



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
REPÚBLICA ARGENTINA

Modelo Digital de Elevación del Delta del río Paraná

**DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador
del Delta del río Paraná con fines múltiples**



Proyecto INA 373
Informe LHA 01-373-17
Ezeiza, marzo de 2017

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Julio C. DE LÍO (A/C)

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

-

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Ing. Pablo E. GARCÍA

Ing. Mag. Mariano RE

Ing. Lucas STORTO

Ing. Martín IRIGOYEN

Gonzalo GATTI

INFORME PRODUCIDO POR

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Ing. Lucas STORTO

Ing. Mag. Mariano RE

DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples

Modelo Digital de Elevación del Delta del río Paraná

RESUMEN

Se presenta la base de datos de información topográfica y batimétrica del Delta del río Paraná, construida a partir de datos de diversas fuentes. Se presentan y analizan distintos sistemas satelitales de datos topográficos. Se adopta como Modelo Digital del Terreno del territorio insular los datos de curvas de nivel y puntos altimétricos del IGN. Se construye un Modelo Digital de Elevación del cauce para tramos con información de varias fuentes, complementado con relaciones geométricas en aquellas secciones sin datos. Se acoplan estos modelos junto al del territorio continental del Delta (basado en el MDE-Ar), generando una primera versión de un Modelo Digital de Elevación completo del Delta del río Paraná.

Descriptores temáticos: Modelos topográficos, Modelos batimétricos

Descriptores geográficos: Delta del río Paraná, Argentina

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Problema	3
1.2	Proyecto Interno INA	4
1.3	Informe de Modelo Digital de Elevación	4
2	BASE DE DATOS	5
2.1	Organización	5
2.2	Información procesada	6
3	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	25
3.1	Modelo digital de elevación del terreno	25
3.1.1	Fuentes de datos	25
3.1.2	Comparación de fuentes	25
3.1.3	Selección de fuente	28
3.2	Modelo digital de elevación del cauce	34
3.3	Representación del MDE general	45
4	CONCLUSIONES	48
	REFERENCIAS	49

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

El Delta del río Paraná comprende un área aproximada de 1500000 Ha. (Figura 1.1) en la cual existen un gran número de cursos de agua navegables, entre ellos la principal vía fluvial comercial de Argentina y países limítrofes. Además, en el territorio insular se desarrolla una importante actividad agrícola-ganadera-forestal que colabora con la economía local. Desde el punto de vista ambiental, el delta contiene un reducto de humedales únicos que resultan determinantes en distintos procesos hidrológicos, biológicos y geomorfológicos.

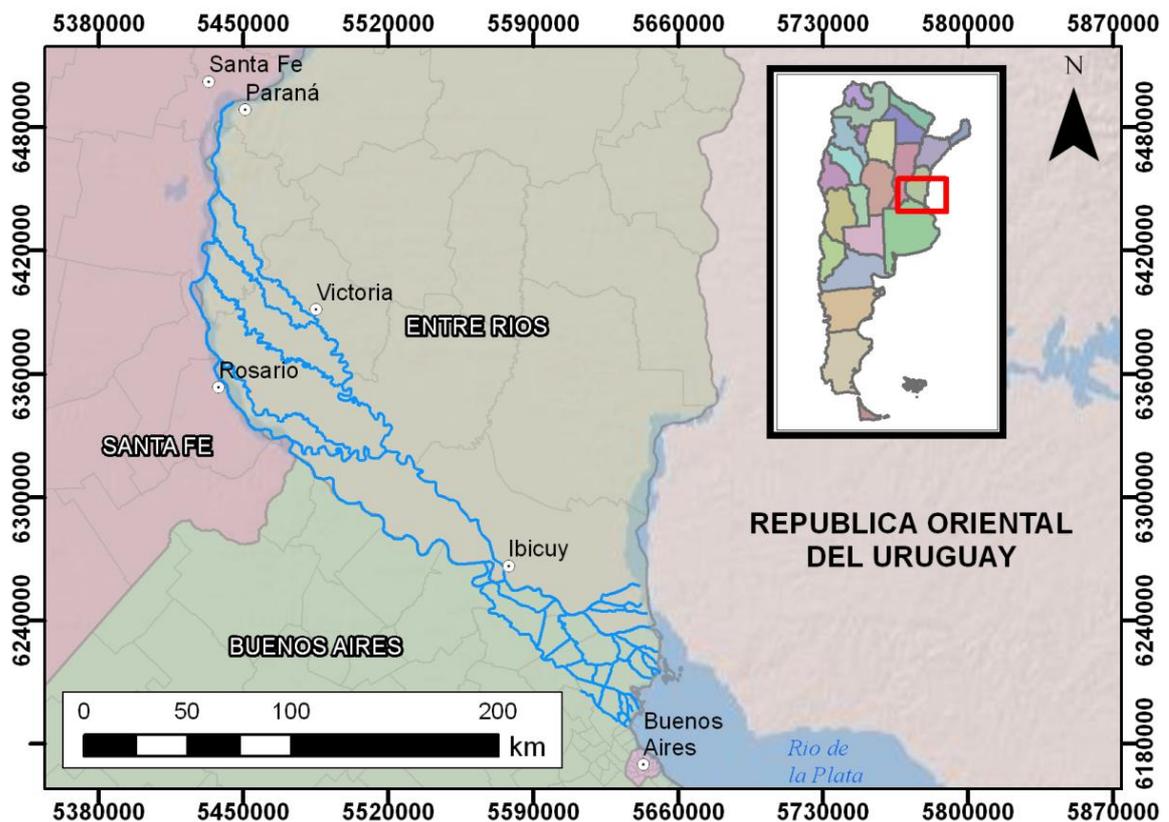


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio.

Con estas características, tanto las inundaciones por crecidas o sudestadas como las bajantes extremas, son críticas no solo para la población local y los ecosistemas comprendidos en el Delta, sino también, para todos los actores vinculados a sus circuitos comerciales y productivos.

Encontrar respuestas a los motivos por los cuales se producen estos fenómenos, cómo funcionan y cuál es la viabilidad de generar un pronóstico de los mismos, es entonces, un eje central para los sectores afectados y por tanto para las instituciones vinculadas con las distintas actividades.

1.2 Proyecto Interno INA

El Proyecto Interno INA “*DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples*” consiste en una apuesta institucional a la puesta en valor y al desarrollo del conocimiento en torno a la dinámica del agua en el Delta del Paraná y su implicancia en las distintas actividades que allí se desarrollan.

Este proyecto se enmarca en el convenio SOP/SSRH – INA – Fundación ArgenINTA, para el desarrollo del Proyecto Interno “Plan Nacional del Agua”, Eje 2 – Adaptación a los extremos climáticos, y está íntegramente desarrollado por agentes del Laboratorio de Hidráulica y de la Dirección de Sistema de Información y Alerta Hidrológico del INA.

En este estudio se aborda al Delta del Paraná de manera integral, considerando el dominio de análisis desde el eje Santa Fe-Paraná hasta la desembocadura en el estuario del Río de la Plata.

1.3 Informe de Modelo Digital de Elevación

En este informe se describe la recopilación de datos de topografía y batimetría del Delta del Paraná con el objetivo de conformar una base de datos sistematizada, y la construcción de un Modelo Digital de Elevación de la totalidad de la zona estudiada con la información disponible.

El producto resultante de este desarrollo resulta un insumo sumamente importante para las actividades de modelación numérica contempladas en este estudio hidrodinámico integral del Delta del río Paraná.

2 BASE DE DATOS

2.1 Organización

La información topográfica y batimétrica requerida para la construcción del MDE fue obtenida de distintas fuentes de información pública, provista por organismos gubernamentales como el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Instituto Nacional del Agua (INA), el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), y la Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN), así como de diversos proyectos y/o misiones globales.

La información fue revisada y ordenada en conjuntos, cada uno de los cuales contiene la información primaria y, generalmente, información considerada complementaria. Además, estos conjuntos fueron categorizados en tres grupos e identificados con un color, a saber:

01 – Información batimétrica



02 – Información topográfica



03 – Estudios complementarios



Para cada conjunto se construyó una ficha descriptiva de la información primaria, con los siguientes campos:

- Descripción de datos/información
- Fechas de datos/información
- Proveedor de datos/productor de información
- Proyecto/marco de generación de datos/información
- Procedimiento para generación de datos/información
- Especificaciones técnicas sobre datos/información

El formato de la ficha se muestra a continuación:

Título de la información que contiene el conjunto	Código identificador (Nºgrupo - Nº ítem)
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Aquí se describe qué datos o información contiene el conjunto</i>	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Aquí se indica la fecha de generación de los datos o de presentación de la información.</i>	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
<i>Aquí se indica quién proveyó los datos o quién produjo la información.</i>	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Aquí se indica cuál fue el proyecto o el marco de trabajo que generó los datos o la información.</i>	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Aquí se describen los procedimientos utilizados para la generación de los datos o la información.</i>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Aquí se describe el formato de los datos o información suministrados, de modo que puedan ser interpretados.</i>	

En los siguientes apartados presentan las fichas de las fuentes consultadas, la mayoría ilustradas con alguna figura indicativa.

2.2 Información procesada

Relevamiento SSPyVN 2006	01-001
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Plano de relevamiento batimétrico trimestral costa a costa 2006. Desde la bifurcación del río Paraná (Paraná de las Palmas – Paraná Guazú) hasta el canal de navegación Emilio Mitre.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
2006	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables (SSPyVN)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Archivo en formato CAD con errores de referenciación, con profundidad de puntos en transectas	



Figura 2.1. Relevamiento SSPyVN 2006.

Cartas náuticas SHN	01-002
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Puntos batimétricos y curvas de nivel de profundidad desde el puerto de Santa Fe hasta el Río de la Plata (ríos Paraná y Paraná de las Palmas).	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
2005	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Servicio de Hidrografía Naval (SHN) – Armada República Argentina	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<p>Recopilación de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datos de la Dirección Nacional de Vías Navegables, hasta 2005 - Relevamiento batimétrico efectuado por el Servicio de Hidrografía Naval, año 2003 - Vuelo efectuado por la Agrupación Aerofotográfica de la Aviación Naval, año 2002 - Actualización parcial por imágenes satelitales, año 2010 	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Raster formato BSB. Datum horizontal: WGS'84. Profundidades en metros.	

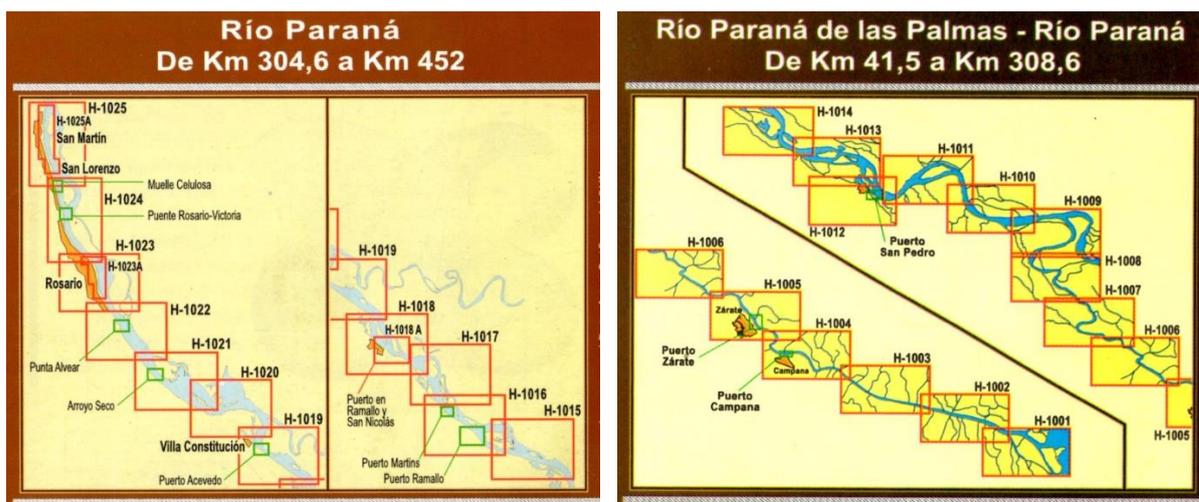


Figura 2.2. Cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval.

Secciones Modelo Delta Paraná (INCyTH-CONINDELTA)	01-003
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Perfiles batimétricos en cota local	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
Diciembre 1995	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas (INCyTH)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Convenio entre el Consejo Intermunicipal del Delta (CONINDELTA) y el INCyTH para que éste, a través de su Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), realizara un estudio hidrodinámico del Delta del río Paraná mediante modelación matemática. Resultados presentados en Bombardelli et al. (1995).	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
A partir de planos de la Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (DNCPyVN)	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Tablas con datos de progresivas de las secciones y perfil de cotas de fondo.	



Figura 2.3. Secciones del Modelo Numérico del Delta del Paraná (Bombardelli et al., 1995).

Batimetría Paso Borghi 2009 – UNIBO/UNL-CLARIS	01-004
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Información batimétrica del Paso Borghi (río Paraná)	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
29 de Junio de 2009 al 3 de Julio de 2009	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Campaña de observaciones en la zona de estudio: Universidad de Bologna (UNIBO, Italia) – Universidad Nacional del Litoral (UNL, Argentina) (Guerrero et al., 2013).	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Proyecto CLARIS-LPB, <i>Red Europea-Americana para la Evaluación del Cambio Climático y Estudios de Impacto en la Cuenca del Plata.</i>	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Los datos medidos con ecosonda fueron transformados en cotas de fondo según los niveles de Prefectura Naval durante la campaña.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Shapefile</i> de puntos con profundidad y <i>raster</i> con tamaño de celda 40 m a partir de una interpolación con el método <i>Kriging</i> incorporando datos topográficos de las islas y las márgenes.	

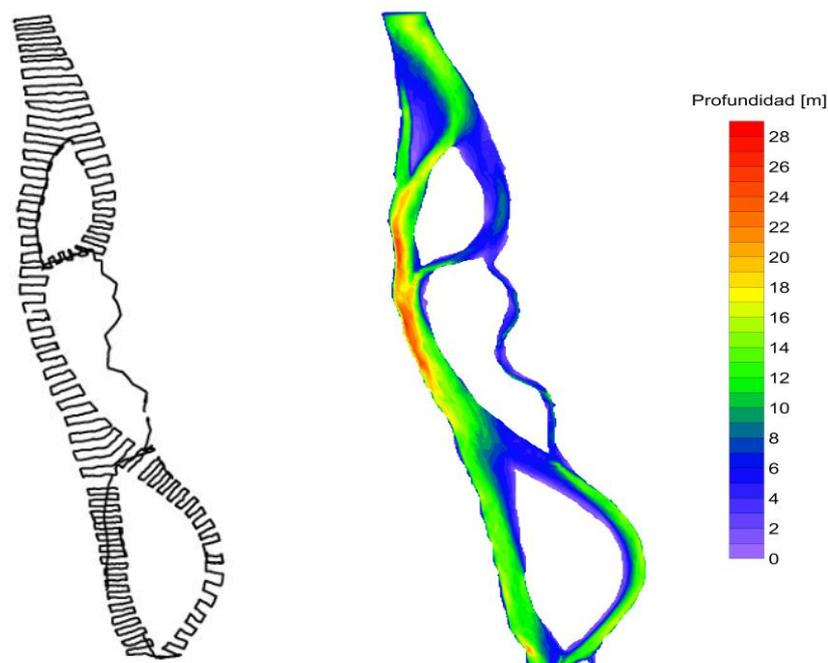


Figura 2.4. Batimetría Paso Borghi (Guerrero et al., 2013).

Batimetría Isla El Paraguayo 2011	01-005
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Relevamiento batimétrico de un brazo secundario del río Paraná Inferior a la altura del Km 389, localidad de Fighiera (Santa Fe).	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
2011	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Relevamiento <i>ad-hoc</i> efectuado por HIDRA S.A. que se extiende desde la bifurcación hasta la zona de emplazamiento del puerto.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Dragado de mantenimiento para canal de acceso a Fighiera.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
<i>Shapefile</i> de puntos con profundidad.	

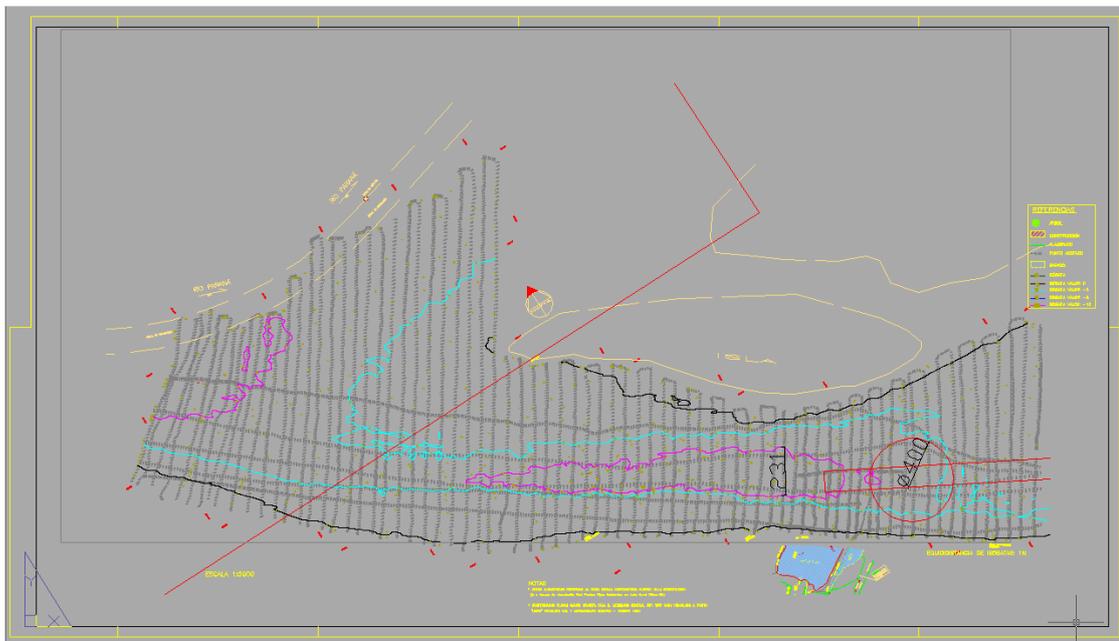


Figura 2.5. Batimetría Isla El Paraguayo.

Secciones Isla Lucha / Canal Emilio Mitre	01-006
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Río Paraná de las Palmas, tramo Isla Lucha (Km 51.0 a 62.0). Río de la Plata, tramo Canal Emilio Mitre (Km 26.8 a 48.0).	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
16 de mayo del año 2007	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
EVARSA, 2007. Mediciones de velocidades y caudales con ADCP - Río Paraná Secciones: Isla Lucha y Canal Emilio Mitre (Comitente: Hidrovía S.A.)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Las mediciones se realizaron con un equipo ADCP (<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>) marca RDI, modelo Workhorse, frecuencia 600 khz.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Los resultados de las mediciones de esta campaña se proporcionaron en archivos .csv con 12 columnas con la siguiente información: 1- Nombre Zona de Medición, 2- Progresiva de Medición, 3- N° de ensemble (vertical de medición), 4- Fecha en formato dd/mm/yy, 5- Hora en formato hh:mm:ss.ss, 6 y 7- Coordenadas X e Y - Campo Inchauspe (m), 8- Profundidad de fondo (m), 9- Profundidad de medición de velocidades (m), 10, 11 y 12- Velocidades en sentido Este, Norte y Vertical (m/s) respectivamente.	

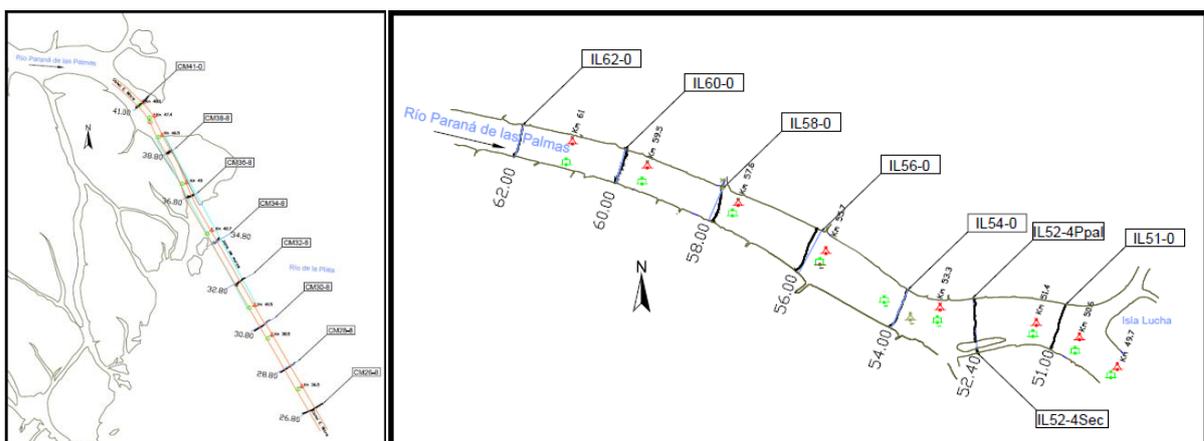


Figura 2.6. Secciones Isla Lucha y Canal Emilio Mitre.

Relevamiento Canal Martín García	01-007
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
5 relevamientos batimétricos entre el Km 37 (Barra del Farallón) y el Km 0 del Río Uruguay, conocidos como los canales de Martín García. Cuatro de ellos abarcan ambas zonas y uno de ellos sólo abarca el tramo de los canales del Farallón.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
02/Ene/15 - 03/Nov/15 - 11/Ene/16 - 27/Feb/16 - 05/Abr/16	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
El primero de ellos fue ejecutado por la CARP (Comisión Administradora del Río de la Plata), mientras que los restantes estuvieron a cargo de Servimagnus.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Servimagnus S.A. – SDC Do Brasil Serviços Marítimos LTDA Sucursal Argentina. UTE fue contratada por la Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP) para ejecutar el dragado de recuperación de los Canales del Río de la Plata.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Tres archivos de texto (formato XYZ) con profundidades en los tramos San Juan, Farallón y Canal del Este (Río de la Plata Superior).	

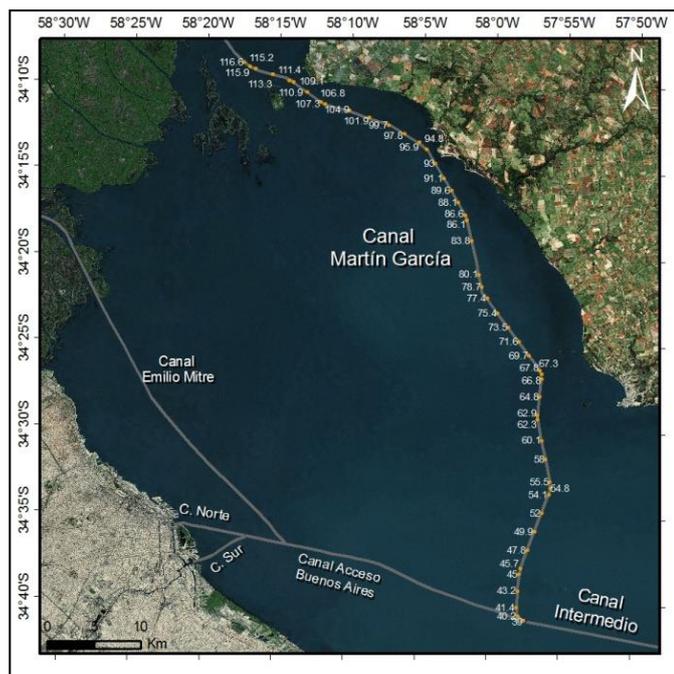


Figura 2.7. Relevamiento Canal Martín García.

Campaña de relevamiento Proyecto DELTA (INA) – Mayo 2016	01-008
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Relevamientos batimétricos de secciones en el Canal Martín Irigoyen, Río Talavera, Río Paraná Guazú, Río Carabelas Grande, Canal Alem (Primera Sección) y Río Paraná de las Palmas.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
5 de Mayo de 2016	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Laboratorio de Hidráulica, INA.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Proyecto interno “DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples”	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Las mediciones se realizaron con un equipo ADCP (<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>) marca Sontek, modelo M9, frecuencia 0.5MHz.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Planillas (formato CSV) con información de profundidad	

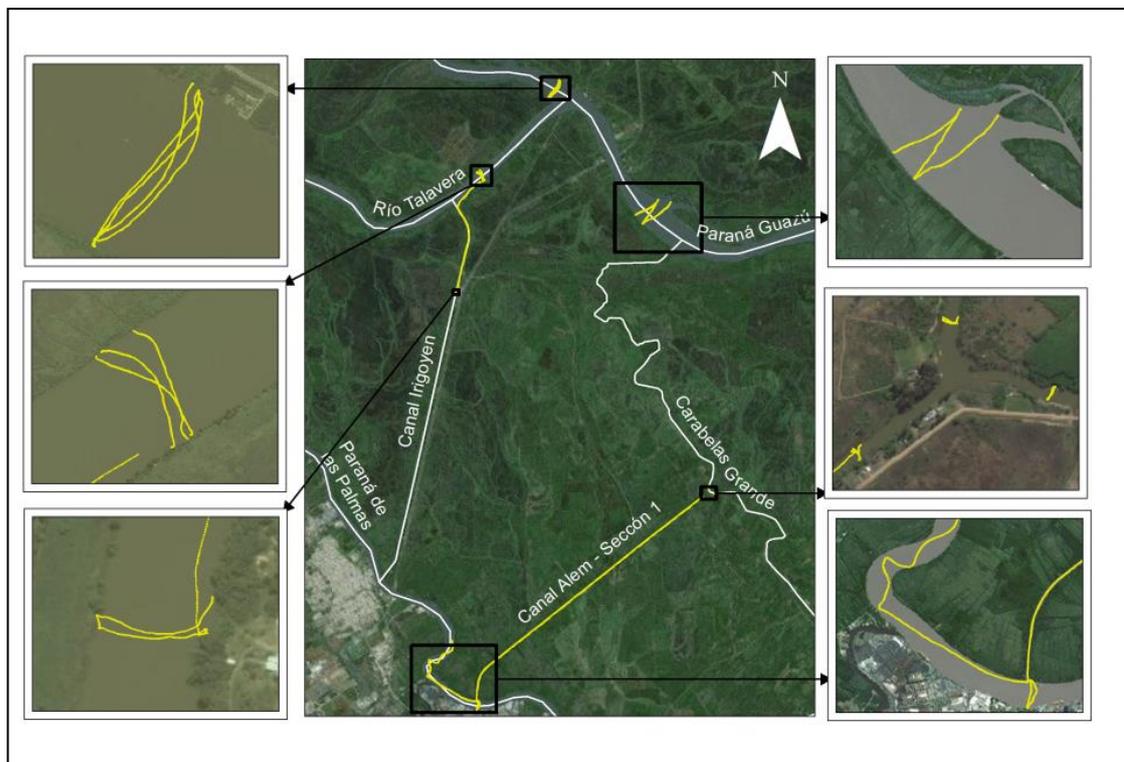


Figura 2.8. Campaña de relevamiento Proyecto DELTA (INA) – Mayo 2016.

Planos de relevamientos históricos de la DNCPyVN	01-009
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Planos batimétricos de cursos de agua indicados en Tabla 2.1	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
Según Tabla 2.1	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Dirección Nacional de Construcciones Portuarias y Vías Navegables (DNCPyVN)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Planos. Formato físico (papel).	

Tabla 2.1. Listado de planos de la DNCPyVN (Bombardelli et al., 1995)

Curso	Lamina	Comienzo (km)	Final (km)	Escala	Fecha de relevamiento
Río Paraná de las Palmas	1	48.80	56.20	1:5000	1993
	2	56.40	63.80	1:5000	1993
	3	63.40	70.80	1:5000	1993
	4	70.40	78.00	1:5000	1993
	5	78.00	85.40	1:5000	1993
	6	84.20	93.00	1:5000	1993
	7	92.60	102.20	1:5000	1993
	8	101.80	109.80	1:5000	1993
	9	109.40	118.20	1:5000	1993
	10	117.20	125.40	1:5000	1993
	11	125.20	134.80	1:5000	1993
	12	134.60	143.80	1:5000	1993
	13	143.60	152.20	1:5000	1993
	14	152.00	161.20	1:5000	1993
	15	161.20	168.20	1:5000	1993
	16	168.00	175.20	1:5000	1993
	17	174.20	177.30	1:5000	1993
Río Paraná de las Palmas	1	52.00	62.10	1:5000	1976
	2	61.00	76.40	1:5000	1980
	3	62.00	68.00	1:5000	1976
	4	68.00	76.00	1:5000	1976
	5	75.00	85.00	1:5000	1976
	6	84.00	97.00	1:5000	1974
	7	117.00	122.00	1:5000	1974
	8	121.00	129.00	1:5000	1985
	9	129.00	140.00	1:5000	1974
	10	140.00	147.40	1:5000	1974
	11	147.40	157.50	1:5000	1974
	12	157.50	167.50	1:5000	1974
	13	167.50	177.50	1:5000	1974
Río Paraná Guazú	1	161.00	143.00	1:10000	1958
	2	185.00	161.00	1:10000	1958
	3	203.00	179.00	1:10000	1958
Pasaje Talavera	1	183.00	190.00	1:5000	1981
	2	190.00	196.00	1:5000	1981
	3	196.00	203.00	1:5000	1981
	4	203.00	211.00	1:5000*	1981
	5	211.00	218.00	1:5000	1981
Zanja Mercadal	1			1:2000	1976
Canal M. Irigoyen	1	P. Palmas	8.00	1:2000	1954
	2	8.00	16.00	1:2000	1954
	3	16.00	Pas. Talavera	1:2000	1954
Canal Gdor. Serna	1			1:2000	1985
Canal N°4	1	A° Paycarabí	12.35	1:2000	1986
Río Paraná Miní	1	52.00	60.00	1:5000	1983
	2	59.60	71.00	1:5000	1983
	3	71.00	77.00	1:5000	1983
	4	76.70	85.00	1:5000	1983
Río Barca Grande	1	60.00	68.00	1:5000	1982
	2	68.00	76.40	1:5000	1982
	3	76.40	85.00	1:5000	1982
Canal Gdor. Arana	1			1:10000	1970
Canal N°6 (Comas)	1			1:2000	1961
Río Carabelas Grande	1	P. Palmas	canal A. Seoane	1:2000	1959
	2	P. Palmas	P. Guazú	1:100000	1932
A° Boca Falsa y A° La Barquita	1	Confluencias	Desembocadura	1:5000	1982
A° La Barquita	1	Río Barca Grande	A° Boca Falsa	1:5000	1982
Puerto Ibicuy	1			1:1000	
Canal Honda	1	41.50	42.30	1:2000	1977
Pozos del Barca Grande	1			1:20000	1987
Río Urión	1	A° Malvinas	Canal vinculación	1:2000	1975
	2	can. este-Honda	A° Malvinas	1:2000	1975
Canal de vinculación	1			1:2000	1985

Planos de los estudios hidráulicos y morfológicos de la FICH-UNL	01-010
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Estudios realizados en el tramo comprendido entre el Km 448 y el Km 410 del río Paraná.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
2004	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) de la Universidad del Litoral (UNL)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Contrato SSPyVN – Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL) con finalidad de analizar los fenómenos hidromorfológicos en el Río Paraná.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Sondas Ecógrafas RAYTHEON modelo DE719 E (frecuencia 208 Khz., distintos rangos de profundidades hasta 160 m) con salida digital para puerto series RS 232/422 y formato NMEA-0183.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Archivos CAD con puntos con profundidad y curvas de nivel.	

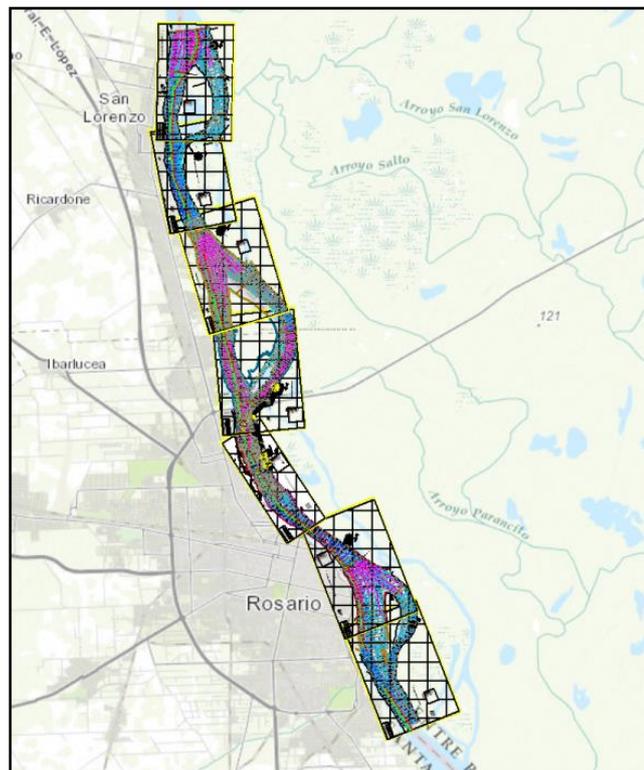


Figura 2.9. Planos de los estudios hidráulicos y morfológicos de la FICH.

Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina (MDE-Ar)	02-001
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Modelo Digital de Elevaciones generado para toda la extensión del territorio argentino.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
Misión SRTM del 11 al 22 de febrero de 2000 procesada por el IGN en el año 2014.	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Instituto Geográfico Nacional (IGN)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Convenio entre el IGN y la NGA (<i>National Geospatial-Intelligence Agency</i>)	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
A partir del modelo SRTM de Argentina con resolución de ~30 metros por píxel se obtuvo otro de ~45 metros por píxel, que se generó aplicando las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Relleno de vacíos. • Inclusión de datos en las zonas de lagos. • Filtrado espacial. • Enmascarado de límites. 	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Raster en formato .img con resolución de 45 m.	

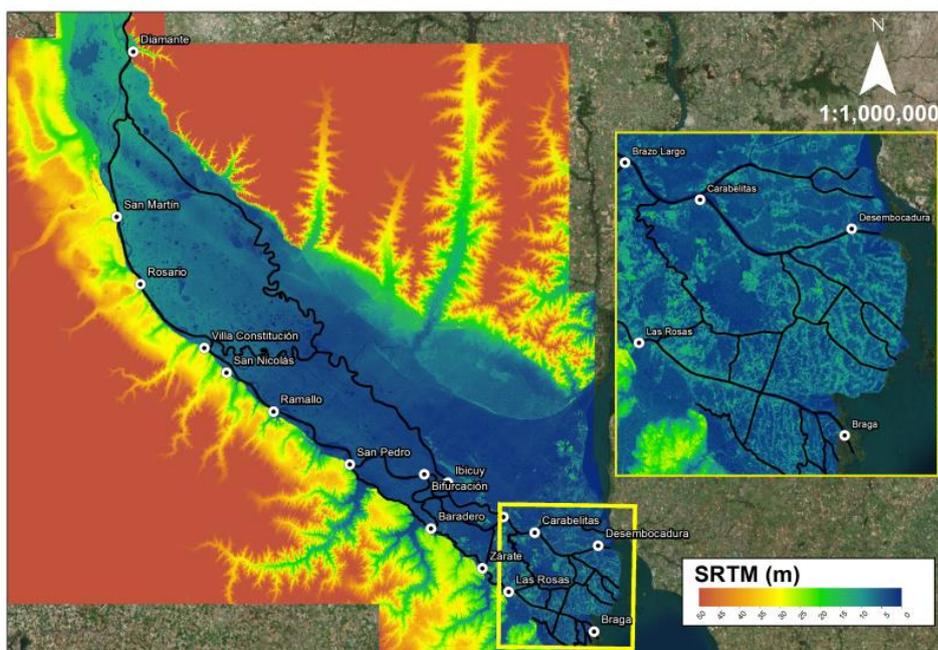


Figura 2.10. Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina (MDE-Ar).

Puntos acotados en la cartografía IGN	02-002
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Red de puntos fijos del IGN	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Instituto Geográfico Nacional (IGN)	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Digitalización de puntos a partir de cartas escala 1:50000 (Tabla 2.2) escaneadas y georreferenciadas.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Shapefile de puntos con cota del terreno.	

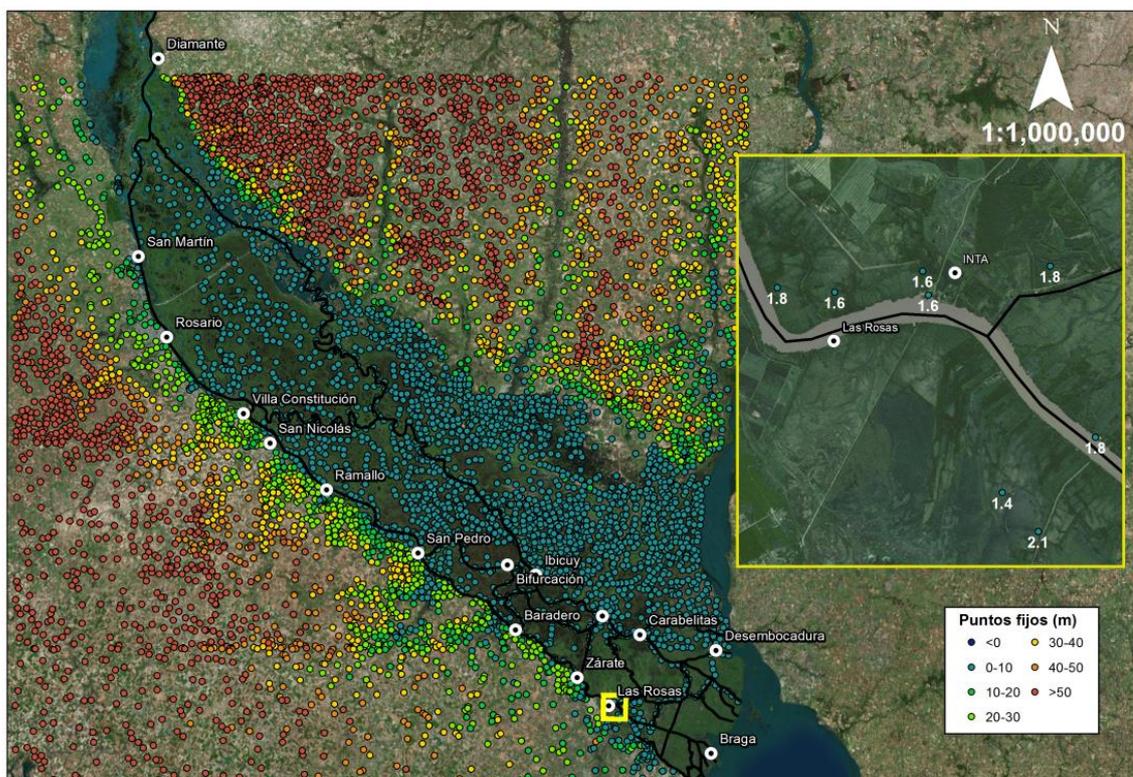


Figura 2.11. Puntos acotados en la cartografía IGN.

Tabla 2.2. Cartas del IGN utilizadas para la digitalización de puntos fijos.

Nº Hoja	Nombre	Nº Hoja	Nombre
3360-8-2	LAGUNA EL SALTO	3360-23-4	EMBARCADERO BERISSO
3360-8-4	CORTE CAREAGA	3360-29-1	PUERTO SAN JUAN
3360-9-1	RINCON DEL DOLL	3360-29-3	MAZARUCA
3360-9-3	PARAJE EL CERRO	3360-29-2	MEDANOS
3360-15-1	ARROYO DE LA CAMISETA	3360-29-4	EMBARCADERO KM 361
3360-15-3	ARROYO MARTILLO	3360-35-1	PUERTO BARADERO
3360-15-2	PARAJE LA TACUARA	3360-35-3	ALSINA
3360-15-4	ARROYO BARRANCOSO	3360-35-2	IBICUY
3360-21-1	ISLA DEL PARAGUAYO	3360-35-4	CENTRAL NUCLEAR DE ATUCHA
3360-21-3	VILLA CONSTITUCION	3360-30-1	EST. LOS AMIGOS
3360-21-2	TRES BOCAS	3360-30-3	CEIBAS
3360-21-4	SAN NICOLAS	3360-30-2	DOS CERROS
3360-27-2	PLANTA GENERAL SAVIO	3360-30-4	ARROYO MARTINEZ
3360-16-3	RINCON DE NOGOYA SUR	3360-36-1	EST. ISLA DON ANTONIO
3360-16-4	CUATRO MANOS	3360-36-3	BRAZO LARGO
3360-22-1	ARROYO BATEA	3360-36-2	V. PARANACITO Islas del Ibicuy
3360-22-3	BOCA RIO VICTORIA	3360-36-4	RIO ALFEREZ NELSON PAGE
3360-22-2	PUNTA DEL MONTE	3560-5-2	ZARATE
3360-22-4	BOCA RIO GUALEGUAY	3560-6-1	CAMPANA
3360-28-1	PUERTO RAMALLO	3560-6-3	CAMPANA (Sur)
3360-28-3	GOBERNADOR CASTRO	3560-6-2	SIN NOMBRE
3360-28-2	LA TAPA DE LA CALDERA	3560-6-4	CANAL GOBERNADOR ARIAS
3360-28-4	PUERTO SAN CARLOS	3560-12-2	SAN FERNANDO
3360-34-2	SAN PEDRO	3357-31-3	ISLA DE LA PALOMA
3360-23-1	GUALEGUAY	3557-1-1	SIN NOMBRE
3360-23-3	PUERTO RUIZ		

Relevamiento aerofotogramétrico	02-003
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Vuelo fotogramétrico procesado en la zona del río Luján.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
Vuelo del año 2013	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Instituto Geográfico Nacional (IGN) – Plan Nacional de Relevamiento Fotogramétrico	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de imágenes provenientes de los vuelos realizados con la cámara aérea digital (Vexcel UltraCamXp). • Conversión de datos crudos a imágenes TIF para su posterior procesamiento. • Aerotriangulación digital de proyectos a distintas escalas incluye las tareas de preparación, medición y cálculo de los bloques que integran el proyecto utilizando software especial para proyectos con cámara digital. • Restitución digital. Orientaciones y reconstrucciones de pares de imágenes estéreo (3D) para la captura de rasgos que conforman la cartografía base. • Generación de modelos digitales de terreno para la obtención de productos derivados (curvas de nivel, ortofoto, mosaicos, etc.) utilizando software específico para tal fin. 	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Imagen .img de 20 m de resolución con datos de cota.	

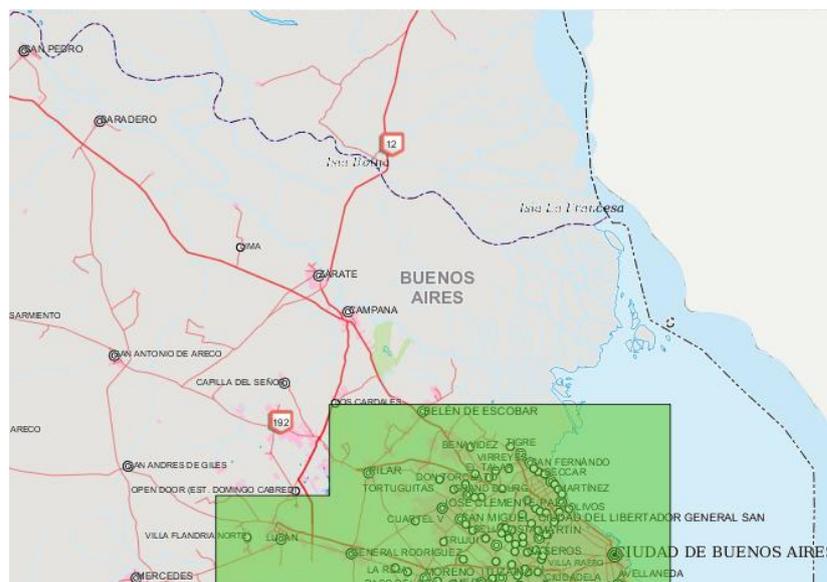


Figura 2.12. Vuelo fotogramétrico procesado en la zona del río Luján.

Relevamiento del tramo Victoria	02-004
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Secciones topobatimétricas en cursos de agua del tramo Victoria.	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
1999	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Datos topobatimétricos del curso principal y cursos secundarios provenientes del estudio de Serman & Asociados S.A.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Marina L. García y otros, 2012, "Modelación hidrodinámica de sistema cauce-planicie con celdas amorfas, de tramo del río Paraná Inferior". IFRH 2012, Ezeiza, Argentina	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
No especifica.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Archivo de texto con datos XYZ en sistema de coordenadas Gauss-Krüger Faja 5	

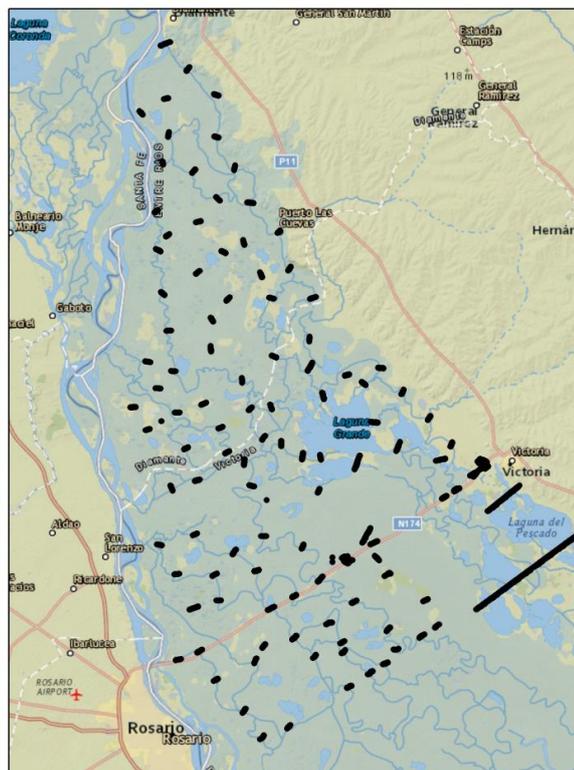


Figura 2.13. Relevamiento del tramo Victoria (García et al., 2012).

Mapa de cobertura vegetal (Kandus et al., 2006)	03-001
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Mapa de ambientes del bajo delta del río Paraná	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
Fuente: imágenes satelitales LANDSAT 5 TM - Path/Row: 225/83 - 20/03/1997 / 21/09/1999 / 09/02/1999 - Path/Row: 225/84 - 03/08/1993 / 06/10/1993 / 10/01/1994	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
Kandus, P., R. D. Quintana y R. Bó (2006) "Patrones de paisaje y ambientes del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de Ambientes". 44 pp.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Publicación realizada a través del subsidio PICT 4503 de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica de la Nación. Con el auspicio de Wetlands International y la Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
La elaboración del mapa de ambientes involucró un procedimiento de clasificación de imágenes satelitales correspondientes al sistema Landsat 5 TM (Thematic Mapper). Sobre cada imagen se aplicó un procedimiento basado en clasificaciones no supervisadas secuenciales.	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Raster formato .img con clasificación de ambientes.	

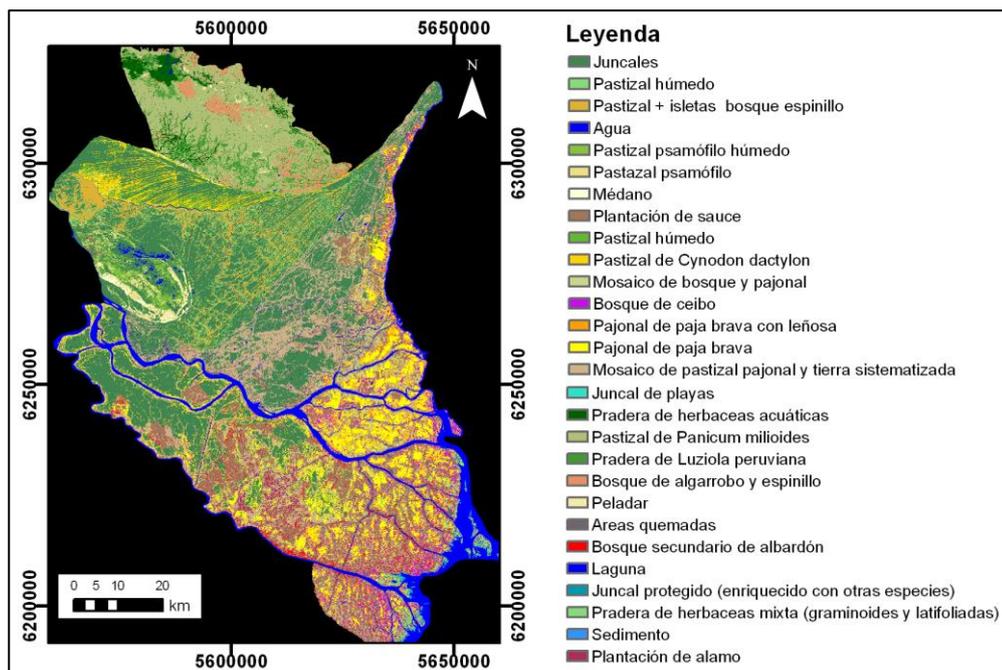


Figura 2.14. Mapa de cobertura vegetal (Kandus et al., 2006).

Mapa de Plantaciones Forestales (MPF 2008-2009)	03-002
DESCRIPCIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Mapa de plantaciones forestales (MPF) de la República Argentina	
FECHAS DE DATOS/INFORMACIÓN	
2008-2009	
PROVEEDOR DE DATOS/PRODUCTOR DE INFORMACIÓN	
ÁREA SIG E INVENTARIO FORESTAL - Dirección de Producción Forestal – (ex) Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.	
PROYECTO/MARCO DE GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
Realizado en el marco del monitoreo de los planes presentados ante la Ley de Promoción Forestal 25.080 y su prórroga la Ley 26.432.	
PROCEDIMIENTOS PARA GENERACIÓN DE DATOS/INFORMACIÓN	
<p>Empleo de técnicas de teledetección y del uso de los sistemas de información geográfica (SIG). Relevamiento multisensor, ya que en su elaboración se utilizan distintos tipos de imágenes satelitales y/o aéreas con sus variadas resoluciones espaciales y temporales:</p> <p>Imágenes satelitales Landsat 5 Thematic Mapper y Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper de 30 metros de resolución espacial, imágenes satelitales SPOT 4 y 5: multispectrales (10 m de resolución espacial) y pancromáticas (5 y 2,5 m de resolución espacial).</p>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE DATOS/INFORMACIÓN	
Mapa representado en forma de mapa de bits o vectores.	

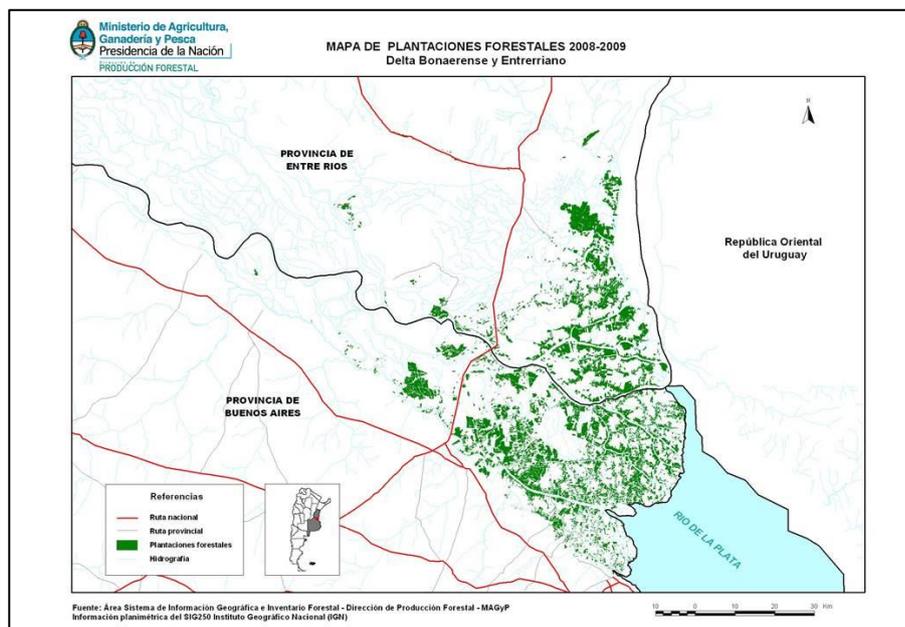


Figura 2.15. Mapa de Plantaciones Forestales (MPF 2008-2009).

3 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

3.1 Modelo digital de elevación del terreno

3.1.1 Fuentes de datos

Para obtener una representación topográfica de la totalidad del Delta del río Paraná, a partir de la construcción de un Modelo Digital de Elevación, se utilizó información relevada a través de sensores remotos. Entre los sistemas satelitales que ofrecen datos topográficos, se encuentran plataformas cuya información está disponible de manera gratuita y con fácil acceso, como por ejemplo el sistema radar SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*)¹ o el ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - Global Digital Elevation Model*)².

La misión SRTM, llevada a cabo en forma conjunta por la National Aeronautics and Space Administration (NASA, Estados Unidos), el German Aerospace Center (DLR, Alemania), la Agenzia Spaziale Italiana (ASI, Italia) y la National Geospatial Intelligence Agency (NGA, Estados Unidos), permitió obtener un Modelo Digital de Elevación global (MDE) que fue distribuido públicamente con una resolución espacial de 1" de arco (~30 m) para Estados Unidos y una resolución de 3" (~90 m) para el resto del mundo (USGS, 2005). Esta última versión se denomina SRTM v4.1.

El modelo global ASTER GDEM ha sido generado conjuntamente por el METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) de Japón y la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) de Estados Unidos. El ASTER GDEM tiene cobertura mundial, con una resolución cercana a los 30 metros por píxel. Su publicación fue en el año 2009.

Este tipo de información de características globales, suele ser mejorada regional o localmente a partir de análisis detallados y filtrados. Tal como se detalló en la Ficha 02-001, el IGN confeccionó el Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina (MDE-Ar) a partir del SRTM v4.1 (con una discretización espacial de 30 m) aplicando una serie de tareas como el relleno de vacíos, la inclusión de datos en las zonas de lagos, el filtrado espacial y el enmascarado de límites.

3.1.2 Comparación de fuentes

Dada la diversidad de fuentes, resulta necesario comparar los modelos con el objetivo de establecer criterios de calidad de los modelos resultantes. En este caso se pretende evaluar la performance de estos modelos en el Delta del río Paraná, pero se sabe que los rangos de

¹ <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>

² <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>

precisión global dependen de las condiciones locales (Kiamehr y Sjöberg, 2005; Schumann et al., 2008; Li y Wong, 2009), es por eso que las fuentes satelitales finalmente adoptadas tienen que ver con la misión SRTM ya que la representación del modelo ASTER GDEM en esta zona presenta algunas dificultades.

Para evaluar el error en el Delta del río Paraná, se cuenta con puntos acotados y algunas curvas de nivel de las cartas del IGN (Figura 3.1 y Figura 3.2). Para la comparación se considera que el *datum* vertical se encuentra referido al nivel medio del mar, como horizonte hipsométrico adoptado en el año 1924 para Mar del Plata siendo consistente con el *datum* vertical del modelo SRTM, mientras que el *datum* geodésico horizontal corresponde al Marco POSGAR 98. La escala de las cartas es 1:100.000.

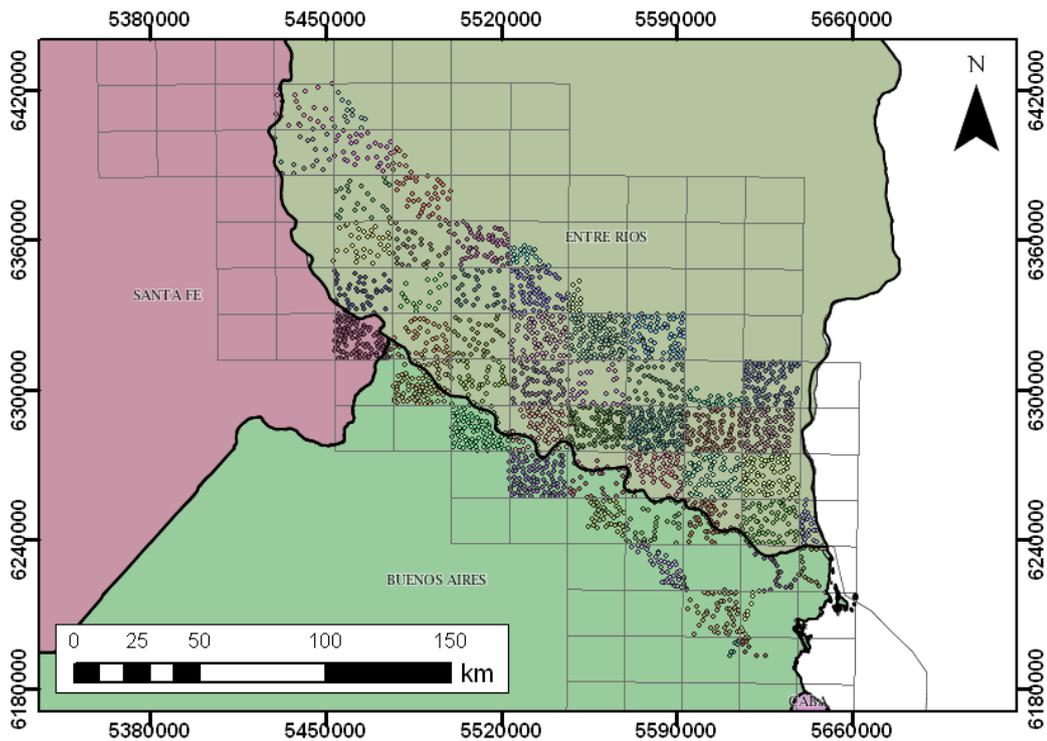


Figura 3.1. Puntos de las cartas del IGN.

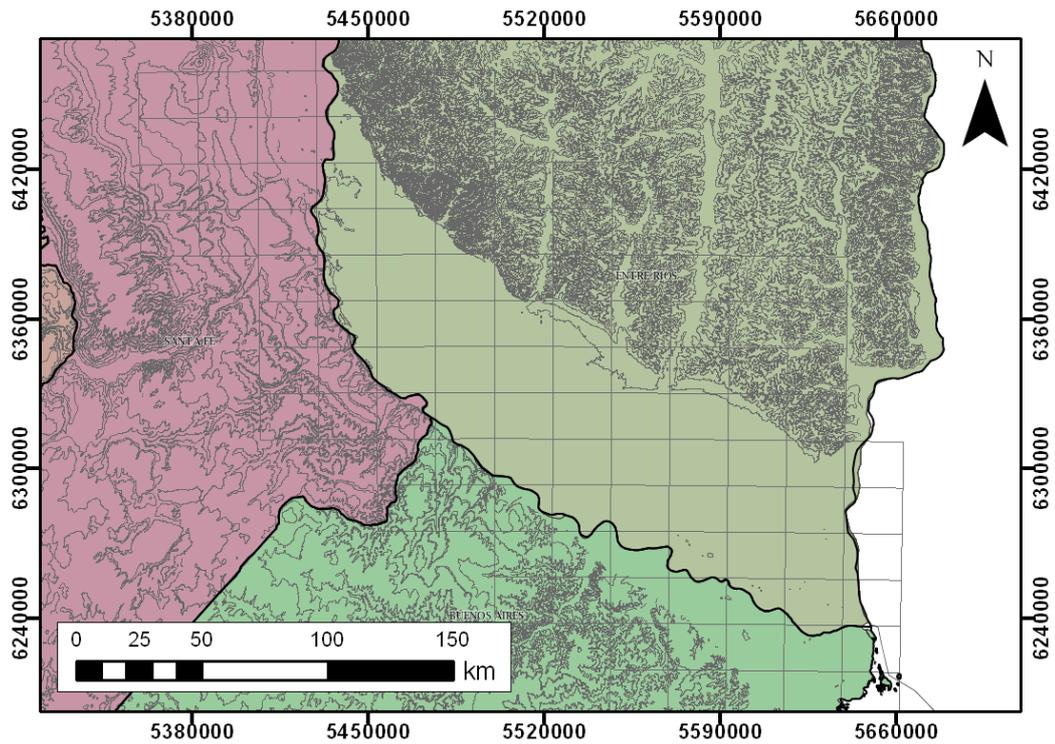


Figura 3.2. Curvas de nivel IGN.

Específicamente, en toda la extensión del Delta del río Paraná se evaluó la calidad de información altimétrica del MDE-Ar calculando el error local en los puntos acotados. En la Figura 3.3 se observa el rango de dicho error, siendo mayor y sistemático en la zona del Bajo Delta.

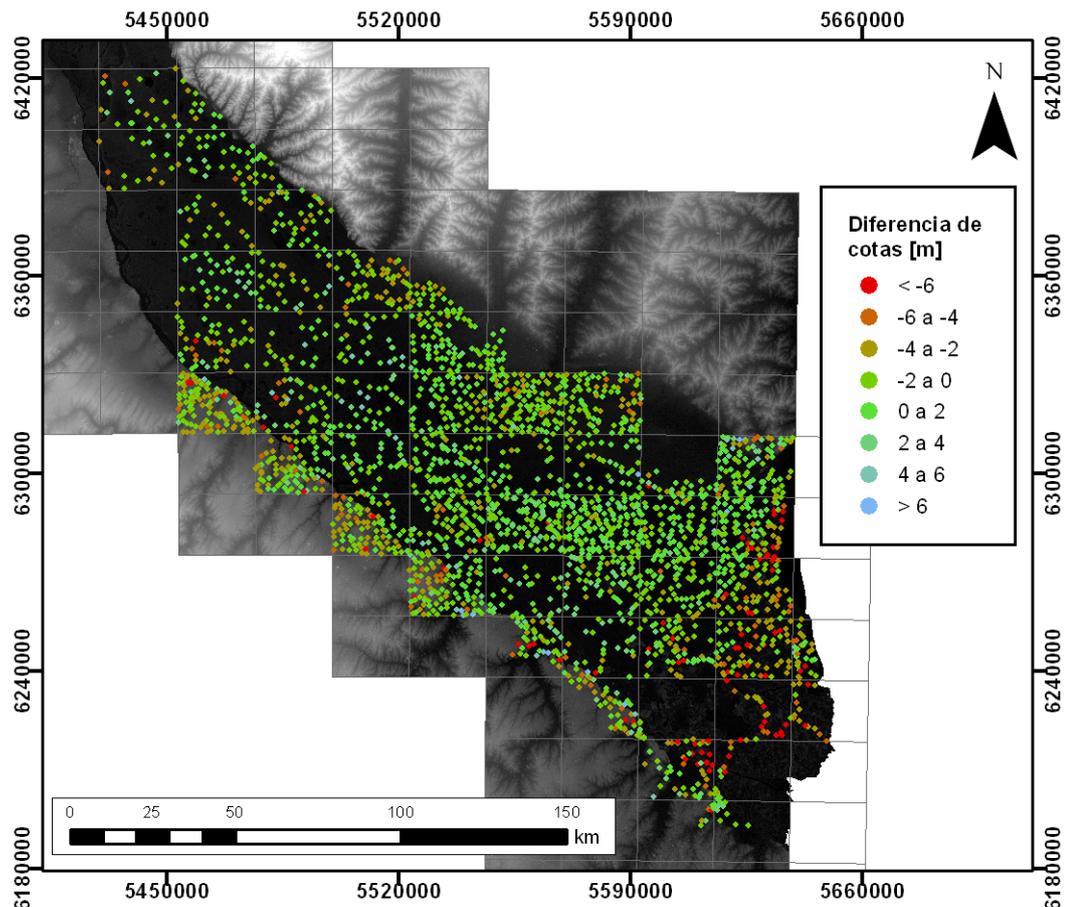


Figura 3.3. Errores locales del MDE-Ar en relación a los puntos digitalizados de las cartas del IGN.

3.1.3 Selección de fuente

Dada la interferencia que genera la vegetación en la precisión altimétrica del MDE-Ar, se evaluaron los errores de un Modelo Digital del Terreno (MDT) generado a partir de los puntos y curvas IGN (de ahora en más denominado MDT-Delta) respecto al MDE-Ar.

Para el análisis de las diferencias se toma en cuenta el mapa de cobertura vegetal que fue desarrollado por Kandus et al. (2006) para el Bajo Delta (Ficha 03-001) a partir de imágenes satelitales de los años 1993 a 1999. Siendo que el SRTM data de Febrero de 2000, se asume un cierto error en la presentación de los resultados dado que los usos de suelo pudieron haber cambiado en el transcurso de los años 1990-2000. A pesar de esta cuestión, el análisis resulta ilustrativo para confirmar la afectación de vegetación alta, especialmente forestación, en la precisión del SRTM.

Tomando el mapa de la Figura 2.14, se filtraron las clases que no corresponden a plantaciones forestales, con el objeto de compararlo con lo propuesto en el Mapa de Plantaciones Forestales (MPF) ilustrado en la Figura 2.15. En esta comparación, presentada en la Figura 3.4, se observa que existe una gran similitud de las áreas forestadas según ambas fuentes de información. A su vez, la mayor parte de la misma está destinada a la plantación de salicáceas, principalmente sauces.

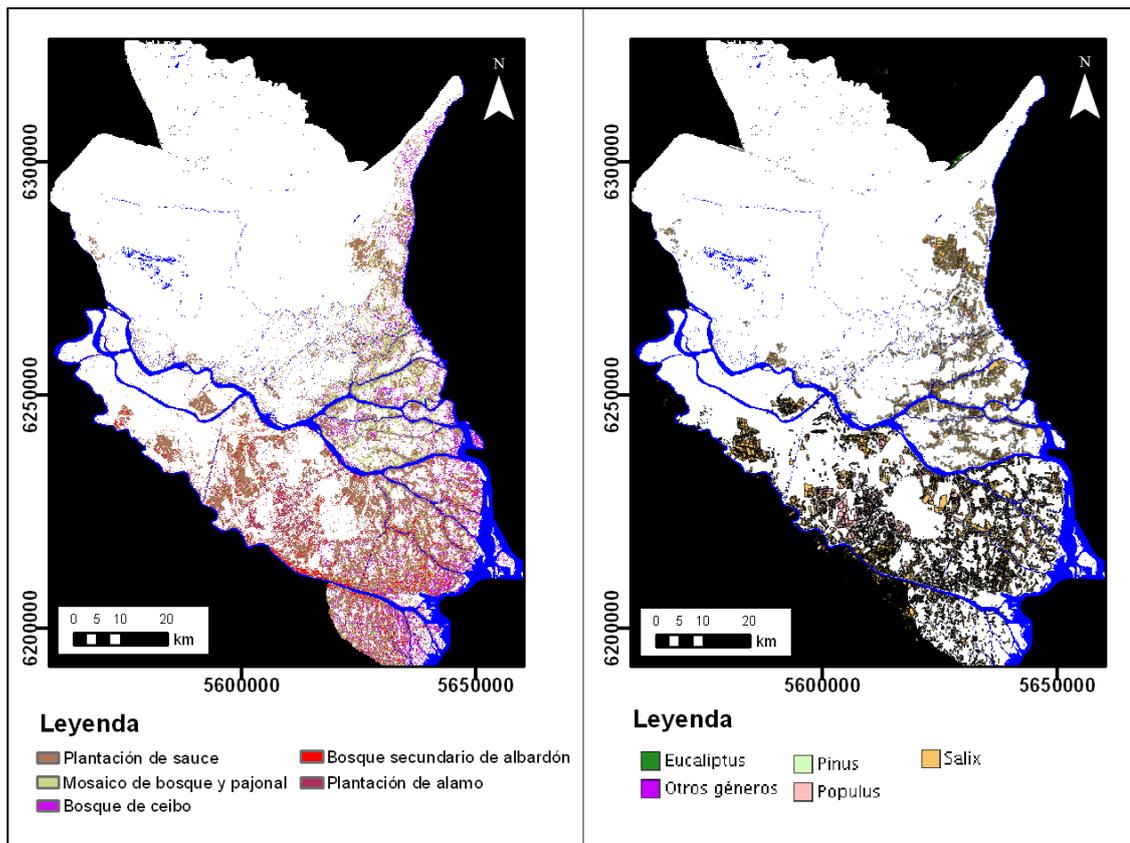


Figura 3.4. Comparación de plantaciones forestales según Kandus et al. (2006) y el Mapa de Plantaciones Forestales (MPF, 2009).

La Figura 3.5 presenta el resultado de la diferencia entre el MDE-Ar y el MDT-Delta. Se puede observar que las mayores diferencias se dan en el Bajo Delta, dónde al observar el corte transversal (Perfil 2), el MDE-Ar se aparta una altura de 5 a 15 m con respecto a la topografía obtenida con la interpolación de puntos altimétricos. Esto se explica debido a la existencia de un mayor uso de suelo destinado a forestación o presencia de bosques nativos en esa zona (Figura 3.4).

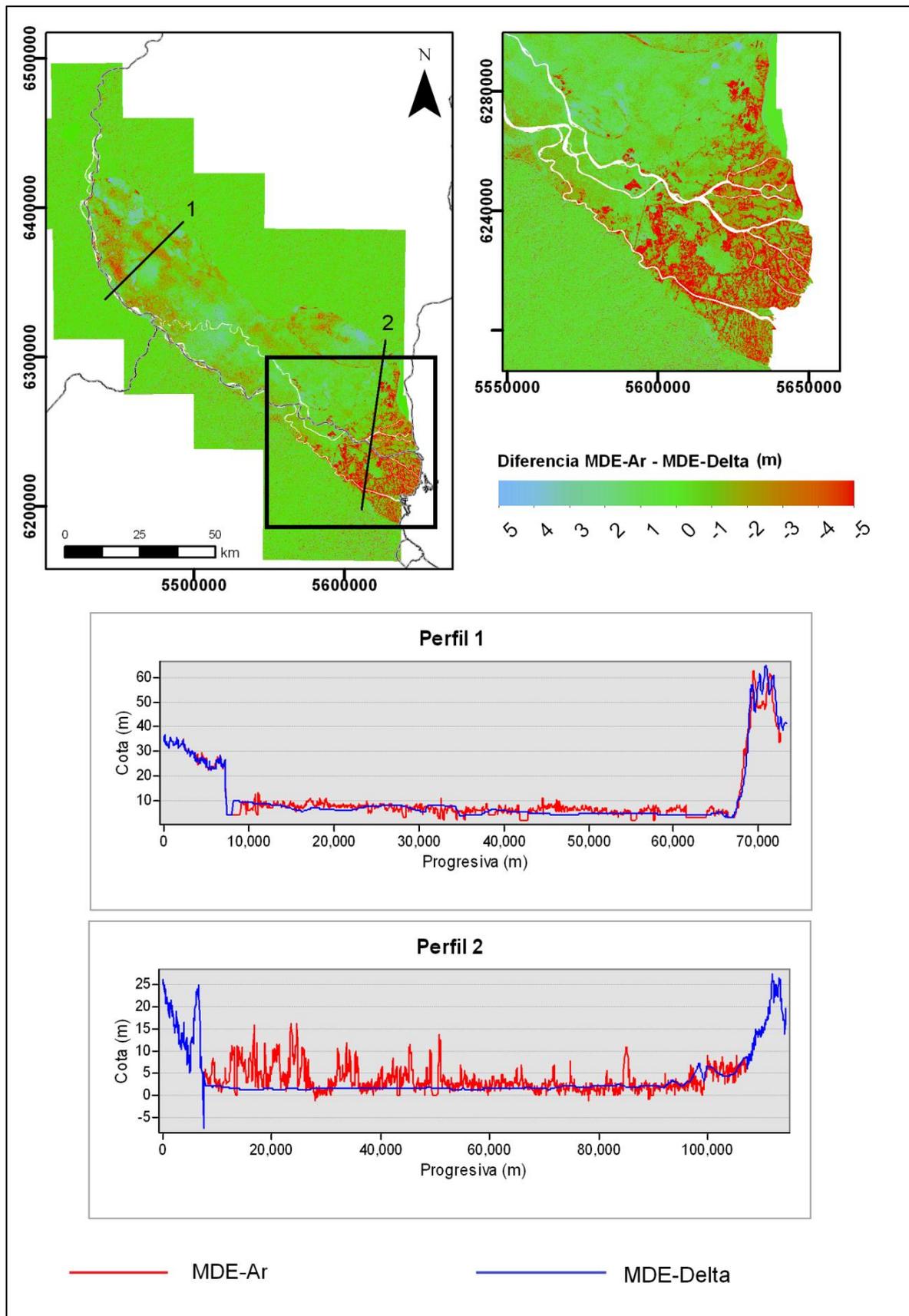


Figura 3.5. Diferencias entre el MDE-Ar y MDE-Delta.

Para realizar un análisis cuantitativo de esta diferencia, se calculó como indicador del error el Error Cuadrático Medio (*ECM*), dado por la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los errores locales. Este indicador refleja la desviación media, independientemente del signo (Li, 1991; Yang y Holder, 2000).

En el Delta del río Paraná, el *ECM* fue obtenido según la clasificación de cobertura vegetal propuesta por Kandus et al. (2006), agrupándose los puntos acotados del IGN según la clase y realizando la diferencia de ese valor respecto del de la cota del MDE-Ar en la celda a la que pertenece ese punto. Así, el *ECM* se presenta clasificado según la cobertura vegetal en la Figura 3.6, mientras que los datos de la misma se presentan en la Tabla 3.1. Se observa que los valores mayores de este indicador corresponden con zonas de plantaciones de sauces y zonas boscosas.

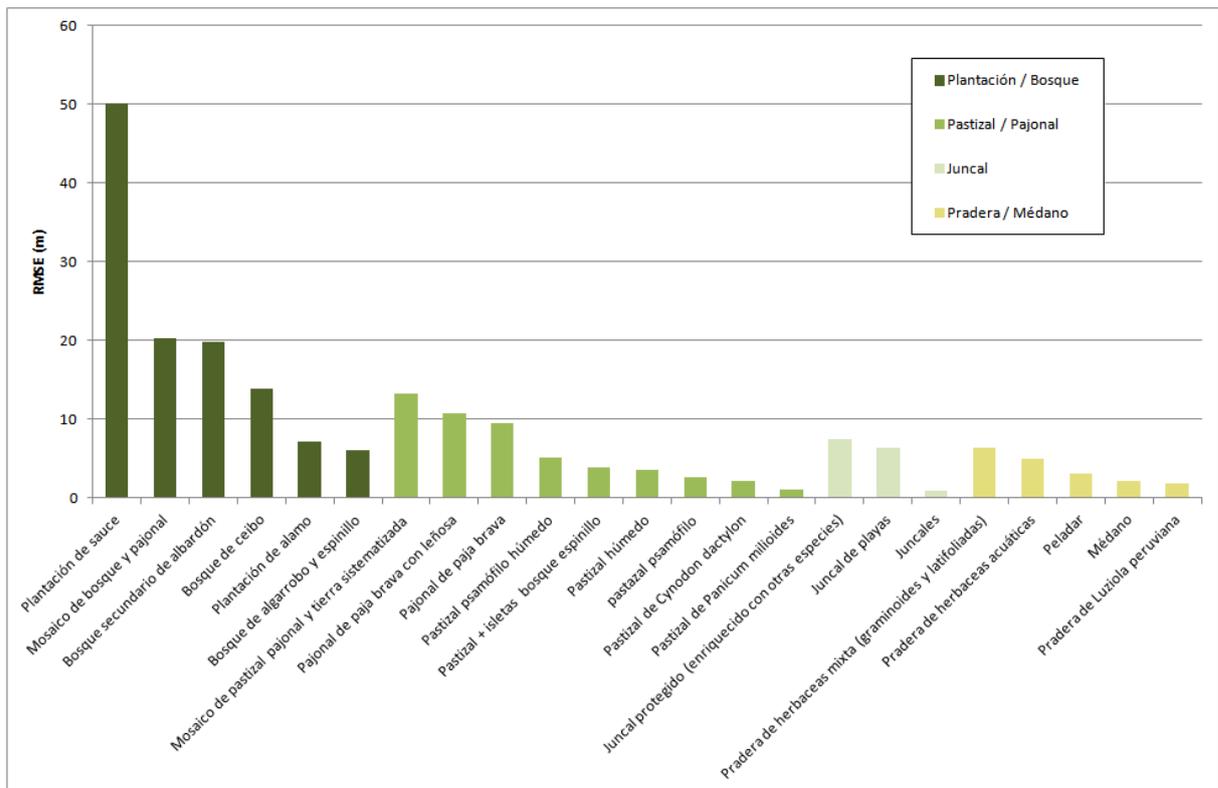


Figura 3.6. Error cuadrático medio (*ECM*) según cobertura vegetal.

Tabla 3.1. Error cuadrático medio (ECM) según cobertura vegetal.

Clase	Clase simplificada	Puntos IGN por clase	ECM (m)
Plantación de sauce	Plantación / Bosque	87	50.2
Mosaico de bosque y pajonal		40	20.2
Bosque secundario de albardón		7	19.8
Bosque de ceibo		19	13.9
Plantación de álamo		4	7.1
Bosque de algarrobo y espinillo		14	6.1
Mosaico de pastizal pajonal y tierra sistematizada	Pastizal / Pajonal	127	13.3
Pajonal de paja brava con leñosa		20	10.8
Pajonal de paja brava		25	9.5
Pastizal psamófilo húmedo		20	5.2
Pastizal + isletas bosque espinillo		78	4.0
Pastizal húmedo		63	3.6
Pastizal psamófilo		15	2.7
Pastizal de Cynodon dactylon		21	2.2
Pastizal de Panicum milioides		61	1.0
Juncal protegido (enriquecido con otras especies)	Juncal	1	7.5
Juncal de playas		3	6.3
Juncales		244	0.9
Pradera de herbáceas mixta (graminoides y latifoliadas)	Pradera / Médano	2	6.3
Pradera de herbáceas acuáticas		4	5.0
Peladar		3	3.1
Médano		10	2.2
Pradera de Luziola peruviana		16	1.9

Estos resultados permiten establecer como MDE de mejor performance al MDT-Delta. En la Figura 3.7 y Figura 3.8 se muestran vistas tridimensionales del MDE-Ar y el MDT-Delta para ilustrar el efecto de la forestación como ruido en general y como sobreestimaciones de la cota en la zona más densamente forestada del Bajo Delta.

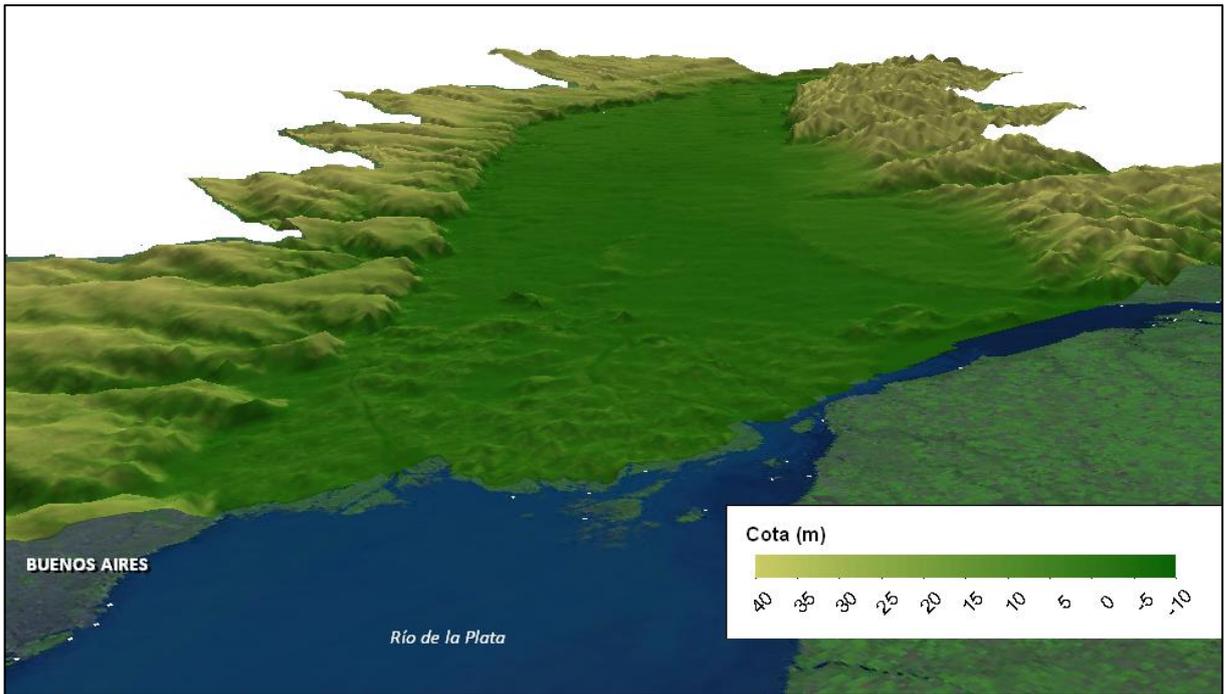


Figura 3.7. Vista tridimensional del MDE-Ar en el Delta del río Paraná

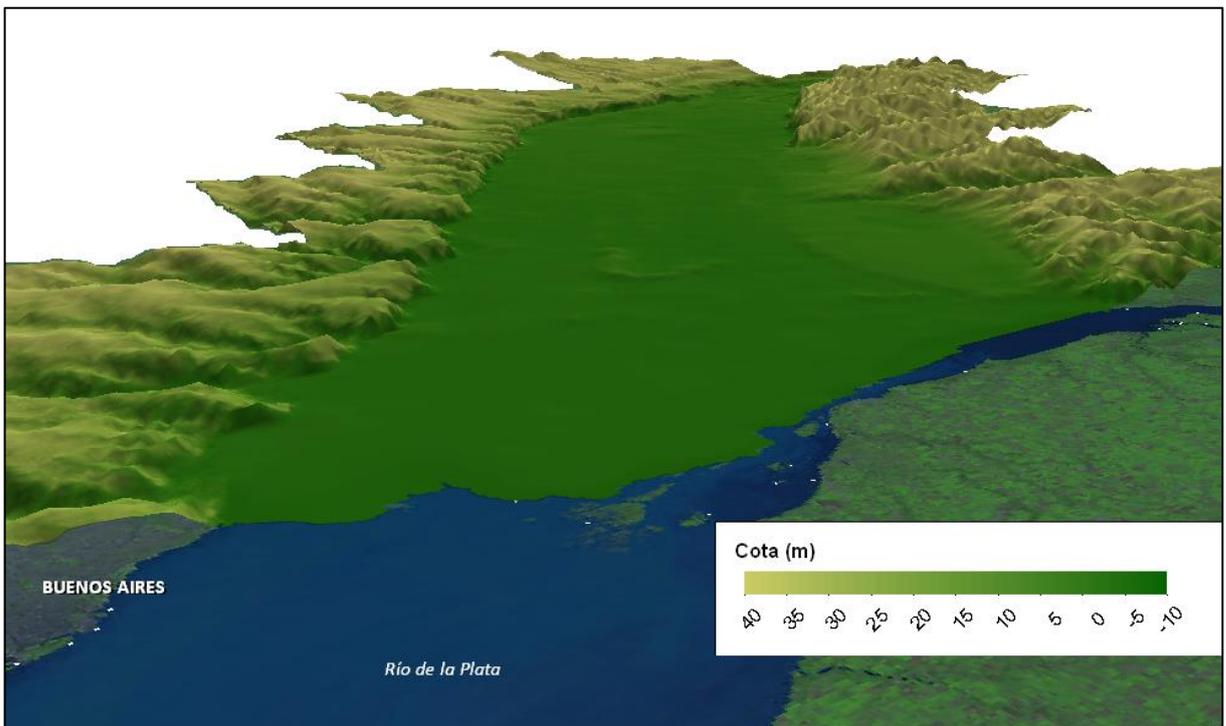


Figura 3.8. Vista tridimensional del MDT-Delta en el Delta del río Paraná

3.2 Modelo digital de elevación del cauce

Se utilizaron los datos batimétricos disponibles para construir, parcialmente, el MDE del cauce. En la Figura 3.9 se indican los tramos con datos batimétricos disponibles que permitieron esa construcción.

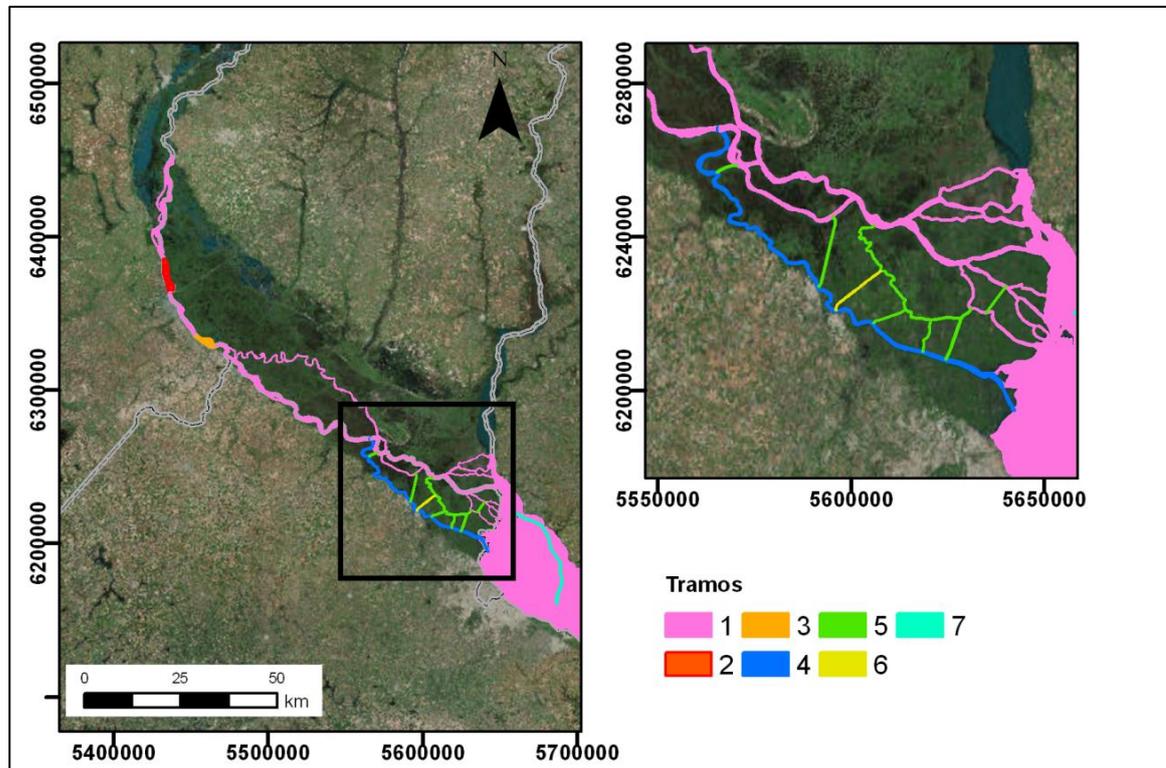


Figura 3.9. Zonas con información batimétrica disponible

El Tramo 1 corresponde a la zona con información batimétrica de las cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval (Ficha 01-002). Para un mejor análisis de la información, esta zona fue subdividida en cinco partes:

- *Tramo 1a:* Desde Diamante (Km. 535) hasta la Isla Villegas (Km. 455) (Figura 3.11; Ficha 01-002).
- *Tramo 1b:* Desde el Puente Rosario-Victoria (Km. 430) hasta muelles en Arroyo Seco (Km. 395) (Figura 3.12; Ficha 01-002).
- *Tramo 1c:* Desde Isla Paraguayo (Km. 380) hasta Bifurcación (Km. 180) (Figura 3.13; Ficha 01-002), incluyendo tramo desde Confluencia Paraná-Pavón (Km. 370) hasta confluencia Ibicuy-Guazú (Km. 212).
- *Tramo 1d:* Desde Bifurcación (Km. 370) hasta Río de la Plata por Paraná Guazú (Figura 3.14; Ficha 01-002), incluyendo: i, Río Talavera; ii, Río Paraná Bravo; iii, Río Alférez Nelson Page; iv, Río Gutiérrez; v, Río Sauce; vi, Río Barca Grande; vii, Arroyo Correntoso; viii, Arroyo La Barquita; ix, Boca Falsa; y x, Río Paraná Miní.
- *Tramo 1e:* Río de la Plata hasta meridiano 58°45'W (Figura 3.15; Ficha 01-002)

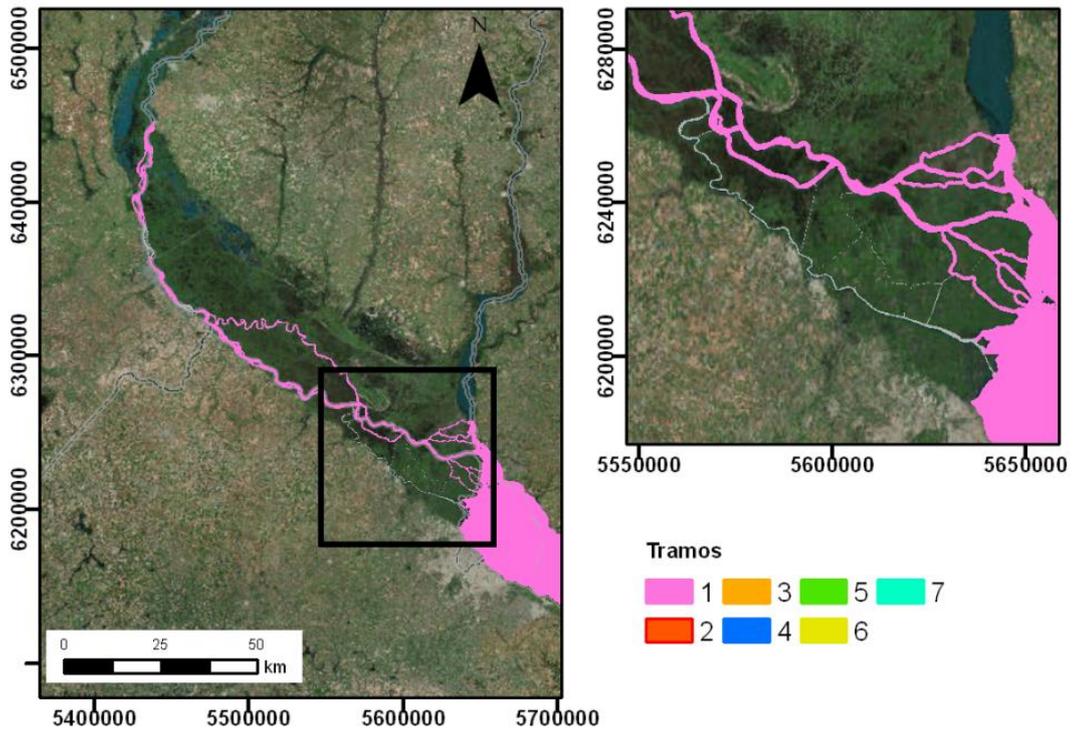


Figura 3.10. Tramo 1: zona con información batimétrica de las cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval (Ficha 01-002)

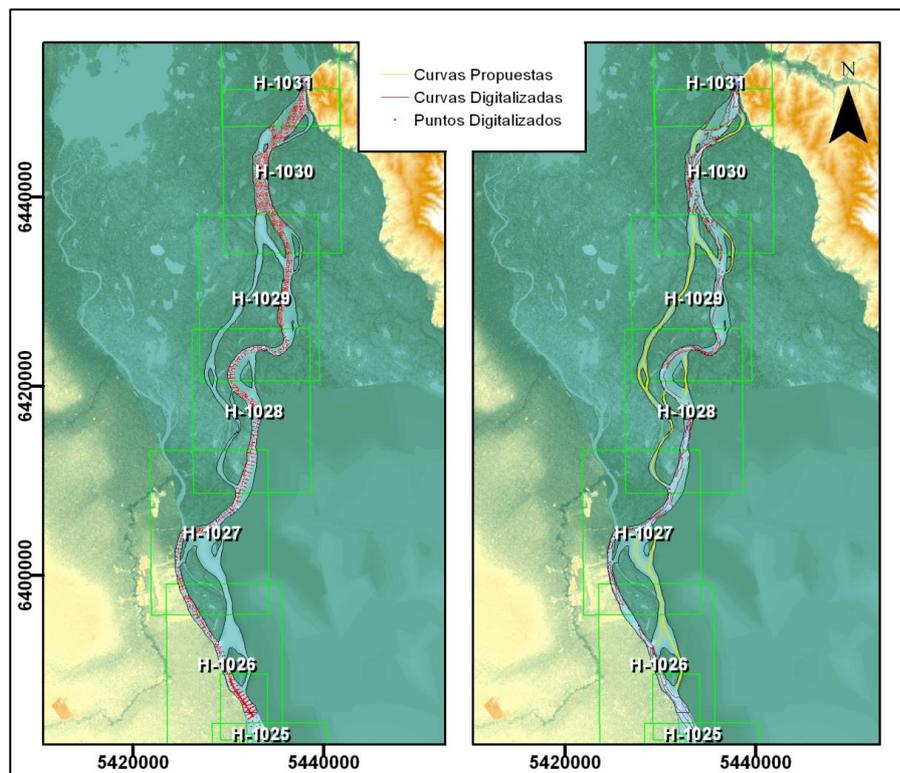


Figura 3.11. Tramo 1a: Diamante (Km. 535) hasta la Isla Villegas (Km. 455).

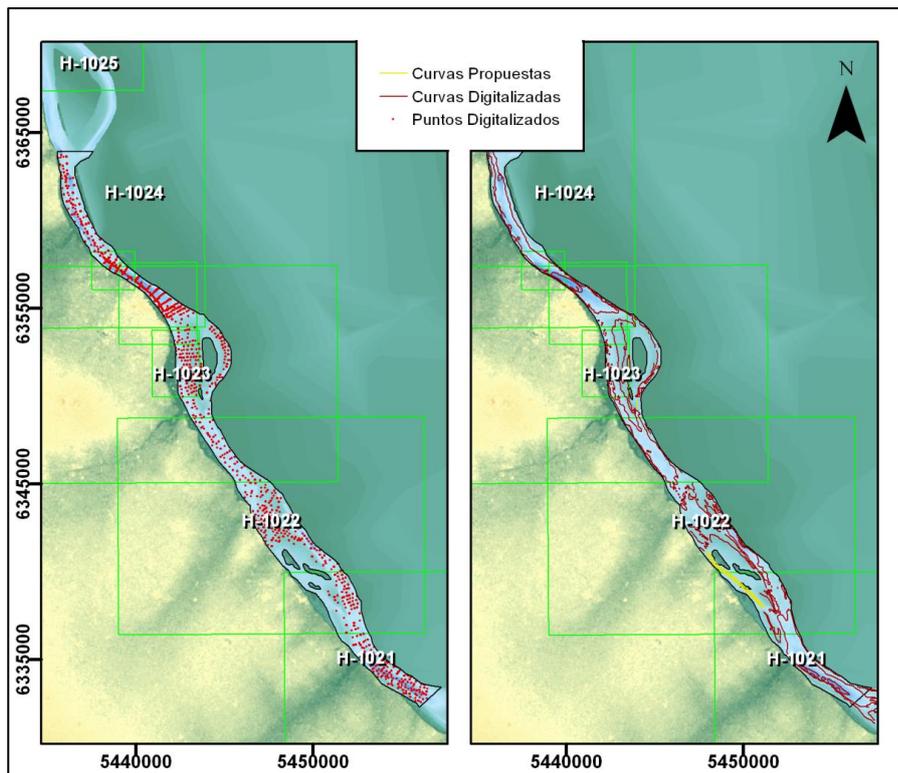


Figura 3.12. Tramo 1b: Puente Rosario-Victoria (Km. 430) hasta muelles en Arroyo Seco (Km. 395)

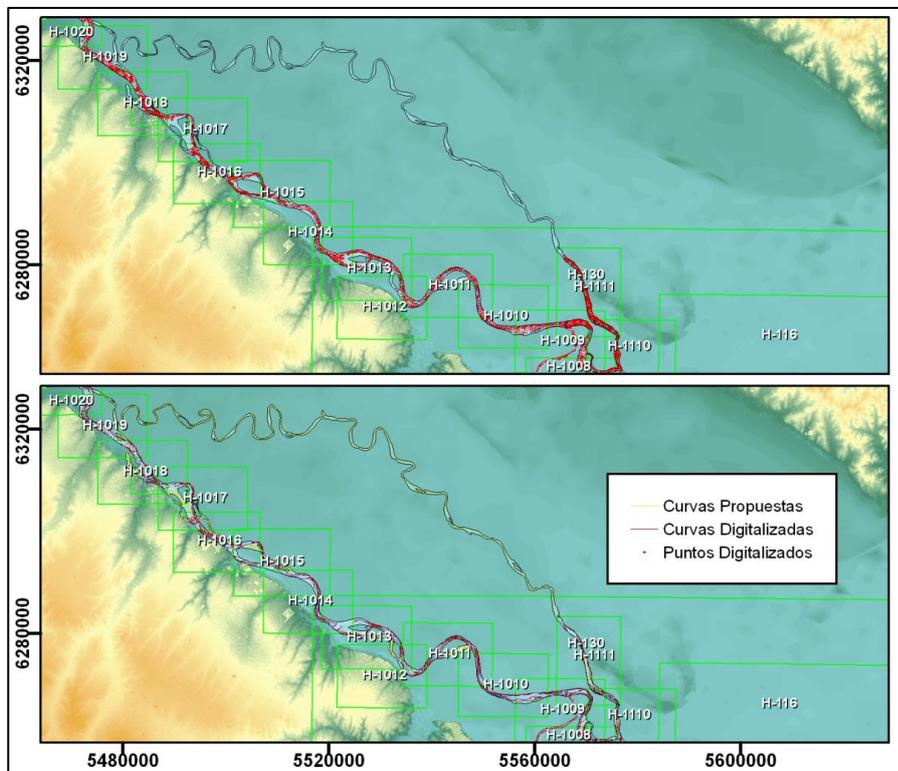


Figura 3.13. Tramo 1c: Isla Paraguayo (Km. 380) hasta Bifurcación (Km. 180), incluyendo tramo desde Confluencia Paraná-Pavón (Km. 370) hasta confluencia Ibicuy-Guazú (Km. 212).

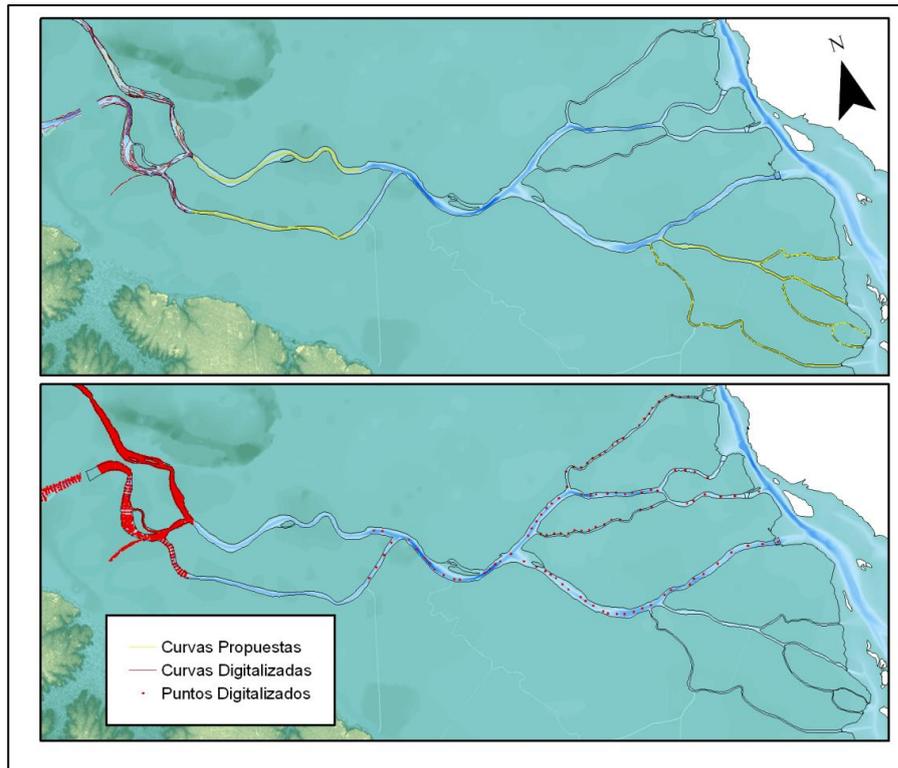


Figura 3.14. Tramo 1d: Desde Bifurcación (Km. 370) hasta Río de la Plata por Paraná Guazú y arroyos menores.

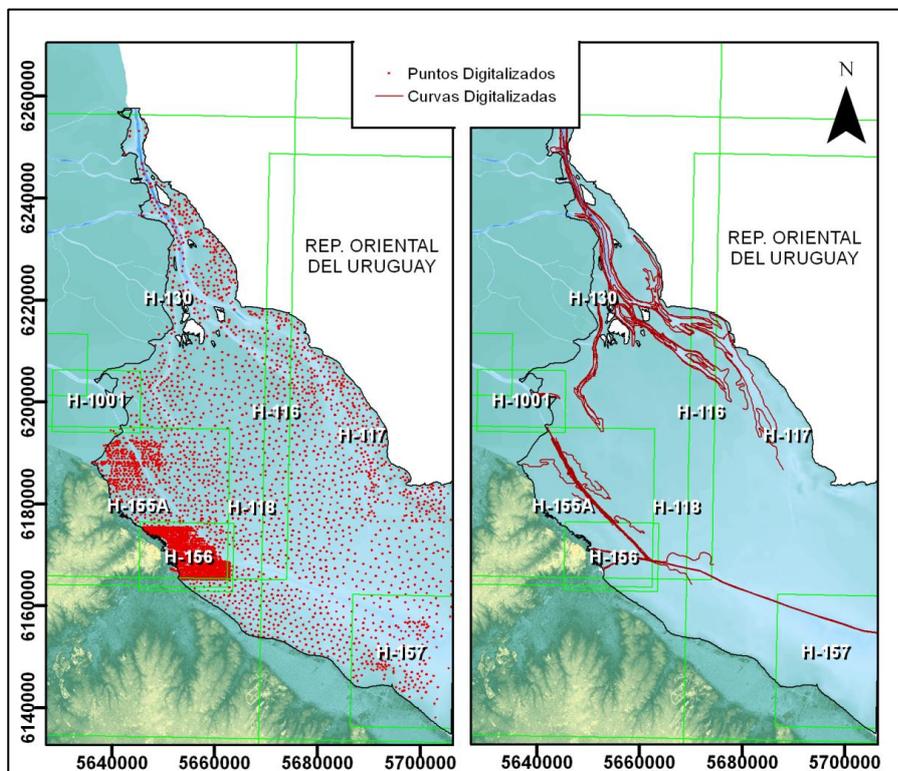


Figura 3.15. Tramo 1e: Río de la Plata hasta meridiano 58°45'W.

El Tramo 2 corresponde a una pequeña zona sobre el río Paraná (Figura 3.16), en el entorno de la ciudad de Rosario, que está determinada entre el Km. 455 y el Km. 410 (Figura 3.17; Fichas 01-004 y 01-010).

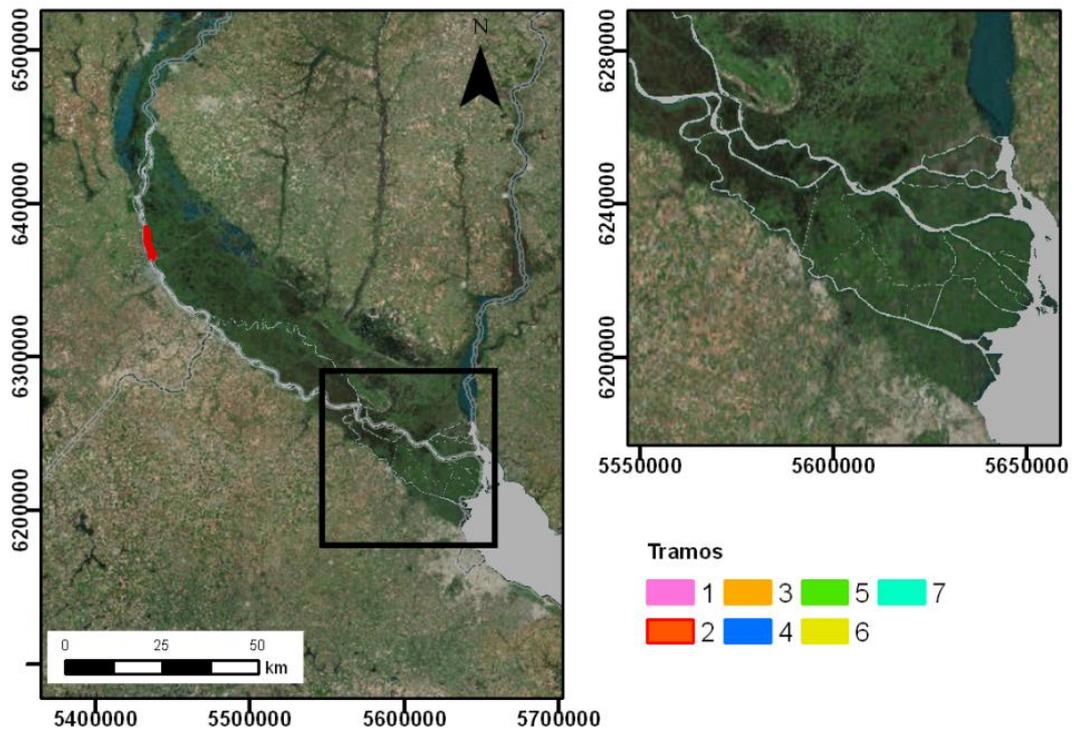


Figura 3.16. Tramo 2: Zona con información batimétrica en el entorno de la ciudad de Rosario (Sector Paso Borghi; Guerrero et al., 2013; Ficha 01-004).

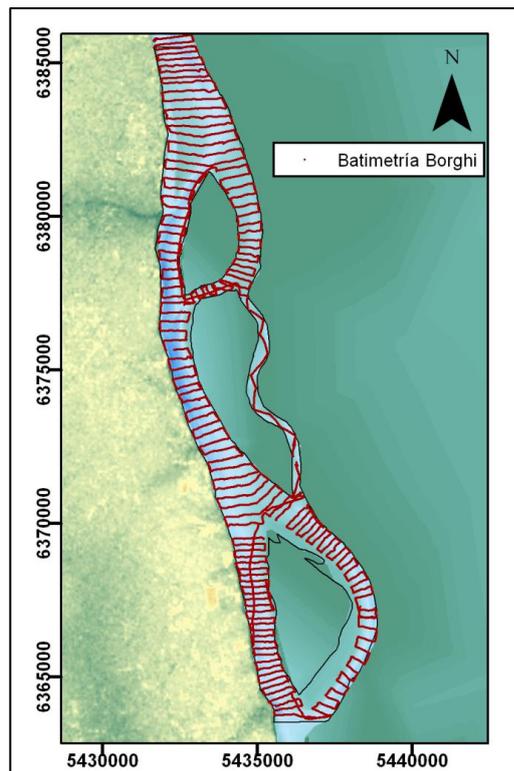


Figura 3.17. Tramo 2. Sector Paso Borghi: Isla Villegas (Km 455) hasta el Puente Rosario-Victoria (Km 430).

El Tramo 3 (Figura 3.18), corresponde a una extensión de unos 15 Km sobre el río Paraná, a la altura de la localidad de Fighiera al sur de la ciudad de Rosario, que se localiza desde muelles en Arroyo Seco (Km. 395) hasta Isla Paraguay (Km. 380) (Figura 3.19; Ficha 01-005).

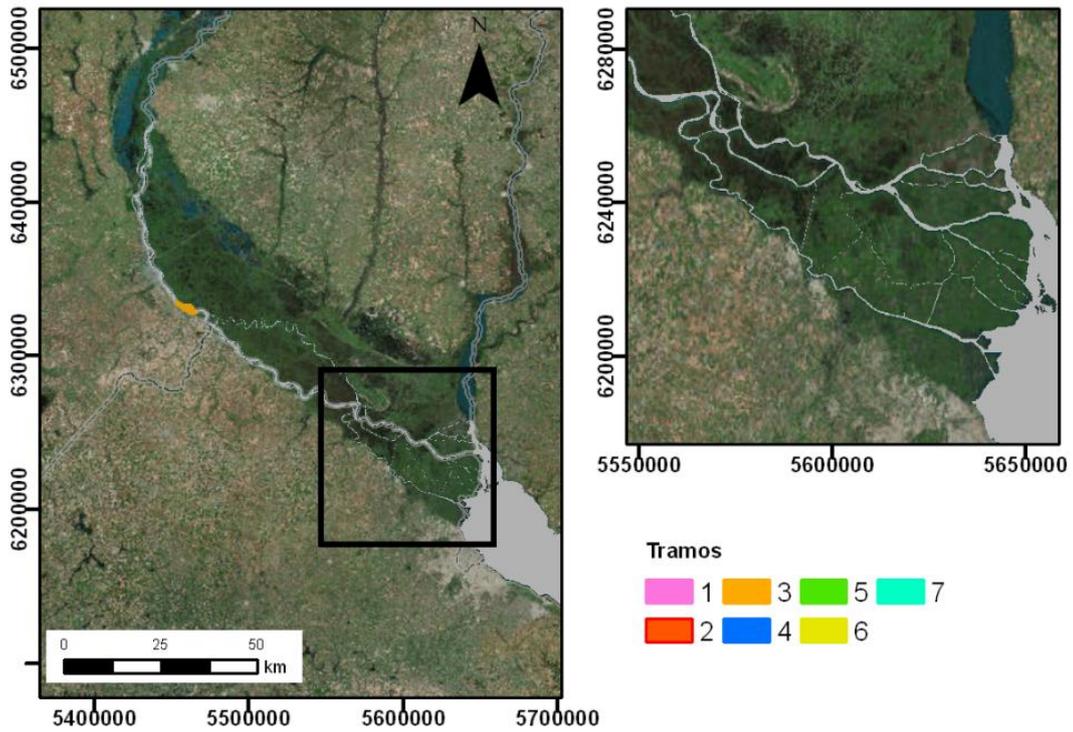


Figura 3.18. Tramo 3: Zona con información batimétrica de la Isla el Paraguay (Ficha 01-005).

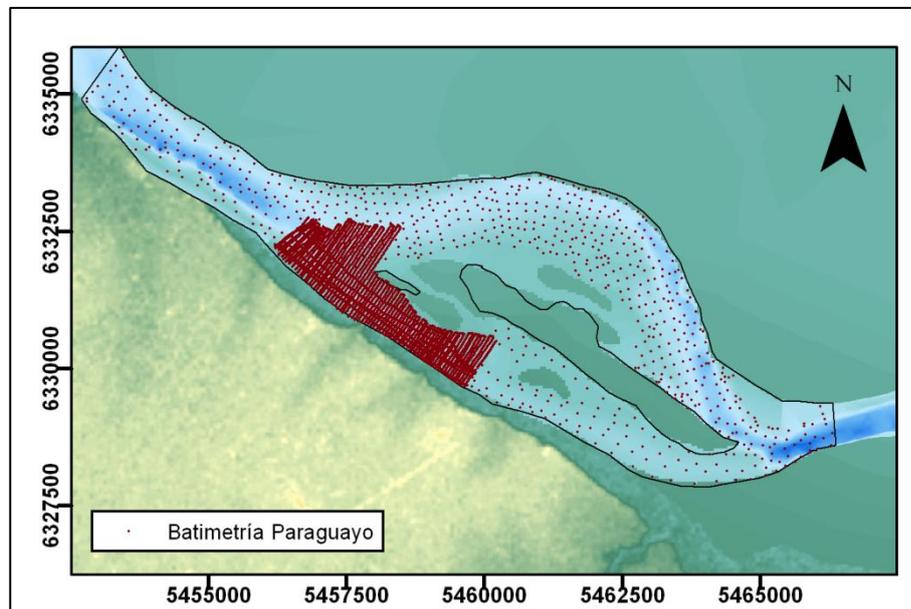


Figura 3.19. Tramo 3: Arroyo Seco (Km. 395) hasta Isla Paraguay (Km. 380).

El Tramo 4 (Figura 3.20) corresponde al río Paraná de las Palmas, desde Bifurcación (Km. 370) hasta el Río de la Plata (Figura 3.21), representado a partir de diferentes relevamientos (Ficha 01-001 y 01-006).

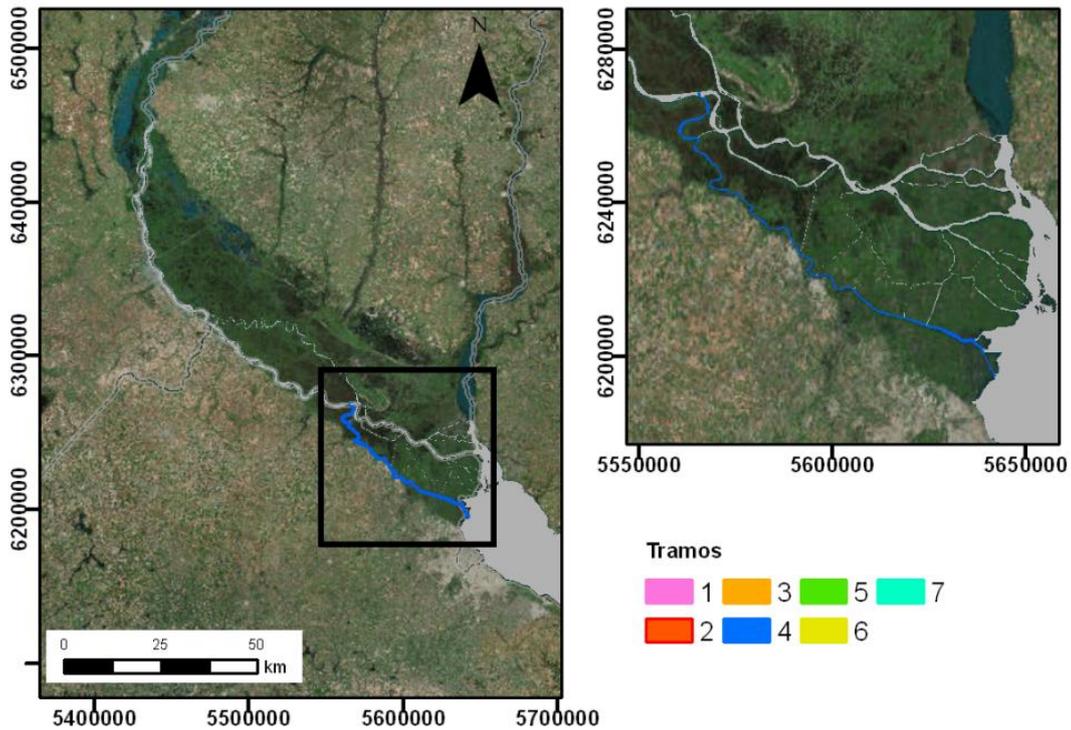


Figura 3.20. Tramo 4: Zona con información batimétrica del Relevamiento DNVN (Ficha 01-001) y Secciones de la Isla Lucha (Ficha 01-006).

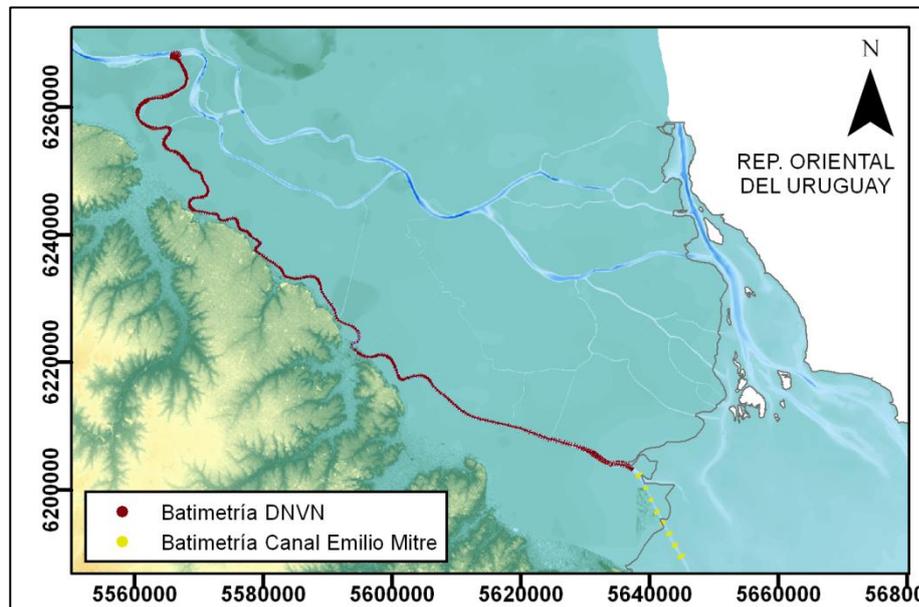


Figura 3.21. Tramo 4: Bifurcación (Km. 370) hasta Río de la Plata por Paraná de las Palmas.

El Tramo 5 (Figura 3.22), corresponde a ríos y canales menores entre el Paraná de las Palmas y Paraná Guazú en el Bajo Delta (Figura 3.23; Ficha 01-003), incluyendo: *i*, Canal Laurentino Comas; *ii*, Canal Martín Irigoyen; *iii*, Canal Gobernador Arias; *iv*, Canal Gobernador de la Serna; *v*, Canal 4; *vi*, Canal Antonio Seoane; *vii*, Zanja Mercadal.

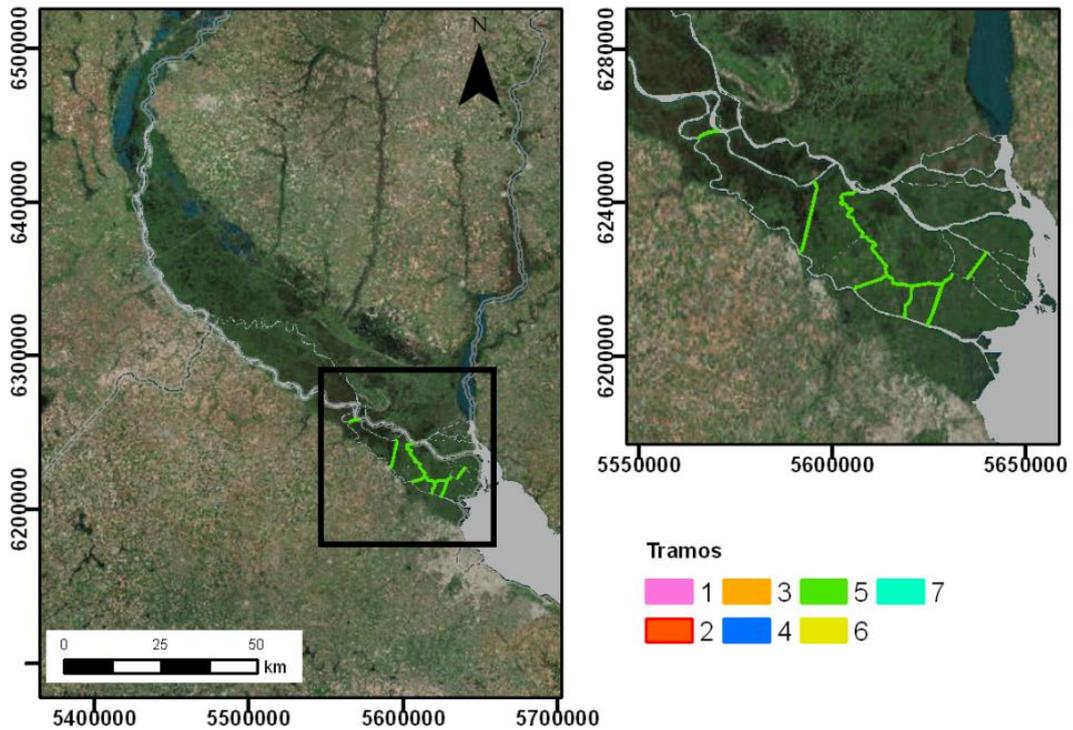


Figura 3.22. Tramo 5: Zona con información batimétrica de secciones del Modelo Numérico del Delta del Paraná (Bombardelli et al., 1995).

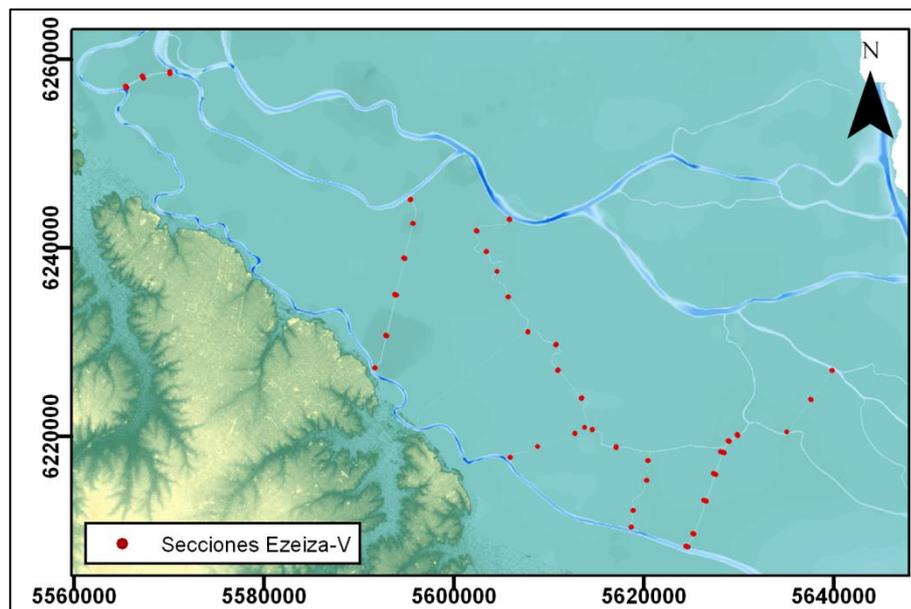


Figura 3.23. Tramo 5. Ríos y canales menores entre el Paraná de las Palmas y Paraná Guazú.

El Tramo 6 (Figura 3.24) corresponde a toda la longitud del Canal Alem, primera sección de islas en el Bajo Delta, desde su confluencia con el Río Carabelas Grande hasta Paraná de las Palmas (Figura 3.25; Ficha 01-008).

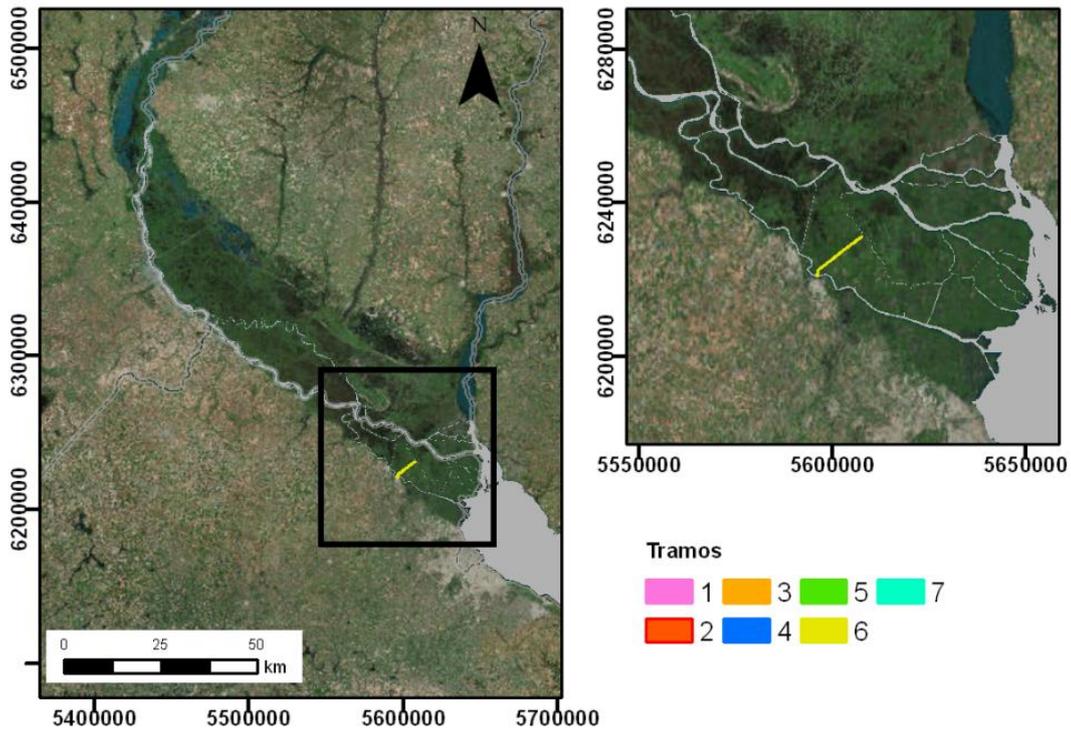


Figura 3.24. Tramo 6: Zona con información batimétrica de la Campaña de relevamiento Proyecto DELTA (INA) – Mayo 2016 (Ficha 01-008).



Figura 3.25. Tramo 6: Canal Alem, primera sección de islas, desde confluencia con el Río Carabelas Grande hasta Paraná de las Palmas.

El Tramo 7 (Figura 3.26) corresponde a información batimétrica del Río de la Plata aportada por relevamientos del Canal Martín García entre el Km 37 (Barra del Farallón) y el Km 0 del Río Uruguay (Figura 3.27; Ficha 01-007).

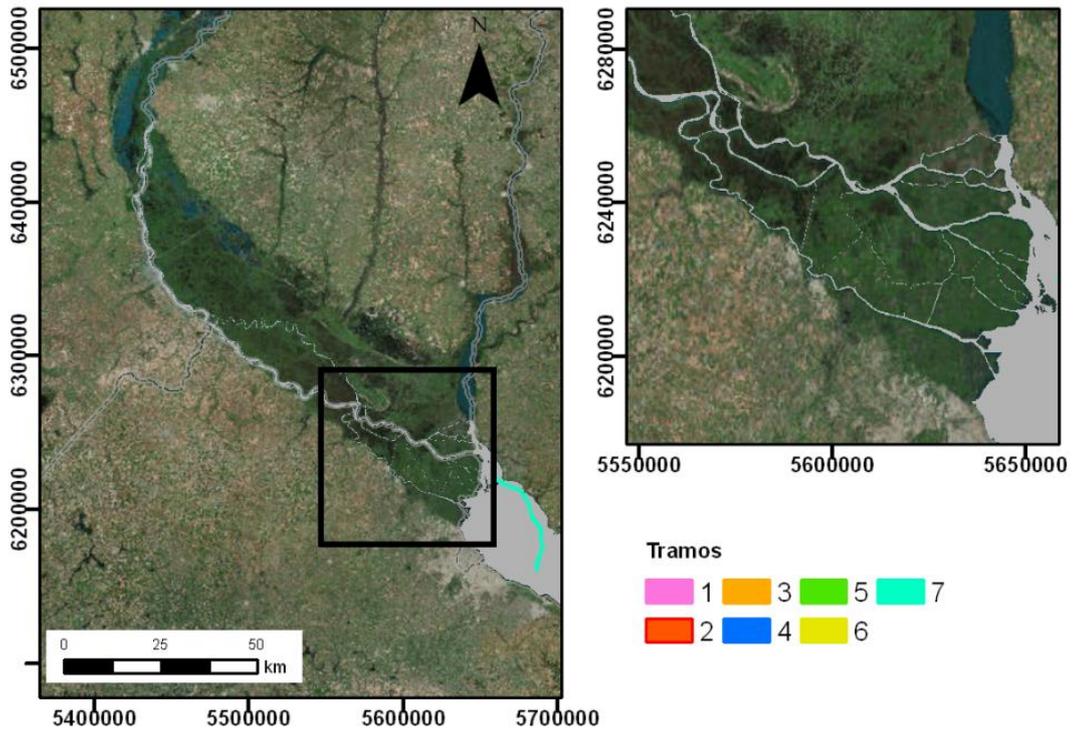


Figura 3.26. Tramo 7: Zona con información batimétrica del Canal Martín García (Ficha 01-007).

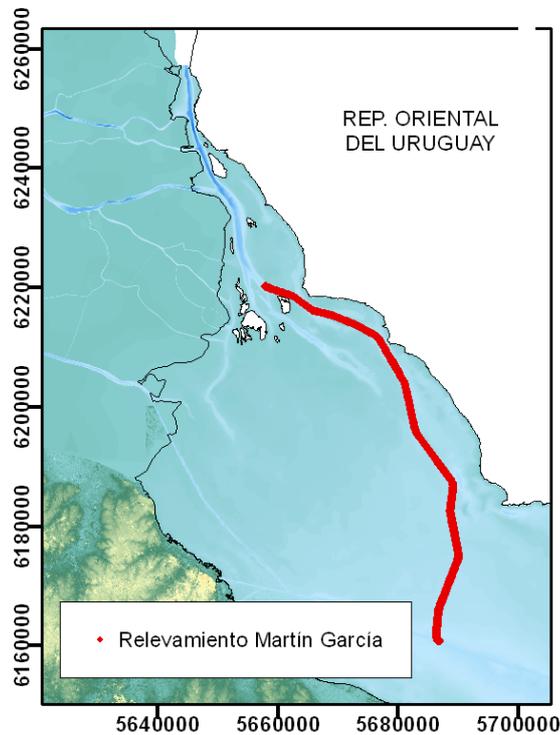


Figura 3.27. Tramo 7. Canal Martín García entre el Km 37 (Barra del Farallón) y el Km 0 del Río Uruguay.

El procesamiento de la información batimétrica disponible se efectuó por cada tramo. En cada uno de ellos, los datos se dispusieron en formato vectorial y se transformaron a formato TIN (Red de Triángulos Irregulares) en el cauce del río, y posteriormente fueron

interpolados a una malla de celdas regulares de 10 metros (formato matricial, *raster*).

Por fuera de los tramos, donde no se contaba con ninguna información batimétrica, se estimaron valores de profundidad en función del ancho superficial. Para esto se utilizaron las relaciones obtenidas de los cauces con información de profundidades (Figura 3.28), discriminados entre aquellos que vinculan otros cursos (de vinculación, aproximadamente paralelos al frente del Delta) con aquellos que tienen una dirección hacia la desembocadura del Delta (de desembocadura, aproximadamente perpendiculares al frente del Delta).

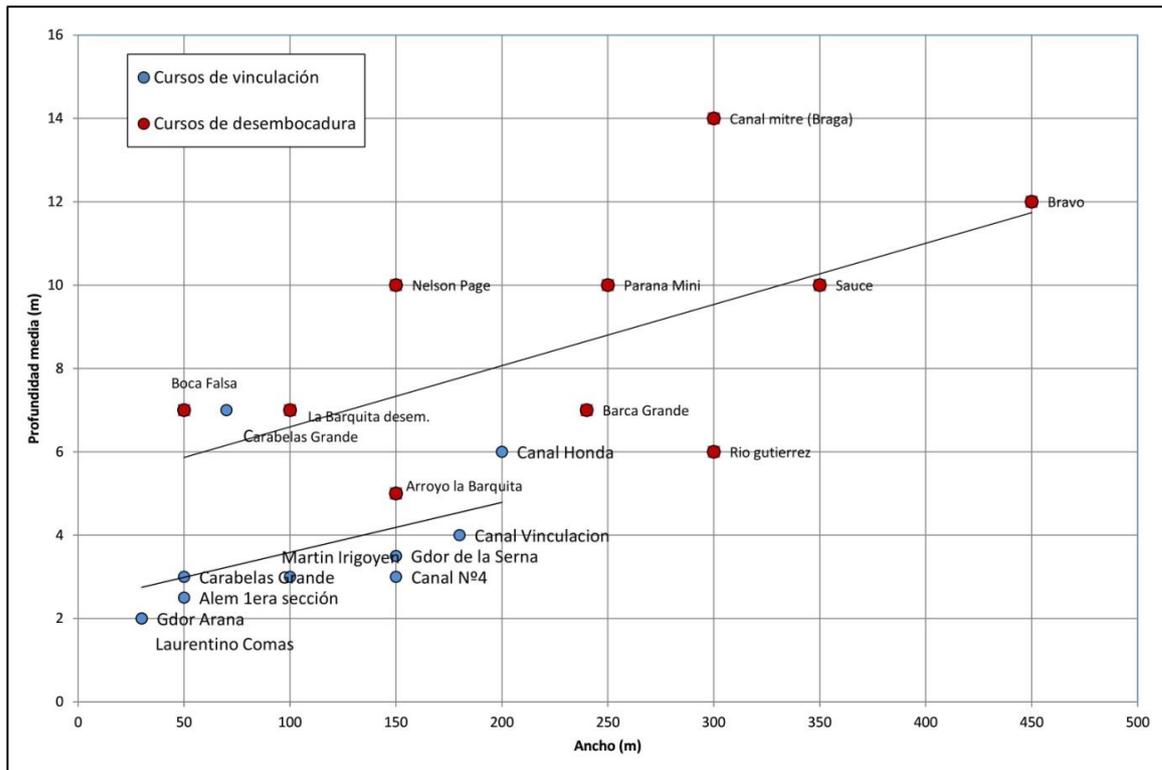


Figura 3.28. Relación aproximada ancho/profundidad de los cauces del Bajo Delta.

3.3 Representación del MDE general

El Modelo Digital del Terreno de la topografía insular del Delta (MDT-Delta), los modelos batimétricos mencionados en el apartado anterior, y el MDE de la topografía continental en torno al Delta (basado en el MDE-Ar) se acoplaron obteniéndose un MDE general (MDE-Delta), el cual se podrá ir completando en la medida en que se obtengan nuevos datos topográficos y/o batimétricos de las zonas faltantes. Este MDE-Delta cuenta con una representación espacial de 10 m y se encuentra en coordenadas Gauss Krueger Faja 5, marco de referencia POSGAR 98.

A título ilustrativo, en las Figura 3.29 a Figura 3.32, se muestran vistas del MDE-Delta correspondientes a la zona del Bajo Delta, zona de Bifurcación, confluencia de los ríos Paraná-Pavón y desembocadura al Río de la Plata.

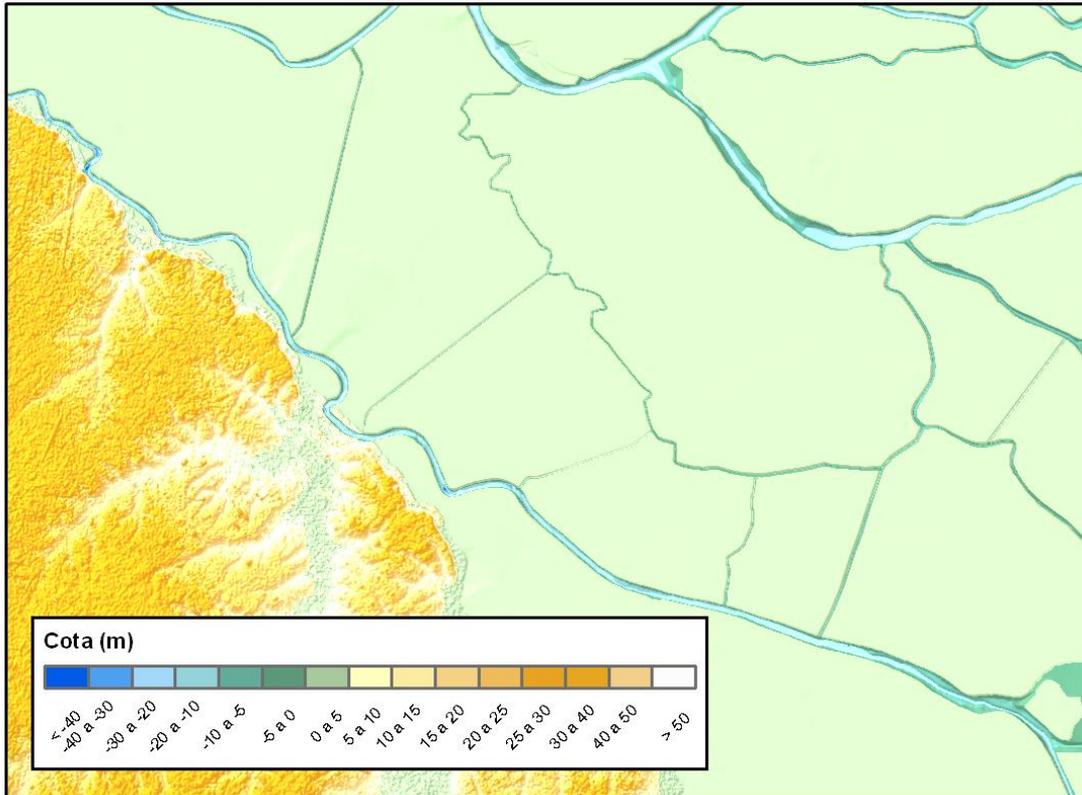


Figura 3.29. Vista del MDE general para zona de Bajo Delta.

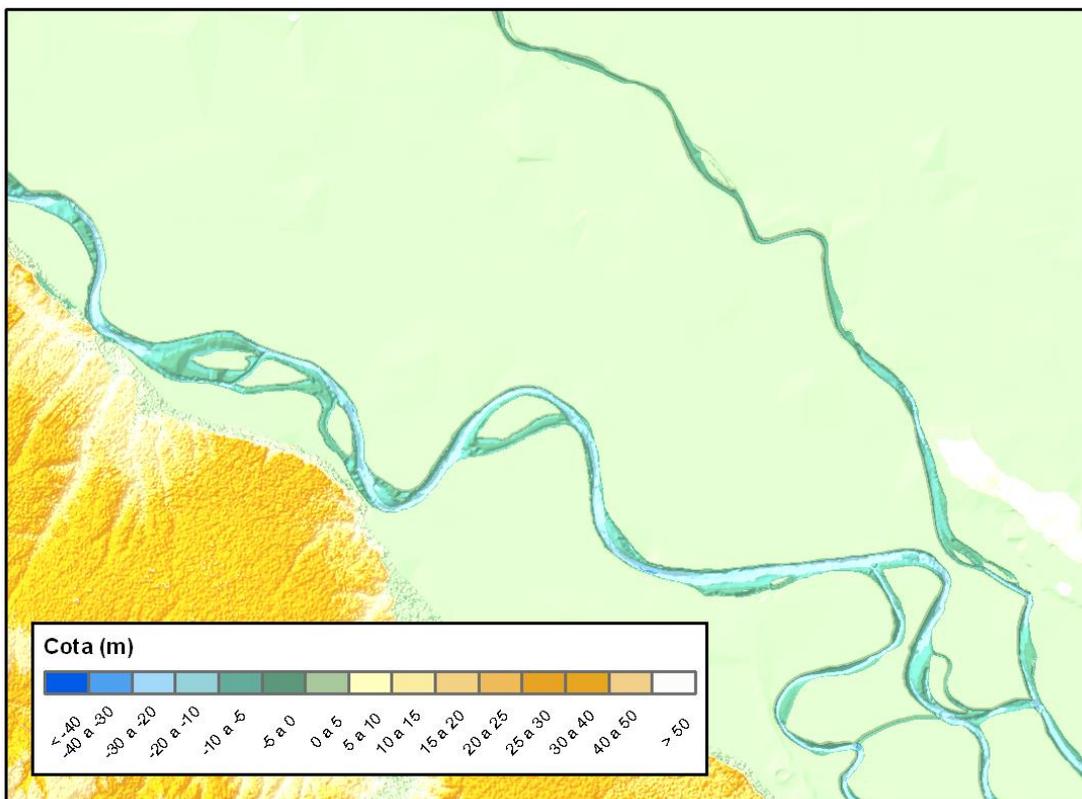


Figura 3.30. Vista del MDE general para zona de Delta Medio, hasta Bifurcación.

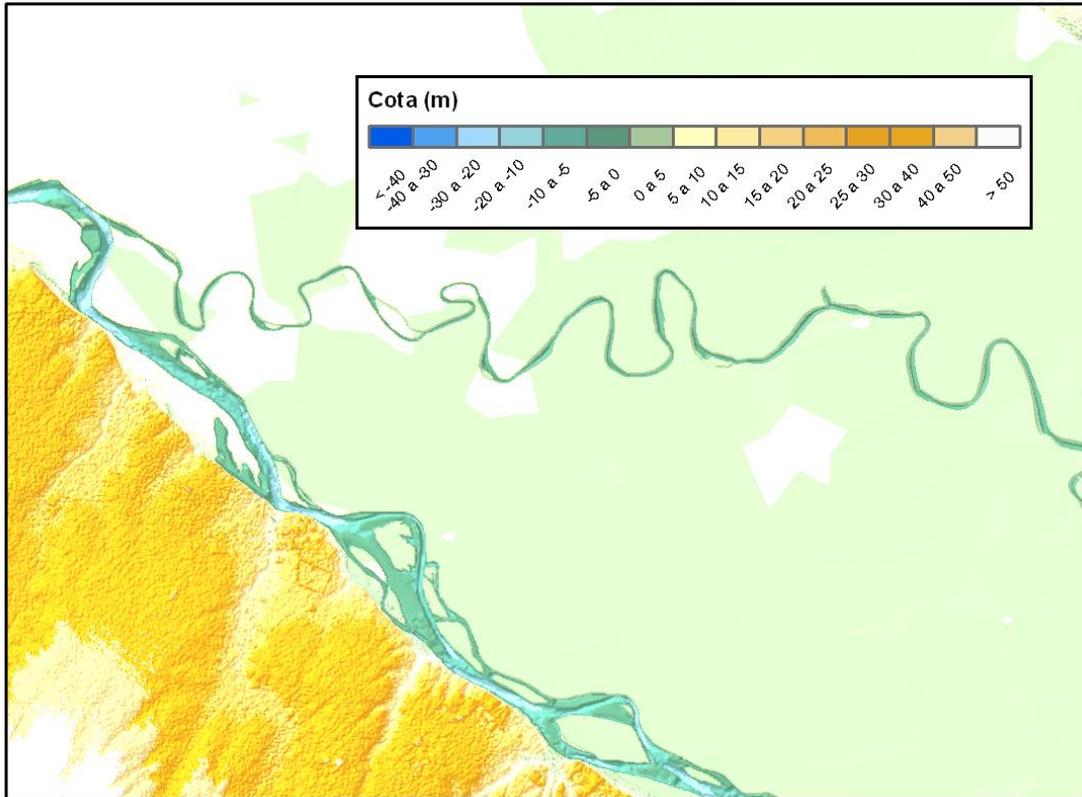


Figura 3.31. Vista del MDE para zona de confluencia Paraná-Pavón.

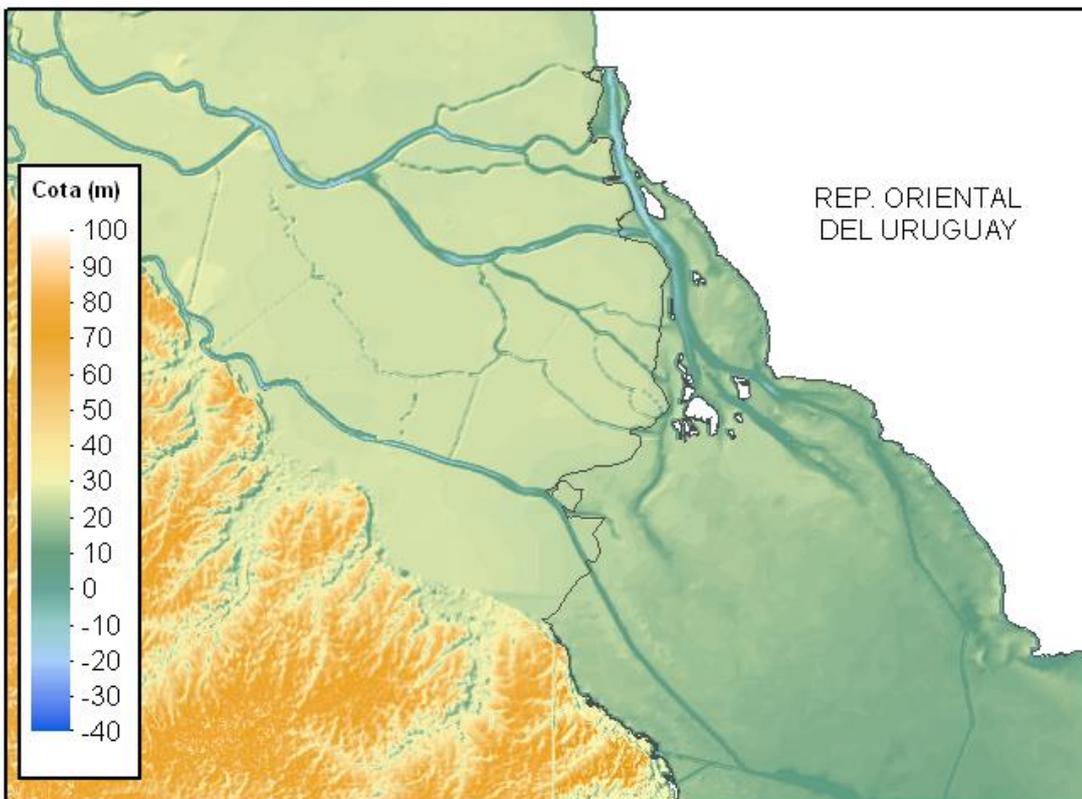


Figura 3.32. Vista del MDE en la desembocadura del río Paraná en el Río de la Plata.

4 CONCLUSIONES

Las siguientes son las principales conclusiones de este trabajo:

- La información topográfica y batimétrica disponible fue organizada en una Base de Datos constituida por conjuntos, cada uno de los cuales contiene la información primaria y, generalmente, información considerada complementaria. Estos conjuntos fueron categorizados en tres grupos (“Información batimétrica”, “Información topográfica”, y “Estudios complementarios”).
- Para cada conjunto se construyó una ficha descriptiva de la información primaria, con seis campos (“Descripción de datos/información”, “Fechas de datos/información”, “Proveedor de datos/productor de información”, “Proyecto/marco de generación de datos/información”, “Procedimiento para generación de datos/información”, y “Especificaciones técnicas sobre datos/información”).
- Dentro los sistemas satelitales que ofrecen datos topográficos de manera gratuita y con fácil acceso, debido a la mejor calidad en la región del Delta del Paraná, se eligió trabajar con el MDE-Ar, una versión del SRTM v4.1 para la Argentina ofrecida por el IGN.
- Se contó con información topográfica histórica del IGN (puntos acotados y curvas de nivel) con la que se construyó un MDT limitado solo al territorio insular del Delta del Paraná (MDT-Delta).
- A partir del MDT-Delta se evaluaron diferencias con el MDE-Ar en esta zona. Se pudo verificar una fuerte correlación entre las diferencias entre ambos modelos y el tipo de cobertura vegetal, siendo mayores las diferencias en zonas boscosas o forestales. Esto manifiesta los errores de herramientas satelitales de radar en la reconstrucción del relieve cuando se está en presencia predominante de vegetación alta. Además, se pudo verificar mayor consistencia del análisis de cobertura vegetal y elevaciones al observar mapas de uso de suelo forestal en el Bajo Delta.
- Se utilizaron los datos batimétricos disponibles para construir, parcialmente, la representación de los cauces. En el caso de los tramos sin información, se utilizaron relaciones profundidad – ancho superficial de los cauces con datos (discriminados según dirección), para completar la representación de la totalidad del Delta.
- El Modelo Digital del Terreno de la topografía insular (MDT-Delta), los modelos batimétricos, y el MDE de la topografía continental en torno al Delta se acoplaron obteniéndose un modelo general: MDE-Delta. Este modelo resulta una primera versión de la representación geométrica de todo el Delta del Paraná que se podrá ir completando en la medida en que se obtengan nuevos datos topográficos y/o batimétricos de las zonas faltantes.

REFERENCIAS

- Bombardelli, F.A., Menéndez, A.N., Brea, J.D., Lapetina, M.R., Uriburu Quirno, M., 1995. Estudio hidrodinámico del Delta del río Paraná mediante modelación matemática. Informe Final. Informe LHA-INCYTH 137-03-95, Comitente: CONINDELTA.
- Marina L. Garcia, M.L., Basile, P.A., Riccardi, G.A., 2012. Modelación hidrodinámica de sistema cauce-planicie con celdas amorfas, de tramo del río Paraná Inferior. Primer Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, IFRH 2012, Ezeiza, Argentina
- Guerrero, M., Nones, M., Saurral, R., Montroull, N., Szupiany, R.N., 2013. Parana river sediment dynamics in the context of climate change. *Int. J. River Basin Manag.*, 11, 423–437.
- Kandus, P., Quintana, R.D., Bó, R., 2006. Patrones de paisaje y ambientes del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de Ambientes. Pablo Casamajor Ediciones, Buenos Aires. 44 pp.
- Kiamehr, R., Sjöberg, L.E., 2005. Effect of the SRTM global DEM on the determination of a high resolution geoid model: a case study in Iran. *J Geod*, Vol. 79, pp. 540-551.
- Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A., 2006. HydroSHEDS Technical Documentation. World.
- Li, J., Wong, D., 2009. Effects of DEM sources on hydrologic applications. *Computers Environment and Urban Systems*, pp. 1-11.
- Li, Z., 1991. Effects of check points on the reliability of DTM accuracy estimates obtained from experimental tests. In: *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 47 (10), pp. 1333-1340.
- Méndez, R., López, C., 2010. Modelo Digital de Elevación de mejora continua con aporte voluntario de datos. Proyecto PR-FMV 2009/1/2647, SGM, Uruguay.
- Schumann, G., Matgen, P., Cutler, M.E.J., Black, A., Hoffmann, L., Pfister, L., 2008. Comparison of remotely sensed water stage from LiDAR, topographic contours and SRTM. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 63, pp.283-296.
- Yang, X., Hodler, T., 2000. Visual and statistical comparisons of surface modeling techniques for point-based environmental data in *Cartography and Geographic Information Science*, 27 (2), pp. 165-175.
- EVARSA, 2007. Mediciones de velocidades y caudales con ADCP - Río Paraná Secciones: Isla Lucha y Canal E. Mitre. Informe técnico. Buenos Aires, Argentina.