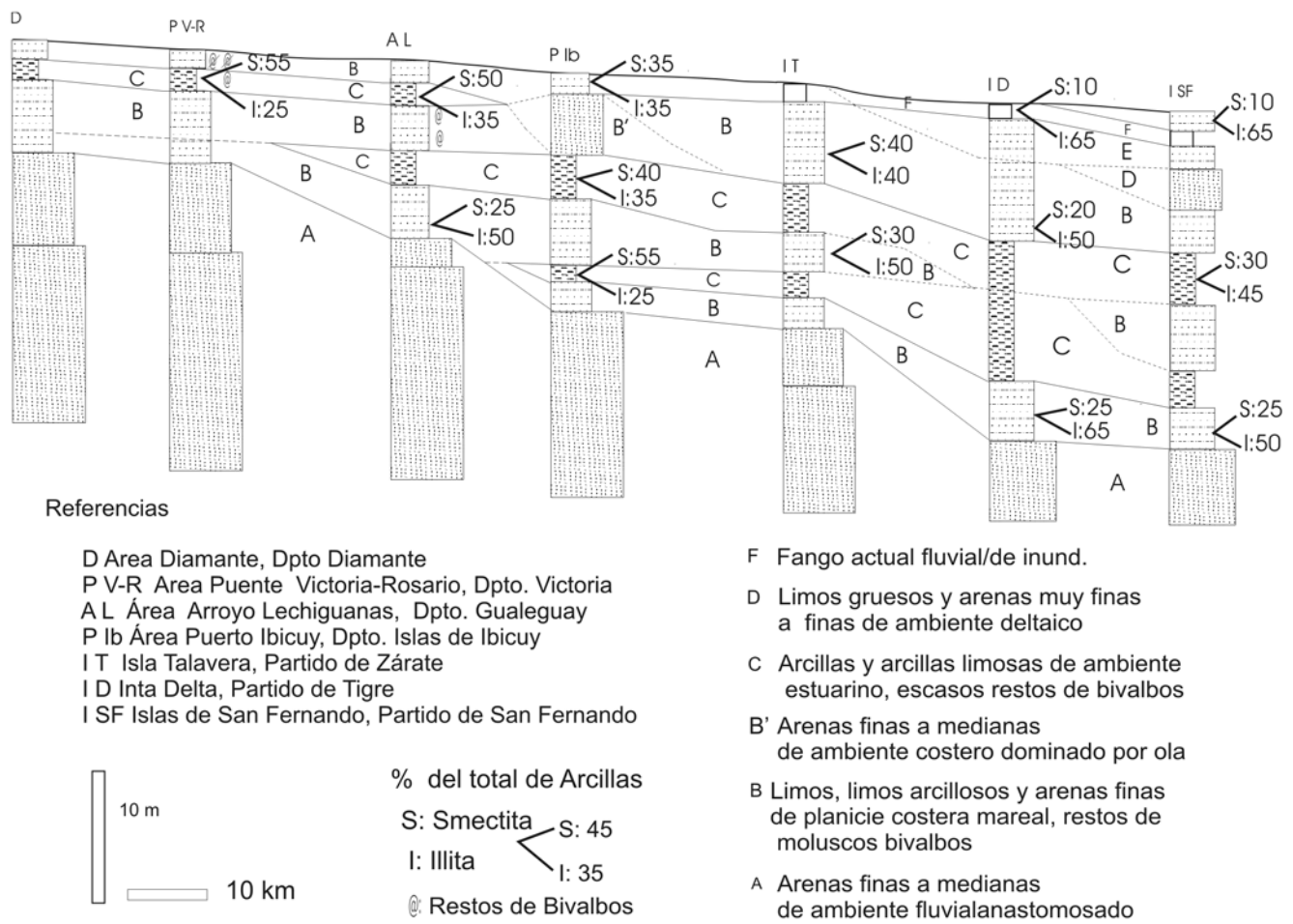


Figura 7: Corte geológico NE-SE en la cuenca inferior del río Paraná (Sección limítrofe entre las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos).

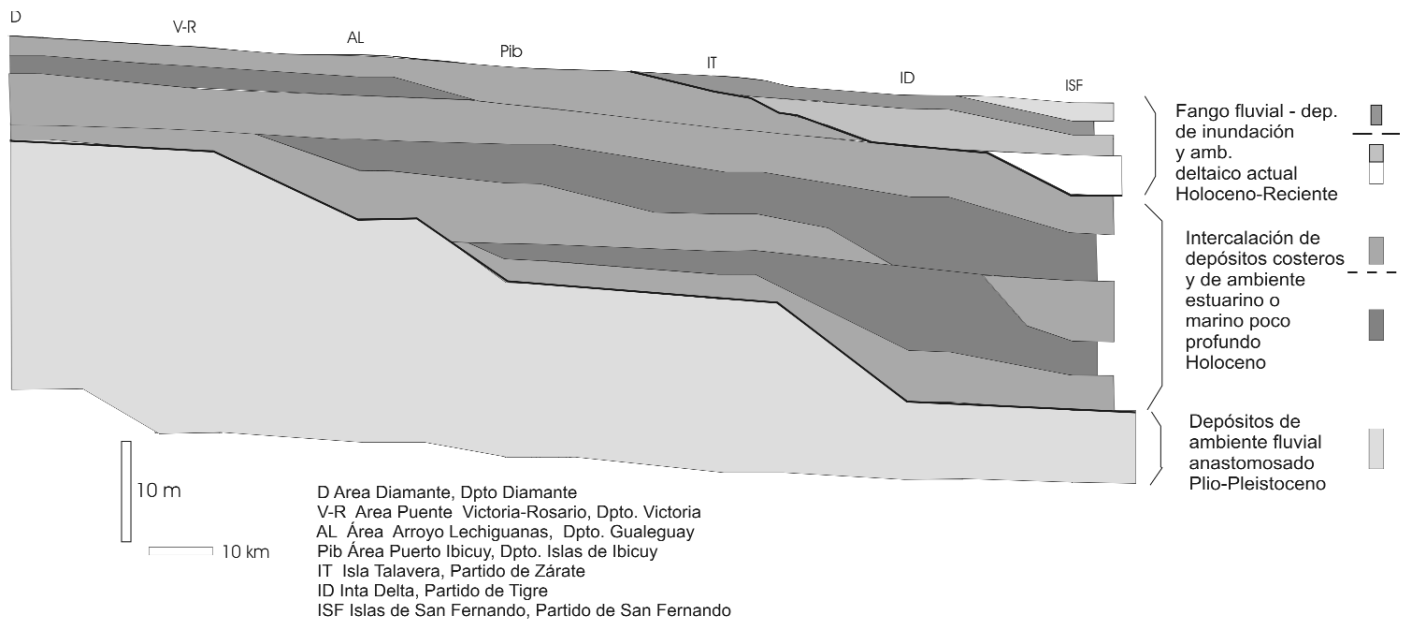


Figura 8: Modelo deposicional de sedimentos deltaicos y pre-deltaicos en la cuenca inferior del río Paraná (Sección limítrofe entre las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos).



mismo hacia el SE no son claras, puesto que las capas pelíticas de ambiente estuarino más superficiales pudieron haber sido erosionadas con facilidad en el área de la cuenca inferior, y reemplazadas por sedimentos propios del posterior proceso fluvio-deltaico.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Amato, S y Silva Busso, A. 2005. Análisis de Interrelación Geológica-Hidrogeológica en el área del Delta del Río Paraná, Provincias de Entre Ríos y Buenos Aires, República Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 697-705, La Plata.
- Cavallotto, J.L. 1995. Evolución Geomorfológica de la llanura costera del margen sur del río de la Plata. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata (inédita), 635 p., La Plata.
- Cavallotto, J.L., Parker, G. y Violante, R.A. 1995. Relative sea level changes in the Río de la Plata during the Holocene. IGCP Project 375, Late Quaternary coastal records of rapid change: Application to present and future conditions. Iind Annual Meeting, Abstract: 17-18, Antofagasta.
- Cavallotto, J.L., Violante, R.A. y Parker, G. 1999. Historia evolutiva del Río de La Plata durante el Holoceno. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 508-511, Salta.
- Cavallotto, J.L., Violante, R.A. y Parker, G. 2004. Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata River (Argentina). Quaternary International 114: 155-165.
- Cortelezzi, C.R. y Lerman, J.C. 1969. Estudio de las Formaciones Marinas de la Costa Atlántica de la Provincia de Buenos Aires. Revista del Lemit, Serie 2, 178: 134-164.
- Depetris, P. 1968. Mineralogía de algunos sedimentos fluviales de la cuenca del río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 23(4): 317-325.
- d'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amérique Meridionale, exécuté pendant les années 1826-1833. Géologie, 3, 412 p., Strassbourg.
- Fidalgo, F.U., Colado, M. y De Francesco, F. 1973. Geología Superficial de las Hojas Castelli, J.M. Cobo y Monasterio. Provincia de Buenos Aires. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 27-39. Carlos Paz.
- Genzili, C. y Rimoldi, C. 1979. Mesopotamia. En Turner, J.C.M. (Coord.) Geología Regional Argentina. 2° Simposio, Academia Nacional de Ciencias 1: 1-20, Córdoba.
- González Bonorino, F. 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Revista de la Asociación Geológica Argentina 19: 67-148.
- Iñiguez, A. 1981. Basaltic and rhyolitic rocks as parent materials of halloysite in Argentina deposits. En van Olphen H. y Veniale F. (eds.) International clay Conference. Developments in Sedimentology 35: 605-612, Elsevier.
- Iriondo, M. 1980. Esquema evolutivo del Delta del Paraná durante el Holoceno. Simposio sobre problemas geológicos del litoral bonaerense, Resúmenes 73-88, Mar del Plata
- Iriondo, M. 2004. The littoral complex at the Paraná mouth. Quaternary International 114: 143-154.
- Parker, G. 1985. Informe El Subsuelo del Río de la Plata. (Recopilación de Perforaciones). Servicio de Hidrografía Naval (inédito), 125 p., Buenos Aires.
- Parker, G. 1990. Estratigrafía del Río de la Plata. Revista Asociación Geológica Argentina 40 (3-4): 193-204.
- Parker, G. y Marcolini, S. 1992. Geomorfoloía del Delta del Paraná y su extensión hacia el Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 47(2): 243-249.
- Santa Cruz, J.N. 1972. Estudio Sedimentológico de la Formación Puelches en la Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 27(1): 5-62.
- Violante, R.A. y Parker, G. 2004. The post-last glacial maximum transgression in the de la Plata River and adjacent inner continental shelf, Argentina. Quaternary International 114: 167-181.
- White, I. 1908. Relatório sobre as "Coal measures" e rochas associadas do Sul do Brasil. Relatório final da Comissao de Estudos das Minas de Carvao de Pedra do Brasil 1: 2-300, Rio de Janeiro.
- Zalba, P., Iñiguez, A., Morosi, M y Maggi, J. 1995. Mineralogic composition, distribution and procedence of clays in Permian-Carboniferous sequences of Argentina, Bolivia and Uruguay. 12° International Conference Carboniferous 312-323, Buenos Aires.

Recibido: 3 septiembre, 2008

Aceptado: 2 de junio, 2009