

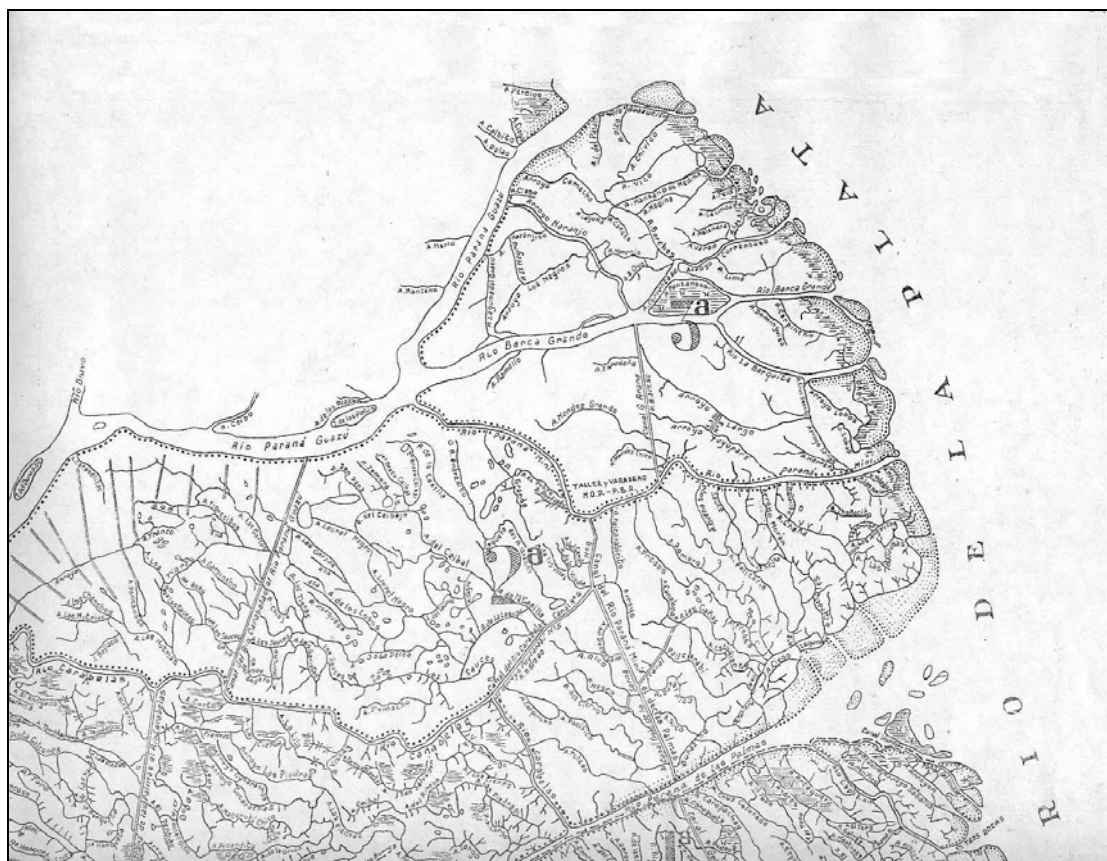


INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
REPÚBLICA ARGENTINA

**PROYECTO “SIMULACIÓN Y PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO
DEL FRENTE DEL DELTA DEL RÍO PARANÁ”**

**PROYECTO
PICT 9351 BID 1201/OC-AR**

DELTA DEL PARANÁ: ANÁLISIS CARTOGRÁFICO



Proyecto LHA 235
Informe LHA 04-235-05
Ezeiza, Diciembre de 2005

LABORATORIO DE HIDRÁULICA

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE:

Ing. Oscar V. LICO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS:

Dr. Raúl A. LOPARDO

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA:

Ing. Julio C. DE LÍO

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL:

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

INFORME PRODUCIDO POR

Sr. Alejo SARUBBI

Ing. Marcos G. PITTAU

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 CARTOGRAFÍA RECOPIADA	
2.1 DESCRIPCIÓN	3
2.2 PROCESAMIENTO	3
3 BASE DE DATOS	
3.1 ORGANIZACIÓN.....	7
3.2 PROGRAMA IMPLEMENTADO	10
4 CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS	16
REGISTROS DE LA BASE DE DATOS.....	17

FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Vista aérea del Delta del Río Paraná

Figura 2: Delta del Río Paraná en el año 1759

Figura 3: Delta del Río Paraná en el año 1817

Figura 4: Frentes digitalizados para los años 1778, 1845, 1896, 1969 y 2000

Figura 5: Imagen del mapa 7-1817-ANH

Figura 6: Interfase del programa DBdelta

Figura 7: Ventana de detalles del registro y menú de acceso rápido del DBdelta

Figura 8: Visualizador de imágenes del DBdelta

Tabla 1: Cartografía de base recopilada

Tabla 2: Siglas identificatorias de los distintos lugares donde fueron recopilados los mapas

1 INTRODUCCIÓN

El Río Paraná es uno de los más caudalosos del mundo. Su caudal medio es actualmente de alrededor de 18.000 m³/s, alcanzando valores pico, durante las crecidas extraordinarias, que superan los 50.000 m³/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. 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 km².



Figura 1: 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.

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.

En el presente trabajo se procede al análisis de todo el material cartográfico recopilado, el cual servirá como base para determinar el avance del Frente del Delta sobre una escala de tiempo secular.

2 CARTOGRAFÍA RECOPIADA

2.1 DESCRIPCIÓN

La cartografía recopilada fue obtenida de las siguientes instituciones:

- Academia Nacional de Historia
- Archivo General de la Nación
- Biblioteca del Congreso
- Biblioteca del Museo de Ciencias Naturales de La Plata
- Departamento de Geodesia de La Plata
- Instituto Geográfico Militar

El material recopilado comprende 53 mapas que cubren una extensión temporal de 400 años, desde el siglo XVI hasta el siglo XX. Dicho material fue seleccionado priorizando la información que se brindaba sobre la posición del Frente del Delta, y teniendo en cuenta además, la información adicional que podían proveer, tal como latitud y longitud, escala gráfica del plano, localización de ciudades importantes, etc. Esto último fue de gran importancia para el posterior procesamiento de los distintos planos.

En la *Tabla 1*, se presenta el material recabado a modo de resumen. Para mayor detalle se recomienda dirigirse al capítulo “Registros de la Base de Datos” que se encuentra al final de este informe.

Además de tener esta cartografía de base se contó con un plano de avance del Frente del Delta confeccionado por la Comisión Administradora del Río de La Plata (representando al Frente en los años 1896, 1905, 1926, 1969 y 1984) y con imágenes satelitales del Instituto Geográfico Militar (IGM) y de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Estas imágenes corresponden a los años 1994 (IGM), 2000 y 2002 (CONAE).

2.2 PROCESAMIENTO

Del análisis de cada una de las cartas colectadas, cabe mencionar que las correspondientes al período comprendido entre los siglos XVI y XVIII, presentan un aspecto más “artístico” en su confección, de manera que su grado de precisión en la representación del Frente del Delta carece de confiabilidad suficiente como para ser utilizadas en un análisis posterior, razón por la cual estos mapas fueron descartados para un estudio comparativo. Sin embargo, es importante destacar que un gran porcentaje de estos mapas cuenta 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.

Origen	Fuente	Autor	Período Contemplado
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
Biblioteca del Museo de Ciencias Naturales de La Plata	América: Prehistoria y Geopolítica	María Amanda Caggiano María Carlota Sempé	Años 1534 a 1618
Biblioteca del Museo de Ciencias Naturales de La Plata	Viaje al Río de La Plata (1534-1554)	Ulrich Schmidel	Siglo XVI
Departamento de Geodesia de La Plata	Catálogo General de Mensuras de la Provincia de Buenos Aires 1824-1944	Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires	Año 1900
Instituto Geográfico Militar	Cuenca del Río de La Plata Estudio para su planificación y desarrollo	Organización de los Estados Americanos	Año 1961
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

Tabla 1: Cartografía de base recopilada

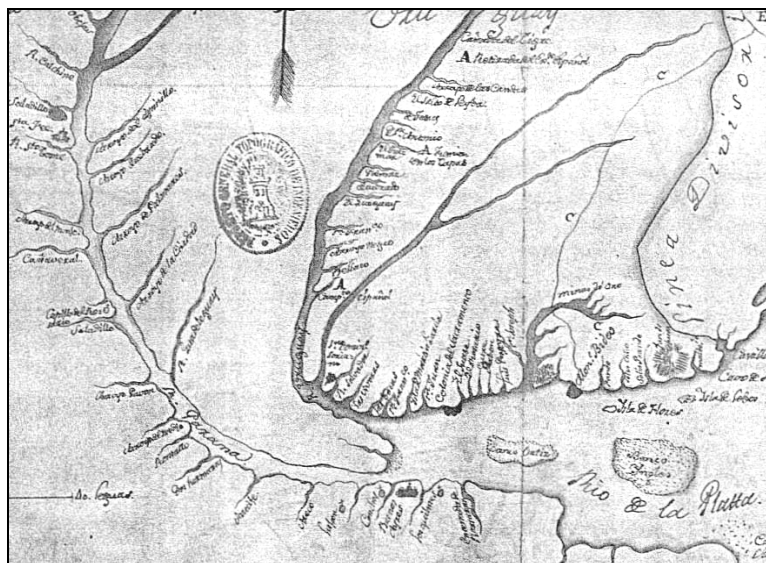


Figura 2: Delta del Río Paraná en el año 1759

Desde fines del siglo XVIII los mapas muestran una representación más precisa del Delta y su Frente de avance, con lo cual se procedió a la selección de diferentes cartas lo más equidistantes posibles en el tiempo, con el fin de poder representar la secuencia temporal de avance del Frente hasta el presente. 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.

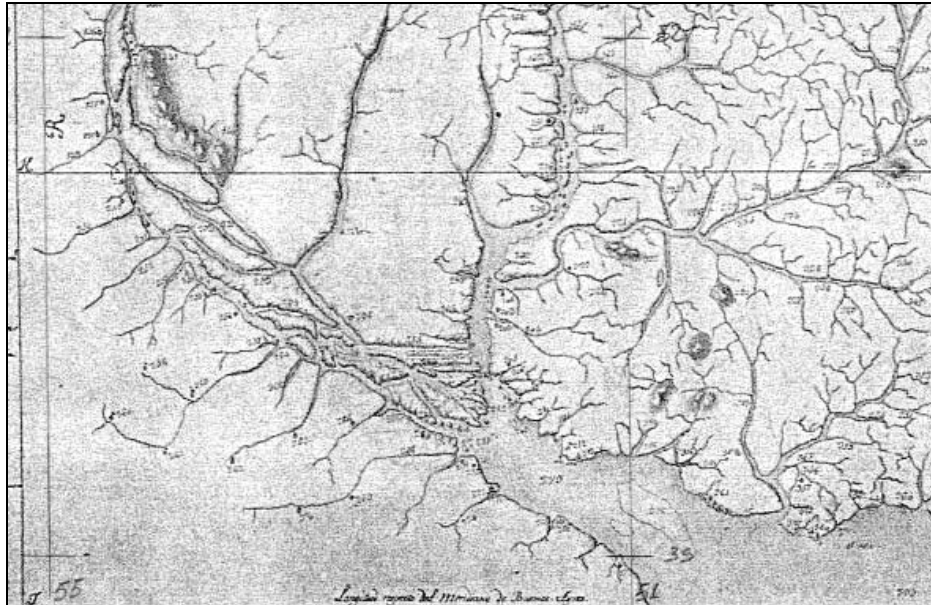


Figura 3: Delta del Río Paraná en el año 1817

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 un análisis comparativo posterior eran las correspondientes a los años 1778, 1845, 1896, 1969 y 2000, dado que su equidistancia es de aproximadamente 50 años y que en la superposición guardaban una gran coherencia en sus trazas, puntos de referencia, etc.

Una vez definida la cartografía de base, se procedió a la digitalización de una línea envolvente que, conteniendo principalmente la costa uruguaya, la bonaerense y el Frente del Delta, pudiera reflejar la posición del mismo en su respectivo momento histórico. 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.

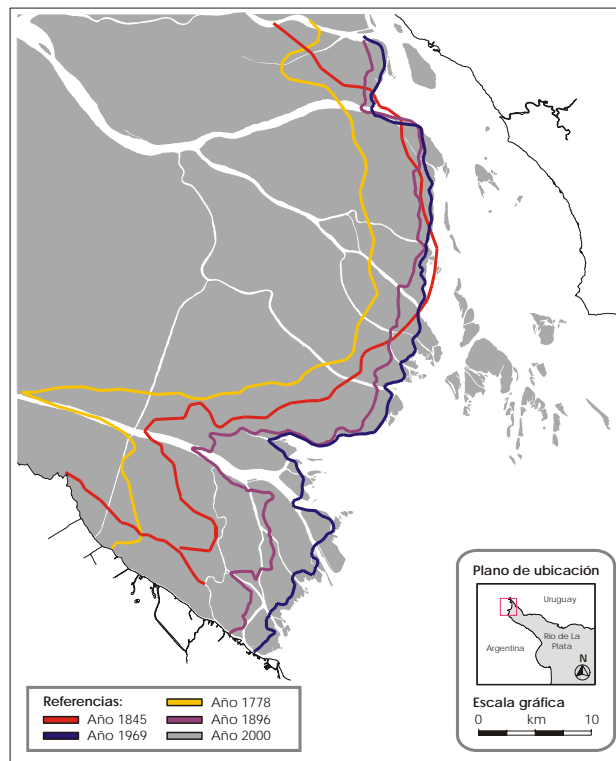


Figura 4: Frentes digitalizados para los años 1778, 1845, 1896, 1969 y 2000

3 BASE DE DATOS

3.1 ORGANIZACIÓN

Toda la cartografía recopilada (53 mapas) fue volcada en una base de datos específicamente desarrollada para el caso. De esta forma se logró tener todo el material debidamente clasificado e individualizado. Dicho material fue organizado de manera que cada mapa tuviera su propia ficha ó registro.¹

Cada registro presenta la siguiente información sobre el mapa:

- A. Identificación
- B. Origen
- C. Ubicación Histórica
- D. Tamaño y Escala
- E. Descripción y/o Comentarios
- F. Imagen

A. Identificación

En esta sección se encuentran los campos *Designación* y *Número de Mapa*. En este último se indica el número de identificación del mapa, el cual coincide con el número de registro. El campo *Designación* corresponde a la clave única que identifica a cada mapa dentro de la base de datos. El mismo está definido de la siguiente manera:

$$\text{Designación} = N^{\circ} - \text{año} - \text{LUGAR}$$

donde: *N*^o: Número de mapa
año: Año al que hace referencia el mapa (“S/F” para año desconocido)
LUGAR: Sigla identificatoria del lugar donde fue recopilado el mapa

Así por ejemplo para el mapa número 7, el cual hace referencia al año 1817 y que fue recopilado en la Academia Nacional de Historia (cuya sigla identificatoria es ANH), el campo *Designación* resulta finalmente “7-1817-ANH”.

De la misma forma para el mapa número 17 recopilado en la Biblioteca del Congreso (cuya sigla identificatoria es BC) y del cual no se conoce el año al que hace referencia, el campo *Designación* resulta ser “17-S/F-BC”.

B. Origen

En esta parte se encuentran los campos *Lugar de Procedencia*, *Fecha de Recopilación*, *Fuente* y *Autor*. En el primero de ellos se indica el lugar donde fue obtenido el mapa incluyendo su sigla identificatoria. A saber:

¹ Todo el material de la cartografía de base fue recopilado por los señores Alejo Sarubbi y Marcos Pittau.

Lugar de Procedencia	Sigla Identificatoria
Academia Nacional de Historia	ANH
Archivo General de la Nación	AGN
Biblioteca del Congreso	BC
Biblioteca del Museo de Ciencias Naturales de La Plata	BMCN
Departamento de Geodesia de La Plata	DGLP
Instituto Geográfico Militar	IGM

Tabla 2: Siglas identificatorias de los distintos lugares donde fueron recopilados los mapas

En caso de desconocer el lugar de procedencia la sigla identificatoria será “S/R” (sin referencia). El campo *Fecha de Recopilación* contiene la fecha en que fue obtenido el mapa. Por su parte, el campo *Fuente* indica efectivamente la fuente de origen del mapa, es decir, la obra, escrito o publicación donde se encontraba el mismo. Si corresponde, el autor de la fuente de origen del mapa se consigna en el campo *Autor*.

De esta forma, el mapa “7-1817-ANH” presenta la siguiente información de origen:

Lugar de Procedencia: Academia Nacional de Historia · ANH

Fecha de Recopilación: 08/05/03

Fuente: Cartografía y Relaciones Históricas de Ultramar. TOMO VII - Río de la Plata. Volumen de Cartografía. Mapa 59.

Autor: Servicio Histórico Militar. Servicio Geográfico del Ejército. Ministerio de Defensa. Madrid 1992.

En cambio, el mapa “49-1826-AGN” muestra la siguiente información:

Lugar de Procedencia: Archivo General de la Nación · AGN

Fecha de Recopilación: 03/07/03

Fuente: Mapoteca del Archivo General de la Nación. Mapa I-24.

Autor: -.

C. Ubicación Histórica

Aquí se indican el siglo y el año al que hace referencia el mapa (campos *Siglo* y *Año* respectivamente). En el caso de no conocerse el año de referencia del mapa se asigna la expresión “S/F” (sin fecha). Ejemplos:

El mapa “7-1817-ANH” presenta la siguiente información:

Siglo: XIX

Año: 1817

Por su parte, en el mapa “17-S/F-BC” puede observarse lo siguiente:

Siglo: XVIII

Año: S/F

D. Tamaño y Escala

En esta sección se encuentran los campos *Tamaño* y *Escala Original*. En el primero de ellos se asignan las medidas de la copia del mapa recopilado (no las del mapa original). Por su parte, en el campo *Escala Original* se indica la escala con la que fue confeccionado el mapa original (no la copia recopilada). En el caso de no conocerse la escala se asigna la expresión “S/E” (sin escala). Ejemplos:

El mapa “7-1817-ANH” presenta la siguiente información de tamaño y escala:

Tamaño: 199 × 265 mm

Escala Original: 1 : 2100000

Por su parte, en el mapa “17-S/F-BC” se muestra la siguiente información:

Tamaño: 305 × 188 mm

Escala Original: 48 mm = 40 leguas

En cambio, en el mapa “24-1599-BMCN” puede observarse lo siguiente:

Tamaño: 203 × 145 mm

Escala Original: S/E

E. Descripción y/o Comentarios

Aquí se realiza una descripción general del mapa, que puede incluir fragmentos de texto que se encontraban en el mapa mismo o en la fuente de donde fue obtenido, o bien todos aquellos comentarios que se crean pertinentes realizar.

De esta forma, el mapa “7-1817-ANH” presenta la siguiente descripción:

Descripción y/o Comentarios: "Carta esférica de las Provincias septentrionales del Río de la Plata". Copia de Dámaso Aldao Rodríguez del Monte. Coordenadas referidas al meridiano de Buenos Aires.

Por su parte, la descripción del mapa “17-S/F-BC” es la siguiente:

Descripción y/o Comentarios: El mapa presenta un aspecto "artístico", de manera que su grado de precisión en la representación del frente del delta carece de confiabilidad suficiente como para ser utilizada posteriormente en un estudio comparativo. Sin embargo, esto no lo invalida para ser usado en un análisis cualitativo. Es el mismo mapa que el 33-1732-IGM.

F. Imagen

En esta sección se tiene acceso al archivo de imagen del mapa. En el campo *Digitalizado* se indica si el mapa fue o no digitalizado. En caso afirmativo se muestran los nombres de los archivos donde se encuentra dicha digitalización.

De esta forma, el mapa “7-1817-ANH” presenta la siguiente información:

Digitalizado: Sí. Nombre de los archivos: 7-1817-ANH coordinado.dwg y 1817-ANH.dwg.

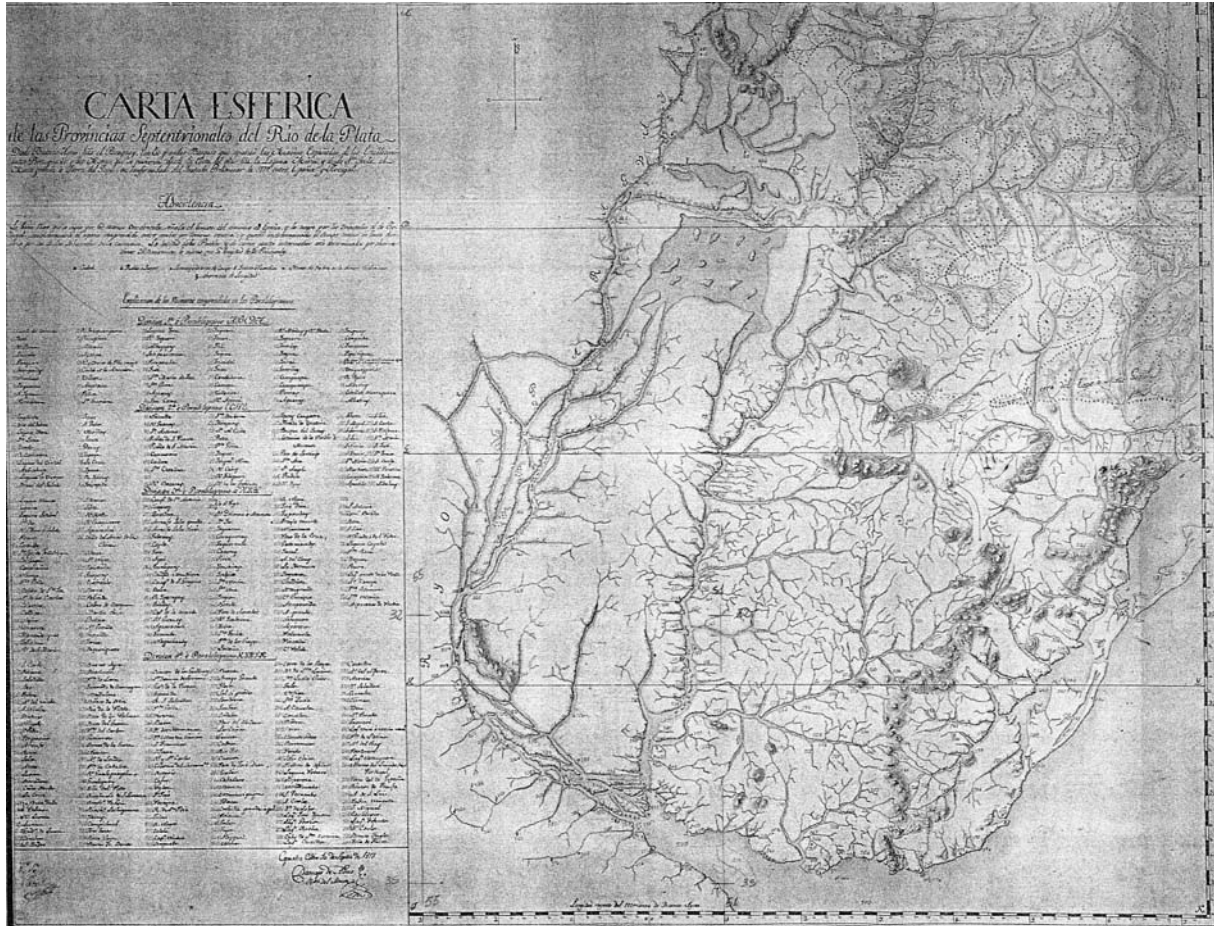


Figura 5: Imagen del mapa 7-1817-ANH

3.2 PROGRAMA IMPLEMENTADO

Una vez construida la base de datos, la misma fue implementada en el programa **DBdelta** © desarrollado por el **Grupo 3f** ®.²

De esta manera la base de datos quedó montada sobre una interfase sólida y de muy fácil uso y acceso. La misma puede descargarse libremente de la siguiente página web, <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lmm/>.

² 3f Soluciones Informáticas ® - DBdelta - Copyright © 2003. <http://www.soluciones3f.com.ar>

Uso del programa DBdelta

El programa DBdelta es un visualizador de la base de datos construida que cuenta con una gran variedad de herramientas y funciones para el manipuleo de los datos existentes.

A continuación se presenta la descripción de los principales comandos del DBdelta ordenados según los distintos menús del programa, a saber:

- A. Menú Archivo
- B. Menú Ver
- C. Menú Consultas
- D. Menú Preferencias
- E. Menú Ayuda

A. Menú Archivo

En este menú se encuentra el comando *Salir*, el cual cierra el programa DBdelta.

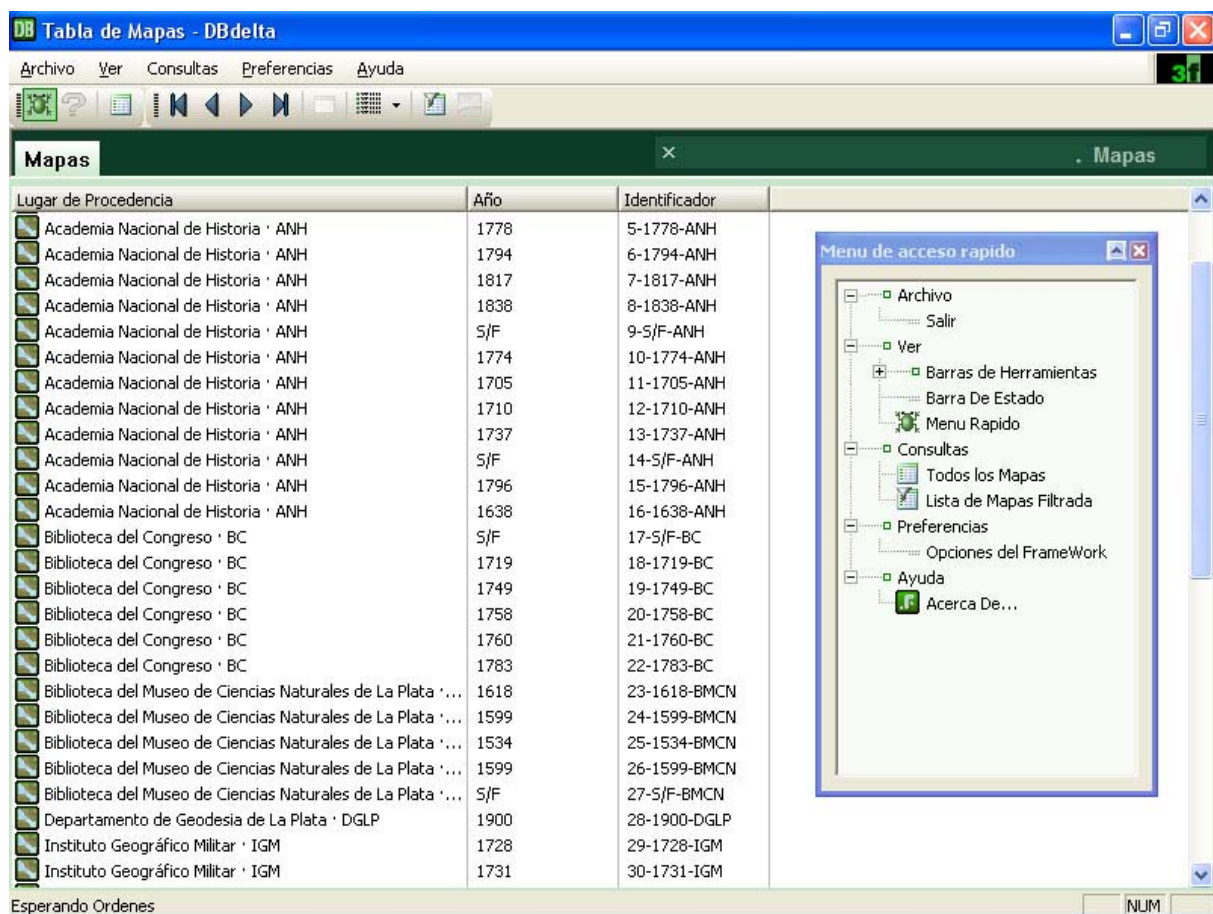


Figura 6: Interfase del programa DBdelta

B. Menú Ver

Dicho menú presenta los siguientes comandos: *Barras de herramientas Estándar y de la tabla, Barra de estado y Menú rápido.*

Los dos primeros muestran u ocultan las mencionadas barras de herramientas. La barra de herramientas Estándar permite visualizar la tabla con todos los mapas de la base de datos y acceder al Menú de acceso rápido. Por su parte, en la barra de herramientas de la tabla se encuentran todas las funciones necesarias para el manipuleo de los registros de los mapas. Ellas son:

- **Navegación por los registros:** Avanzar al registro anterior o siguiente. Ir al primer o último registro.
- **Visualización de los registros:** Mostrar la ventana con los detalles del registro, es decir, con la información del mapa tal como se explicó en el apartado 3.1. Ver la tabla con los registros en forma de lista o íconos. Filtrar datos específicos. Mostrar la imagen asociada a un mapa.
- **Edición de los registros:** En la ventana con los detalles del registro se pueden realizar las siguientes acciones: editar o eliminar el registro existente, o bien agregar un nuevo registro.

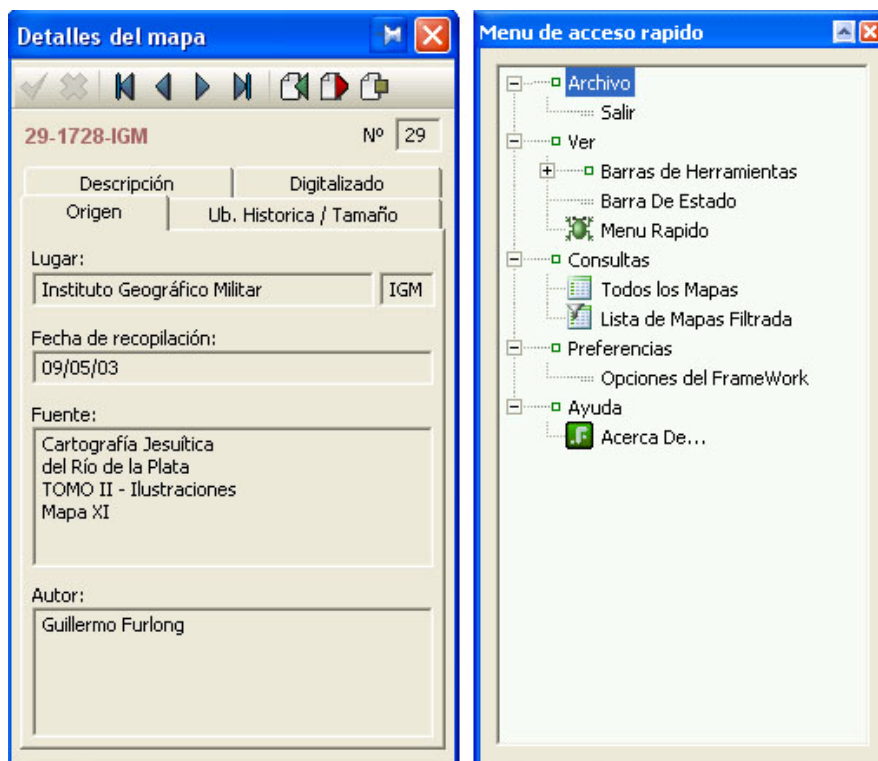


Figura 7: Ventana de detalles del registro y menú de acceso rápido del DBdelta

El primero permite visualizar la tabla con todos los mapas de la base de datos. El comando *Lista de Mapas Filtrada* permite filtrar el contenido de la tabla de acuerdo a los parámetros que se especifiquen.

D. Menú Preferencias

Presenta el comando *Opciones del FrameWork*, el cual permite visualizar las preferencias establecidas que están relacionadas con el rendimiento y una serie de funciones y herramientas del programa.

E. Menú Ayuda

En este menú se encuentra el comando *Acerca de...*, el cual muestra información sobre la versión y copyright del programa.

4 CONCLUSIONES

La recopilación de cartografía antigua y moderna de la zona del Frente del Delta del Río Paraná, su procesamiento para proceder a un análisis comparativo, y su clasificación y organización en una base de datos de fácil utilización y de libre acceso, proveen a la comunidad científica de un valioso material de base para continuar con los estudios acerca del proceso de avance de ese frente, en pos de su caracterización y comprensión, a partir de los cuales poder efectuar inferencias o proyecciones sobre su desarrollo futuro.

REFERENCIAS

1. *Estudio sedimentológico preliminar de la Cuenca Inferior del Río Bermejo. Evaluación del impacto de las presas de la Alta Cuenca del Río Bermejo en la morfología del tramo inferior.*
Informe LHA 131-01-96. INCYTH-COREBE
Brea, J.; Busquets, M.; Spalletti, P.; 1996

2. *Delta del Paraná: Balance de Sedimentos.*
Informe LHA 02-235-04. INA
Sarubbi, A.; Pittau, M.; Menéndez, Á.; 2004