

# **ANÁLISIS DEL AVANCE DEL FRENTE Y DEL INCREMENTO AREAL DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ**

**Marcos Pittau, Alejo Sarubbi, Ángel Menéndez**

Instituto Nacional del Agua (INA)

INA - Laboratorio de Hidráulica, Autopista Ezeiza Cañuelas, Tramo Jorge Newbery Km 1,620  
Ezeiza, Argentina (C.P. 1804) Tel. (54-11) 4480-4500, mpittau@ina.gov.ar

## **RESUMEN**

El Delta del Río Paraná se encuentra en continuo crecimiento, alimentado principalmente por los sedimentos aportados por la alta cuenca del río Bermejo, a través del Río Paraná. Para determinar tasas de avance de su Frente se recopiló cartografía antigua que cubre una extensión temporal de 300 años, desde el siglo XVIII hasta el siglo XX. Las cartas fueron analizadas, a partir de lo cual se efectuó una selección de las más precisas, las que fueron digitalizadas y superpuestas. Se extrajeron, entonces, tasas de crecimiento areal y tasas de avance lineal del Frente.

Del análisis surge una distinción entre una zona afectada por la descarga del Río Paraná Guazú y otra por el Paraná de las Palmas. Estas zonas, a su vez, admiten una división en subzonas, que muestran respuestas algo diferenciadas. En particular, se observa que el avance en la región norte de la zona del Paraná Guazú está condicionado por la presencia de la costa rocosa uruguaya y la descarga combinada de ese brazo y del río Uruguay, que le han impuesto un límite a su desarrollo en esa dirección.

Se obtuvieron tasas de avance lineal del Frente que varían entre 0 y 25 m/año en la zona del Paraná Guazú y entre 50 y 100 m/año en la del Paraná de las Palmas.

Respecto al crecimiento areal, se observa una tendencia a la estabilización para todas las subáreas hasta los años 1982-83, produciéndose un quiebre de esa tendencia a partir del evento extraordinario de crecida del Río Paraná de ese año hidrológico, manifestándose desde entonces una mayor tasa de crecimiento, que muestra una nueva tendencia estabilizadora.

Justamente, a partir de ese evento extraordinario se disparó, además, un proceso de aparición de áreas emergidas en torno a la isla Oyarvide, ubicada aguas abajo del Frente del Delta, que se ha convertido en una nueva región acumuladora de sedimentos que se suma al Frente histórico.

**Palabras Clave:** Delta del Paraná - Avance del Frente del Delta - Tasas de Avance

## INTRODUCCIÓN

El Frente del Delta del Río Paraná avanza inexorablemente sobre el Río de la Plata. A las tasas actuales de crecimiento, estará muy próximo a los límites de la ciudad de Buenos al final del presente siglo. Esta evolución morfológica causará, progresivamente, impactos significativos sobre los usos de esa zona del Río de la Plata, relacionados a la recepción de descargas, provisión de agua para consumo, navegación fluvial y de ultramar, recreación, etc. En particular, afectará el desarrollo del Canal Mitre, tramo fundamental de la vía navegable hacia el océano.

Las consecuencias de tal cambio podrán ser mitigadas en la medida que exista una adecuada planificación, lo cual necesita, como dato primario, una comprensión y predicción confiable del proceso.

Con financiamiento de la SECYT, a través de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, en el INA se vienen desarrollando estudios para analizar y predecir la evolución del Frente del Delta. Este proyecto incluye análisis de cartografía histórica para determinar el avance sobre una escala de tiempo secular, relevamiento de relictos del frente mediante una campaña de perforaciones para determinar el avance sobre una escala de tiempo milenaria, y modelación numérica de los fenómenos para explicar los mecanismos de avance y predecir su evolución futura.

En el III Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria que se desarrolló en Buenos Aires durante los días 5, 6 y 7 de Noviembre de 2003, se presentaron los primeros resultados del mencionado estudio que consistieron en un análisis del avance lineal del Frente del Delta del Río Paraná desde el año 1700 hasta la actualidad, basándose en la interpretación de la cartografía existente a lo largo de ese período y de imágenes satelitales actuales.

En el presente trabajo se complementa al anterior mediante la incorporación de un análisis del incremento areal del Frente del Delta del Río Paraná en los últimos 100 años. Para esto se contó nuevamente con la disponibilidad de cartografía de ese período y de imágenes satelitales actuales.

En la **Figura 1**, en un color verde más oscuro que en el resto de la imagen, puede observarse al Delta del Río Paraná. El Estuario del Río de la Plata puede apreciarse con su típica tonalidad beige.



*Figura 1: Delta del Río Paraná y estuario del Río de la Plata*

## Descripción del Sistema

El Río Paraná es uno de los más caudalosos del mundo. Su caudal medio es actualmente de alrededor de  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , alcanzando valores pico, durante las crecidas extraordinarias, que superan los  $50.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . La transición del Río Paraná al Río de la Plata, que actúa hidrodinámicamente como un estuario, se da a través de un amplio delta, que comienza aproximadamente a la altura de la localidad de Diamante, frente a la localidad de Puerto Gaboto en Santa Fe (**Figura 2**). Su extensión es de 320 km, presentando un ancho muy variable, que va desde 18 km frente a Baradero hasta alcanzar alrededor de 100 km sobre el frente de la desembocadura al Río de la Plata, desarrollando de esta manera una superficie de  $14.000 \text{ km}^2$ .



*Figura 2: Vista aérea del Delta del Río Paraná*

El Frente del Delta del Paraná ha venido avanzando continuamente. El ritmo de avance actual, determinado a partir de la comparación de cartografías a lo largo de 1 siglo, indica valores medios del orden de muchas decenas de metros por año. Este vertiginoso avance ha conducido, en particular, a la aparición durante ese siglo de todas las islas que actualmente enfrentan a la localidad de San Fernando.

El avance del Frente del Delta está alimentado por la provisión de sedimentos que se produce en la parte superior de la cuenca. Actualmente, el Río Paraná transporta hacia su desembocadura aproximadamente un total de 160 millones de toneladas anuales de sedimento. Dicha carga se reparte, en función del tamaño de grano, de la siguiente manera: 45 millones ton/año de arcillas (28%), 90 millones ton/año de limos (56%) y 25 millones ton/año de arenas (16%). De ese total, 145 millones de toneladas al año (90% del total) viajan en suspensión, lo cual comprende los 45 millones de arcillas (31% de la carga suspendida), los 90 millones de limos (62%) y 10 millones ton/año de arenas (7%). Los limos y arcillas constituyen, en conjunto, la carga de lavado, que representa entonces el 93% de la carga total suspendida (135 millones de toneladas anuales).

Los 15 millones de toneladas anuales restantes (10% del total movilizado) se transportan como carga de fondo. (Sarubbi et al. 2004)

En el Frente del Delta del Paraná se deposita gran parte de la arena transportada (25 millones de toneladas anuales) y una parte significativa de los limos. La primera es la mayor responsable del crecimiento en longitud del delta, mientras que los limos influyen más en el aumento de la cota (emergencia de bancos que se transforman en islas).

La fuente dominante de material fino es la alta cuenca del río Bermejo, que tributa al río Paraguay, el afluente principal del Río Paraná. (Brea et al. 1996)

Dicha cuenca se trata de una zona geomorfológicamente joven, aún con una gran dinámica de transformación, es decir, con una gran capacidad potencial de aporte durante mucho tiempo por venir. Esto indica que, inexorablemente, el Delta del Paraná continuará avanzando hasta alcanzar y superar, incluso, a la propia ciudad de Buenos Aires. A una tasa de 100 m/año, la distancia de 11 km en línea recta que separa el Frente del Delta (Tigre) de la Av. Gral. Paz, límite de la ciudad de Buenos Aires, será recorrida por el Frente en alrededor de 110 años.

## **AVANCE DEL FRENTE DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ**

### **Cartografía Recopilada**

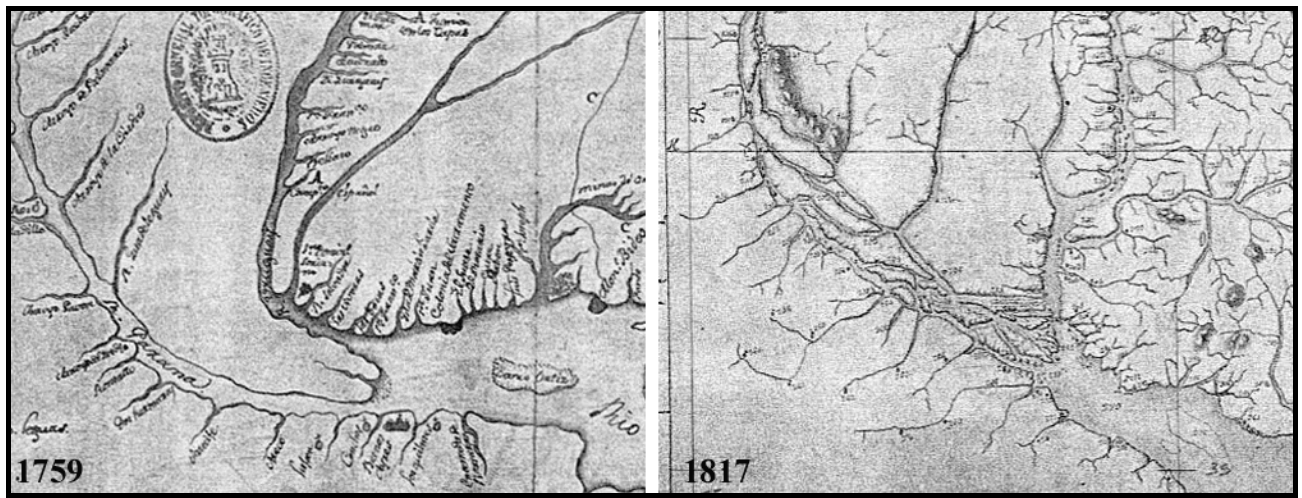
La información cartográfica recopilada para el desarrollo del análisis cubre una extensión temporal de 400 años, desde el siglo XVI hasta el siglo XX. Fue seleccionada priorizando la información que brindaba sobre la posición del Frente del Delta en ese tiempo en particular, y teniendo en cuenta la información adicional que proveían, tal como latitud y longitud, escala gráfica del plano, localización de ciudades importantes, etc. Esto último fue importante para la posterior digitalización, superposición y comparación del Frente del Delta para los distintos años o épocas en que fueron realizados los planos. En el **Cuadro 1** se detalla la cartografía utilizada.

*Cuadro 1: Cartografía analizada*

<b>Fuente</b>	<b>Origen</b>	<b>Autor</b>	<b>Período Contemplado</b>
Academia Nacional de Historia	Los planos más antiguos de Buenos Aires 1580-1880	A. Taullard	1580-1880
Academia Nacional de Historia	Cartografía y relaciones históricas de ultramar Tomo VII - Río de la Plata	Servicio Histórico Militar Servicio Geográfico del Ejército	Siglos XVII a XIX
Archivo General de la Nación	Mapoteca	-	Años 1788 a 1874
Biblioteca del Congreso	Mapas y planos referentes al Virreynato del Plata	José Torre Revelio	Siglo XVIII
Instituto Geográfico Militar	La Argentina Suma de Geografía Tomos I y II	Francisco de Aparicio Horacio A. Difrieri	Siglo XVI Años 1732 y 1825
Instituto Geográfico Militar	Cartografía Jesuítica del Río de la Plata	Guillermo Furlong	Siglo XVIII

## Procesamiento de la Información

Del análisis de cada una de las cartas colectadas, cabe mencionar que las correspondientes al período definido entre los siglos XVI a XVIII, presentaban un aspecto más “artístico” en su confección, de manera que su grado de precisión en la representación del Frente del Delta carecía de confiabilidad suficiente como para ser utilizadas en el análisis, por lo cual estos mapas fueron descartados para el estudio comparativo (**Figura 3**). Sin embargo, es importante destacar que un gran porcentaje de estos mapas cuentan con relatos de la época, donde señalan datos puntuales sobre el Delta, los cuales pueden ser importantes para identificar la posición del Frente en ese momento de la historia.

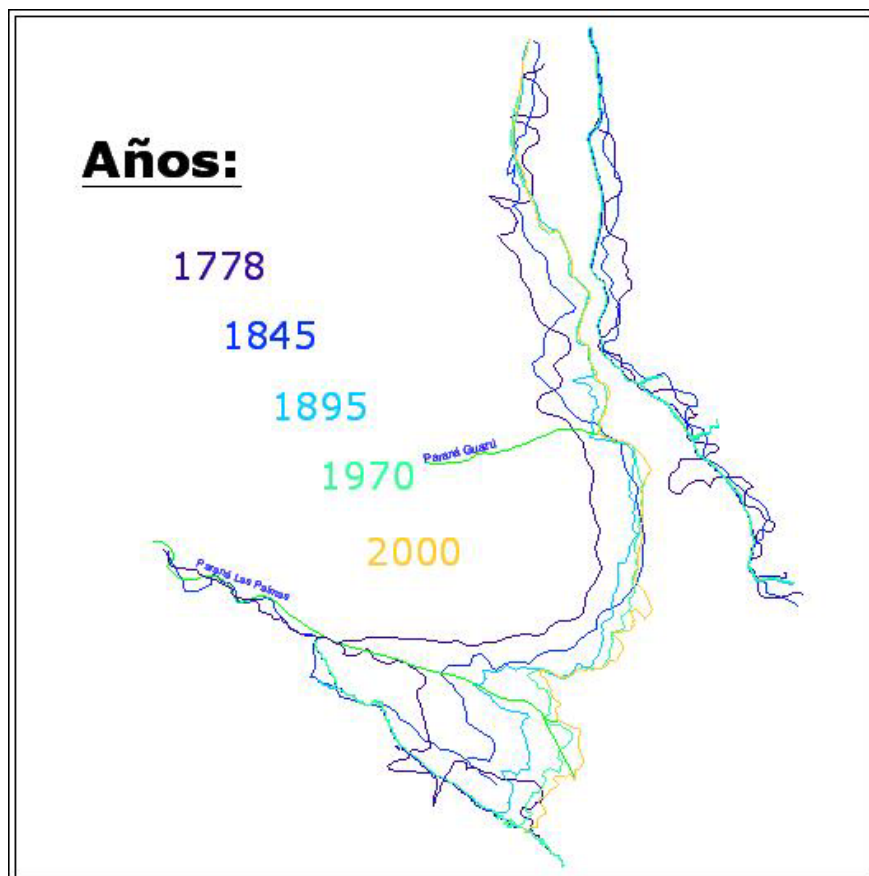


*Figura 3: Delta del Río Paraná en los años 1759 y 1817*

Desde fines del siglo XVIII los mapas mostraron una representación más precisa del Delta y su Frente de avance (**Figura 3**), con lo cual se procedió a la selección de diferentes cartas lo más equidistantes posibles en el tiempo, con el fin de representar la secuencia temporal del avance del Frente hasta el presente, para la posterior digitalización de los mismos. Las cartas seleccionadas fueron las correspondientes a los siguientes años: 1778, 1790, 1794, 1817, 1824, 1826, 1845, 1896, 1905, 1926, 1969, 1984 y 2000, abarcándose de esta forma un período de más de 200 años.

Se procedió a la digitalización de cada una de estas cartas, dando un especial énfasis al Frente, márgenes, principales tributarios y ciudades importantes, de modo de tener referencias a la hora de la superposición. Una vez digitalizadas, las cartas se superpusieron y compararon tomando como referencia principal la margen uruguaya, dado que por su naturaleza rocosa no ha sufrido modificaciones significativas a lo largo de este tiempo. De este análisis, se concluyó que las cartas más fieles para realizar el trabajo eran las correspondientes a los años 1778, 1845, 1895, 1970 y 2000, dado que su equidistancia es de aproximadamente 65 años y que en la superposición guardaban una gran coherencia en sus trazas, puntos de referencia, etc.

Una vez definida la cartografía base, se procedió a la digitalización de una línea envolvente que, conteniendo principalmente la costa uruguaya, la bonaerense, la entrerriana y el Frente del Delta, pudiera reflejar la posición del mismo en su respectivo momento histórico (**Figura 4**). Estos nuevos planos se construyeron con la finalidad de poder analizar y entender mediante la superposición y comparación, las características de la forma de avance del Frente del Delta, obtener tasas representativas de avance, y poder predecir y modelar su desarrollo futuro.



*Figura 4: Superposición de las cartas*

Luego, sobre una imagen satelital de gran resolución se superpusieron las cartas correspondientes a los años 1778, 1845 y 1895 (**Figura 5**), donde se pudo comprobar qué cursos de aguas activos y no activos (paleocauces) seguían con cierta precisión la traza de la envolvente en la zona comprendida entre la margen derecha del Río Paraná de las Palmas y la margen bonaerense. Esta gran coincidencia en las trazas se da en esta zona debido a que esta porción del Frente es generada en su totalidad por la carga de sedimentos aportados por el Río Paraná de las Palmas. En cambio, sobre su margen izquierda los procesos formativos son compartidos entre este último y el Paraná Guazú, por lo que las trazas están más distorsionadas y casi no es posible atribuir un cauce a la traza de la carta.

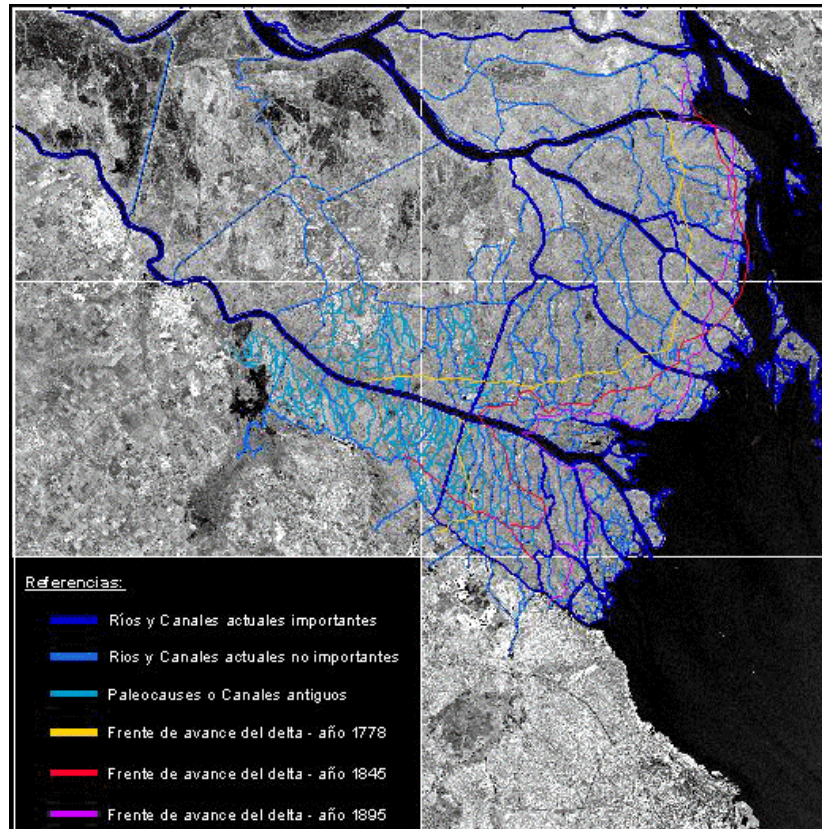
### **Resultados Obtenidos**

Del análisis de la información generada a través de la superposición y comparación de la cartografía digitalizada, pudo generarse una descripción tanto en forma cualitativa como cuantitativa que se desarrolla a continuación.

Pueden distinguirse dos frentes, a saber, los asociados al Paraná Guazú y al Paraná de las Palmas. El primero de ellos es más amplio, debido al hecho de que el Paraná Guazú transporta aproximadamente el 75% de la carga total de sedimentos aportados por el Río Paraná.

A su vez, en el Frente del Paraná Guazú se pueden discriminar dos subfrentes: uno al norte, enfrentando a la costa uruguaya, y otro al sur, avanzando sobre la cabecera del Río de la Plata. A partir del siglo XIX, debido a la limitación impuesta por la costa uruguaya y la corriente del Río Uruguay, el avance del subfrente norte comenzó a frenarse. Su tasa media de avance, que era de alrededor de 50 m/año hasta fines del siglo XIX, actualmente se ha reducido prácticamente a cero.

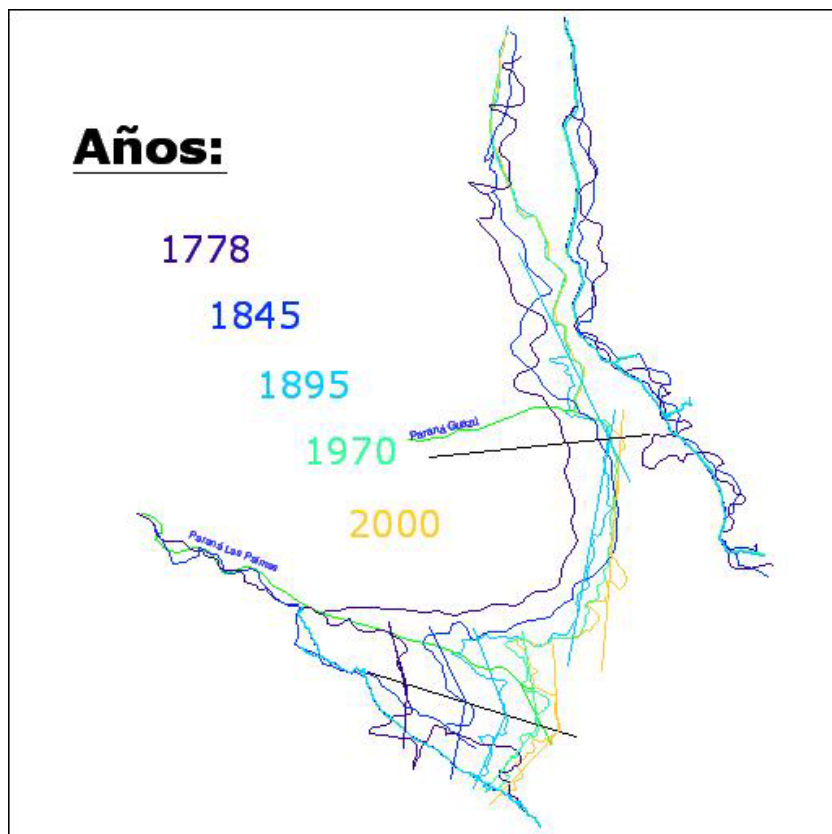
Esto se debe al incremento de las corrientes, que impiden la sedimentación en esa zona; en cambio, estos son transportados hacia aguas abajo de la desembocadura y se depositan donde se produce la expansión del Río de la Plata y la corriente pierde capacidad de transporte, manifestándose en un notable crecimiento de bancos e islas. Por su parte, el subfrente sur ha tenido la misma tasa media de avance que el norte durante el siglo XIX, pero esta se ha reducido a la mitad en el presente siglo, seguramente por el efecto de pantalla que ejerce el conglomerado de islas. **(Figura 6)**



*Figura 5: Superposición de las cartas en la imagen*

El Frente del Paraná de las Palmas vuelca la mayor parte de sus sedimentos hacia la costa argentina. Aquí también pueden distinguirse un subfrente norte y otro sur. Las tasas promedio de avance de esos subfrentes era de alrededor de 100 m/año durante el siglo XIX, pero el subfrente sur ha disminuido esa tasa a la mitad durante el siglo XX, seguramente debido al aumento en la extensión del Frente.

En base a la interpretación presentada, la expectativa de avance durante el presente siglo es en el sentido de profundizar la tendencia actual: avance moderado del Frente pero crecimiento importante de islas en la zona de depositación de los aportes del Paraná Guazú (hacia la izquierda de la desembocadura del Palmas), y crecimiento significativo en la zona de depositación de los aportes del Palmas (hacia la derecha de su desembocadura). A largo plazo, la tendencia será a prolongar el embudo que se desarrolla desde la confluencia del río Uruguay en el Río de la Plata.



*Figura 6: Trazas generales de avance del Frente del Delta*

## **INCREMENTO AREAL DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ**

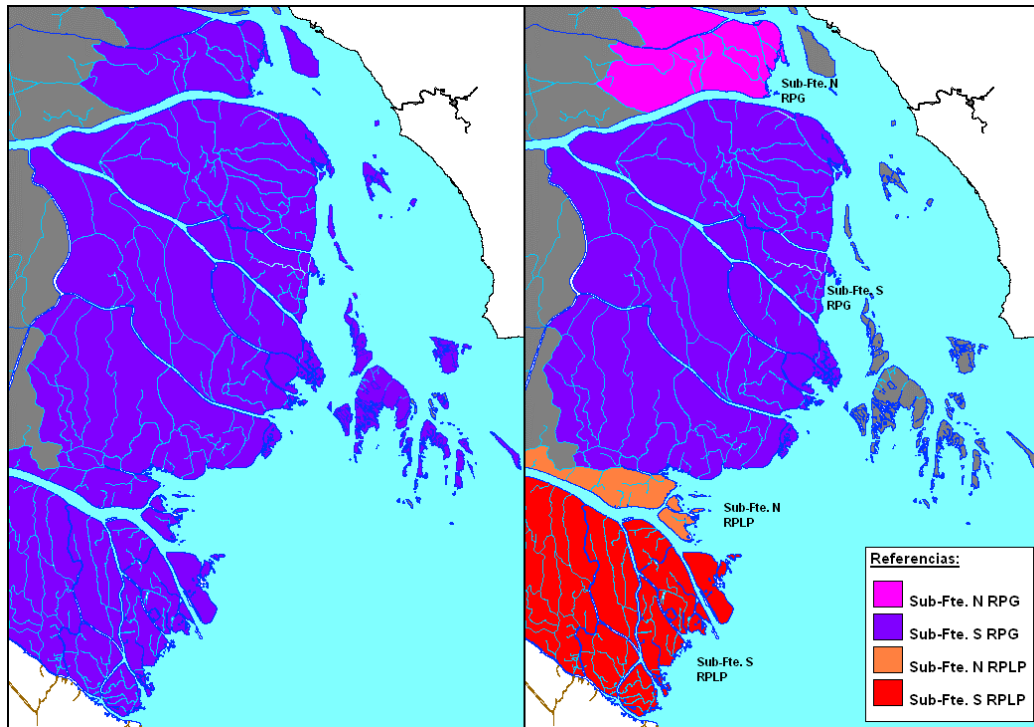
### **Desarrollo**

Para el análisis del incremento superficial del Delta se contó, al igual que en el estudio anterior, con la disponibilidad de planos recopilados para los siguientes años: 1896, 1905, 1926, 1969 y 1984, carta imagen del año 1994 e imágenes satelitales para los años 1994 y 2002. Una vez establecida la cartografía e imágenes a utilizar, se procedió a su digitalización y superposición de la misma forma que para el estudio anterior de avance lineal.

De esta manera se obtuvieron las áreas generadas para los períodos de tiempo en cuestión y también las generadas en forma de islas y bancos emergidos. Para el análisis del incremento areal se establecieron tres formas de estudio:

1. Crecimiento total del Frente, incluyendo los bancos e islas.
2. Crecimiento de los subfrentes Norte y Sur del Paraná de las Palmas y subfrentes Norte y Sur del Paraná Guazú.
3. Crecimiento de bancos e islas sobre el Frente del Delta.

Para la primer forma de análisis se obtuvieron las áreas diferenciales entre dos frentes sucesivos, desde el río Luján, ubicado al Sur del Río Paraná de las Palmas, hasta el río Sauce al Norte del Río Paraná Guazú. Esta región de análisis, que incluye los bancos e islas, puede observarse en la **Figura 7**.



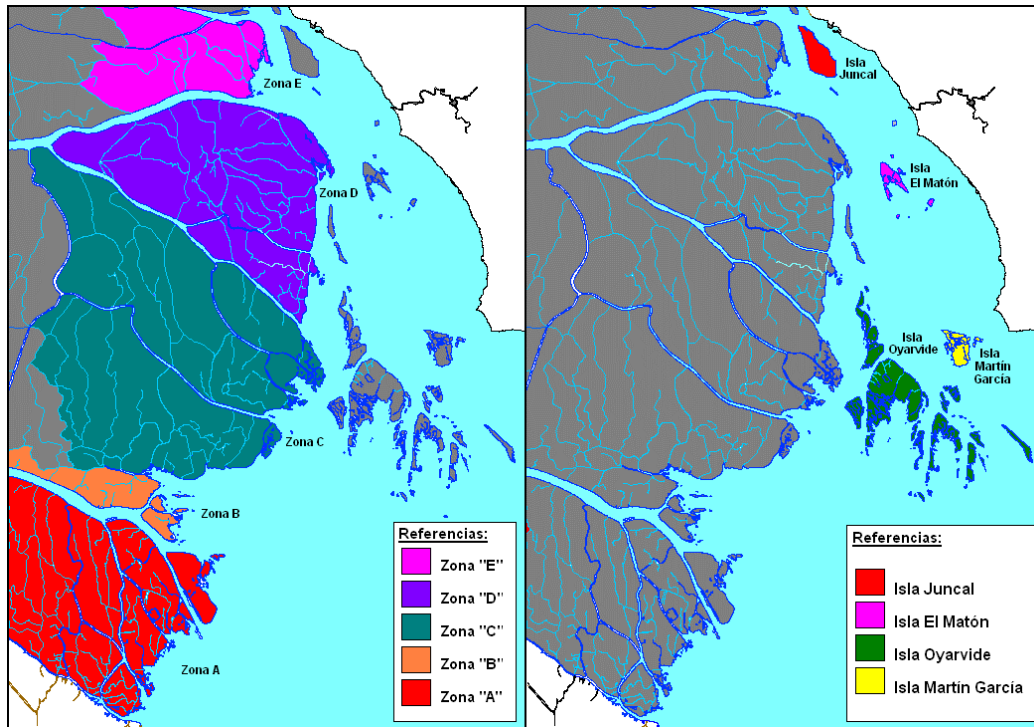
**Figura 7:** Región de análisis para el crecimiento total del Frente (izq.) y subfrentes Norte y Sur de los Ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas (der.)

En la segunda forma de análisis, se tomaron en cuenta los subfrentes de avance generados por los Ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas, es decir, considerando los subfrentes de avance al Norte y al Sur de cada uno de estos ríos. Los mismos pueden observarse también en la **Figura 7**. Para un mayor detalle el subfrente Sur del Paraná Guazú se subdividió en dos zonas de estudio en función del río Barca Grande (**Figura 8**). De esta forma la región de análisis quedó compuesta por las siguientes zonas:

- **Zona A:** Comprendida entre el río Luján y el Río Paraná de las Palmas (Subfrente Sur del Paraná de las Palmas)
- **Zona B:** Comprendida entre el Río Paraná de las Palmas y el aguaje del Durazno (Subfrente Norte del Paraná de las Palmas)
- **Zona C:** Entre el arroyo Diablo y el río Barca Grande (Subfrente Sur del Paraná Guazú)
- **Zona D:** Entre los ríos Barca Grande y Paraná Guazú (Subfrente Sur del Paraná Guazú)
- **Zona E:** Entre los ríos Paraná Guazú y Sauce (Subfrente Norte del Paraná Guazú)

Finalmente la tercer forma de análisis contempla las cuatro islas importantes ubicadas entre el Frente del Delta y la costa Uruguaya. Ellas son las islas Juncal, El Matón, Oyarvide y Martín García. (**Figura 8**)

De esta manera se obtuvieron las áreas diferenciales entre cada frente de avance sucesivo. Volcando estos datos en una planilla de cálculo se realizaron gráficos del tipo Área-Años y se obtuvieron comportamientos particulares en cada uno de los ploteos.

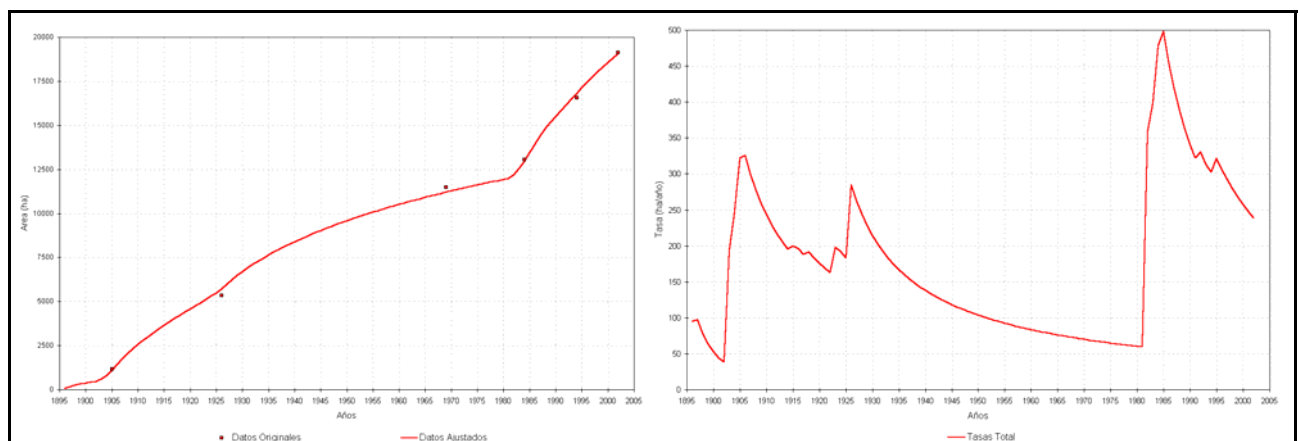


**Figura 8:** Región de análisis para los distintos subfrentes (izq.) y para el crecimiento de bancos e islas (der.)

## Resultados Obtenidos

De la observación de los gráficos obtenidos de incremento areal, se destaca un rasgo muy importante que se presenta en la mayoría de ellos: el quiebre de curvatura presentado en el año 1984, año de registro cartográfico. Esto se manifiesta en el notable aumento de la tasa de crecimiento que se da en ese año.

A partir de 1896 y hasta el año 1984, las curvas denotan un considerable incremento de las áreas en un principio que luego va disminuyendo hacia el año 1984. A partir de este último, las áreas aumentan notablemente marcando una nueva tendencia de crecimiento hacia el presente. Este comportamiento general puede observarse en la siguiente figura:



**Figura 9:** Incremento areal (izq.) y tasas de crecimiento (der.) para la totalidad del Frente (incluye bancos e islas)

**Cuadro 2:** Incremento areal de todo el Frente (incluye bancos e islas)

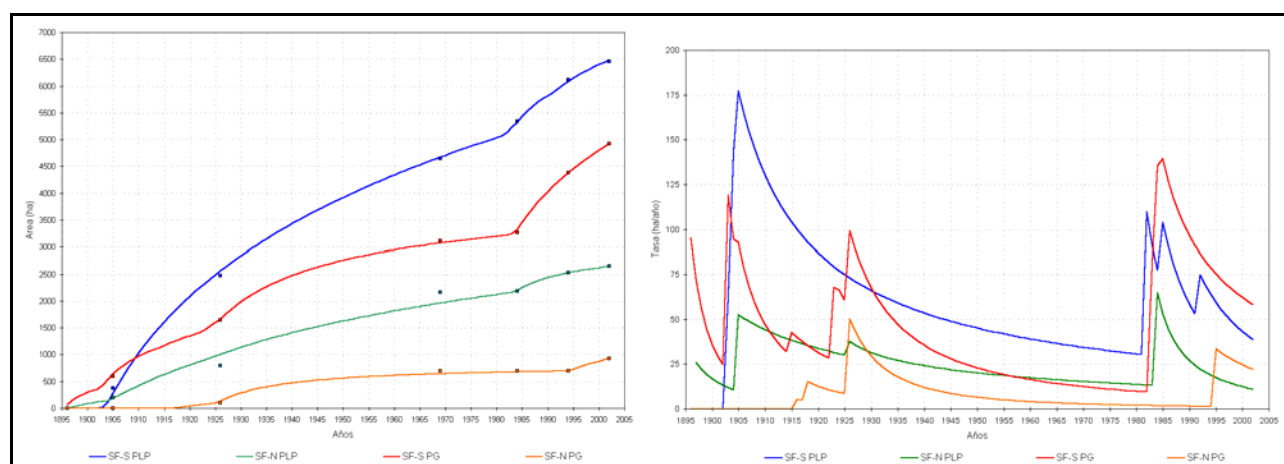
Datos	Área [ha]						
	1896	1905	1926	1969	1984	1994	2002
Parciales	0.0	1177.5	4149.0	6381.1	1552.1	3588.4	2765.7
Acumulados	0.0	1177.5	5326.5	11707.6	13259.7	16848.1	19613.8

Este quiebre, causado en 1984, refleja los efectos producidos por la aparición del Mega-Niño de 1983, que generó un notable aumento de las precipitaciones sobre la alta cuenca del Plata. Esto último se vio reflejado primariamente en caudales extraordinarios sobre las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná, que se montaron sobre la crecida del año 1982. Pero, además, produjo un gran lavado de la cuenca imbrífera, incrementando la carga sedimentaria disponible, la cual ha sido transportada hacia aguas abajo a lo largo de las dos décadas siguientes, reflejándose entonces como un mayor volumen de sedimentación en el Frente del Delta.

Del análisis de los distintos subfrentes, observados en las **Figuras 7 y 8**, puede mencionarse que el subfrente Sur del Río Paraná Guazú (zonas C y D) es el que manifiesta una mayor reacción a la singularidad de 1983, luego en menor magnitud lo siguen los subfrentes del Río Paraná de las Palmas y casi sin ninguna modificación en su comportamiento lo hace el subfrente Norte del Río Paraná Guazú. (**Cuadro 3 y Figura 10**)

*Cuadro 3: Incremento areal de los subfrentes*

Zona	Datos	Área [ha]						
		1896	1905	1926	1969	1984	1994	2002
A SF-S PLP	Parc.	0.0	377.9	2098.4	2176.9	694.0	768.2	345.9
	Acum.	0.0	377.9	2476.3	4653.1	5347.1	6115.3	6461.2
B SF-N PLP	Parc.	0.0	203.6	592.0	1363.5	25.9	345.8	129.3
	Acum.	0.0	203.6	795.5	2159.0	2184.9	2530.7	2660.0
C SF-S PG	Parc.	0.0	596.0	736.9	645.6	98.0	768.0	437.3
	Acum.	0.0	596.0	1332.9	1978.5	2076.5	2844.5	3281.9
D SF-S PG	Parc.	0.0	0.0	308.0	1029.4	56.9	404.4	234.1
	Acum.	0.0	0.0	308.0	1337.3	1394.2	1798.7	2032.7
E SF-N PG	Parc.	0.0	0.0	98.7	614.6	0.0	0.0	274.8
	Acum.	0.0	0.0	98.7	713.2	713.2	713.2	988.0



*Figura 10: Incremento areal (izq.) y tasas de crecimiento (der.) para los distintos subfrentes*

En mayor grado de detalle, puede observarse que el subfrente Sur del Río Paraná de las Palmas, demuestra una reacción de escasa magnitud al evento de 1983. Sobre el subfrente Norte del

Paraná de las Palmas, se observa el mismo comportamiento que el subfrente Sur, pero el incremento areal a partir de 1983 se da más claramente en las islas Nutria y Lucha y en las pequeñas islas de sus cercanías.

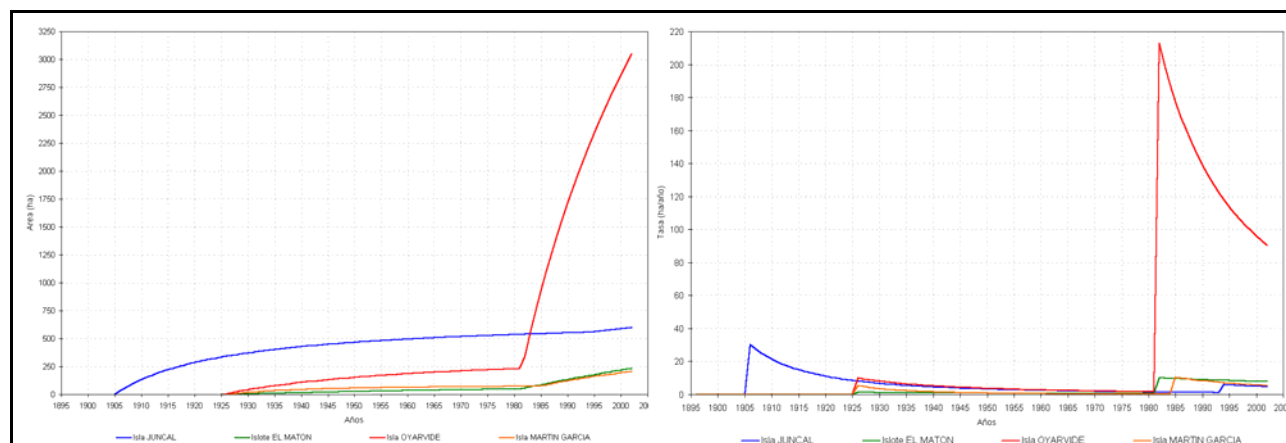
Respecto al subfrente Sur del Paraná Guazú, puede notarse claramente en la zona C el cambio de tendencia del crecimiento a partir de 1983. Este comportamiento se acentúa en las zonas que están enfrentadas a la Isla Oyarvide, y al igual que dicha isla, manifiestan con mayor contundencia, los efectos causados por la crecida extraordinaria del 83. La zona D, integrante también del subfrente Sur del Guazú, presenta un comportamiento algo más atenuado.

Por último el subfrente Norte del Paraná Guazú presenta un gran aumento areal durante los años 1926 y 1969 y luego prácticamente no varía su superficie.

Puede observarse, que en el período 1926-1969 tres islas importantes comienzan a surgir, la isla Oyarvide, el islote El Matón y la isla Timoteo Domínguez en las cercanías de la isla Martín García. De estas tres islas, la isla Oyarvide es la más clara manifestación del fenómeno 1982-1983, ya que a partir de este, experimenta un incremento abismal de su superficie. Esto último se ve reflejado en el siguiente cuadro y figura:

*Cuadro 4: Incremento areal de bancos e islas*

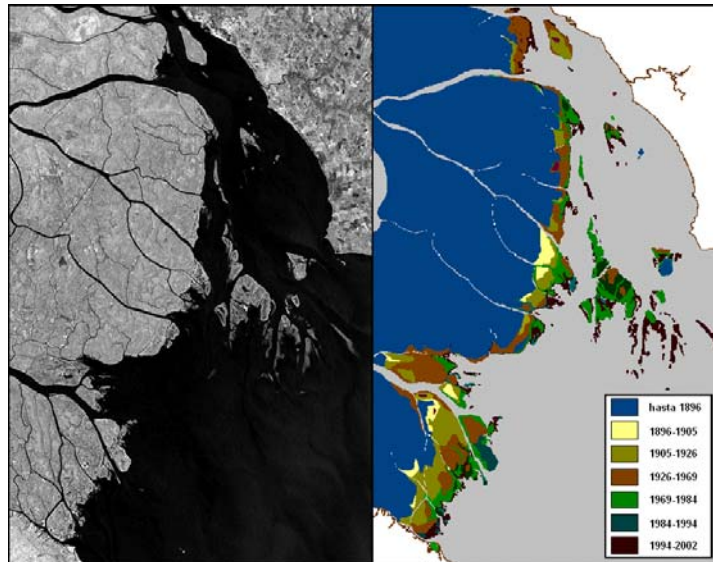
Isla	Datos	Área [ha]						
		1896	1905	1926	1969	1984	1994	2002
Juncal	Parc.	0.0	0.0	315.1	237.3	0.0	0.0	39.4
	Acum.	0.0	0.0	315.1	552.4	552.4	552.4	591.9
El Matón	Parc.	0.0	0.0	0.0	42.3	44.2	53.7	104.7
	Acum.	0.0	0.0	0.0	42.3	86.6	140.3	245.0
Oyarvide	Parc.	0.0	0.0	0.0	201.8	633.1	1171.5	1138.9
	Acum.	0.0	0.0	0.0	201.8	834.9	2006.4	3145.3
Martín García	Parc.	0.0	0.0	0.0	69.8	0.0	76.8	61.4
	Acum.	0.0	0.0	0.0	69.8	69.8	146.6	207.9



*Figura 11: Incremento areal (izq.) y tasas de crecimiento (der.) para los bancos e islas*

## Dirección y Sentido de Avance del Frente

Analizando el crecimiento areal en las diferentes zonas del Frente del Delta, pueden distinguirse distintas direcciones en el avance del Frente.



*Figura 12: Crecimiento total del Frente*

La zona A (subfrente Sur del Paraná de las Palmas) presenta una dirección de avance paralela a la costa bonaerense, con sentido predominante E, S-E. Este crecimiento se desarrolla entre límites bien marcados, como ser, la costa bonaerense al Sur y las aguas del Paraná de las Palmas al Norte. Cabe mencionar que es el mismo Paraná de las Palmas el que provee de sedimentos a esta zona para su continuo crecimiento.

La zona B (subfrente Norte del Paraná de las Palmas), también desarrollada por sedimentos provenientes del Paraná de las Palmas, presenta una dirección de avance hacia la zona central del Frente, en dirección a las islas, con sentido Este. Está limitada al Sur por el Paraná de las Palmas y al Norte por la línea costera del Frente del Delta ubicada al sur de la zona C que pertenece al subfrente Sur del Paraná Guazú.

La zona C, presenta en su totalidad un sentido predominante de avance S, S-E. En este aspecto, la zona está tendiendo a agruparse con los bancos ubicados al sur de la isla Oyarvide y a seguir proyectando el límite norte de la zona B y en general, favoreciendo el avance de los subfrentes Norte y Sur del Paraná de las Palmas.

De la misma manera, la dirección de avance de la Zona D es obligadamente en el sentido S, S-E, debido a la dirección del escurrimiento conjunto del Paraná Guazú y del Uruguay. Antiguamente el sentido de avance de esta zona era E, pero actualmente este avance es cada vez más pequeño, tendiendo a estacionarse por encontrar en su ambiente, condiciones desfavorables de depositación, debido al aumento de las velocidades locales causado por el estrechamiento de la sección entre las márgenes del Uruguay y la de este sector. De esta manera, la nueva dirección de avance predominante, S, S-E, tiende a favorecer la formación de islas y bancos en este sector, que en un futuro no muy lejano pasarán a formar parte del Frente.

La zona E (subfrente Norte del Paraná Guazú), presenta un crecimiento reducido en sentido S, S-E causado por sus condicionantes cercanos, el río Sauce al Norte, la unión de éste con el río Uruguay y el Paraná Guazú al Sur. Actualmente esta zona está tendiendo a la estacionalidad en su superficie.

Cabe mencionar, que debido a estas condiciones generadas por el efecto conjunto de la unión del Paraná Guazú y el Uruguay, los sedimentos que no son depositados en el Frente del Delta quedan atrapados en lugares propicios para depositar, lo que puede observarse en el notable incremento de bancos e islas sobre el Frente. Son de especial atención, las principales islas como Oyarvide, Martín García, Timoteo Domínguez, El Matón, Juncal, Nutria y Lucha, las cuales, presentan comportamientos distintos respecto a su aumento superficial.

La Isla Oyarvide es la que presenta un desarrollo distintivo frente a las demás por su gran crecimiento en los últimos años. Esta isla nació en el período 1926-1969 y a partir de ahí comenzó un notable incremento de su superficie en tres sentidos diferentes: N, S y S-E. El crecimiento en sentido N, se inició en el período 1969-1984 y se desarrolló principalmente durante 1984-1994, constituyendo así, un medio que separa los flujos de agua del Canal Buenos Aires del de los Pozos del Barca Grande. El crecimiento en sentido S, se dio primero en una unión con la isla Solís para luego desarrollarse en forma de herradura y avanzar hacia la zona de influencia del Paraná de las Palmas. Finalmente en sentido S-E se dio un crecimiento ganando terreno al Río de la Plata y formando una especie de límite que alarga el embudo de salida de las corrientes del Guazú y Uruguay.

En el mismo aspecto, vale mencionar que en este último período de tiempo, muchas de las islas que se encontraban muy cercanas ya se han unido formando una sola como es el caso de la isla Martín García y Timoteo Domínguez.

El islote El Matón surgió en el mismo período que la isla Oyarvide y su gran desarrollo se da hacia el presente. Al igual que en la isla Oyarvide, el desarrollo de este islote se da en forma de herradura.

La isla Juncal desarrolló su superficie creciendo en todos los sentidos principalmente hacia el año 1969, estancándose su crecimiento hacia el presente. Es de resaltar que esta isla provoca la separación del flujo conjunto entre los ríos Uruguay y Sauce, causando el estancamiento del avance del Frente del Delta sobre la zona E. De esta manera, todos los sedimentos que deberían depositarse en esta zona son llevados aguas abajo a la zona de bancos e islas.

## CONCLUSIONES

El avance del Frente del Delta está determinado por el aporte continuo de sedimentos mayormente provenientes desde la alta cuenca del río Bermejo, lo cual asegura su desarrollo por siglos, y condicionado por la presencia de la costa uruguaya rocosa y la descarga del río Uruguay, que le han impuesto un límite a su desarrollo en esa dirección.

En cuanto al avance lineal del Frente del Delta del Río Paraná se identificaron dos frentes principales de avance: uno en torno al Paraná Guazú y otro asociado al Paraná de las Palmas. A su vez, en cada uno de ellos se distinguieron dos subfrentes al Norte y al Sur. Las tasas de avance son variables: alrededor de 0 y 25 m/año asociados al Paraná Guazú en los subfrentes Norte y Sur respectivamente y de 100 y 50 m/año en los subfrentes Norte y Sur del Paraná de las Palmas.

Respecto al crecimiento areal, se observa una tendencia a la estabilización para todas las zonas hasta los años 1982-83, produciéndose un quiebre de esa tendencia a partir del evento extraordinario de crecida del Río Paraná de ese año hidrológico, manifestándose desde entonces una mayor tasa de crecimiento, que muestra una nueva tendencia estabilizadora.

En las zonas ubicadas más al norte, subfrente Norte del Paraná Guazú e isla Juncal, las condiciones locales hacen que no haya depositación por lo que la generación de áreas superficiales en la actualidad es reducida.

Por el contrario, el subfrente Sur del Paraná Guazú (principalmente la zona C) conjuntamente con la zona de desarrollo de islas en la que se enmarca la isla Oyarvide, es predominantemente el sector del Delta que más actividad sedimentológica presenta. En efecto, a

partir del evento extraordinario de los años 1982-83, se disparó un proceso de aparición de áreas emergidas en torno a la isla Oyarvide, la cual se ha convertido en una nueva región acumuladora de sedimentos que se suma al Frente histórico.

Por su parte, el subfrente del Paraná de las Palmas presenta una mayor actividad en la zona sur, la cual se encuentra avanzando en forma perpendicular a la costa bonaerense. Es interesante destacar el ensanchamiento de este subfrente debido a la aparición en el período 1984-1994 y, actualmente en crecimiento, de bancos e islas situados en torno a la isla Zárate. Este aumento de frente puede traer aparejado una disminución en las tasas de avance de esta zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amsler, M.** (1995) *“Carga de lavado del Río Paraná en sus tramos medio e inferior, Origen, comportamiento anual, concentraciones y caudales sólidos”*.
- Amsler, M. y E. Drago** (1998) *“Suspended sediment at a cross section of the middle Paraná River: concentration, granulometry and influence of the main tributaries”*. Proceedings of the Porto Alegre Symposium, IAHS Publicación N° 174, pp. 381-396.
- Brea, J.; M. Busquets y P. Spalletti** (1999) *Generación y transporte de sedimentos en la alta cuenca del Río Bermejo. Impacto en la hidrovía, delta del Paraná y Río de la Plata*. Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo. Capítulo C, pp. 221-238.
- Codignotto, J.** (1996) *“El Delta del Paraná y el Estuario del Río de la Plata - Isla Martín García”*. XIII Congreso Geológico Argentino - III Congreso de Exploración de Hidrocarburos.
- Orfeo, O.** (1995) *Sedimentología del Río Paraná en el área de su confluencia con el Río Paraguay*. Tesis doctoral.
- Pittau, M.; A. Sarubbi y Á. Menéndez** (2003) *“Análisis del avance del Frente del Delta del Río Paraná”*. III Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria. Asociación Argentina de Ingenieros Portuarios (AADIP). Buenos Aires, Argentina.
- Sarubbi, A.; M. Pittau y Á. Menéndez** (2004) *Delta del Paraná: Balance de Sedimentos*. Informe LHA 02-235-04. INA. Buenos Aires, Argentina.