



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
Y POLÍTICA HÍDRICA
REPÚBLICA ARGENTINA

Campañas de relevamientos topobatemétricos

Delta del río Paraná 2017-2018

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



Proyecto INA 373
Informe LHA 04-373-19
Ezeiza, abril de 2019

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Pablo D. SPALLETTI

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Julio C. DE LÍO a/c

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	Mayra MORALE
Lic. Nicolás ORTIZ	Ing. Santiago GUIZZARDI
Ing. Martín IRIGOYEN	Julieta BERNAL
Ing. Luciano HERGENREDER	

INFORME PRODUCIDO POR

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Mayra MORALE

Lic. Nicolás ORTIZ

Ing. Mag. Mariano RE

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

Campañas de relevamientos topobatimétricos. Delta del río Paraná 2017-2018

RESUMEN

El proyecto “DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples” contempla la realización de campañas de relevamiento topobatimétricos en distintos cursos del Delta del río Paraná. Con estas campañas se persigue el principal objetivo de generación de información que posibilite la mejora del Modelo Digital de Elevación (MDE) existente. Por otra parte, se busca incrementar el conocimiento sobre el Delta del río Paraná en su conjunto, contribuir a la formación de recursos humanos en la manipulación de dispositivos de medición y consolidar el fortalecimiento del vínculo entre instituciones participantes en el Proyecto. Este informe detalla la metodología de trabajo y las mediciones obtenidas durante las campañas de relevamiento en campo llevadas a cabo entre Diciembre de 2017 y Diciembre de 2018.

Descriptorios temáticos: Campañas, batimetría, topografía

Descriptorios geográficos: Río Paraná, Bajo Delta, Argentina.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Contexto	4
1.2. Proyecto Interno INA	5
1.3. Objetivo	5
2. CAMPAÑAS	6
2.1. Descripción general.	6
2.2. Tareas Realizadas	6
2.2.1. Topografía	7
2.2.2. Batimetría	33
3. CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS	55

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

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 (Kandus, 2010).

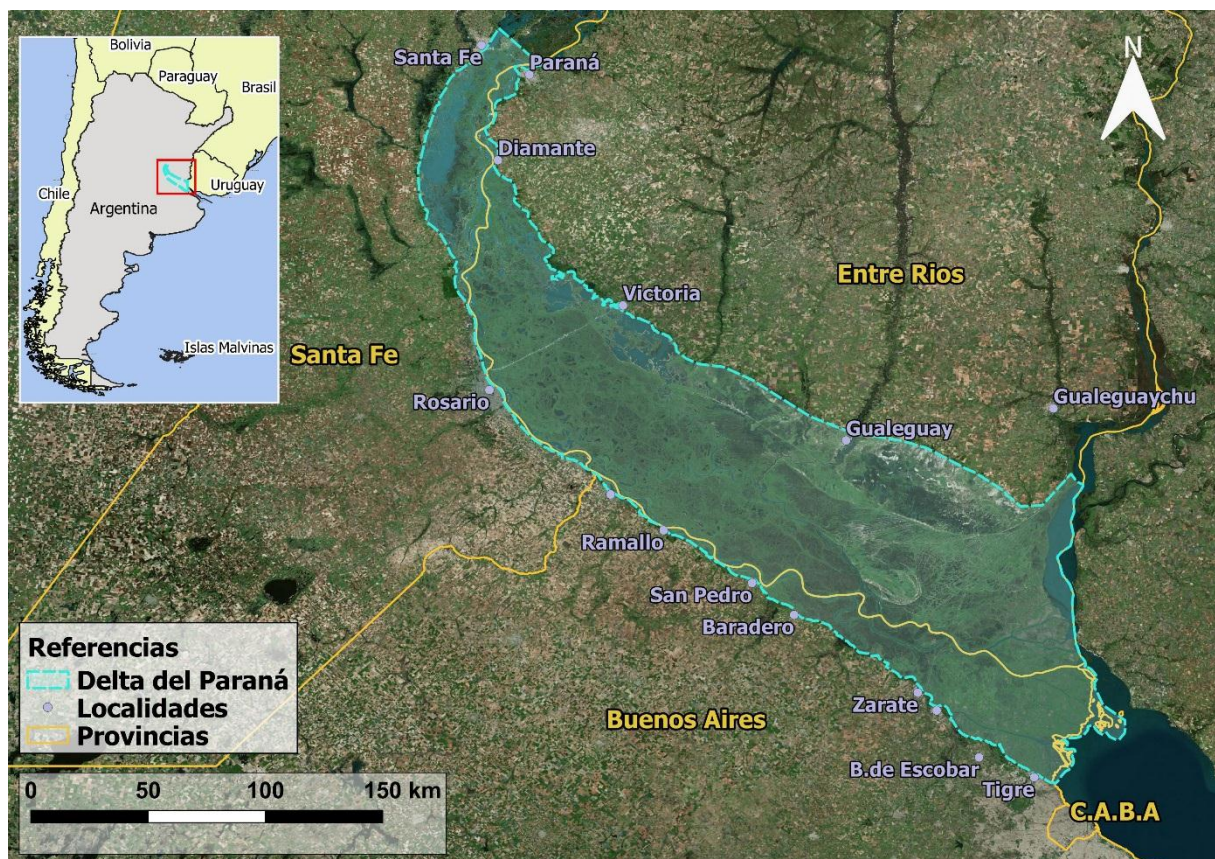


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio

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 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 iniciativa 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.

El 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 (Figura 1.1).

1.3. Objetivo

La modelación numérica es una herramienta fundamental para la comprensión de la dinámica hídrica del sistema Delta del Paraná. Una correcta caracterización de los datos topobatimétricos es un insumo relevante para la construcción de los modelos. Es por esto que la calidad y cantidad de datos puede condicionar los resultados obtenidos de las simulaciones.

Para el desarrollo de la modelación se utilizan Modelos Digitales de Elevación (MDE), tales como el MDE-INA (Sabarots Gerbec et al., 2017) o el MDE-AR (disponible en www.ign.gob.ar), desarrollados a partir de diversas fuentes.

Con el fin de obtener resultados de mayor confiabilidad de las simulaciones, se propone mejorar la calidad de los datos de ingreso de modelos numéricos. Para esto, se proyectaron campañas de relevamiento en campo que permitan validar los datos existentes del MDE.

Las campañas que detalla el presente informe, consisten en la obtención de nuevos datos topográficos y batimétricos, habiéndose desarrollado entre diciembre de 2017 y diciembre de 2018.

La nueva información permite entonces, ser comparada con los datos preexistentes y llevar adelante análisis y modificaciones que permitan mejorar las superficies de terreno en formato digital tipo *raster*.

Las campañas colaboran con el fortalecimiento de la vinculación entre las instituciones INA e INTA y otras instituciones locales como la Sociedad Rural de Islas del Ibicuy o el Centro de Salud Carapachay, y propone una oportunidad para la capacitación en la manipulación de dispositivos de medición.

2. CAMPAÑAS

2.1. Descripción general.

A continuación son descriptas las actividades realizadas en las campañas de relevamiento en diversas zonas del Delta del Paraná.

Los sitios elegidos dependieron de la necesidad de datos y de la posibilidad de acceso. En todos los casos se contó con la presencia de un referente local (habitante o dueño del terreno a relevar, con interés en participar del proyecto), quien facilitó tareas de logística en la zona de campaña e información del territorio útil para el desarrollo de las tareas.

2.2. Tareas Realizadas

Se desarrollaron campañas Topográficas, Batimétricas y actividades con fines múltiples en las que se relevó topobatimetría (Tabla 2.1). La localización de cada una de ellas se visualiza en la Figura 2.1. Algunas fueron llevadas a cabo en varias etapas.

Tabla 2.1: *Detalle de campañas*

Nro	Tipo de relevamiento	Fecha	Sitio y/o Curso de agua	Referente Local
1	Topografía	12/12/2017	EEA INTA DELTA	INTA
2	Topografía	19/06/2018	Terreno sobre Canal Zeoane – Vivienda de Zemek	Jorge Zemek
3	Topobatimetría	03/07/2018	ARAUCO SA - Villa Paranacito – Arroyo Martinez	Lucas Peñalba
4	Topografía	11/07/2018	Sala de Salud sobre Carapachay	INTA
5	Topobatimetría	04 y 05/09/2018	Propiedad de Calos López y Carlos Korcarz	Carlos López y Carlos Korcarz
6	Topobatimetría	26 y 27/09/2018	Terrenos sobre arroyo Carapachay	Suetta y Leverioni
7	Batimetría	31/10/2018	EEA INTA DELTA	INTA
8	Topografía	15/11/2018	EEA INTA DELTA	INTA
9	Batimetría	04/12/2018	Delta entrerriano - Departamento de Islas del Ibicuy	Sociedad Rural Islas del Ibicuy

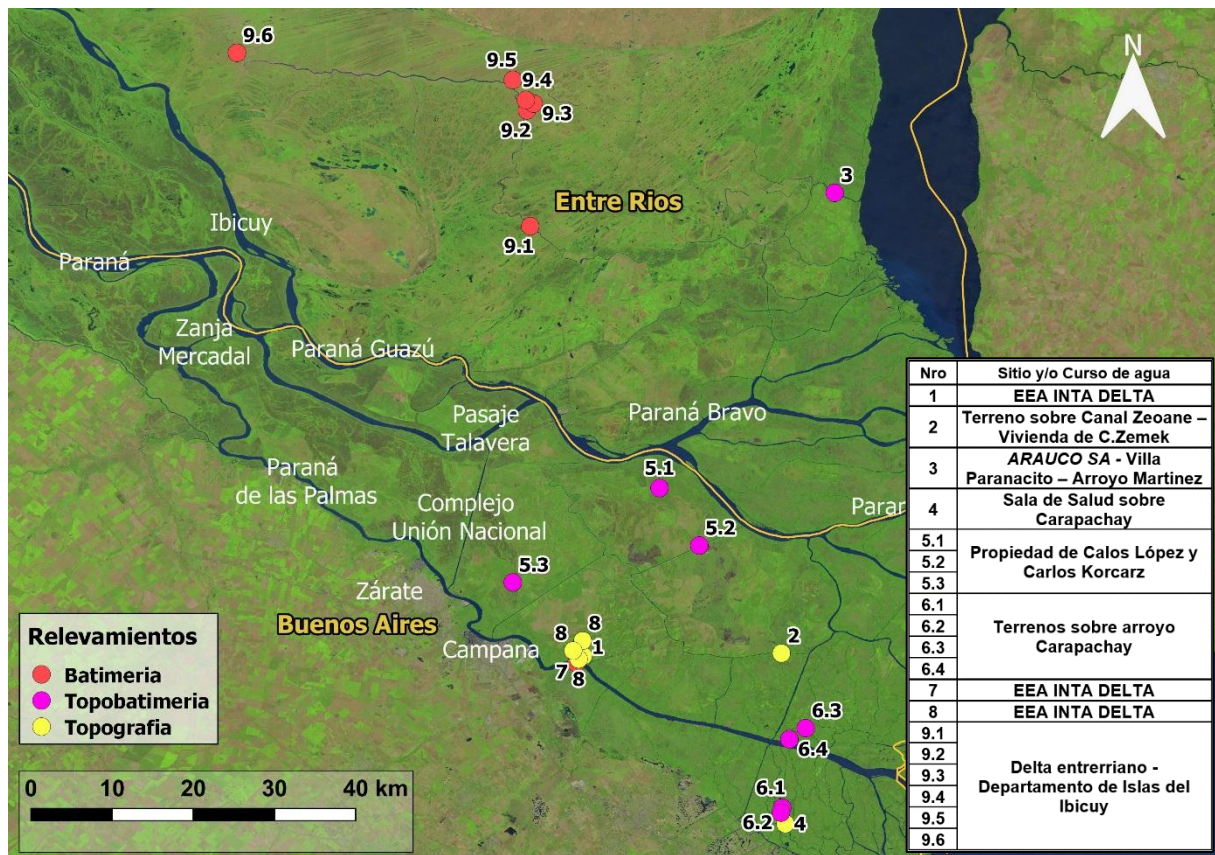


Figura 2.1. Localización de campañas

2.2.1. Topografía

Las campañas de relevamiento topográfico consisten en la toma de datos de posicionamiento, (Latitud, Longitud y Cota) de diversos puntos considerados de relevancia en el terreno de cada zona elegida.

En particular, resulta de interés obtener el contraste entre aquellas que se conservan en su estado natural y las que han sufrido intervenciones antrópicas llevadas a cabo con técnicas de manejo del agua (zanjas, canales, endicamientos, etc).

Las zanjales y canales son intervenciones con el fin de generar una mayor circulación de agua para facilitar el escurrimiento de excedentes hídricos. Los atajarepentes, endicamientos ó “polderes”, son intervenciones que han elevado la cota del terreno, conformando terraplenes en torno a superficies que se desean preservar de inundaciones, evitando el ingreso del agua y muchos de ellos son transitables con vehículos.

2.2.1.1. Equipo GPS diferencial

Un receptor *Global Positioning System* (GPS), emplea la señal de satélites para localizar su posición. El sistema de referencia respecto al cual se expresa dicha posición es el elipsoide (forma geométrica perfectamente regular) *World Geodetic System 1984* (WGS84) y el geode -modelo de superficie del campo de gravedad- GEODE_AR16 desarrollado por el Instituto

Geográfico Nacional (IGN) que contempla la aproximación más precisa de geoides para Argentina.

El sistema GPS diferencial (DGPS) se basa en emplear simultáneamente dos receptores GPS, próximos entre sí y por tanto, afectados por los mismos errores. El primero de ellos, o receptor base, estará fijo en un punto de coordenadas perfectamente conocidas para trabajar de forma autónoma tomando datos de posicionamiento segundo a segundo, y el segundo, o receptor móvil, es el que se desplaza a lo largo de la trayectoria del levantamiento o serie de puntos de los cuales se busca conocer su posición. Combinando la información obtenida por ambos receptores, mediante el método diferencial, se obtiene la posición relativa entre ellos y finalmente, las coordenadas reales de las trayectorias realizadas con el GPS móvil (Fontán et al., 2013).

Por otra parte, la posición de cada punto puede obtenerse, empleando el sistema *Real Time Kinematic* (RTK) o navegación cinética satelital en tiempo real, o bien en modo postproceso, es decir, mediante el tratamiento posterior con un *software* de los archivos registrados.

Para llevar adelante los relevamientos en el Delta del Paraná, el equipo utilizado fue un "GPS Diferencial" de marca Topcon. Este equipo cuenta con dos receptores satelitales "HIPER V" con antena incorporada y una controladora con el *software* "Magnet Field" que permite el manejo de los receptores (Figura 2.2). La conexión entre ambos equipos por radio permite la corrección en tiempo real de los puntos obtenidos, utilizando el sistema RTK con un error menor a 3 cm (vertical y horizontal).

Su funcionamiento consiste en generar posicionamientos de puntos obteniendo datos satelitales de las redes del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) utilizando los satélites del "Global Positioning System" (GPS) de Estados Unidos y su equivalente de Rusia el "Sistema Mundial de Navegación por Satélites" (GLONAS).



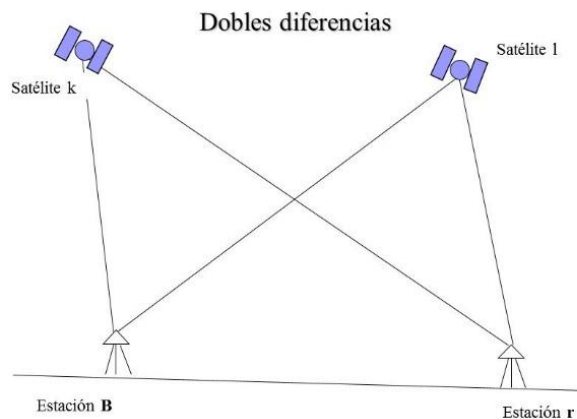


Figura 2.2: Esquema de satélites y GPS diferencial.

2.2.1.2. Criterios para el relevamiento.

Para la ubicación de la Estación Base y manipulación del dispositivo móvil deben tenerse en cuenta criterios básicos asociados a la seguridad y calidad de los datos obtenidos.

Los equipos deben utilizarse lo más alejados posibles de grandes espejos de agua, estos podrían generar efectos rebote en las ondas de comunicación y distorsionar los resultados. Por seguridad no deben ubicarse debajo de líneas de tensión. Además, la cercanía de antenas puede intervenir en la comunicación entre equipos y la vegetación densa puede dificultar la recepción de la señal de los satélites.

Se recomienda además situar la base en la zona más alta del terreno, si es posible sobre alguna estructura elevada. Esto mejorará la comunicación entre equipos, eliminando las posibles interferencias físicas.

2.2.1.3. Metodología de relevamiento

La primera actividad al llegar a la zona de campaña consiste en elegir el lugar para colocar la Estación Base (Figura 2.3). Una vez elegido el lugar, se coloca el dispositivo que funcionará como base sobre un trípode y se nivela. Se enciende el equipo y se debe verificar que el dispositivo localiza y recibe información de al menos 4 satélites. Luego se dispone la toma de datos satelitales iniciando el sistema como autónomo del GPS con la configuración correcta; a partir de allí los datos de posicionamientos serán almacenados en la tarjeta de memoria del equipo. Luego se debe tomar la medida de la distancia en forma diagonal desde una muesca ubicada en el lateral del equipo hasta el punto sobre el suelo o la superficie elegida que quedará definido como Punto Fijo.

En aquellas zonas donde no es posible localizar un punto de coordenadas conocidas, es una buena práctica, definir un punto y ejecutar un mojón (señal permanente). Esto permitirá disminuir los tiempos de trabajo en futuros relevamientos. También será necesario volver a relevar las coordenadas de aquellos mojones precarios para definirlos como futuras referencias.

La Estación Base deberá permanecer en su posición un tiempo determinado en relación a la distancia aproximada en línea recta desde la posición del punto elegido y la estación de

la “Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo” (RAMSAC) más cercana. En las zonas del Delta del Paraná relevadas el tiempo de permanencia varía entre las 2 y 3 horas. Para estimar el tiempo se deben contabilizar 15 minutos de permanencia mínima y de 1 a 2 minutos por kilómetro de distancia entre la Estación Base y la estación RAMSAC. Además, el equipo deberá permanecer midiendo durante todo el tiempo en que se realiza el levantamiento con el receptor móvil

A continuación se inicializa el receptor móvil y se lleva a cabo el levantamiento topográfico con el sistema RTK, mediante mediciones continuas a lo largo de trayectorias (modo cinemático), o bien tomando solamente ciertos puntos de interés (modo *stop&go*).

La antena del receptor GPS móvil se coloca sobre un jalón vertical, de altura conocida, para las mediciones en modo *stop&go*, el cual se desplaza a lo largo de trayectorias a pie.

Desde la controladora se debe definir la configuración para destinar el equipo ubicado en el punto fijo como base y el equipo en el bastón como móvil en la función RTK. Además, debe configurarse el modelo de geoide a utilizar y el marco de referencia. En todos los casos se trabajó con el modelo GEOIDE_AR16 y en Faja 5 del sistema POSGAR 07 (Posiciones Geocéntricas Argentinas), como el marco de Referencia Geodésico Nacional.



Figura 2.3. Relevamientos con GPS diferencial.

En este caso, el procedimiento de medición topográfica es en el modo *stop&go*. Para ello se ubica el bastón con el dispositivo móvil en los puntos que se pretenden obtener y desde la controladora se define la toma del punto, la misma dura 3 segundos y es almacenada en su tarjeta de memoria.

2.2.1.4. Postproceso y disposición final de datos

Al iniciar el proceso de relevamiento RTK en territorio se suponen coordenadas conocidas de la estación base, cuando no son conocidas se postprocesan los datos obtenidos para

corregir esas coordenadas.

El post proceso de los datos de la estación base del GPS Diferencial se lleva a cabo en gabinete con el software “*Magnet Tools*” asociando los datos de posicionamiento obtenidos, en la modalidad autónoma del dispositivo, con datos de las estaciones RAMSAC (estaciones que materializan los marcos de referencia a nivel mundial), disponibles en el sitio web del IGN (www.ign.gob.ar).

En todos los casos la estación elegida será la que se encuentre ubicada de forma más cercana (en línea recta) a la zona de trabajo en territorio, usualmente se utilizó la estación IGM1 ubicada en las instalaciones del IGN. Mediante este proceso se obtienen las coordenadas del Punto Fijo, que se consideran aceptables cuando el cruce entre los datos permite un error menor a 3 cm, esta definición forma parte de la configuración del *software*.

Posteriormente con el mismo *software* se lleva adelante la corrección del resto de los puntos. Se define la estación “base” del relevamiento realizado en RTK como punto de control y se modifican las coordenadas reemplazando las existentes por las obtenidas del post proceso (asociadas a la estación RAMSAC). Esto permite el ajuste total de los puntos relevados.

2.2.1.5. Relevamientos realizados

A continuación, se detallan las principales características de las campañas de relevamiento topográfico.

Campaña 1 – EEA INTA DELTA

El día 12 de diciembre de 2017 se desarrolló el relevamiento en el terreno de la Estación Experimental INTA Delta (EEA INTA DELTA), ubicada a orillas del río Paraná de las Palmas.

El predio cuenta con un dique de frente al río Paraná de las Palmas donde existe un Punto Fijo “5, 14”, además cuenta con dos escalas hidrométricas para la medición de niveles del río. Se relevaron una serie de puntos, principalmente la zona del dique y las zonas bajas del terreno cercanas al río (Figura 2.4 y Figura 2.5).

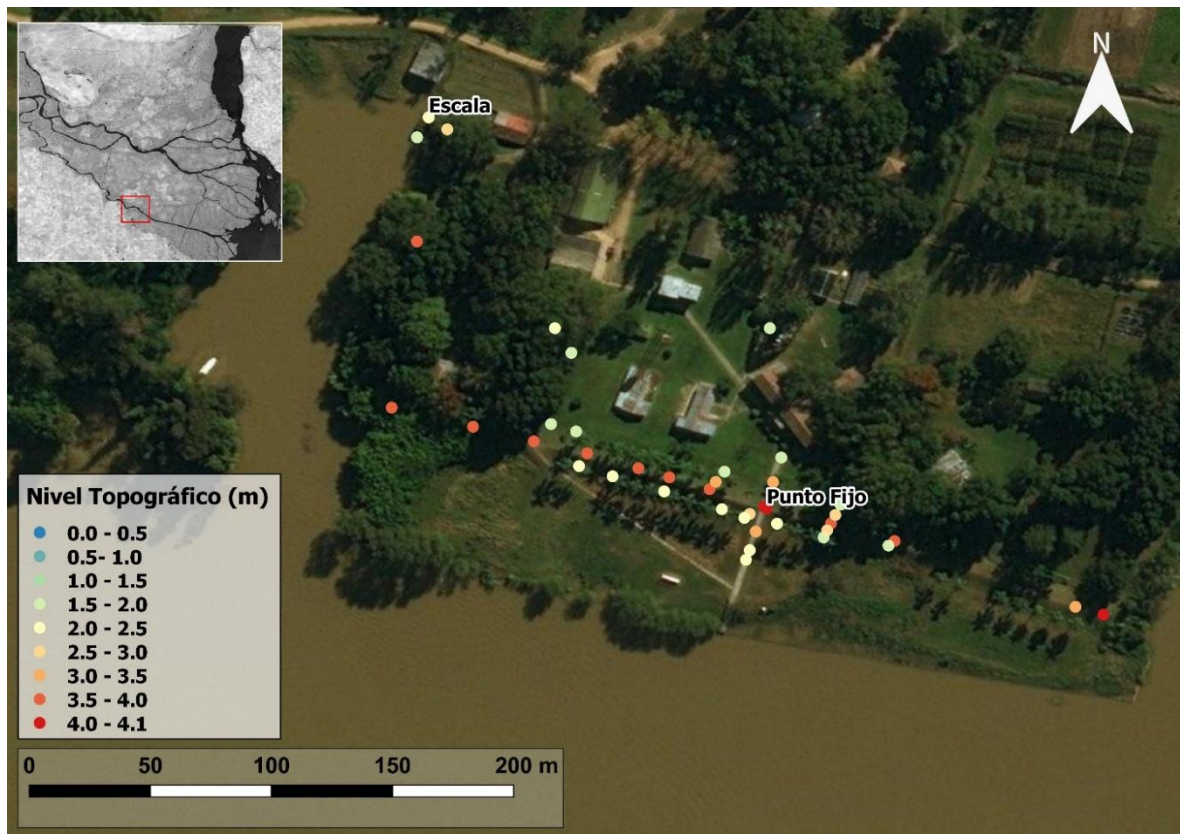


Figura 2.4. Puntos relevados en campaña



Figura 2.5. Relevamiento topográfico en EEA INTA DELTA el 12 de diciembre de 2017.

Campaña 2 – Canal Seoane

La campaña del día 16 de Junio de 2018 se realizó en un predio a orillas del Canal Seoane, en la Segunda Sección del Delta Bonaerense (partido de San Fernando). Allí vive el referente local Jorge Zemek y a sido el lugar elegido para la instalación de una escala hidrométrica y un sensor que proveen datos de nivel de agua.

El terreno cuenta con un pequeño atajarrepuntes en la orilla del canal y no presenta grandes variaciones topográficas.

Con motivo de una de las habituales visitas al predio para el retiro de datos almacenados en el sensor de nivel se realizó el relevamiento topográfico (Figura 2.6 **Figura 2.6.** Relevamiento topográfico en predio Zemek.).

Se relevaron limitados puntos por problemas asociados al posicionamiento de la estación base y a la recepción de satélites que resultó escasa en muchas áreas (Figura 2.7).



Figura 2.6. Relevamiento topográfico en predio Zemek.



Figura 2.7. Puntos relevados en la Campaña 2

Campaña 3 – Arroyo Martinez (ARAUCO SA).

Posterior a la visita de reconocimiento de terreno, se organizó una visita a la propiedad de ARAUCO SA sobre el arroyo Martinez para la instalación de un sensor de nivel. El día 3 de julio de 2018 se realizó la instalación del sensor junto con el relevamiento topobatimétrico del predio (Figura 2.8).

Se relevaron puntos en la zona cercana al sensor y se definió un Punto Fijo (Figura 2.9). La propiedad cuenta con un dique que protege de crecidas la producción forestal. La zona relevada se encuentra por fuera del mismo.



Figura 2.8. Relevamiento topográfico en el predio de ARAUCO SA.

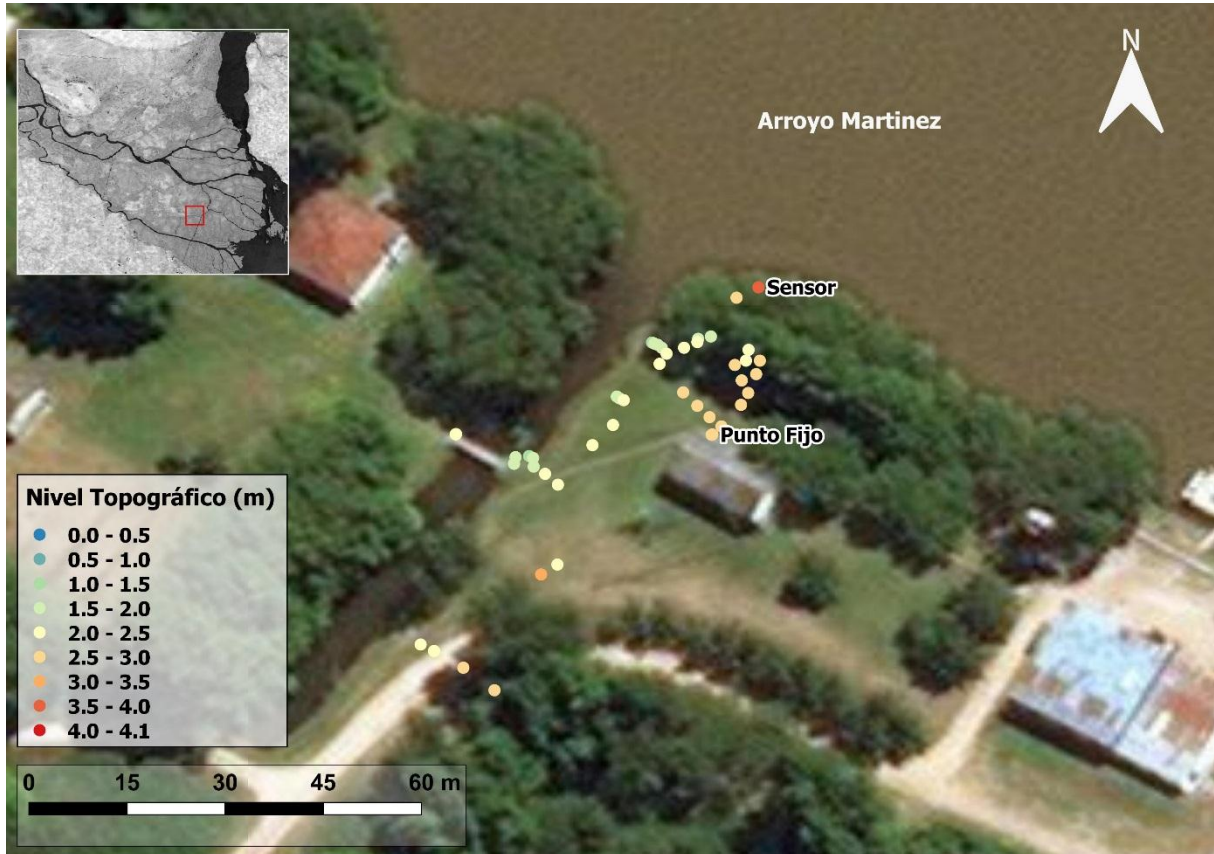


Figura 2.9. Puntos relevados en la Campaña 3.

Campaña 4 – CAF y S Río Carapachay

El 11 de julio de 2018 se visitó la Sala de Salud ubicada sobre el Arroyo Carapachay con el fin de de instalar un sensor de nivel, una escala hidrométrica y realizar un relevamiento topográfico (Figura 2.10).

El Centro de Atención Familiar y de Salud (CAFyS) Río Carapachay, localizado en Río Carapachay 900 y Canal Ortiz perteneciente al Municipio de Tigre se encuentra en un terreno pequeño que no posee diques ni protecciones, pero cuenta con un tablesatacado perimetral frente al arroyo. El relevamiento resultó reducido midiéndose unos pocos puntos necesarios (Figura 2.11).



Figura 2.10. Relevamiento topográfico en el predio del CAF y S Río Carapachay.



Figura 2.11. *Puntos relevados en la Campaña 4*

Campaña 5 – López y Korcarz

La Campaña 5 se desarrolló en dos etapas: una correspondiente al 4 y otra al 5 de septiembre de 2018.

El primer día de mediciones se visitó la propiedad del referente local Carlos López (Figura 2.12) y se relevaron dos zonas en extremos opuestos de su predio (Figura 2.13 y Figura 2.14). A lo largo de la extensión de todo el terreno existen varios diques, en particular se definió realizar un relevamiento en una zona en el entorno de un canal de préstamo en la cual uno de ellos colapsó durante la crecida del 2016 generándose una brecha que posteriormente fue reparada pero con consecuencias aún visibles (Figura 2.15). Se generó un punto fijo, en terreno firme a algunos metros del canal de préstamo. La otra zona relevada es la lindera a la intersección del canal Leandro Alem y con el arroyo Los Tigres.



Figura 2.12. Relevamiento topográfico en predio de Carlos López.

El día 5 de septiembre de 2018, el segundo día de la Campaña 5, se relevó una única zona en la propiedad de Carlos Korcarz (Figura 2.16). El predio está rodeado por diques perimetrales y presenta un sistema de bombeo. La zona elegida para el relevamiento fue el dique en cuyo terreno aledaño se encuentra una de las bombas utilizadas para desalojar el agua del interior del endicamiento. Allí también se materializó un punto fijo.



Figura 2.13. Puntos relevados en Campaña 5 zona de dique colapsado en predio López.

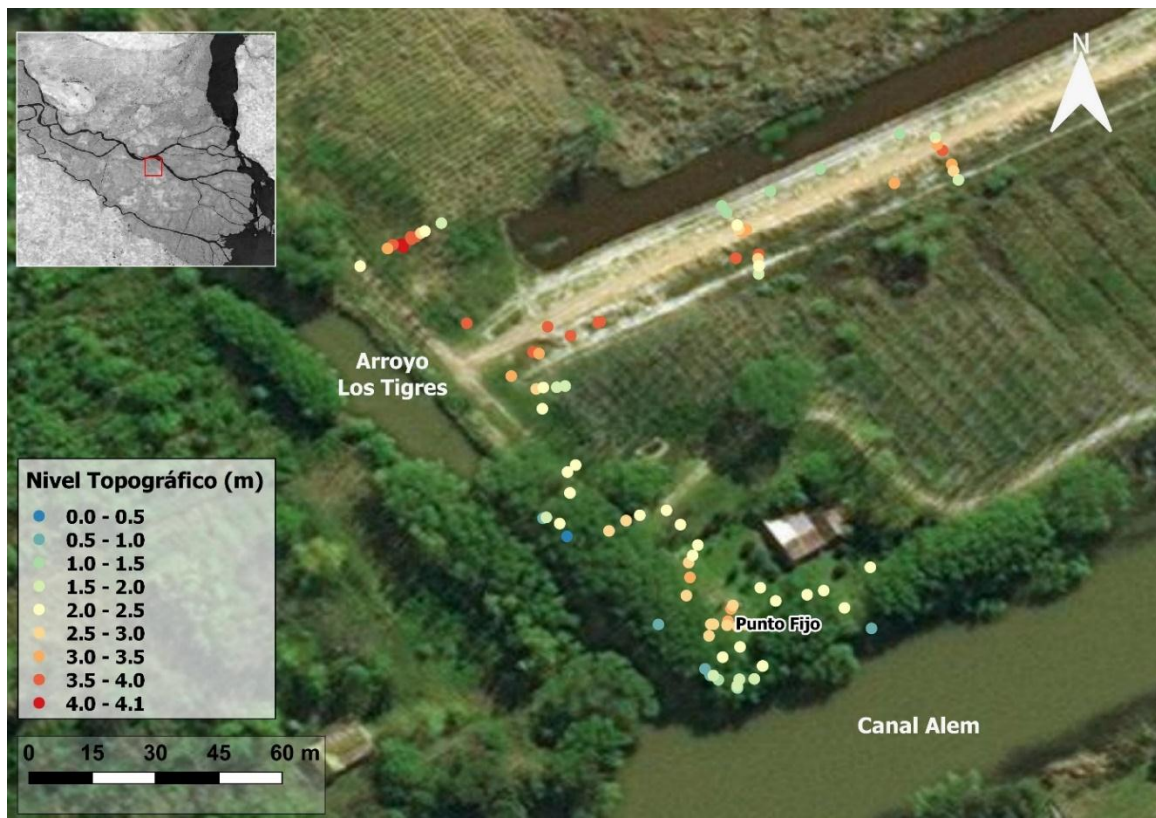


Figura 2.14. Puntos relevados en Campaña 5 en intersección de arroyo Los Tigres y canal Alem.



Figura 2.15. Fosa generada por el agua que ingresó al colapsar el dique durante crecida de 2016.

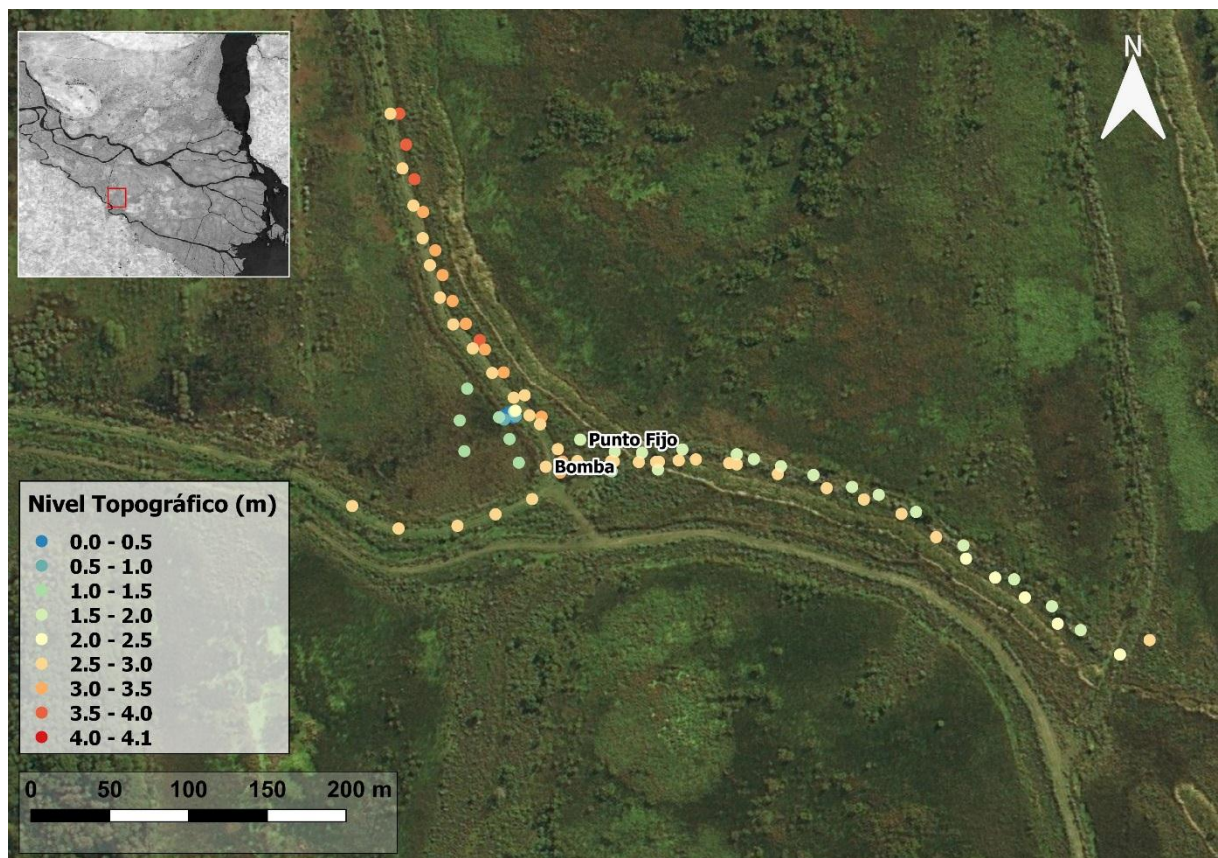


Figura 2.16. Puntos relevados en la Campaña 5 en el predio Korcarz.

Campaña 6 – Río Carapachay

Durante los días 26 y 27 de septiembre de 2018 se visitaron terrenos cercanos al Río Carapachay y se relevaron topografías de diques y zonas bajas (Figura 2.17 y Figura 2.18). Esta campaña permitió generar nuevos vínculos con referentes de la zona.

El día 26 se visitaron los predios de los propietarios Suetta (Figura 2.19) y Leverioni (Figura 2.20) y otros lotes linderos al río Carapachay (Figura 2.21). En todos los terrenos se presentan atajarepuntos.

El 27 se relevó un campo llamado Bonanza Lodge (Figura 2.22), su actividad principal es el albergue de turismo. Propiedad de poca extensión con atajarepuntos.



Figura 2.17. Estación base GPS Diferencial



Figura 2.18. Relevamiento RTK con GPS diferencial

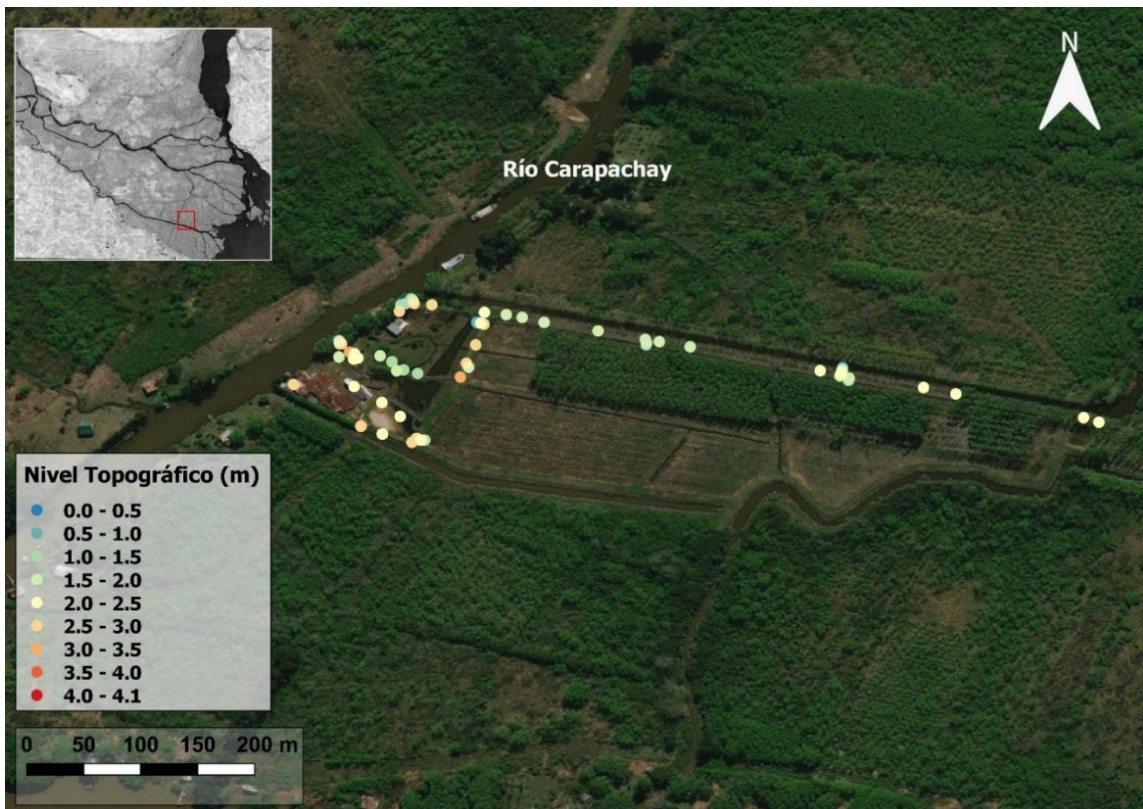


Figura 2.19. Puntos relevados en campaña (Suetta)

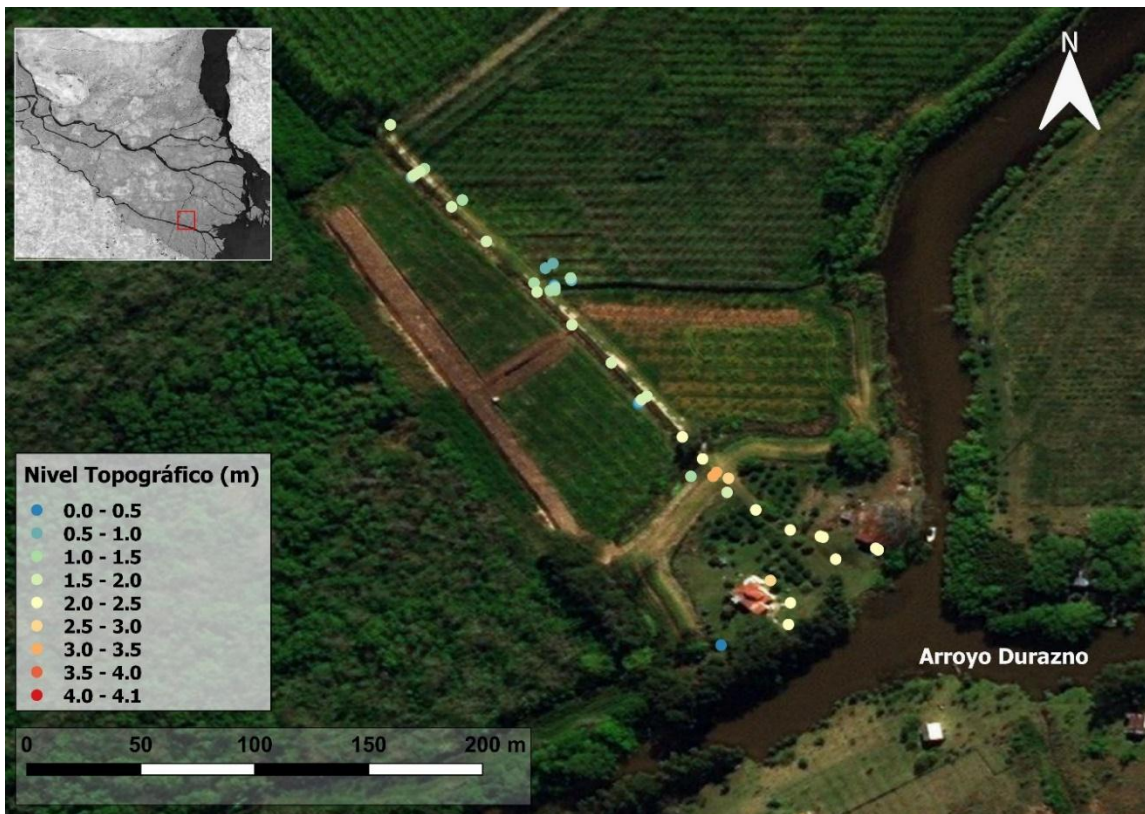


Figura 2.20. Puntos relevados en campaña (Leverni)

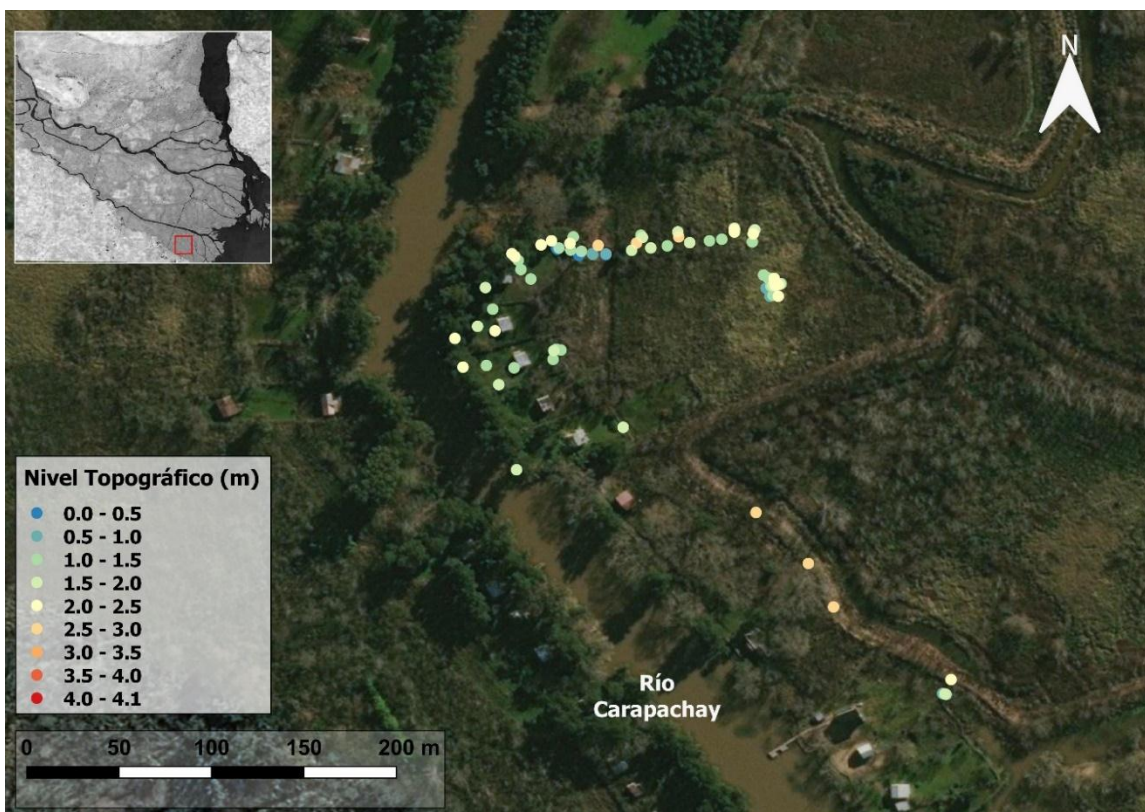


Figura 2.21. Puntos relevados en campaña

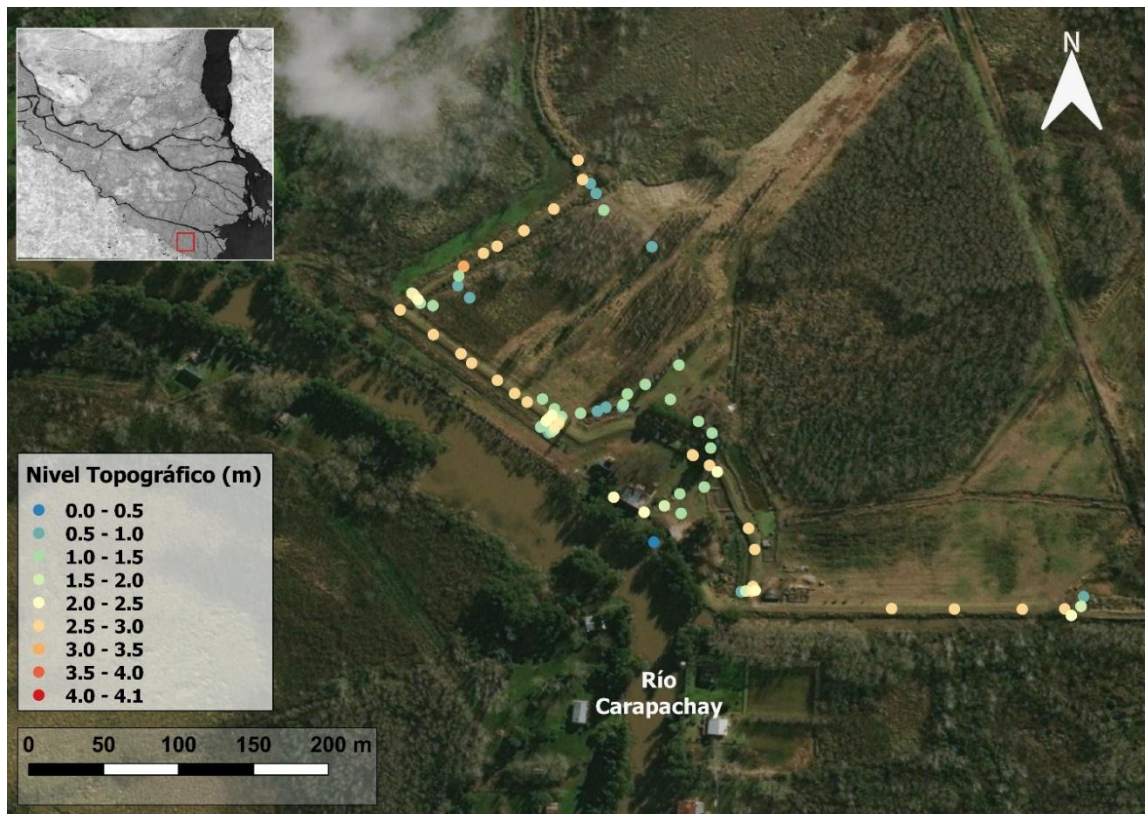


Figura 2.22. Puntos relevados en campaña

Campaña Nro8 –EEA INTA DELTA

La campaña del 15 de noviembre de 2018 se planteó ante la necesidad del INTA de relevar la delimitación legal que existe en el Catastro Provincial del terreno correspondiente a la EEA INTA DELTA. En este contexto se llevó adelante un recorrido por los extremos y límites de la parcela y se relevaron los puntos de interés para INTA y puntos sobre diques y zonas bajas (Figura 2.23 y Figura 2.24).



Figura 2.23. Relevamiento en vehículo con RTK.

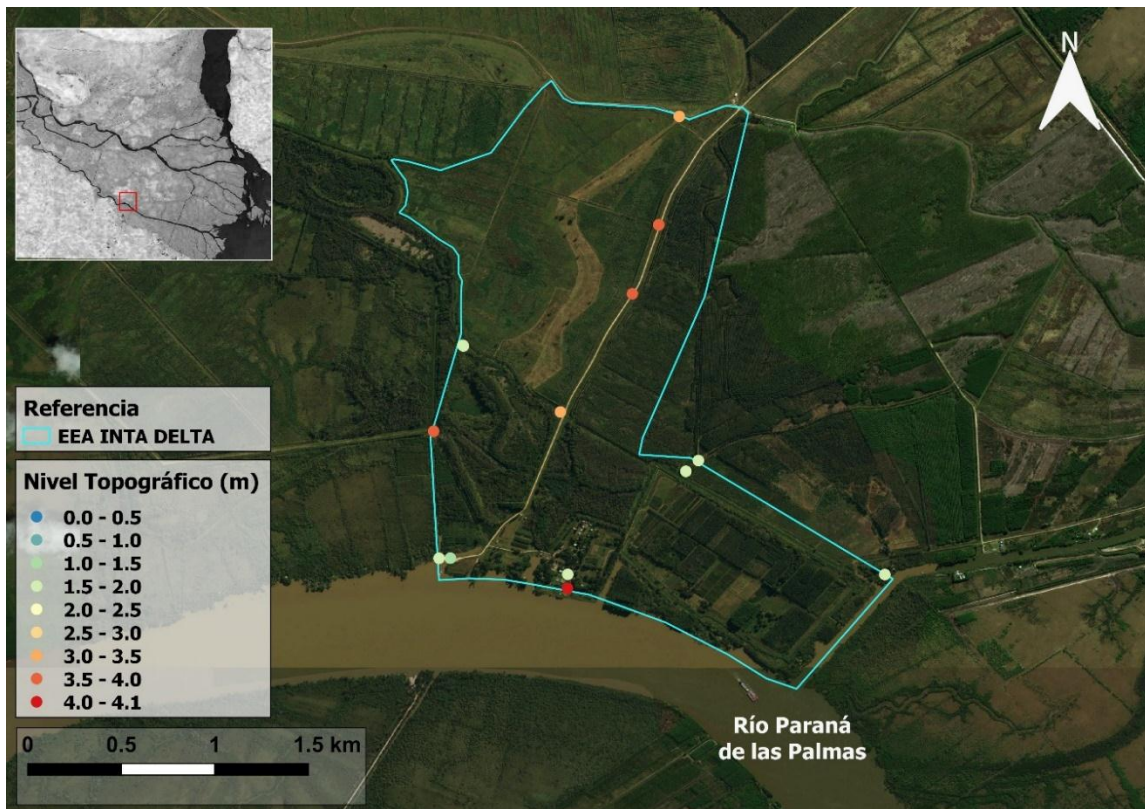


Figura 2.24. Puntos relevados en campaña.

2.2.1.6. Materialización y relevamiento de puntos fijos

La existencia de puntos materializados de coordenadas conocidas en territorio es una herramienta fundamental para la realización de los relevamientos. El IGN ha elaborado mojones que materializan puntos fijos en todo el país, los mismos forman parte de la Red de Nivelación Argentina (RN-Ar). También existen diversas marcas, puntos materializados o mojones precarios definidos por los pobladores locales o por otras instituciones.

Los puntos fijos deben ser identificables a la vista e inamovibles.

En las campañas de relevamientos se llevó adelante la materialización de puntos fijos vinculados al datum vertical del IGN con la construcción de marcas altimétricas, confeccionadas con pilares de hormigón y/o colocación de bulones sujetos a superficies rígidas. También se relevaron puntos inamovibles que pudieran ser utilizados a futuro como referencias. Todos estos pueden visualizarse en la Figura 2.25 y el detalle de los mismos en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Detalle de puntos fijos ejecutados o relevados.

Nro	Fecha	Referencia - Nombre del punto.	Condición de punto fijo	Latitud	Longitud	Cota (m IGN)
1	12/12/2017	EEA – “5,14”	preexistente	34°10'36" S	58°51'48" O	4.04
2	19/06/2018	Zemek – Compuerta de dique	preexistente	34°10'01,11" S	58°38'17,24" O	2.82
3	03/07/2018	Arauco SA - Bulón en pasarela	preexistente	33°39'29,68" S	58°34'52,36" O	2.60
4	04/09/2018	López – Brecha	nuevo	33°59'05,87" S	58°46'20,82" O	1.53
5	04/09/2018	López – Arroyo Los Tigres	nuevo	34°02'56,18" S	58°43'44,60" O	3.10
6	05/09/2018	Korcarz – Zona de bomba	nuevo	34°05'22,97" S	58°56'05,73" O	1.90

Para la construcción de elementos sólidos que materializan los puntos fijos se utilizaron pequeñas estructuras de hormigón o de mezcla de cemento y arena. La profundidad de las excavaciones necesarias varía según la naturaleza del terreno, y fueron elaboradas con palas manualmente. Algunos ejemplos pueden verse en la Figura 2.26.

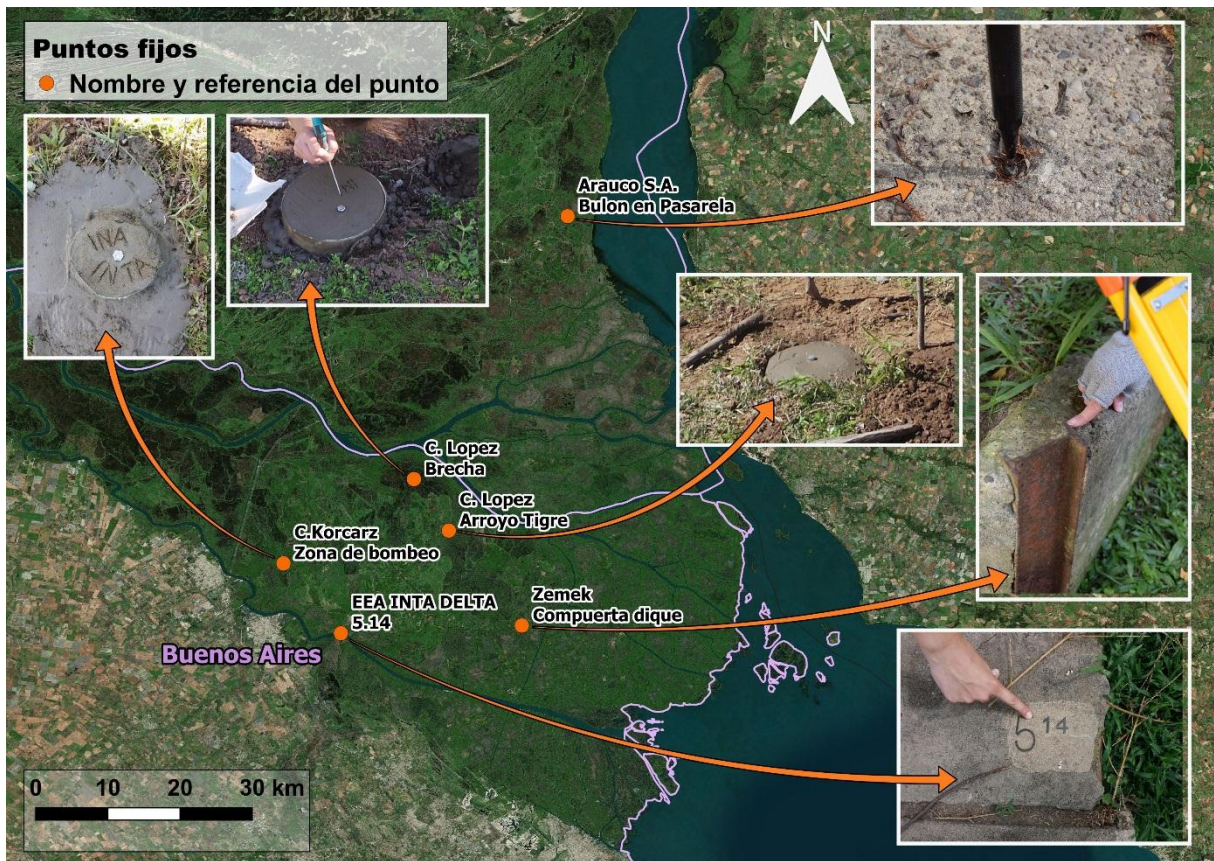


Figura 2.25: Puntos fijos materializados o relevados

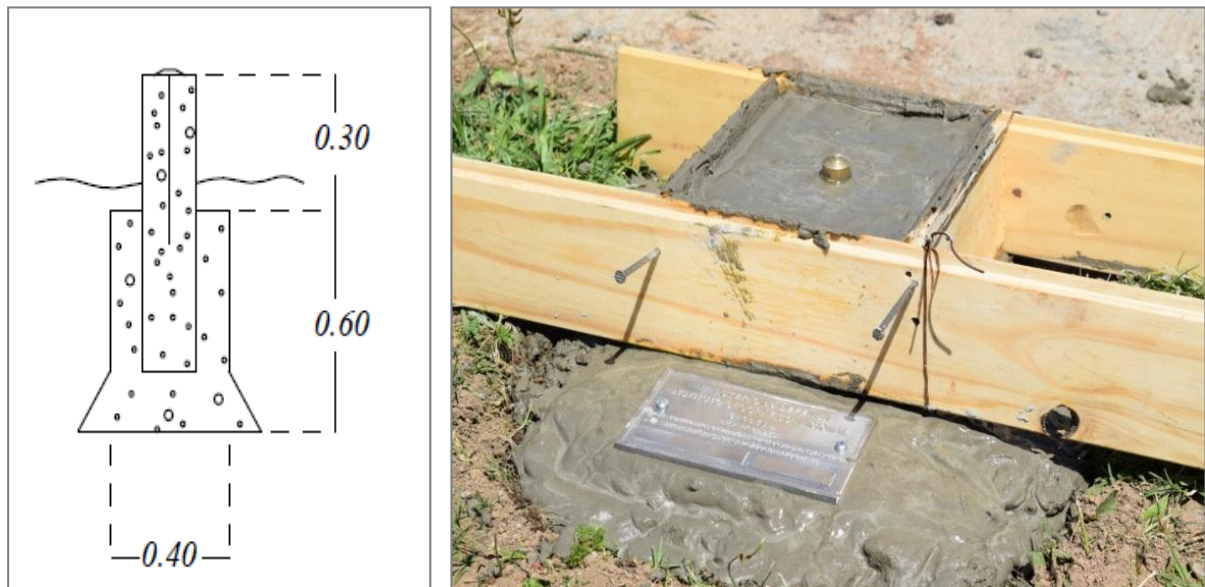


Figura 2.26. Esquema y materialización de mojón.

2.2.1.7. Análisis de relevamientos

Los datos altimétricos obtenidos de campañas se analizaron comparativamente con los

datos altimétricos del MDE-INA y con productos de MDE-Ar de IGN.

En aquellas campañas en las que existían más de un dato en un ratio de 1m, para la elaboración de gráficos comparativos se obtuvo un promedio y un desvío. Se realizó la comparación de los puntos con los datos en la misma localización geográfica en el MDE, y se obtuvo finalmente un promedio de variaciones. Los datos de las campañas 1 y 8 se utilizaron de forma conjunta ya que es una única zona de trabajo.

2.2.1.7.1. Comparación con el MDE-INA

Para llevar a cabo el análisis comparativo de la información obtenida de los relevamientos topográficos con el MDE-INA (Sabarots Gerbec et al., 2017), se procesaron los datos altimétricos descartando inicialmente los puntos relevados sobre diques y atajarepentes, considerando que no existe una representación de estas variaciones bruscas de niveles en el terreno en los MDE-INA.

En la Figura 2.27 se visualizan valores obtenidos del promedio de cotas, en metros, de puntos relevados en cada zona. Además muestra para las mismas zonas los valores del MDE-INA.

Las variaciones del promedio de mediciones en cada una de las zonas puede visualizarse en la Figura 2.28.

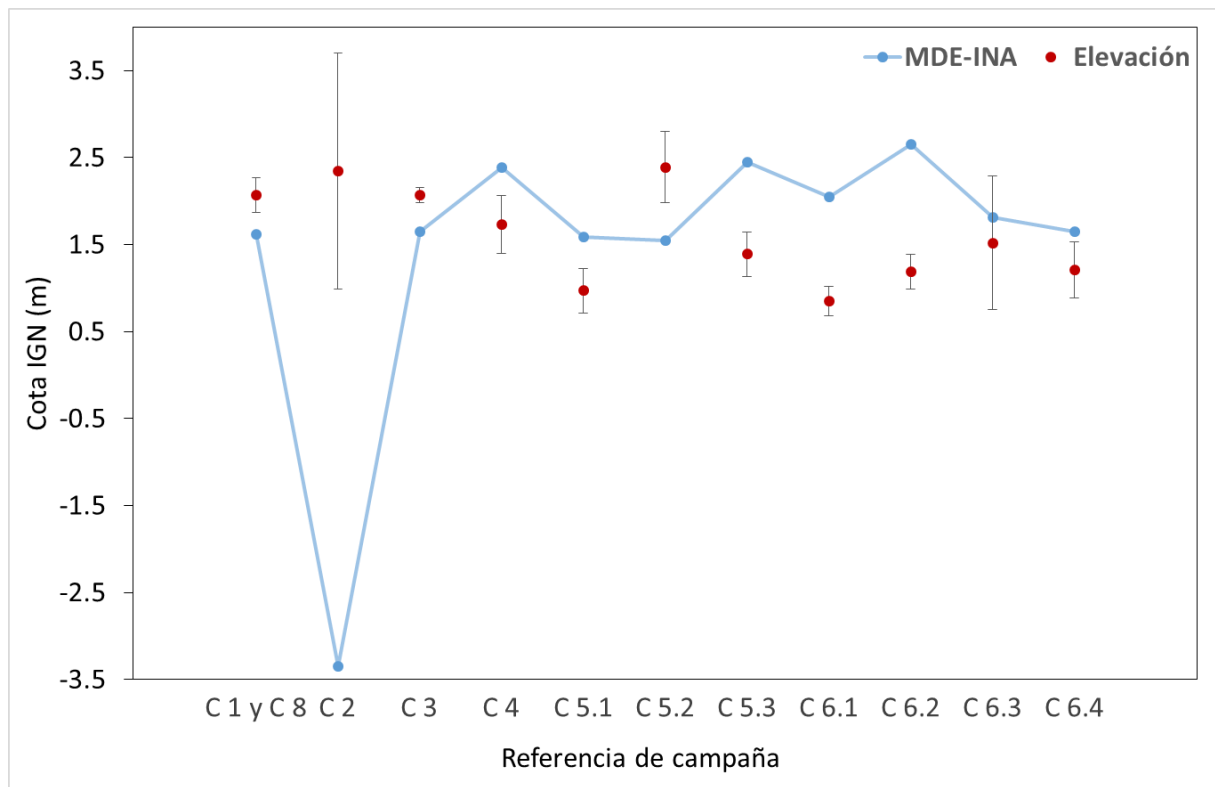


Figura 2.27. Cotas promedio de zonas relevadas vs MDE-INA

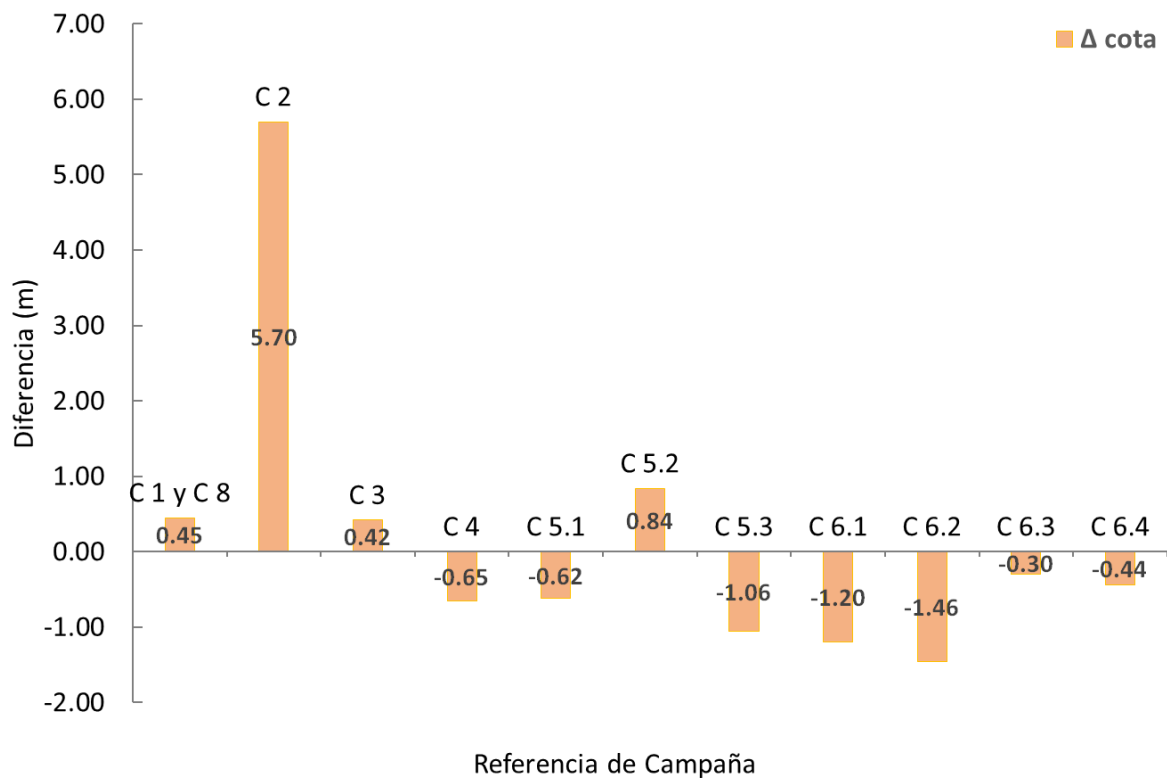


Figura 2.28. Variación de niveles topográficos medios respecto al MDE-INA

La variación más significativa produce en la zona de la Campaña 2, desarrollada a orilla del Canal Seoane en el predio que habita Jorge Zemek. En dicha zona el MDE-INA asume un ancho del cauce del Canal Seoane mayor al real. Los puntos relevados, entonces, se encuentran en una zona que el MDE-INA define como curso de agua (Figura 2.29), como resultado de ese desfase, la comparación altimétrica arroja una diferencia que supera los parámetros esperados.

Las variaciones mínimas observadas, entre 30 y 45 cm, se dan en las zonas relevadas a orillas del río Paraná de las Palmas correspondientes a los relevamientos de las campañas 1 y 8 en la EEA INTA Delta, y 6 en los predios de Leveroni y Suetta.

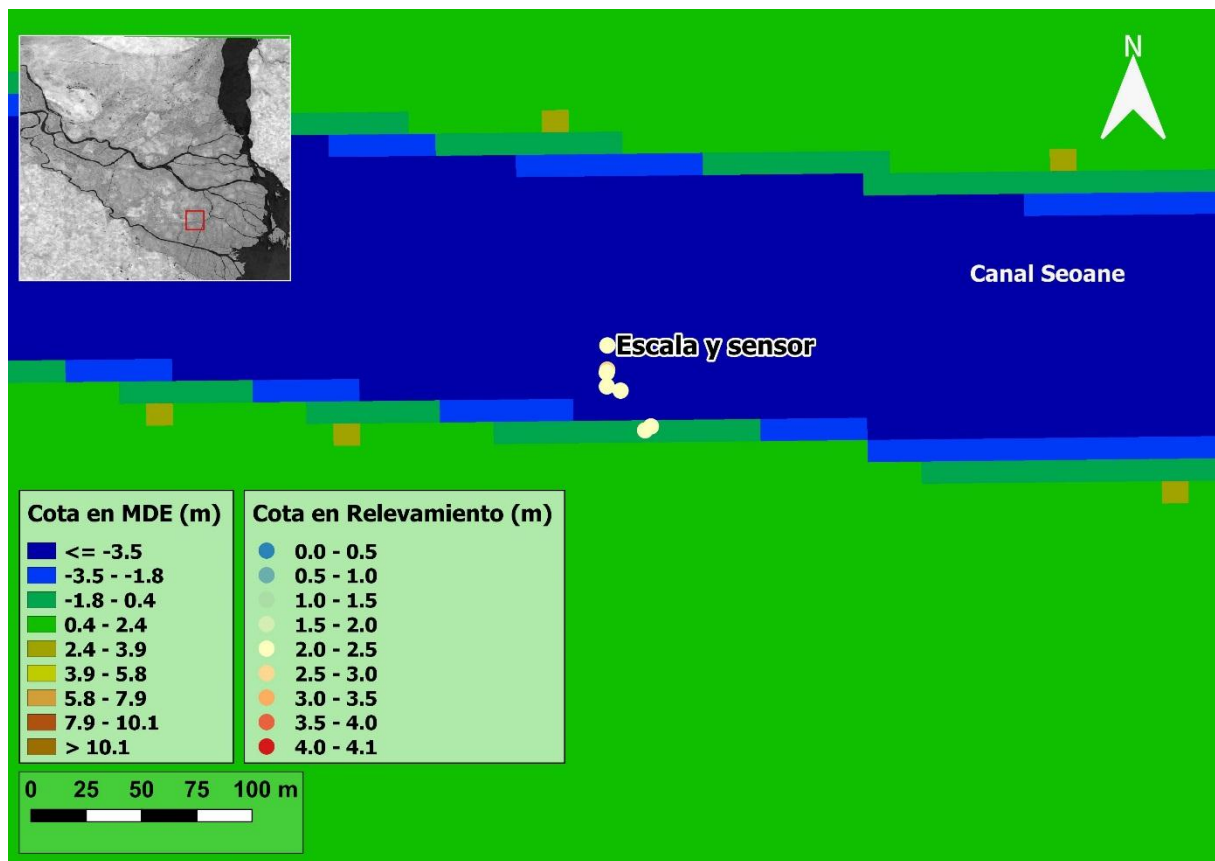


Figura 2.29. Relevamiento zona de relevamiento de campañas Nro2

Teniendo en cuenta el origen de los datos topográficos que permitieron la construcción del MDE-INA (puntos acotados en las cartas topográficas del IGN), se considera aceptables las variaciones obtenidas.

2.2.1.7.2. Comparación con el MDE-Ar

A partir de vuelos aerofotogramétricos, el IGN ha desarrollado un MDE con una resolución espacial de 5 m y una precisión vertical submétrica.

El modelo presenta los mayores valores altimétricos coincidentes con sectores vegetación alta (tipo forestal). Esto se debe a que fue construido a partir de fotografías aéreas. En consecuencia, para este análisis se descartaron los puntos del MDE-Ar con cotas mayores a 5m.

El modelo MDE-Ar aerofotogramétrico de 5m incluye una zona limitada del Delta (Figura 2.30), lo que permitió únicamente la comparación de valores altimétricos medidos en las campañas referenciadas como 1, 2, 4, 6 y 8.

Para el análisis comparativo de las campañas que están localizadas por fuera de los límites de MDE-Ar aerofotogramétrico de 5m se utilizaron valores del MDE-Ar MDE-Ar -v2.0 30m.

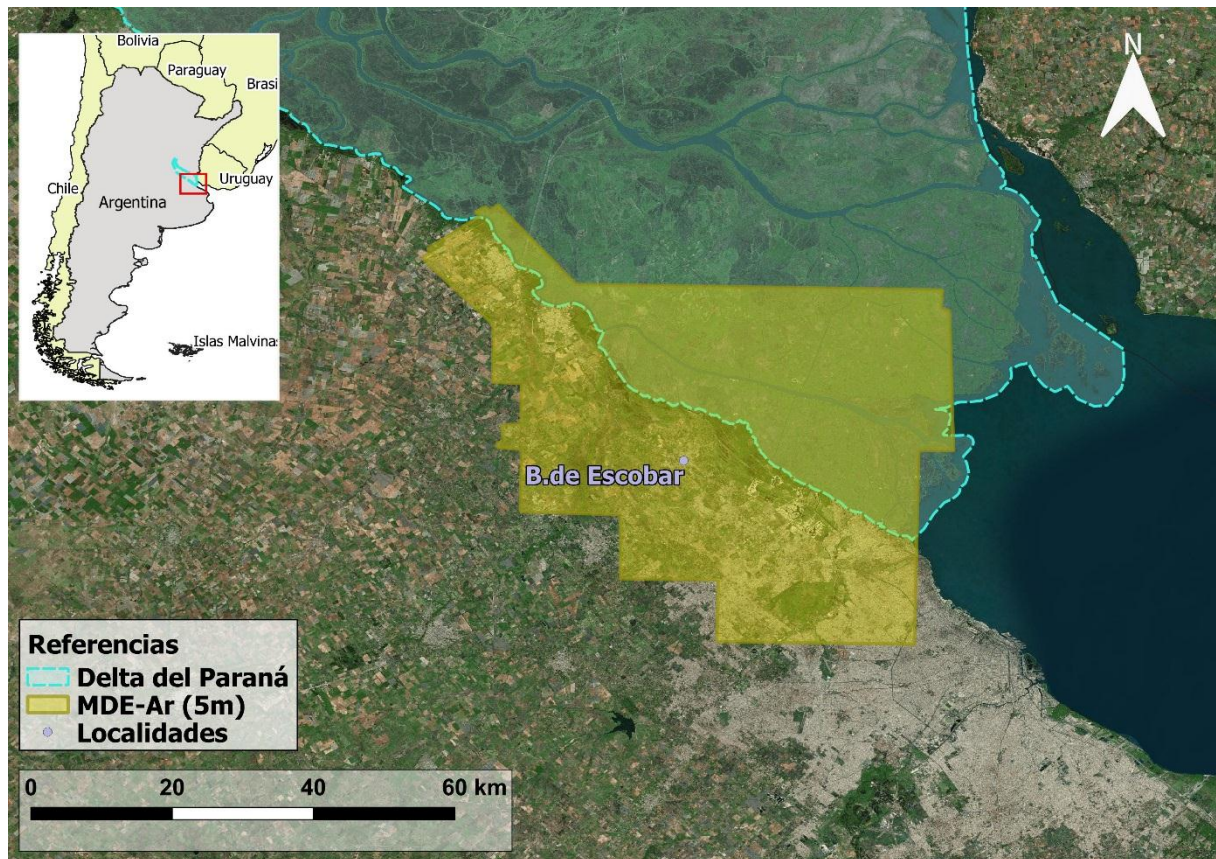


Figura 2.30. MDE IGN aerofotogramétrico 5m

Los resultados de la comparación de niveles promedio expresan variaciones cercanas al cero en las zonas donde no existe vegetación de altura y una variación de 1.82 m en las zonas de mayor densidad de arboles y arbustos (Figura 2.31)

En la Figura 2.32 se visualizan los valores obtenidos del promedio de cotas de puntos relevados en cada zona, además muestra los valores del MDE IGN obtenidos para los mismo sitios.

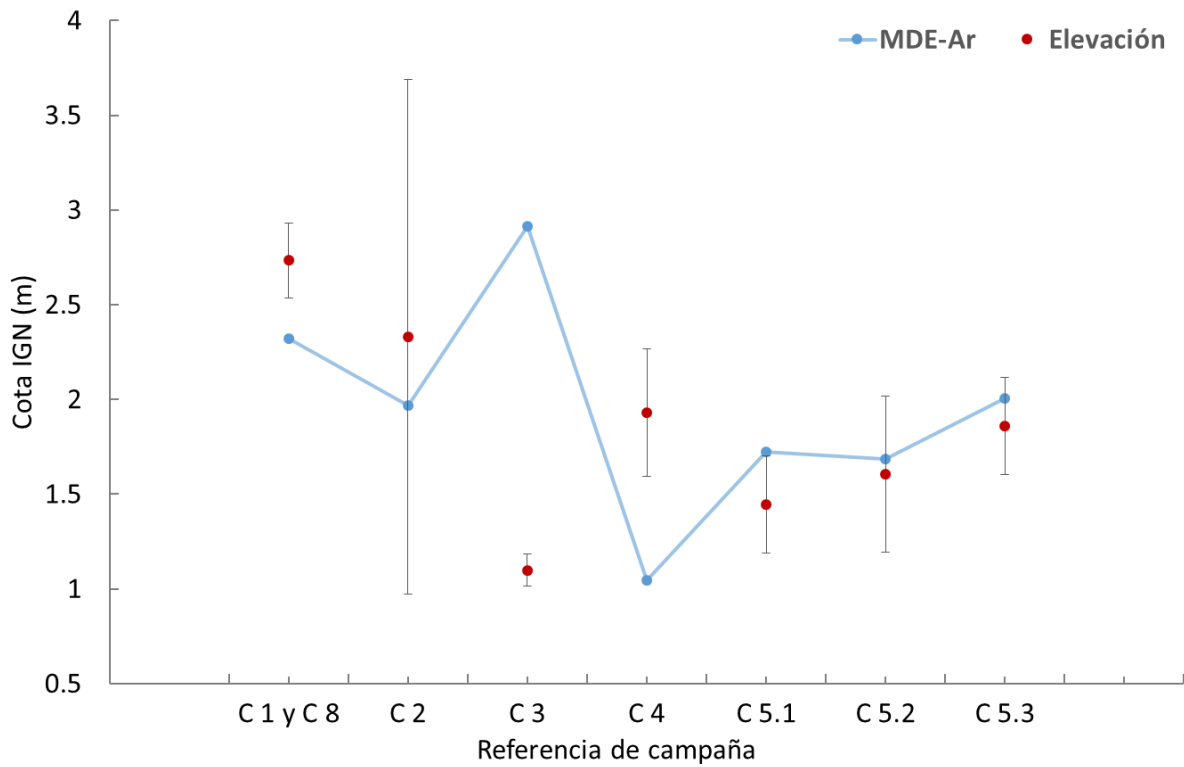


Figura 2.31. Cotas promedio de zonas relevadas vs MDE-IGN

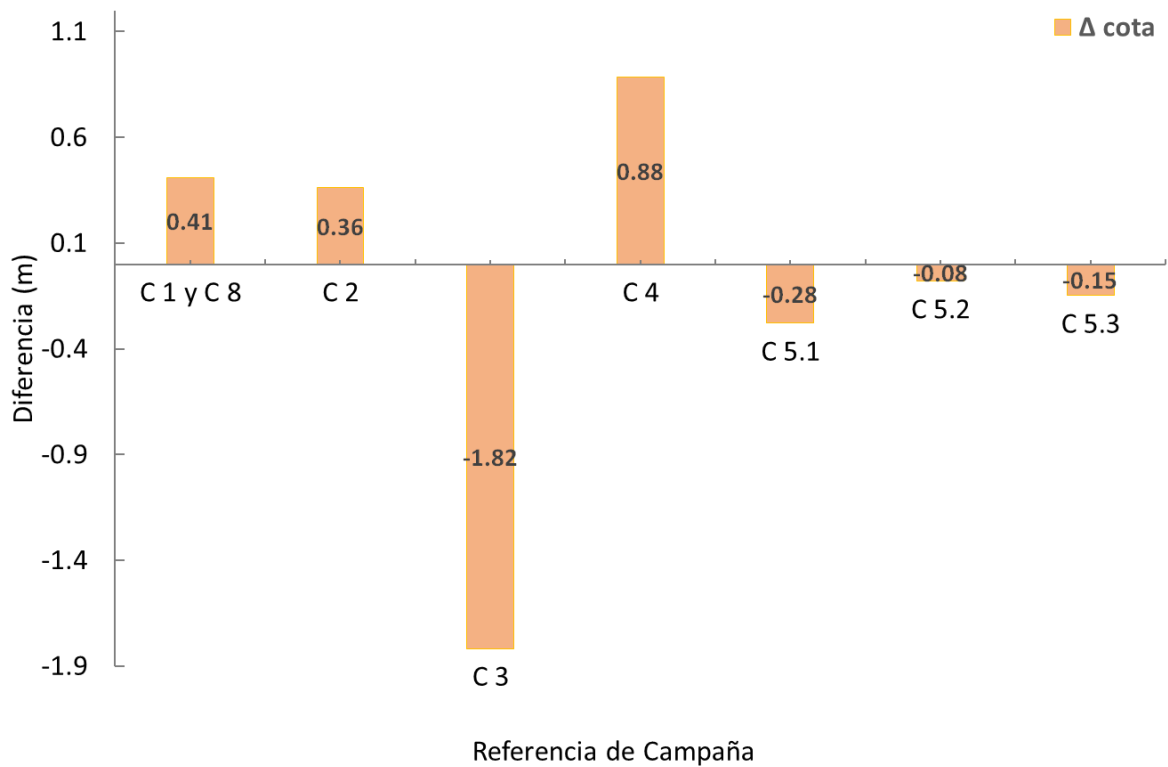


Figura 2.32. Variación de niveles topográficos medios respecto al MDE-Ar -v2.0 30m y aerofotogramétrico 5m- según las zonas.

2.2.2. Batimetría

El relevamiento batimétrico se basa en obtener la profundidad de un curso de agua, realizando la medición desde la superficie del agua hasta el lecho del curso (Figura 2.33). Cada medición de profundidad debe estar asociada al posicionamiento geográfico y vinculado a un nivel de agua respecto de una referencia externa (por ejemplo a una escala hidrométrica próxima).

2.2.2.1. Ecosonda

Una ecosonda es un dispositivo que permite obtener datos batimétricos, registrar el tipo de fondo (rocas, arenas o fangos) y los organismos vivos que se mueven en el cuerpo de agua (animales acuáticos) en función de su reflectividad acústica (Fontán et al., 2013).

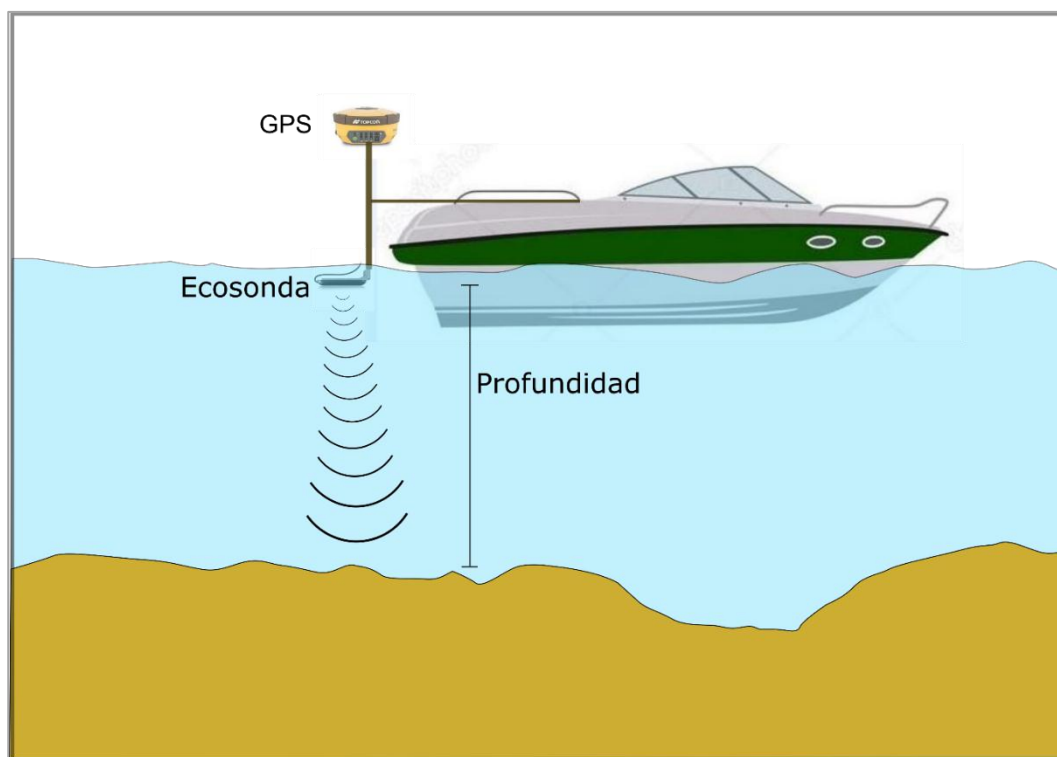


Figura 2.33. Ecosonda y GPS en embarcación.

Su funcionamiento consiste en la emisión y recepción de pulsos acústicos que se reflejan en la superficie del fondo. En la emisión, el transductor o fuente acústica convierte las ondas eléctricas en ondas acústicas, que se propagan en la columna de agua como una onda de presión. Recíprocamente durante la recepción, las ondas de presión son convertidas de nuevo en el transductor en ondas eléctricas. De este modo, la ecosonda calcula la profundidad en cada instante teniendo en cuenta la velocidad de la onda (relación entre su longitud de onda y frecuencia) y el tiempo de ida y vuelta de la onda acústica en la columna de agua.

La calidad de un estudio batimétrico depende de las propiedades topográficas del fondo que definen su irregularidad, pero también de las propiedades de la onda emitida, tales como su frecuencia, apertura de haz y energía de transmisión, las cuales son características de cada transductor.

Para el desarrollo de las campañas en el Delta del río Paraná se utilizó una *Ecosonda ECHOMap Garmin* compuesta por una controladora y un transductor con GPS incorporado (Figura 2.34).



Figura 2.34. Ecosonda ECHOMap GARMIN modelo 42cv, controladora (izq.) y sonda (der.)

Esta ecosonda consta de una controladora que permite visualizar en tiempo real los datos del relevamiento y un transductor con sonda de doble frecuencia y doble haz. Los modos de utilización son CHIRP (77/200 kHz) y CHIRP ClearVü (455/800 kHz, 500 W). La potencia de transmisión es de 500W(RMS)/400 W (*peak to peak*) y el alcance de profundidad máxima es de 701 m en agua dulce y 335 m en agua salada a una frecuencia de 77kHz.

El error promedio de las observaciones con la ecosonda *ECHOMap Garmin* es de 10 cm.

2.2.2.2. Criterios para el relevamiento.

Para llevar a cabo los relevamientos deben tenerse en cuenta criterios que colaboren con la seguridad y que harán posible la obtención de datos de calidad.

La logística de la medición, en particular el transporte de la ecosonda durante la medición, es condicionada por las características del curso de agua (ancho, velocidad y presencia o no de puentes).

Según la necesidad de disponer de una embarcación o un dispositivo para facilitar el transporte de la ecosonda desde tierra, será desarrollada la logística de la campaña.

El diseño de los elementos y metodologías para el relevamiento en movimiento deben contemplar que la controladora y batería no deben ser sumergidos en el agua. El transductor debe trasladarse sobre la superficie del agua en un plano tangencial al eje que une el centro de la tierra con la superficie del agua.

La elección de frecuencia óptima a emplear deberán definirse en función a la profundidades de la zona en estudio. A mayores profundidades será necesario utilizar frecuencias menores. En los casos de menor profundidad de puede utilizar frecuencias mayores teniendo en cuenta que los haces producido serán de menor diámetro (Figura 2.35)

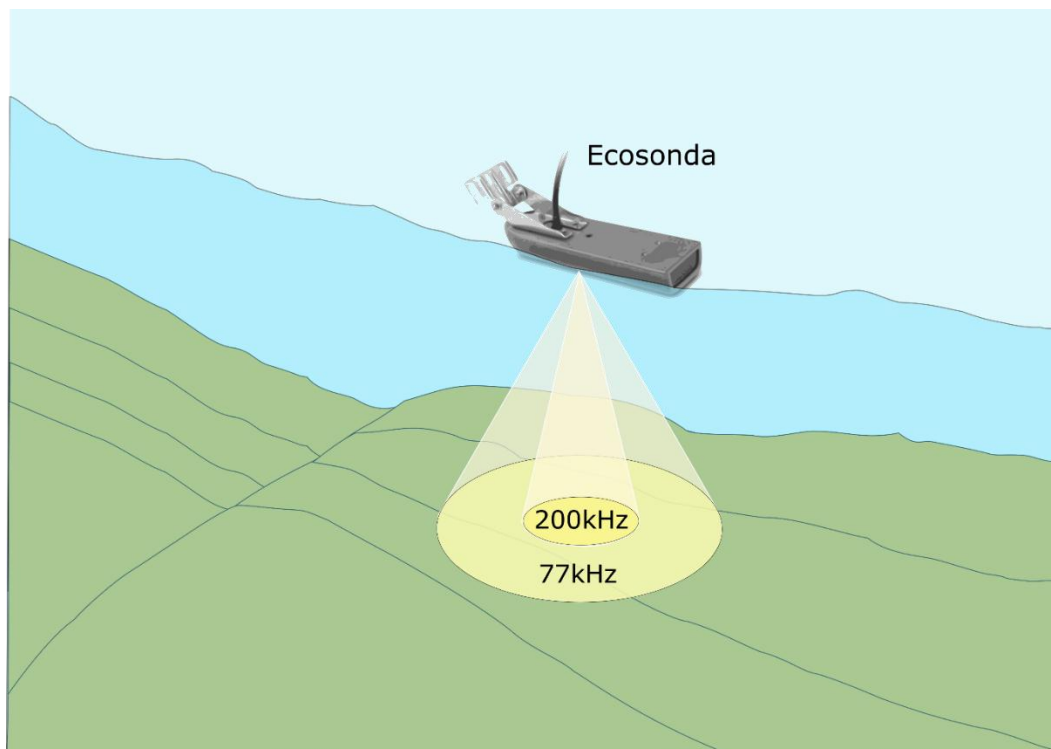


Figura 2.35: Haz de frecuencia de 77kHz para grandes profundidades de gran diámetro y haz de frecuencia 200kHz para profundidades menores de diámetro menor.

2.2.2.3. Metodología

Para la ejecución de los relevamientos se procedió conectando el equipo fuera del agua. La sonda es alimentada con una batería de 12v externa conectada a la controladora y ésta al transductor (Figura 2.36)

Posteriormente, se colocó el transductor de la ecosonda sobre la superficie del agua para llevar a cabo el relevamiento. Ésta debe trasladarse a velocidades bajas variables (en función a la frecuencia elegida) por la superficie del agua mientras que la controladora permite la visualización en tiempo real de los datos y debe estar conectada a la alimentación eléctrica en forma de baterías.

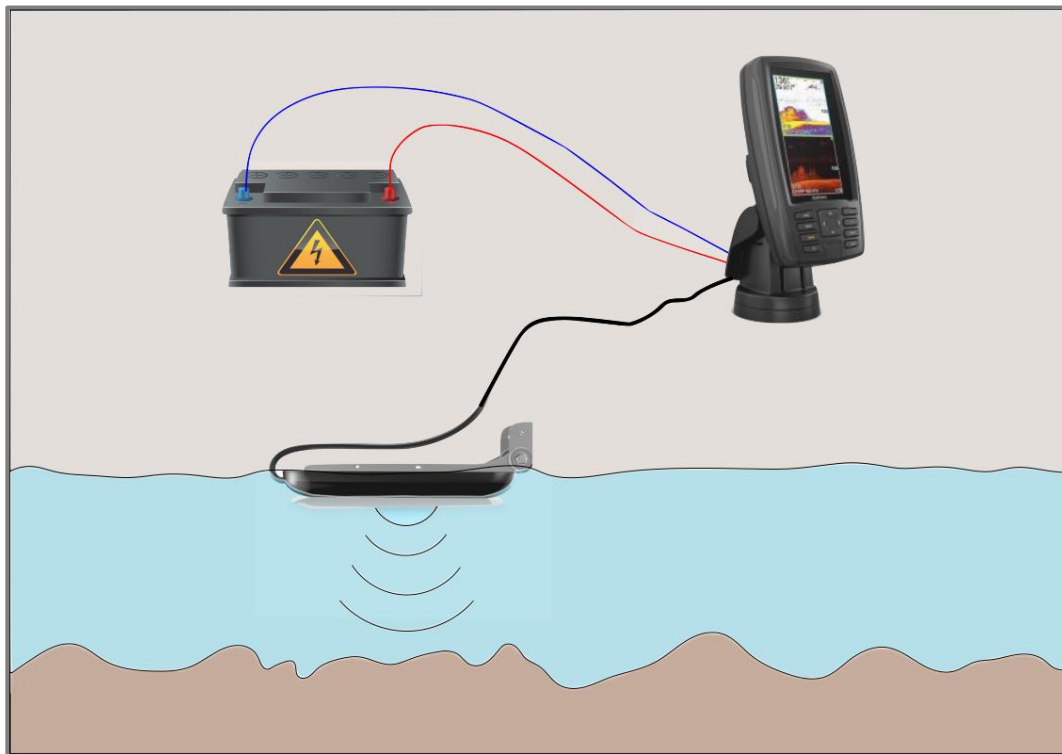


Figura 2.36. Conexión de controladora transductor y batería.

Para el traslado del transductor sobre la superficie del agua fueron diseñados diferentes métodos y dispositivos.

Lo primero que debe asegurarse es la flotabilidad del transductor por lo que en ocasiones se utilizó una tabla de madera vinculada con precintos, esta metodología fue poco útil debido a que sobre una embarcación era necesaria sostenerla manualmente y al aumentar la velocidad la misma se voltea, por lo que la tabla fue reemplazada por un bastón de madera que permitió sostener el transductor de forma vertical pero generó incomodidades para mantenerla en la superficie. Por otro lado en los casos en los que se pretendió trasladar el transductor con sogas y roldanas desde una orilla a otra de un curso de agua, se tuvieron limitaciones en la longitud el cable de conexión entre controladora-alimentación y transductor.

Para mejorar el dispositivo, se adosó a la tabla de madera un elemento flotante y cerrado, éste permitió colocar la controladora y la alimentación dentro y evitó la limitación de la longitud del cable para el traslado, ya que los tres dispositivos se trasladaban juntos con el sistema de sogas y roldanas.

2.2.2.4. Postproceso y disposición final de datos

Los datos batimétricos son almacenados en la memoria interna de la controladora de la ecosonda.

Para la descarga de datos fue necesario trasladar los mismos a la tarjeta de memoria desde la controladora con el proceso: *Datos de usuario* → *Gestionar datos* → *Transferencia de datos* → *Guardar en tarjeta*. Una vez con los datos en la tarjeta de memoria extraíble, es posible exportarlos para trabajarlos en diferentes formatos.

Para la manipulación de los datos y exportarlos a los formatos deseados se utilizó el *software Homeport* de *GARMIN*. Finalmente quedaron georreferenciados y disponibles en formato vectorial.

2.2.2.5. Relevamientos realizados

A continuación, se detallan las características relevantes de cada una de las campañas realizadas.

Campaña 3 – Arroyo Martinez

La Campaña 3 planteada con fines múltiples, el día 3 de Julio de 2018 incluyó relevar la batimetría del arroyo Martinez con la ecosonda. Esta campaña tuvo como principal objetivo la prueba en campo del equipo y la dinámica de trabajo con la ecosonda.

Se realizó el relevamiento sobre una pequeña lancha que realizó un recorrido que incluyó varias transectas partiendo desde la orilla del predio de la empresa ARAUCO SA hasta la desembocadura del arroyo Martinez en el río Uruguay (Figura 2.37 y Figura 2.38).

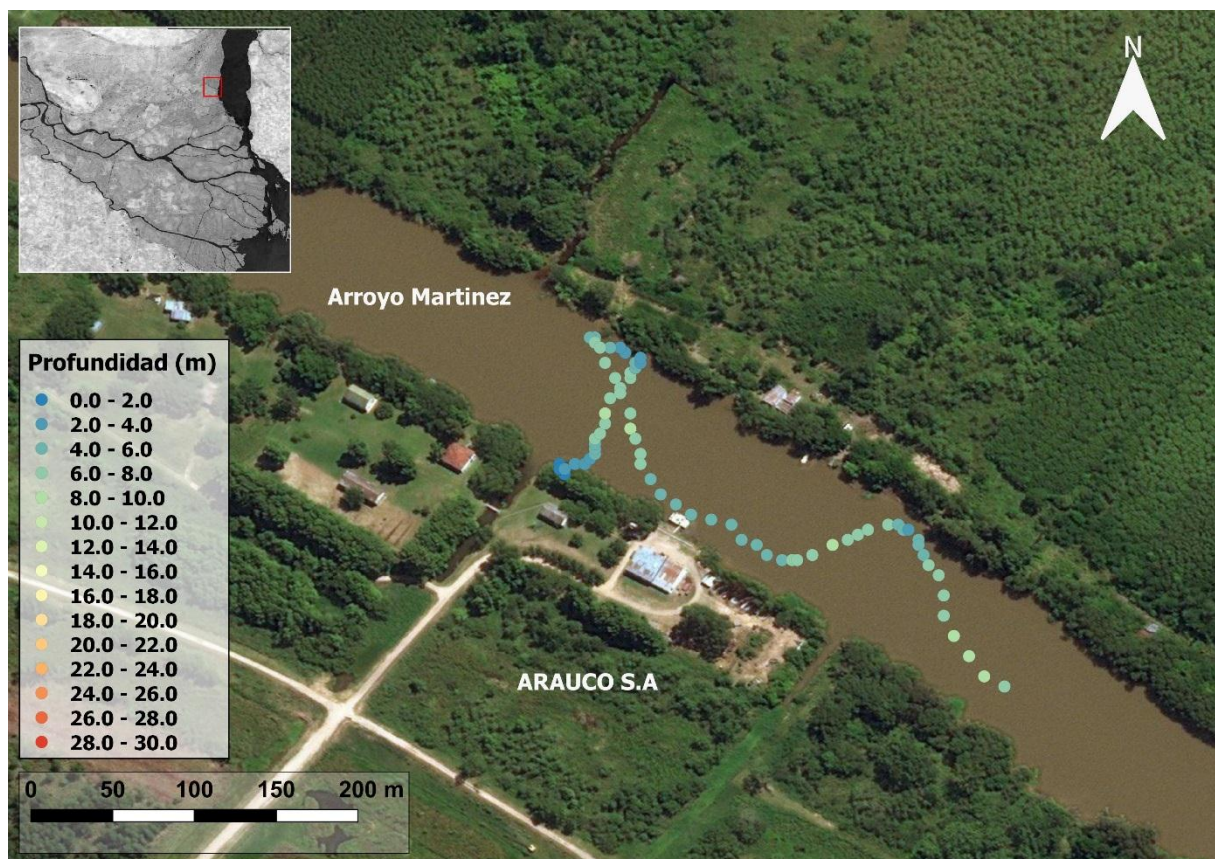


Figura 2.37. Relevamiento batimétrico en Arroyo Martinez

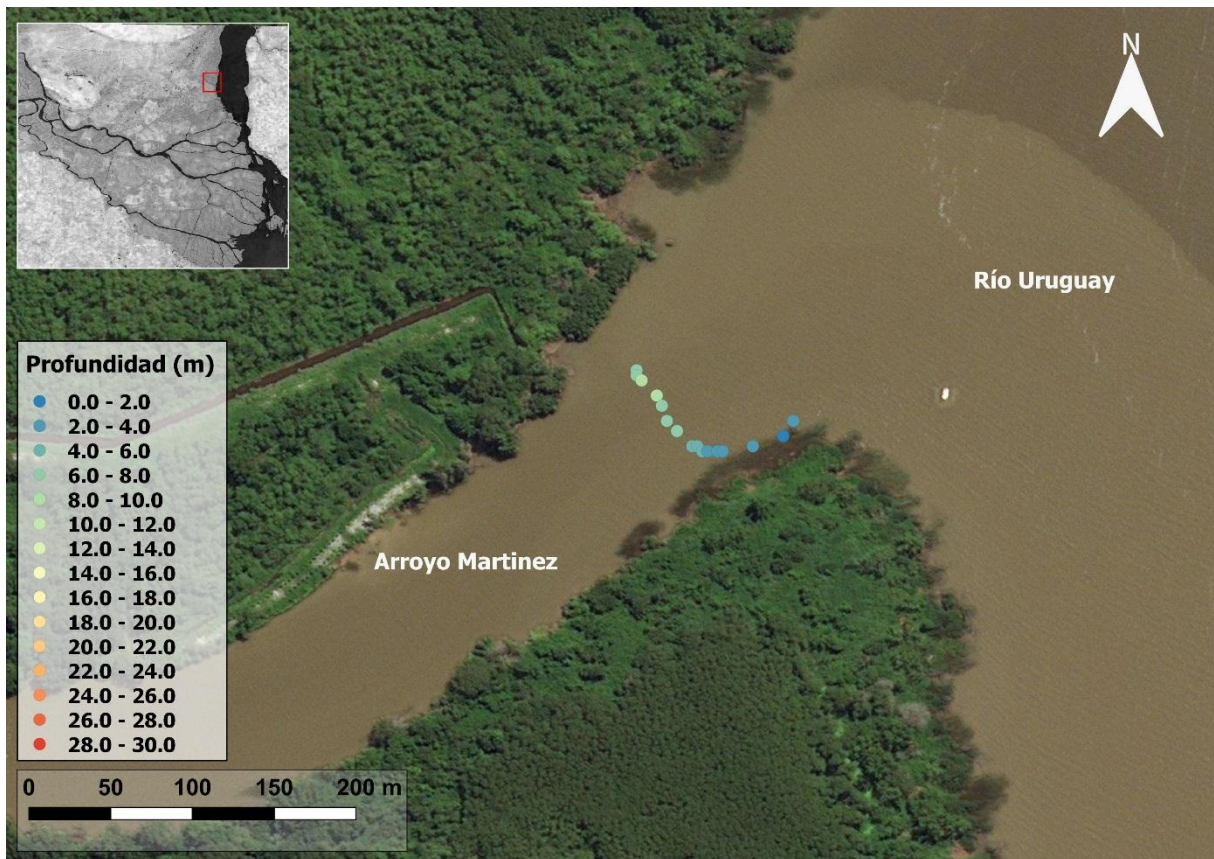


Figura 2.38. Relevamiento batimétrico en desembocadura de Arroyo Martinez

El transductor de la ecosonda se sujetó a una tabla de madera que fue sostenida de forma manual sobre la superficie del agua en todo el recorrido.

Se verificó el correcto funcionamiento del dispositivo mediante la observación de datos en la controladora de la ecosonda (Figura 2.39).



Figura 2.39. Controladora de la ecosonda midiendo batimetría.

Campaña 5 –López y Korcarz

La Campaña 5 realizada el 4 y 5 de septiembre de 2018 se utilizó para analizar el comportamiento de la ecosonda en pequeñas profundidades. Las mediciones fueron ejecutadas en canales de préstamo, paralelos a los terraplenes de protección.

Los relevamientos batimétricos desarrollados en los predios privados de Carlos López y Carlos Korcarz fueron realizados con el transductor colocado sobre un elemento que proporcionaba flotabilidad y que resultó desplazado con un sistema de sogas. La alimentación se mantuvo permanente en una de las orillas (Figura 2.40).

En la propiedad de Carlos Lopez se relevó la zona por donde ingresó el agua dentro del endicamiento durante la crecida del 2016 (Figura 2.41).



Figura 2.40. Relevamiento con ecosonda



Figura 2.41. Relevamiento batimétrico en propiedad de Carlos Lopez.

Campaña 6 – Río Carapachay

La Campaña 6 se desarrolló en dos etapas. La primera el día 26 de septiembre de 2018 donde se relevó la batimetría del río Paraná de las Palmas (Figura 2.43) y el río Carapachay (Figura 2.43). La segunda etapa el día 27 de septiembre de 2018 donde se relevó nuevamente el río Carapachay (Figura 2.44) en otra zona del cauce, el arroyo Caraguatá (Figura 2.45) y el río Luján (Figura 2.46 y Figura 2.47).

La campaña se llevó a cabo en diferentes embarcaciones (una lancha privada, una lancha de INTA y un kayak), lo que posibilitó el uso de la ecosonda a diferentes velocidades y la visualización de las diferencias en las tomas de datos. Los pulsos de la ecosonda son emitidos a con una variación constante de tiempo por lo que los relevamientos a alta velocidad tuvieron como resultado datos aislados que no fueron útiles.

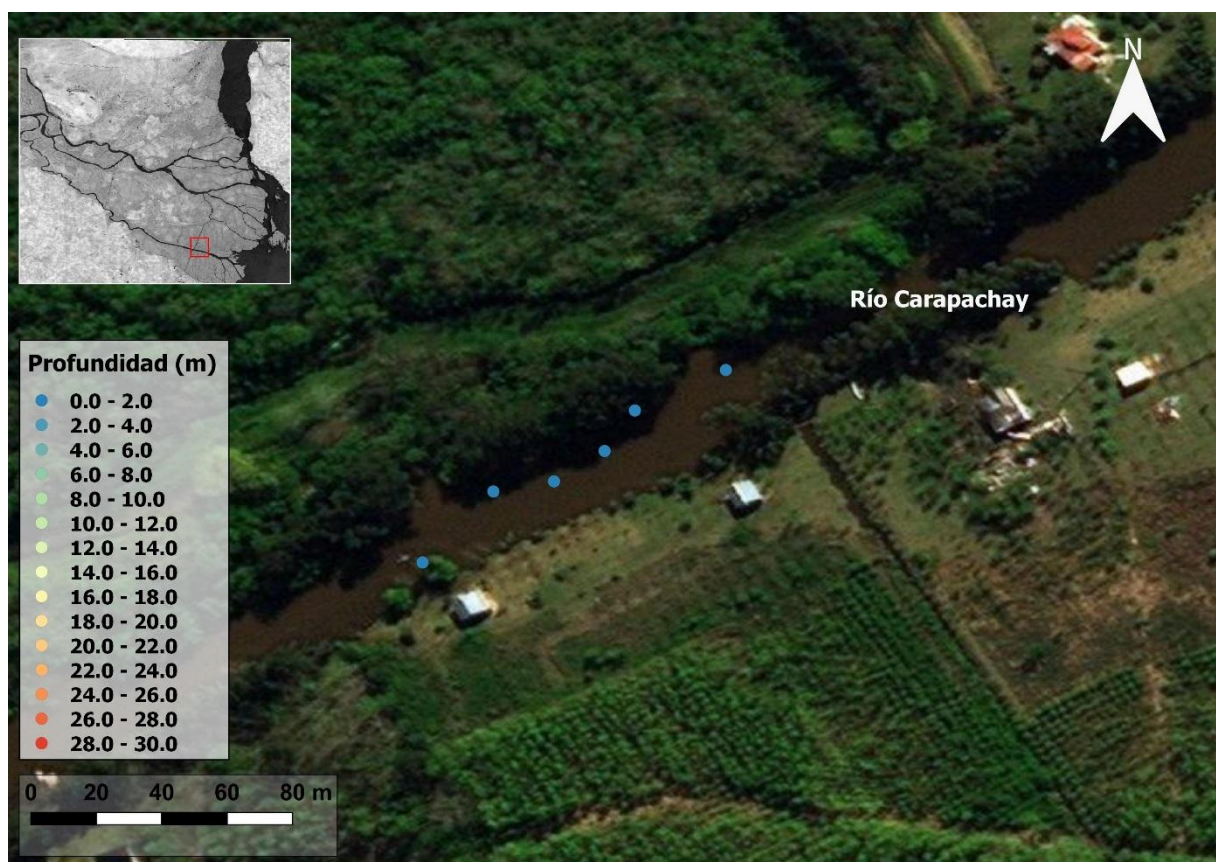


Figura 2.42. Relevamiento batimétrico realizado sobre el río Carapachay.

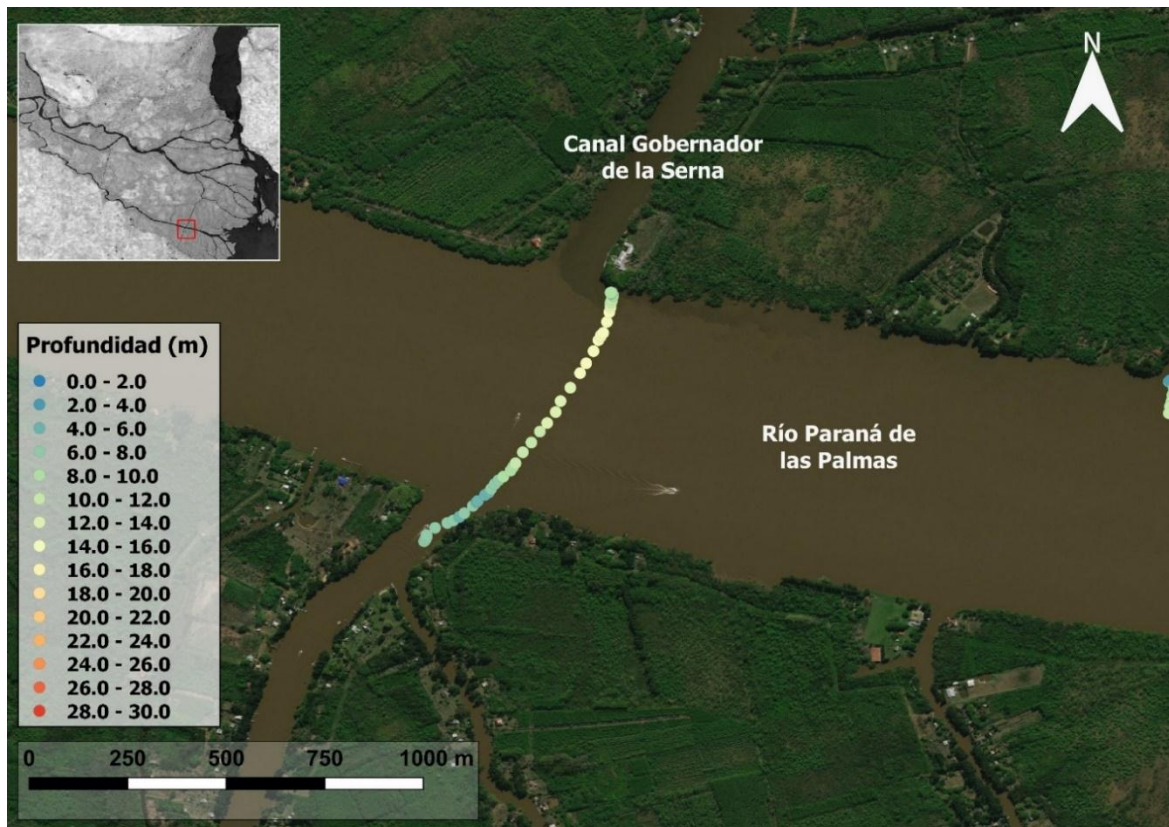


Figura 2.43. Relevamiento batimétrico realizado sobre el río Paraná de las Palmas

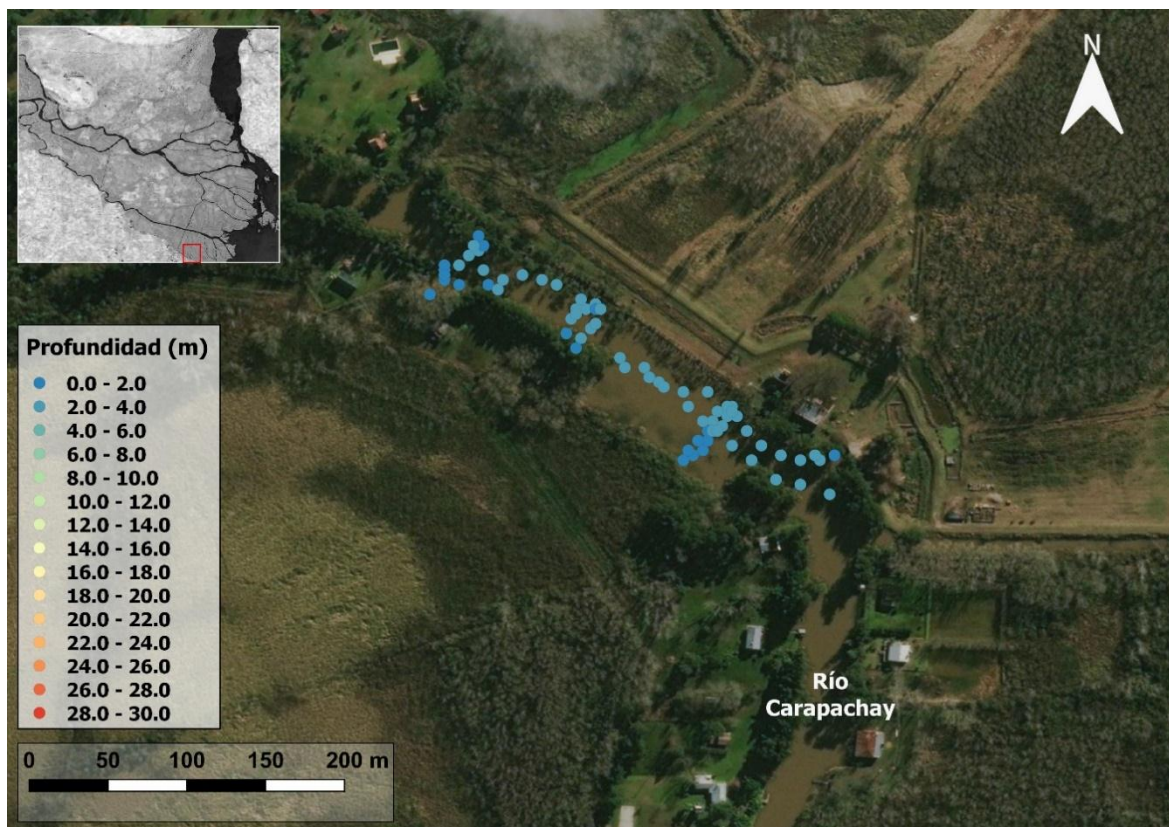


Figura 2.44. Relevamiento batimétrico sobre río Carapachay



Figura 2.45. Relevamiento batimétricos sobre arroyo Caraguatá

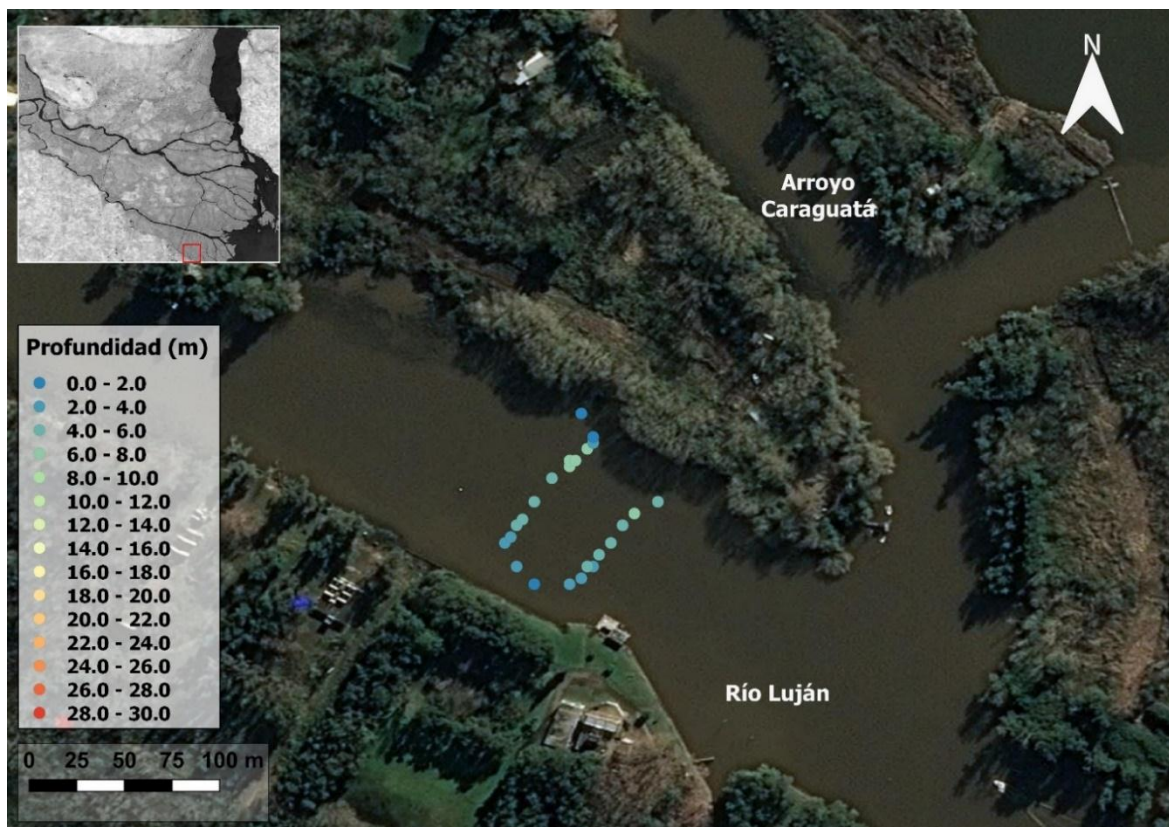


Figura 2.46. Relevamiento barimétrico sobre río Luján

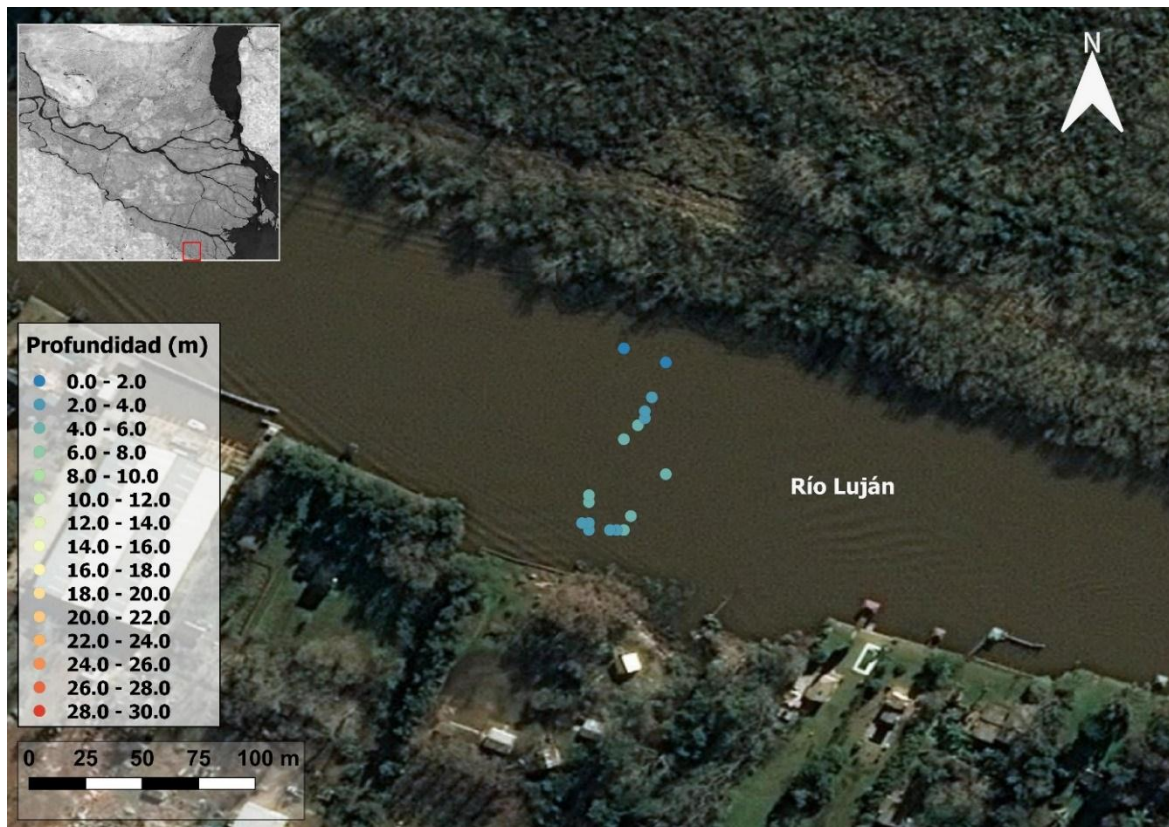


Figura 2.47. Relevamiento batimétrico sobre río Luján

Campaña 7 – EEA INTA DELTA

El principal objetivo del relevamiento batimétrico realizado en el contexto de una campaña con fines múltiples el día 31 de octubre de 2018 fue la validación de los datos batimétricos obtenidos por la ecosonda.

Para ello, se definieron dos transectas a relevar (Figura 2.50 y Figura 2.49), las cuales habían sido previamente aforadas (Sabarots Gerbec et al., 2018) con un ADCP y por lo tanto los resultados de la ecosonda permitirían la comparación entre batimetrías.

La zona es cercana a la EEA INTA DELTA y el relevamiento fue realizado en una lancha de INTA. El transductor fue sostenido en el extremo de una madera de sección rectangular y de 1 m de largo aproximadamente para la manipulación del mismo sobre la superficie del agua (Figura 2.48).



Figura 2.48. Trasductor de ecosonda con dispositivo de sostén.

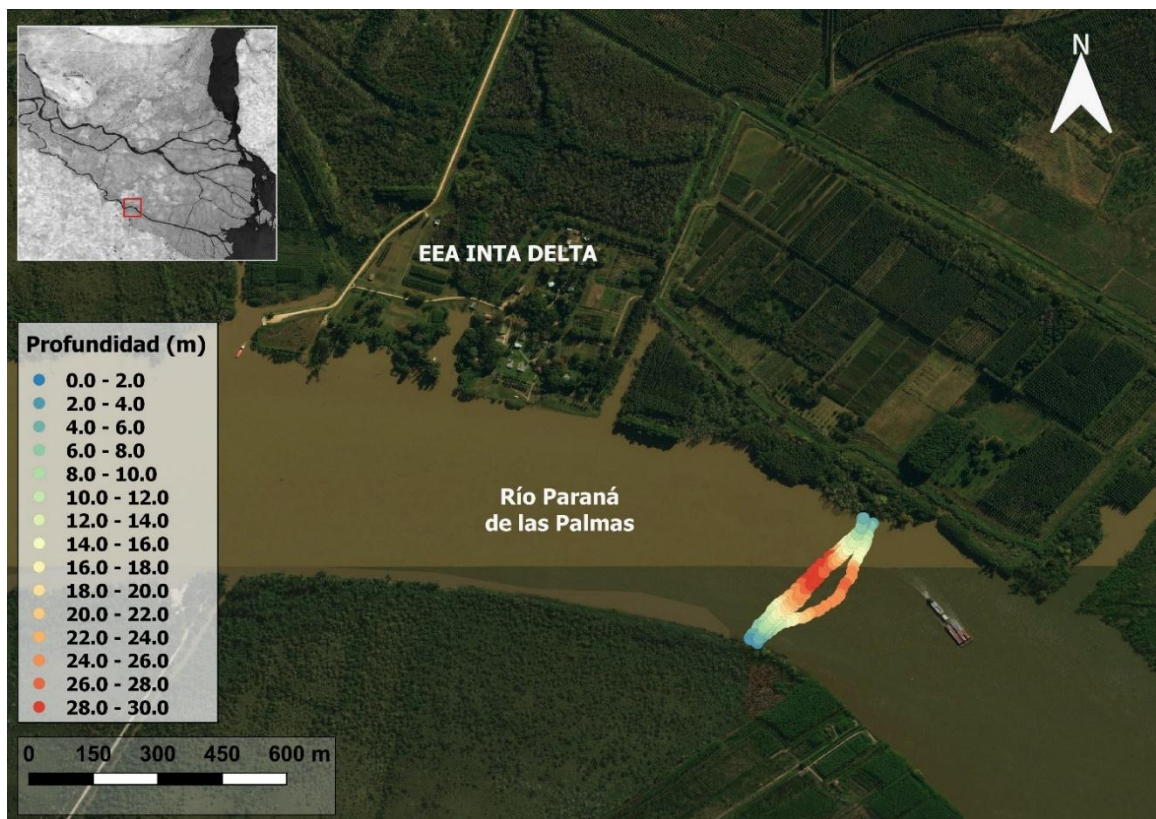


Figura 2.49. Relevamiento batimétrico con ecosonda (1,2km aguas abajo de la EEA INTA Delta)

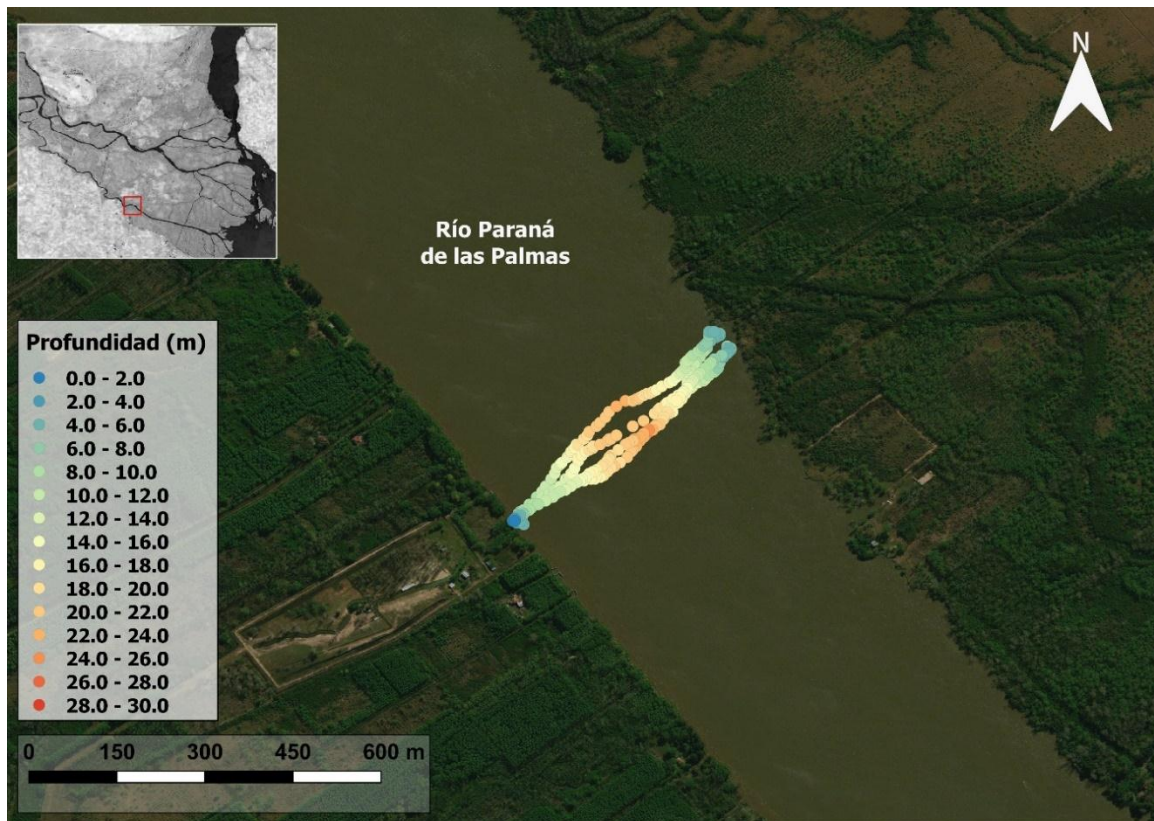


Figura 2.50. Relevamiento batimétrico con ecosonda (2,4km aguas abajo de la EEA INTA Delta)

Campaña 9 – Islas del Ibicuy

La Campaña 9 consistió en relevar tres sitios distintos del río Paranacito en el departamento Islas del Ibicuy en el Delta entrerriano el día 4 de diciembre de 2018.

Esta zona del Delta no está incluido en las modelaciones numéricas, principalmente por la ausencia de datos topobatimétricos. El conocimiento del área y la obtención de datos surge como una necesidad para la incorporación a la modelación de una zona que sufre efectos severos por crecidas.

El objetivo, entonces, fue la inspección ocular de la zona como principal herramienta, el inicio de la construcción de vínculos con organizaciones y pobladores del Delta entrerriano y la obtención de datos batimétricos de diferentes secciones del río Paranacito (Figura 2.55 a Figura 2.56).

En la campaña se utilizó un sistema de sogas para trasladar el equipo completo en un dispositivo formado por un recipiente que permitió la flotabilidad de la ecosonda y la batería sin que la misma entre en contacto con el agua, adherida a una tabla de madera que mantenía el transductor sobre la superficie del agua (Figura 2.53).

Se realizaron algunos relevamientos desde suelo firme (Figura 2.51), en casos se utilizaron puentes para transitar y trasladar el transductor de la ecosonda desde allí (Figura 2.54) y otros sobre una embarcación (Figura 2.52).



Figura 2.51. *Medición de batimetría desde las orillas.*



Figura 2.52. *Dispositivo con ecosonda en relevamiento sobre lancha.*

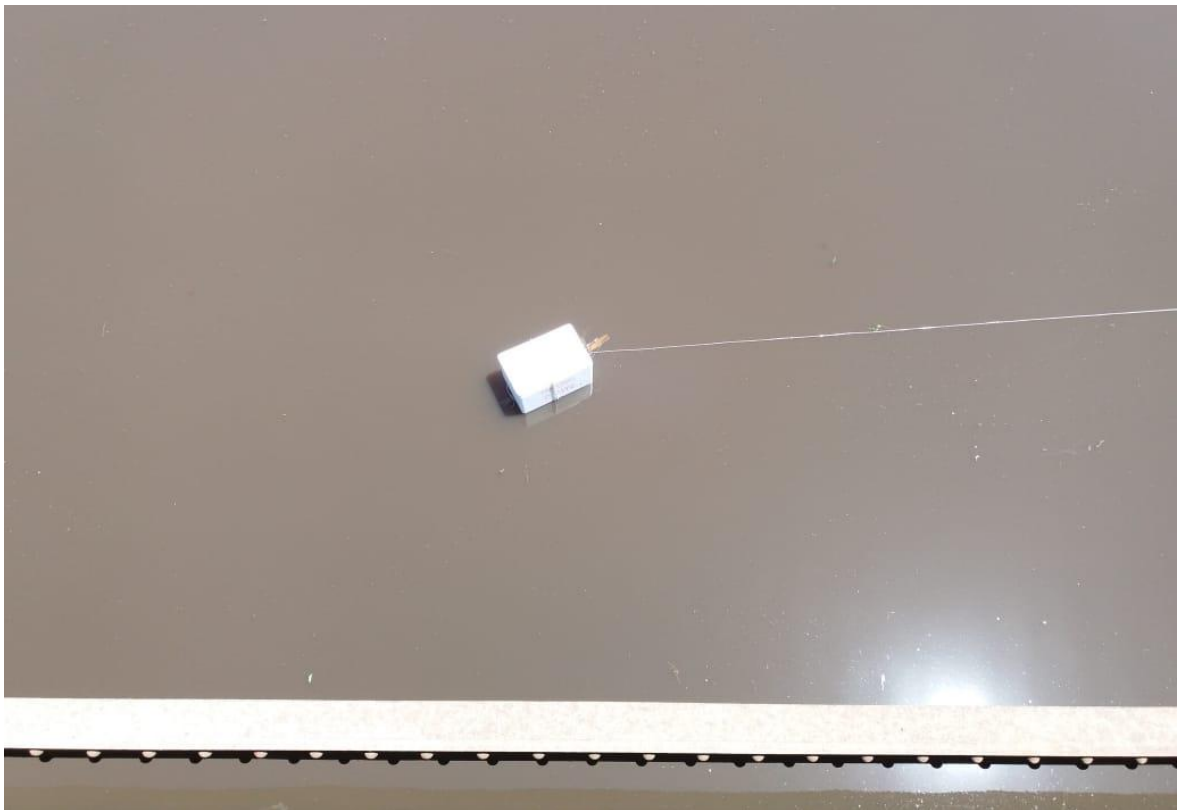


Figura 2.53. Dispositivo con ecosonda siendo trasladado por sogas

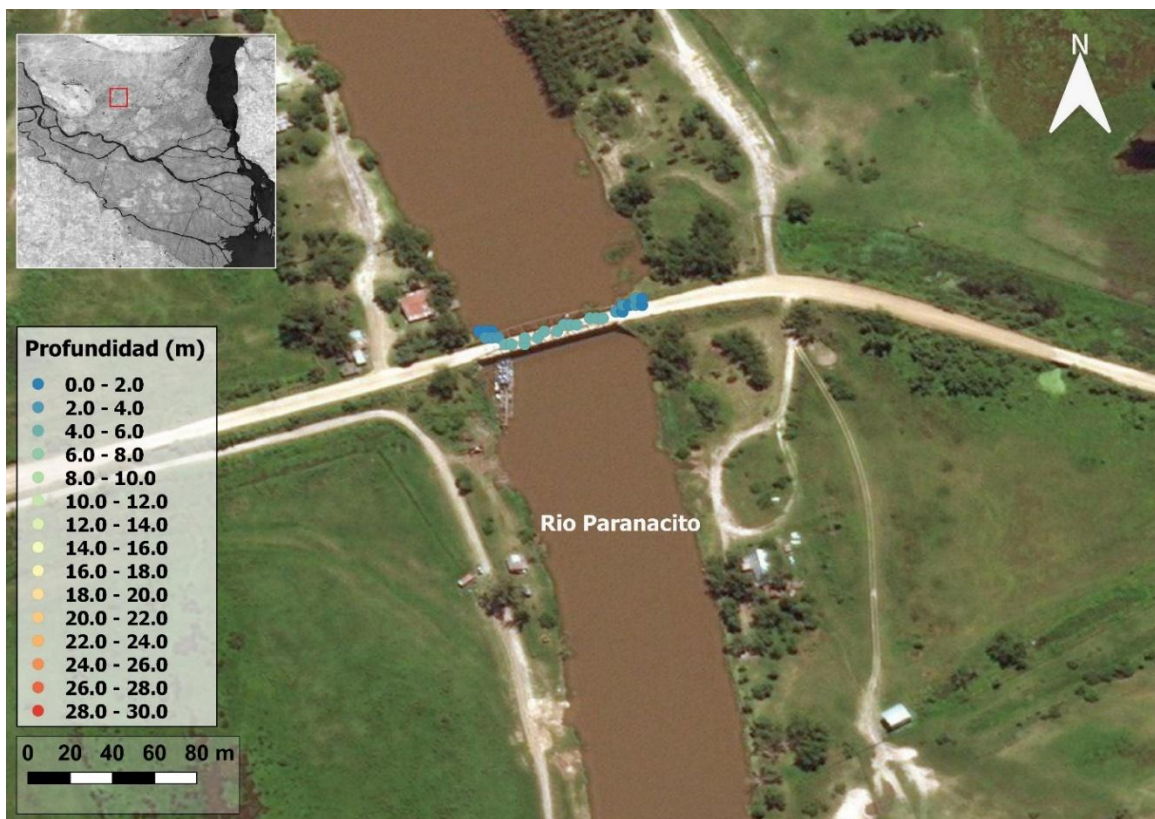


Figura 2.54. Relevamiento desde puente.

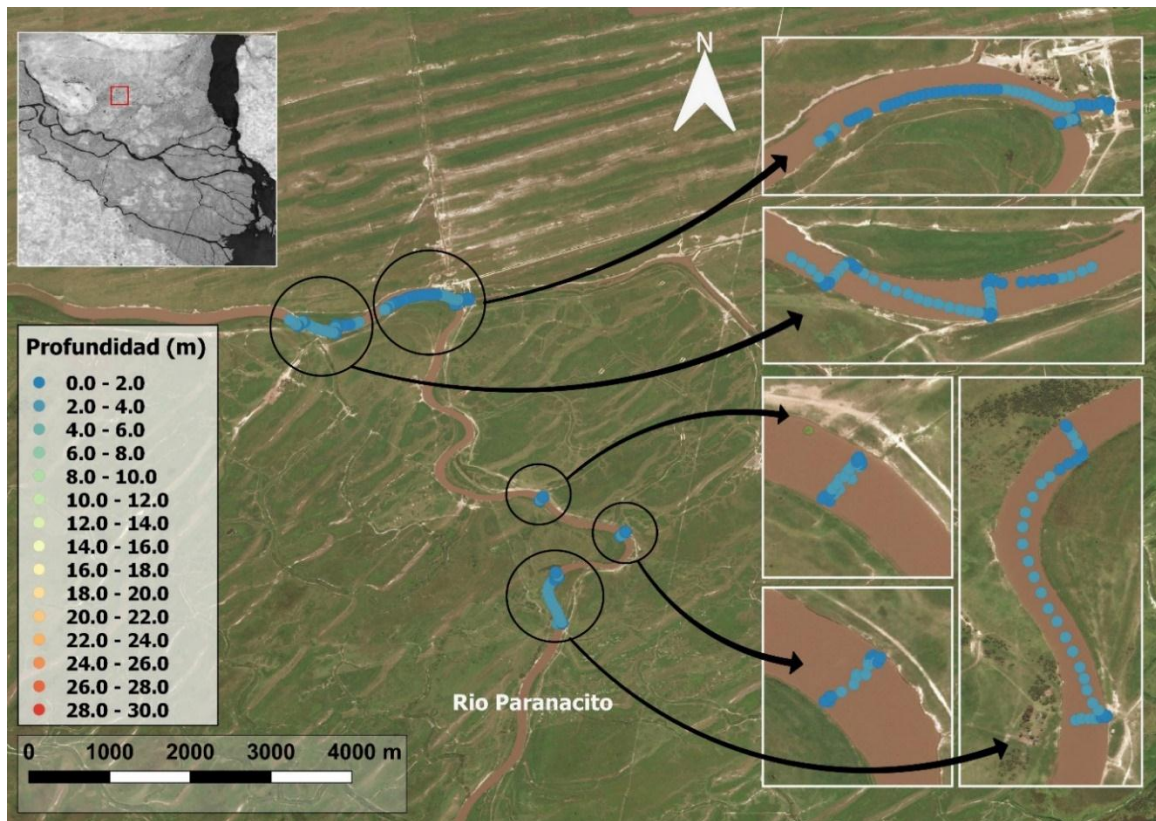


Figura 2.55. Relevamiento sobre lancha

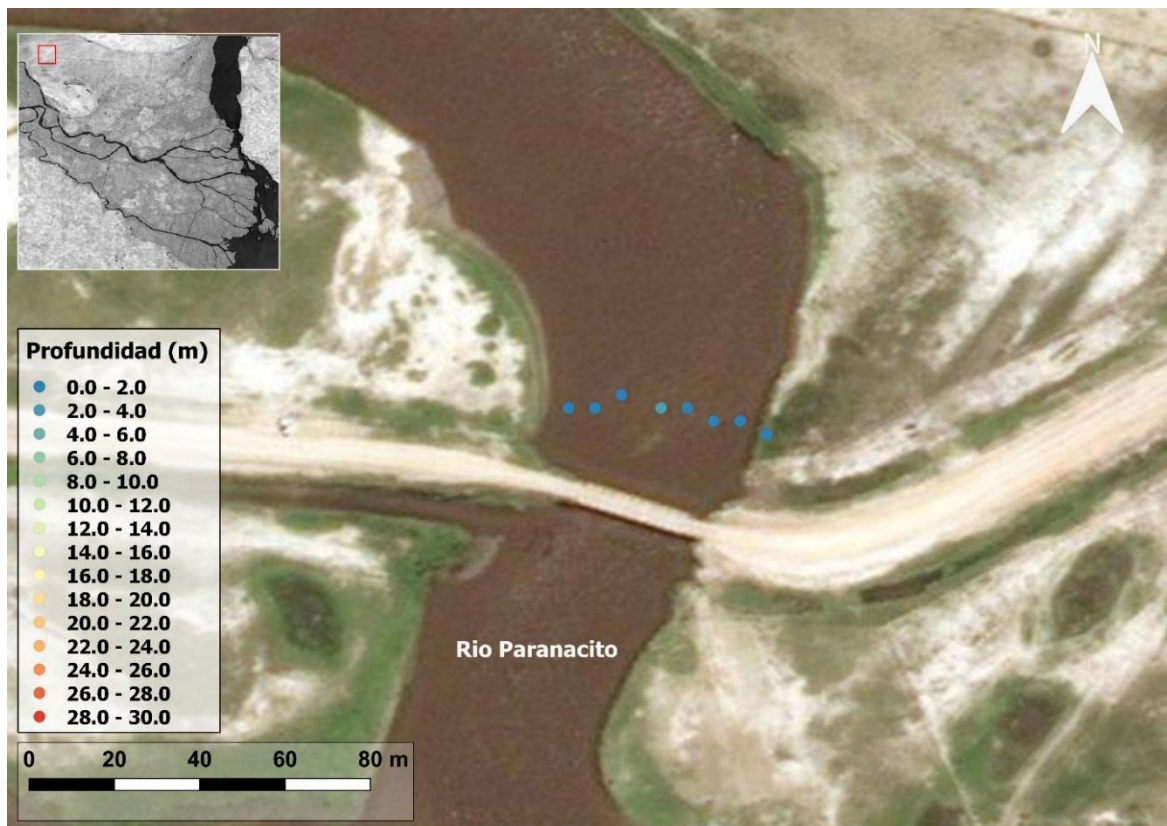


Figura 2.56. Relevamiento realizado desde las orillas del río.

2.2.2.6. Resultados

Los datos de las campañas de relevamiento batimétrico fueron vinculados al sistema geodésico nacional, y posteriormente comparados con el MDE-INA.

Para llevar los valores de profundidades a cotas en mIGN, primero se determinó la cota del nivel de agua (mIGN) en el lugar y momento de la medición (Tabla 2.3).

El nivel de agua utilizado de referencia hidrométrica en las Campañas 5 y 6, se extrajo del modelo hidrodinámico del Delta del río Paraná (HEC RAS), seleccionando la zona mas cercana a la campaña en el día y horario correspondiente. Las características del mismo están detalladas en Re, et al., (2015).

En el caso de las Campañas 3 y 4, se tomó como referencia el valor de cota del nivel de agua relevado con GPS Diferencial.

Posteriormente se calculó la cota de los puntos del terreno en el lecho restando la profundidad medida en el relevamiento a la cota hidrométrica de referencia.

Tabla 2.3: Referencias hidrométricas en relevamientos batimétricos

Nro	Tipo de relevamiento	Fecha	Sitio y/o Curso de agua	Referencia Hidrométrica
3	Topobatimetría	03/07/2018	Arauco SA- Villa paranacito – Arroyo Martinez	Nivel tde agua tomado por GPS Diferencial
4	Topobatimetría	04y05/09/2018	Propiedad de Calos López y Carlos Korcarz	Nivel de Agua tomado con GPS Diferencial
5	Topobatimetría	26 y 27/09/2018	Carapachay	Carapachay y Paraná de las Palmas.
6	Batimetría	31/10/2018	EEA INTA DELTA	Paraná de las Palmas en EEA INTA DELTA

Desde el año de 2016 el Laboratorio de Hidráulica del INA viene realizando aforos con unADCP en el Delta del Paraná (Sabarots Gerbec et al., 2018). Los datos batimétricos obtenidos de dichos aforos tienen una precisión centimétrica. El relevamiento llevado a cabo en la Campaña 6, posibilitó la realización de perfiles batimétricos en zonas que habían sido aforadas (Figura 2.57), y en consecuencia permitir la comparación de los perfiles obtenidos del relevamiento con ambos dispositivos.

La similitud entre los perfiles batimétricos se aprecia en la Figura 2.58. Teniendo en cuenta que el error de la ecosonda es 10 cm, se ha inferido que los datos obtenidos de los relevamientos con ecosonda son válidos para realizar una validación de un MDE en cursos de agua.



Figura 2.57. Sección relevada por dispositivos ADCP y Ecosonda

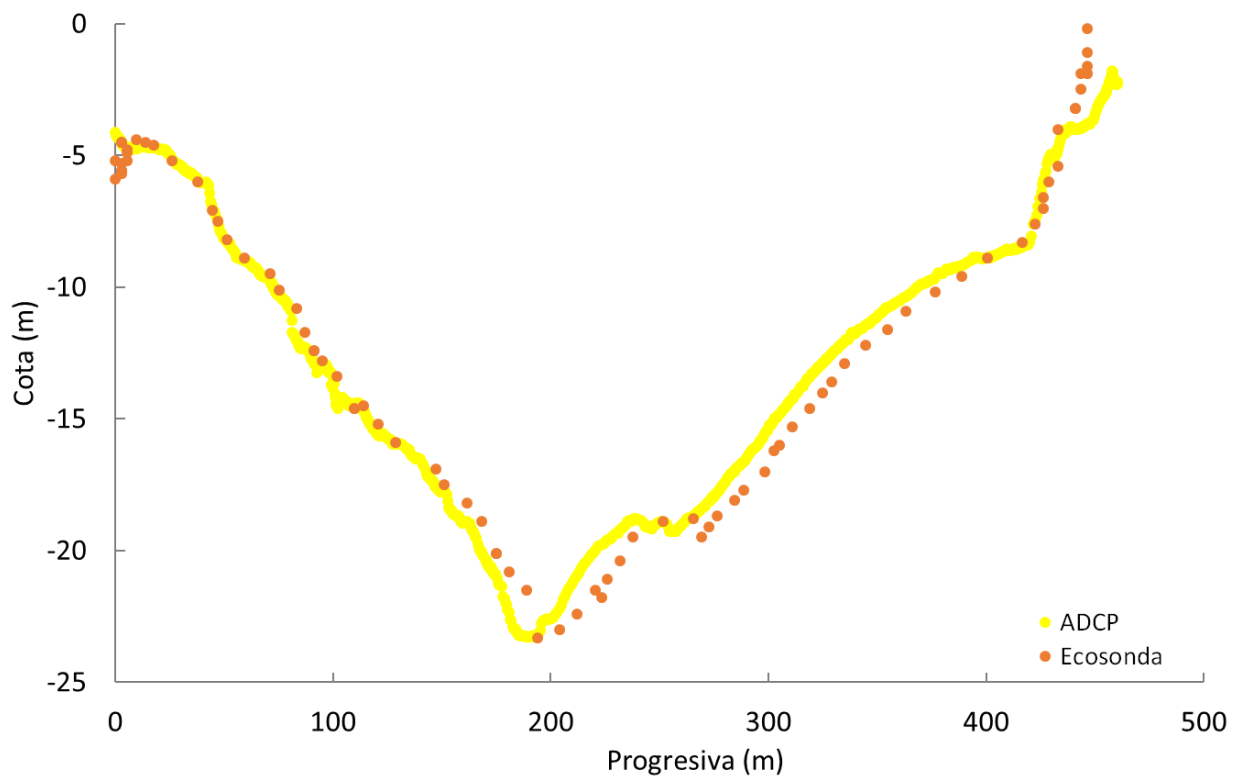


Figura 2.58. Perfiles batimétricos relevados con ADCP y Ecosonda.

Del análisis comparativo de datos obtenidos con la ecosonda se destacan dos tipos de resultados, aquellos obtenidos en cursos de agua existentes en el MDE-INA con una batimetría definida y aquellos inexistentes en el MDE-INA.

Para el río Paraná de las Palmas, la batimetría obtenida con la ecosonda varía pocos metros al modelado en el MDE-INA. Por lo tanto, se tiene una buena representación de la sección medida (Figura 2.59).

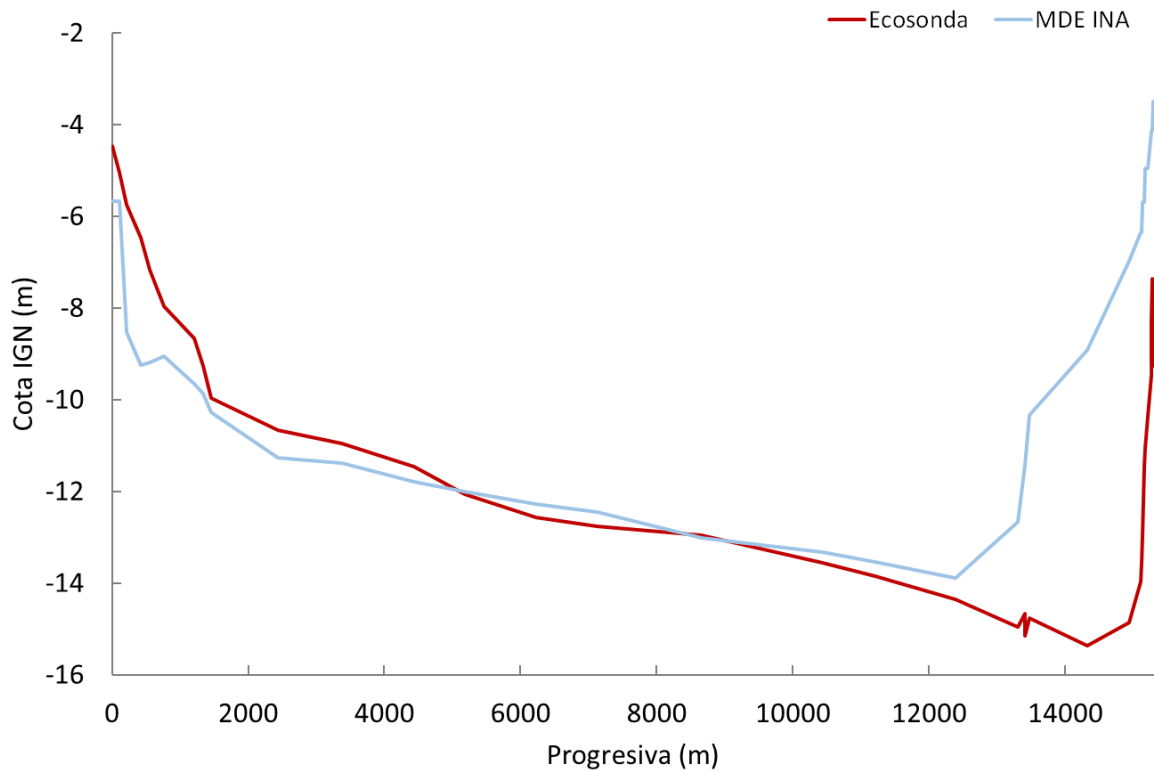


Figura 2.59. Batimetría del río Paraná de las Palmas

En los cursos de agua pequeños como el río Carapachay, Río Luján y arroyo Martínez se identifica la ausencia de batimetría en el MDE-INA, en consecuencia carece de sentido la comparación.

3. CONCLUSIONES

Como resultado de los avances del proyecto “DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples” en relación a las campañas de relevamiento topobatimétrico surgen las siguientes consideraciones generales:

- Se obtuvieron datos en áreas de difícil acceso, en las que no existía información.
- La utilización de nuevos elementos de medición (GPS Diferencial y Ecosonda) colaboró en la formación de participantes del proyecto y facilitó los mecanismos para obtención de datos.
- La cooperación solidaria entre instituciones, junto con la participación de distintos actores, mejoran la calidad del estudio y posibilitan la optimización del uso de recursos.

En lo que respecta a los relevamientos topográficos:

- Se han materializado nuevos puntos fijos en la zona del Bajo Delta del río Paraná y se acotaron altimétricamente. Esto facilitará futuras campañas de relevamiento.
- Los relevamientos fueron contrastados con el MDE-INA que actualmente se utiliza para la construcción de modelos hidrodinámicos y se observó que las diferencias están en torno a los 50 cm para la zona cercana a Campana o Segunda Sección de Islas en el Partido de San Fernando. En la Primera Sección de Islas o próximo a Tigre, se ve que el MDE-INA tiende a sobreestimar las cotas de terreno. Esto se debe a que los puntos con los que fue construido (cartas topográficas del IGN) se ubicaban principalmente sobre las márgenes de los cursos, es decir sobre zona de albardones. Los nuevos datos obtenidos muestran que la cota de planicie para el Bajo Delta está aproximadamente 1 m por debajo del MDE-INA.
- La comparación con el MDE-Ar muestra diferencias en torno 1 m en la mayoría de los casos.
- En conjunto, se puede concluir que la utilización de puntos de las cartas topográficas del IGN ha sido una buena primera aproximación de la topografía del Delta, y que podría ser mejorada con la utilización de información (no afectada por vegetación alta) del MDE-Ar para el Bajo Delta.
- La validación de un nuevo producto MDE-INA, con relevamientos de GPS Diferencial en campo se vuelve muy importante y resulta una metodología factible.

En cuanto a los relevamientos batimétricos:

- Se utilizó una ecosonda de bajo costo para obtener nueva información batimétrica.
- Los datos relevados mediante la ecosonda muestran una compatibilidad aceptable respecto de los relevados con un equipo de mayor precisión como el ADCP.
- En relación al MDE-INA se puede ver que los puntos relevados resultan compatibles. En algunos casos las diferencias pueden deberse a las fechas entre relevamientos

con los que se construyó el MDE-INA (en el caso de comparación de este informe es información del Paraná de las Palmas – 2006) y el estado del curso actualmente. Independientemente de eso, en términos generales se obtuvieron datos consistentes.

- Para zonas en las que no existen datos actualmente, se obtiene información valiosa de cursos menores.

REFERENCIAS

- Fontán, A., Albarracín, S., Baptista, P., Alcántara Carrió, J., 2013. Estudio de erosión en costas sedimentarias mediante GPS diferencial y ecosondas monohaz/multihaz. II Manual de Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevención de Riesgos Naturales en el Litoral. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo.
- Kandus, P., Morandeira, N., Schivo, F., 2010. Bienes y servicios ecosistémicos de los humedales del Delta del Paraná. Laboratorio de Ecología, Teledetección y Eco-Informática (LETyE). Instituto de Investigaciones e Ingeniería Ambiental (3iA), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)
- Sabarots Gerbec, M., Storto, Re, M., 2017, Modelo Digital de Elevación del Delta del río Paraná, Informe LHA-01-373-17, Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua (INA), Ezeiza, Argentina.
- Sabarots Gerbec, M., Storto, L., Gatti, G., Morale, M., Irigoyen, M., Re, M., 2018., 2018, Campañas de aforos líquidos Delta del río Paraná 2016-2017, informe LHA-03-373-18, Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua (INA), Ezeiza, Argentina.
- Re, M., Sabarots Gerbec, M., Storto L., 2015. Estadística de niveles en el Delta del Río Paraná mediante modelación hidrodinámica. RIOS 2015, VII Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Montevideo, Uruguay.