Informe Técnico de Avance N°9

Modelo conceptual y de funcionamiento hidrogeológico de humedales en la Cuenca Matanza Riachuelo a escala de detalle

Convenio Específico Complementario N° 8
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)
Instituto Nacional del Agua (INA)

Coordinación Gestión de Áreas Protegidas
Dirección de Fortalecimiento Comunitario y Territorial
Dirección General de Gestión Política y Social
ACUMAR

Subgerencia Laboratorio de Hidrología
Gerencia de Programas y Proyectos
INA

Mayo 2025

IF-2025-71596494-APN-SLHI#INA

Tabla de contenido

1) Introducción **3**

2) Objetivos y tareas correspondientes al período **6**

2.1) Objetivos perseguidos 6

2.2) Tareas correspondientes al período 6

3) Tareas realizadas y avances alcanzados **7**

3.1) Descripción de tareas realizadas 7

3.1.1) Reuniones de coordinación de tareas de campo con equipos técnicos 7

3.1.2) Reportes periódicos de avance de tareas 7

3.1.3) Instalación de escalas hidrométricas y piezómetros en áreas de humedales donde no exista información. Solicitud de permisos/autorizaciones 7

3.1.4) Definición de frecuencia de monitoreo para obtención de series temporales representativas. Mediciones de nivel de agua (superficial y subterránea) y tomas de muestras (agua y suelo) 9

3.1.5) Desarrollo de una base de datos de parámetros hidrogeológicos. Sistematización de datos. 10

3.1.6) Análisis de resultados 10

4) Conclusiones y discusiones **12**

Bibliografía **14**

Documentación oficial **14**

Páginas web **15**

Anexo **16**

1.Introducción

El Convenio Específico Complementario N°8 entre ACUMAR e INA denominado "MODELO CONCEPTUAL Y DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE HUMEDALES EN LA CUENCA MATANZA RIACHUELO A ESCALA DE DETALLE" forma parte de una serie de acuerdos de intercambio y colaboración técnica que ambas instituciones han suscrito a partir del Convenio Marco de Cooperación firmado en el año 2011, con el objeto de mantener el intercambio de información y cooperación desde los cuadros profesionales y técnicos de ambos organismos, para la elaboración de propuestas específicas tendientes a dar cumplimiento a los objetivos del Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA) y a lo resuelto por la Corte Suprema de Justicia de la Nación en su sentencia de fecha 8 de julio de 2008 en el marco de la causa "Mendoza, Beatriz Silvia y otros s/Daños y Perjuicios; daños derivados de la contaminación ambiental del Río Matanza Riachuelo".

El Convenio Específico Complementario N°8 celebrado entre INA y ACUMAR **CONVE-2021-118988139-APN-SG#ACUMAR** fue suscripto por las partes el 09/11/2020. Las actas de Designación de Representantes Técnicos y de Inicio de Actividades fueron firmadas el 16/11/2020.

El plazo de la ejecución de las tareas previstas en el Cronograma de trabajo que figura como ANEXO I, Punto 2, es de dos (2) años contados a partir de la fecha de firma del Acta de Inicio de Actividades, por lo que su primer vencimiento operó el 16/11/2022. Cumplido ese plazo, según la Cláusula Segunda del convenio, se prevé su renovación automática y sucesiva prórroga por igual período y bajo las mismas cláusulas y condiciones, salvo expresa manifestación de las partes mediante comunicación escrita. Siguiendo esa lógica y luego de dos años, el segundo vencimiento operó el pasado 16/11/2024 y en la actualidad el proyecto continúa en ejecución.

Asimismo, la Cláusula Quinta del convenio específico establece que el mismo no implicará erogaciones de ninguna naturaleza a cargo de ACUMAR ni del INA, ya que será ejecutado con recursos corrientes de ambos organismos por lo que no cuenta con una partida presupuestaria específica.

Acorde al Cronograma de trabajo que figura como ANEXO I del convenio, se debe confeccionar un "Informe Técnico de Avance" (ITA) con frecuencia semestral. Asimismo, al final del periodo de 2 años, se debe elaborar un "Informe Técnico Final" (ITF) para elevar el estado de cumplimiento del convenio para conocimiento y consideración de las autoridades del INA y de la ACUMAR, respectivamente.

De lo actuado en el periodo 2020-2025 surge el cuadro con el detalle de los informes realizados y las principales consideraciones que de ellos surgen, según se indica a continuación.

INFORMES TÉCNICOS ELABORADOS

ITA 1	**IF-2022-90490707-APN-SSH#INA**
ITA 2	**IF-2022-90492167-APN-SSH#INA**
ITA 3	**IF-2022-90492386-APN-SSH#INA**
ITA 4	**IF-2022-123981982-APN-SSH#INA**
ITF 2020-2022	**IF-2022-124229545-APN-SSH#INA**
ITA 5	**IF-2023-141781394-APN-SLHI#INA**
ITA 6	**IF-2023-143583448-APN-SLHI#INA**
ITA 7	**IF-2024-71716954-APN-SLHI#INA**
ITA 8	**IF-2024-126084360-APN-SLHI#INA**
ITF 2022-2024	**IF-2024-126084064-APN-SLHI#INA**

Tabla 1. Informes Técnicos de Avance (ITA) e Informe Técnico Final (ITF) elaborados a la fecha y publicados en la página web de ACUMAR https://www.acumar.gob.ar/monitoreo-ambiental/biodiversidad/humedales/

En los Informes Técnicos de Avance, **ITA N°1**; **ITA N°2** e **ITA N°3** se analizan 3 áreas piloto de la Cuenca con distintas características, tales como los humedales de Rocha y de Ciudad Evita en Cuenca Media y los de General Las Heras en Cuenca Alta, respectivamente. Para los tres sitios se completó la etapa inicial de análisis de gabinete como base para iniciar las etapas de instalación y monitoreo, en caso de conseguir los permisos. Vale decir que, con respecto a los objetivos específicos planteados, se ha producido un sobre cumplimiento del objetivo vinculado a seleccionar áreas piloto para llevar a cabo los estudios de detalle.

En el Informe Técnico de Avance **ITA Nº4** se describen las tareas ejecutadas a esa fecha, las que permitieron arribar a un hito fundamental como fue la obtención de los permisos y autorizaciones y la perforación de los pozos e instalación de los freatímetros en campos privados de Cuenca Alta, donde se ha identificado un tipo particular de humedales denominados “cubetas”, cuya caracterización ha sido detallada en el Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo elaborado por CONICET-UNSAM en convenio con ACUMAR.

El Informe Técnico Final **ITF 2020-2022** da cuenta del estado de situación del proyecto correspondiente al bienio 2020-2022, con detalle de las tareas ejecutadas; las tareas pendientes de ejecución; justificación de los desvíos principalmente debidos a la pandemia por el virus SARS-COV2 y la falta de autorizaciones para iniciar los estudios; avances alcanzados y pasos a seguir.

IF-2025-71596494-APN-SLHI#INA

El informe Técnico de Avance **ITA Nº5** describe las tareas de nivelación de pozos y escalas hidrométricas con GPS diferencial. Asimismo, da cuenta de una reunión entre los equipos técnicos del INA y ACUMAR con el objetivo de evaluar la posibilidad de ampliar la cantidad de los parámetros analizados del agua subterránea, para lo cual el equipo técnico de INA debería elaborar una propuesta detallando las necesidades concretas, fechas, parámetros, cantidad de muestras y recursos necesarios para evaluar la factibilidad técnica de llevar a cabo la ampliación del proyecto. Además, se realizaron monitoreos según lo planificado por ambos equipos.

En el Informe Técnico de Avance **ITA Nº6** se describen las tareas ejecutadas y un análisis de información colectada. Se presenta un análisis preliminar de los primeros datos obtenidos en los humedales de General Las Heras. Detalla también que se llevó a cabo una reunión presencial de intercambio técnico entre los equipos de INA y ACUMAR sobre humedales, los resultados y avances presentados por los equipos fueron de gran utilidad para ampliar las perspectivas de estudios de humedales.

En el Informe Técnico de Avance **ITA Nº7** se describen las tareas ejecutadas y se avanza con el análisis de información colectada en los humedales de General Las Heras. En ese semestre se registraron mayores precipitaciones, por lo que es una oportunidad para evaluar el comportamiento del sistema. No obstante, como resultado de las precipitaciones, se produjeron mayores anegamientos y algunos caminos intransitables por lo que en ocasiones no se pudo realizar la medición planificada.

En el Informe Técnico de Avance **ITA Nº8** se presenta el análisis y discusión de los resultados luego de haber alcanzado 24 meses de mediciones prácticamente ininterrumpidas con frecuencia semanal. Sobre la base de datos obtenida ha sido posible desarrollar un modelo cualitativo de funcionamiento hidrogeológico del sistema de humedales bajo estudio. Este avance constituye un hito significativo para comenzar a comprender las variables que impactan en la dinámica de los humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo.

El Informe Técnico Final **ITF 2024-2024** brinda el estado de situación del proyecto correspondiente al bienio 2022-2024, con detalle de las tareas técnicas que fueron ejecutadas en su totalidad. Se enumeran los avances técnicos logrados progresivamente desde el inicio del proyecto. El Modelo de Funcionamiento Hidrogeológico de Humedales alcanzado en la actualidad ha permitido explicar la dinámica hidrogeológica general de estos sistemas a escala de detalle. Se plantean las perspectivas del trabajo, por un lado, dar continuidad a las mediciones en el sitio piloto de General Las Heras, aunque bajando la frecuencia de mediciones. Por otro lado, se deja planteada la necesidad de iniciar concomitantemente un nuevo estudio piloto en humedales de la Cuenca Media con preferencia en humedales urbanos para avanzar en la validación del modelo conceptual.

Los avances alcanzados constituyen un insumo para el ordenamiento ambiental del territorio y la gestión ambiental de este tipo de ecosistemas. La preservación de los servicios ecosistémicos que los humedales proveen a la sociedad resulta fundamental en tanto que poseen un impacto positivo en la calidad de vida de la población.

2. Objetivos y tareas correspondientes al período

2.1. Objetivos perseguidos

De acuerdo al Anexo 1, Punto 1 del presente Convenio, el objetivo es desarrollar el modelo conceptual y de funcionamiento hidrogeológico de los humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo a escala de detalle, como herramienta para la gestión sustentable de estos ecosistemas y el ordenamiento ambiental del territorio.

Como objetivos específicos se plantean:

- Validar el modelo desarrollado en otras áreas de la Cuenca para verificar su funcionamiento.
- Desarrollar una base de datos de parámetros hidrogeológicos que incluya series de datos temporales.

2.2 Tareas correspondientes al período

El presente informe da cuenta de las tareas desarrolladas en conjunto por los equipos técnicos de ACUMAR y de INA respectivamente, durante el período noviembre 2024 - mayo 2025 en cumplimiento del Convenio Específico para la elaboración del "Modelo Conceptual y de Funcionamiento Hidrogeológico de Humedales en la Cuenca Matanza Riachuelo a escala de detalle" y describe los avances realizados durante el octavo semestre.

A continuación, se indican las tareas correspondientes al período de acuerdo al estado de desarrollo del proyecto y que seguirán durante los semestres consecutivos hasta que la colecta de datos hidrogeológicos y su relación con otras variables sea representativa de la dinámica hídrica de los humedales bajo estudio, incluyendo los cambios estacionales y temporales en el contexto de cambio climático.

Los equipos del INA y de ACUMAR a cargo del presente estudio han definido llevar a cabo el siguiente plan de trabajo por el tiempo que resulte necesario, siendo las tareas las que se detallan a continuación.

T2. Reuniones de coordinación de tareas de campo con equipos técnicos.

T4. Reportes periódicos de avance de tareas.

T6. Instalación de escalas hidrométricas y piezómetros en áreas de humedales donde no exista información. Solicitud de permisos/autorizaciones.

T7. Definición de frecuencia de monitoreo para obtención de series temporales representativas. Mediciones de nivel de agua (superficial y subterránea) y tomas de muestras (agua y suelo).

T8. Desarrollo de una base de datos de parámetros hidrogeológicos. Sistematización de datos.

T9. Análisis de información colectada.

T10. Desarrollo y validación del modelo conceptual hidrogeológico de los humedales estudiados.

Con referencia a la T6, en teoría la misma se ejecuta por única vez. Sin embargo, a menudo se requiere realizar reparación de los pozos y/o de las escalas o puede producirse alguna situación inesperada por parte de los dueños de los campos que habilitan el ingreso de los profesionales para realizar la toma de muestras en predios de su propiedad.

3. Tareas realizadas y avances alcanzados

3.1. Descripción de tareas realizadas

Se describen las actividades desarrolladas durante el período noviembre 2024 - mayo 2025 en relación a las tareas previstas en el Plan de Trabajo establecido según Anexo 1, Punto 2: Descripción de tareas y Punto 3: Cronograma de tareas, sumando también las tareas realizadas acorde las adecuaciones explicitadas anteriormente en el ítem 2.2. de este informe.

3.1.1. Reuniones de coordinación de tareas de campo con equipos técnicos

Corresponde a la T2. Para la coordinación de este proyecto, se realizan comunicaciones regulares entre los equipos técnicos de ACUMAR e INA, reportando novedades técnicas y avance de resultados obtenidos.

3.1.2. Reportes periódicos de avance de tareas

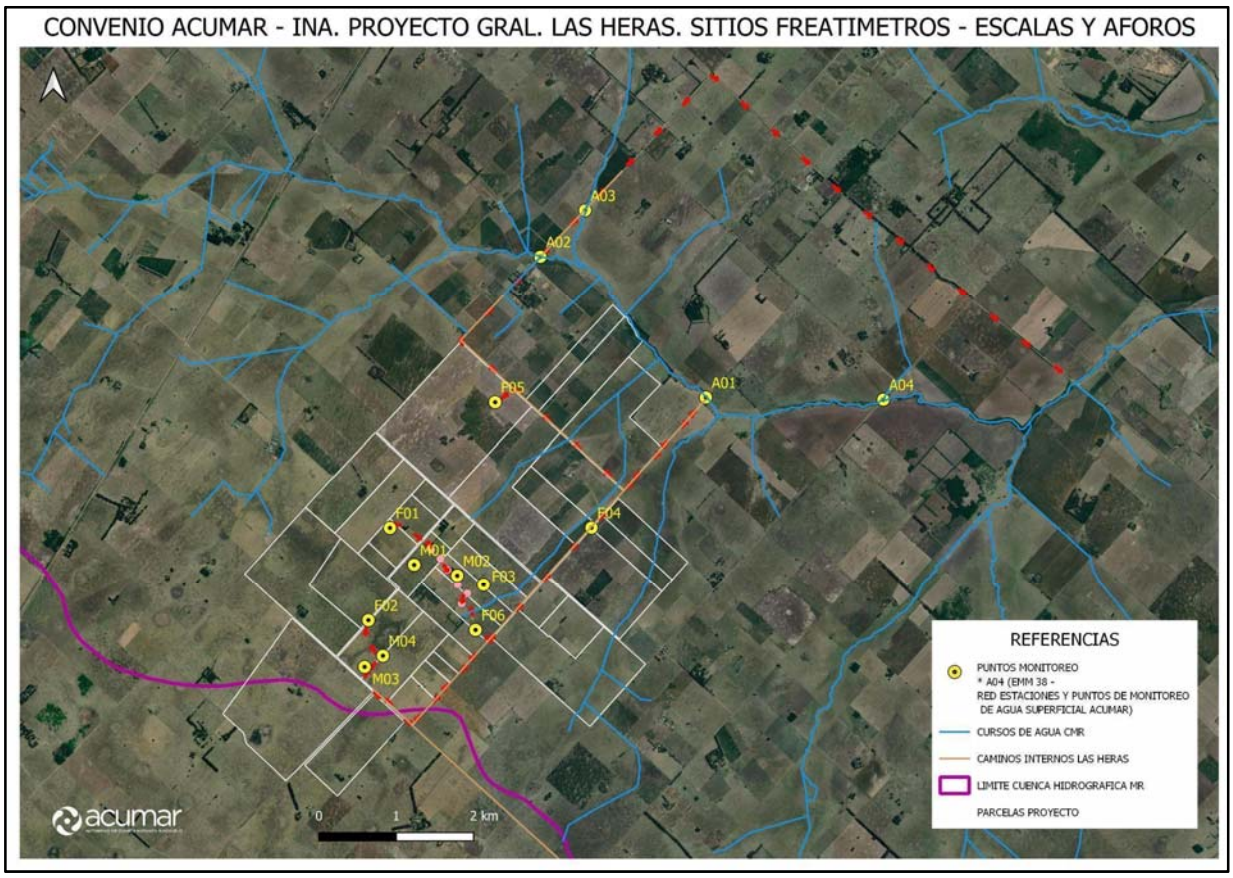
Corresponde a la T4. El presente Informe Técnico de Avance N° 9 constituye el reporte periódico de avance de tareas que da cuenta de las actividades desarrolladas durante el octavo semestre del convenio.

3.1.3. Instalación de escalas hidrométricas y piezómetros en áreas de humedales donde no exista información. Solicitud de permisos/autorizaciones

Corresponde a la T6. Como ya ha sido mencionado, esta tarea en principio ya ha sido ejecutada. Sin embargo, a menudo se requiere realizar la reparación de los pozos y/o de las escalas.

Desde el inicio de los estudios en General Las Heras, el equipo del INA en varias ocasiones ha realizado reparaciones y/o mantenimiento de las instalaciones. Por ejemplo, las escalas hidrométricas sobre el Arroyo Rodríguez varias veces se han visto deterioradas o incluso han desaparecido a causa de inundaciones, lo que imposibilita proceder a las mediciones.

A la fecha se mantienen los sitios de monitoreo propuestos para el área de estudio definida. Los datos de campo se obtienen a partir de las mediciones de nivel estático en 6 (seis) pozos observadores ubicados en campos privados que autorizaron su instalación y en 4 (cuatro) aforos ubicados en diferentes tramos del Arroyo Rodríguez, de conformidad con el municipio. La ubicación de los puntos de monitoreo y área de estudio se muestra en el mapa adjunto (Mapa Nº1).



Mapa Nº1. Ubicación de los puntos de monitoreo - pozos y escalas hidrométricas – en la zona de estudio (ACUMAR 2024)

Cabe mencionar que el pozo de monitoreo denominado **F04** en este estudio, desde 2023 se encuentra incorporado como punto de monitoreo de calidad de agua subterránea de ACUMAR bajo la denominación **APLHF04**. Dicho punto presenta un grado de importancia crucial para el monitoreo debido a la ausencia de datos en dicha zona.

Para contribuir al modelo hidrogeológico general del área de trabajo, a partir de febrero de 2025 se ha comenzado a realizar la toma de muestras de suelo a diferentes profundidades para la aplicación de metodología para suelos comunes, suelos de humedal y sedimento para obtención de datos hidrodinámicos.

Esto posibilitará el desarrollo de un método experimental (Figura Nº1) para medir punto de marchitez permanente (PMP); capacidad de campo (CC), capilaridad y permeabilidad. Con esta información se prevé mejorar la caracterización de áreas de humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo a escala de detalle (1:10.000 a 1:5.000).

Figura Nº1. Desarrollo de método experimental de suelo en laboratorio.

3.1.4. Definición de frecuencia de monitoreo para obtención de series temporales representativas. Mediciones de nivel de agua (superficial y subterránea) y tomas de muestras (agua y suelo)

Corresponde a la T7. Durante el periodo noviembre 2024 - mayo 2025 se realizaron monitoreos semanales según lo planificado por ambos equipos.

En cada ocasión fueron monitoreados los pozos y arroyos, siempre que las condiciones atmosféricas y del terreno lo permitieran, en caso contrario quedó explícitamente notificado en la correspondiente planilla de campo. Se mantiene la frecuencia semanal de monitoreo.

Como ya se ha indicado, el pozo de monitoreo **F04** en este estudio, desde 2023 se encuentra incorporado como punto de monitoreo de calidad de agua subterránea de ACUMAR bajo la denominación **APLHF04**. Dicho punto presenta un grado de importancia crucial para el monitoreo debido a la ausencia de datos en dicha zona.

En ese marco, y para ese pozo en particular, se registran las siguientes variables a campo: profundidad del agua, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto y Potencial Redox.

Mientras que en el laboratorio del INA se determinan los siguientes parámetros: pH, Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos totales, Alcalinidad, Dureza, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Nitrato, Fluoruro, Fósforo de Ortofosfato, Calcio, Sodio, Potasio, Magnesio, Nitrógeno total, Nitrógeno de nitrato, Nitrógeno de nitrito, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno Total Kjeldahl y Arsénico.

3.1.5. Desarrollo de una base de datos de parámetros hidrogeológicos. Sistematización de datos.

Corresponde a la T8. Los datos obtenidos en las campañas en el sitio de muestreo son recopilados en planillas de campo diseñadas especialmente para ese objetivo (ver Anexo).

Las variables físico-químicas de aguas superficiales y subterráneas registradas a campo son almacenadas en "lots" de la sonda multiparamétrica. Posteriormente, los datos son trasladados a la "tabla maestra", generada en base a metodologías propuestas por los hidrogeólogos del INA. Dicha tabla permite el análisis multivariado de los diferentes parámetros.

Los registros y determinaciones efectuadas en el freatímetro F04 (APLHF04) y al igual que los resultados obtenidos de la red de monitoreo de agua subterránea de ACUMAR, se cargan en una base de datos hidrológica (BdH) propiedad de la Autoridad de Cuenca. Una vez obtenidos los resultados de las determinaciones, la BdH permite ordenar la información obtenida y que la misma pueda ser compartida por el público en general.

Cabe destacar que el INA por su parte, viene trabajando en la estructura de la Base Hidrológica Nacional (BHN). Estos nuevos puntos de monitoreo en la cuenca alta generan información valiosa ya que la BNH reviste interés estratégico en cuanto a la integración de datos hidrológicos a nivel nacional.

3.1.6. Análisis de resultados

En base a los monitoreos realizados se ha obtenido una serie de datos valiosos para comprender la dinámica de los humedales en la llanura pampeana. Los principales resultados alcanzados se describen a continuación.

El análisis principal consistió en la evaluación de los datos freatimétricos obtenidos en base a las mediciones de nivel estático en seis pozos observadores y en los cuatro aforos en diferentes tramos del Arroyo Rodríguez (Mapa Nº1).

El monitoreo de aforos y freatímetros continúa mostrando la misma conducta general del sistema (Figura 2). El nivel de agua en los arroyos se mantuvo prácticamente invariable durante este período, indicando que su caudal fue sostenido principalmente por la descarga del acuífero, por tanto, se puede decir que los **arroyos son efluentes** y constituyen el **nivel de base local** en la zona de estudio.

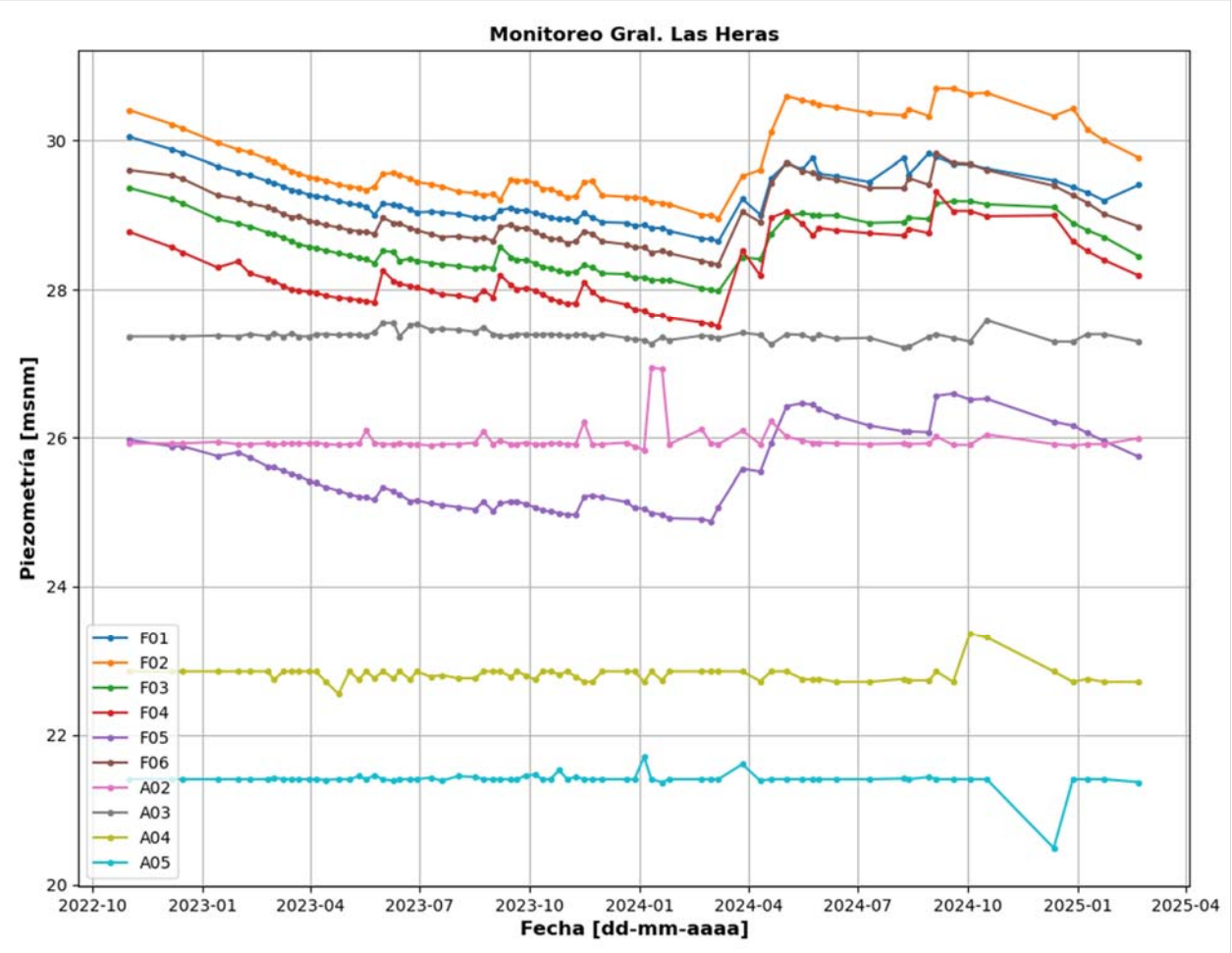


Figura 2. Resultados del monitoreo en Gral. Las Heras.

El comportamiento piezométrico fue igual en todos los pozos del área por lo tanto se puede inferir la **continuidad espacial** del sistema acuífero. La carga hidráulica de F02 se mantiene por encima de F01 (cercano y topográficamente más elevado) lo que permite postular la hipótesis de que la recarga estaría favorecida localmente en la zona de F02 por la presencia del humedal y su suelo característico.

A partir de marzo de 2024 se inicia un período húmedo de recarga que ha permitido la recuperación de niveles al nivel que se encontraban al inicio del monitoreo en noviembre del año 2022.

La relación de carga hidráulica entre pozos en este período de mayor humedad continuó igual que en el período de descarga, aunque con algunas diferencias. El freatímetro F02 muestra una recarga significativamente mayor en comparación a los demás pozos, es decir, el evento de recarga se registró en todos los freatímetros, pero en F02 fue marcadamente más importante. En contraste, F01, el freatímetro más cercano a F02, mostró el menor aumento piezométrico de todo el conjunto. Esta observación confirma la hipótesis de que la presencia del humedal "La Galera" **favorece la infiltración** por las características de su suelo y la tendencia a preservar humedad en la zona, sino que

además induce a pensar en la presencia de algún tipo de **anisotropía**[1] en el terreno dado que el freatímetro inmediato adyacente a esta zona de recarga no pareciera estar recibiendo su influencia como sí ocurre con los freatímetros aguas abajo.

4. Conclusiones y discusiones

Durante el último período de trabajo se comenzó a desarrollar un modelo 3D de la red de canales del Arroyo Rodríguez con la intención de profundizar el estudio geomorfológico de la cuenca alta mediante el cálculo de indicadores y la observación de rasgos físicos de la cuenca (Figura 3).

Los valores de coordenadas y altitud de cada punto del modelo se obtuvieron a partir del Modelo Digital de Terreno con precisión de 5 m que provee ACUMAR y se encuentra disponible en la plataforma MDE-Ar del Instituto Geográfico Nacional.

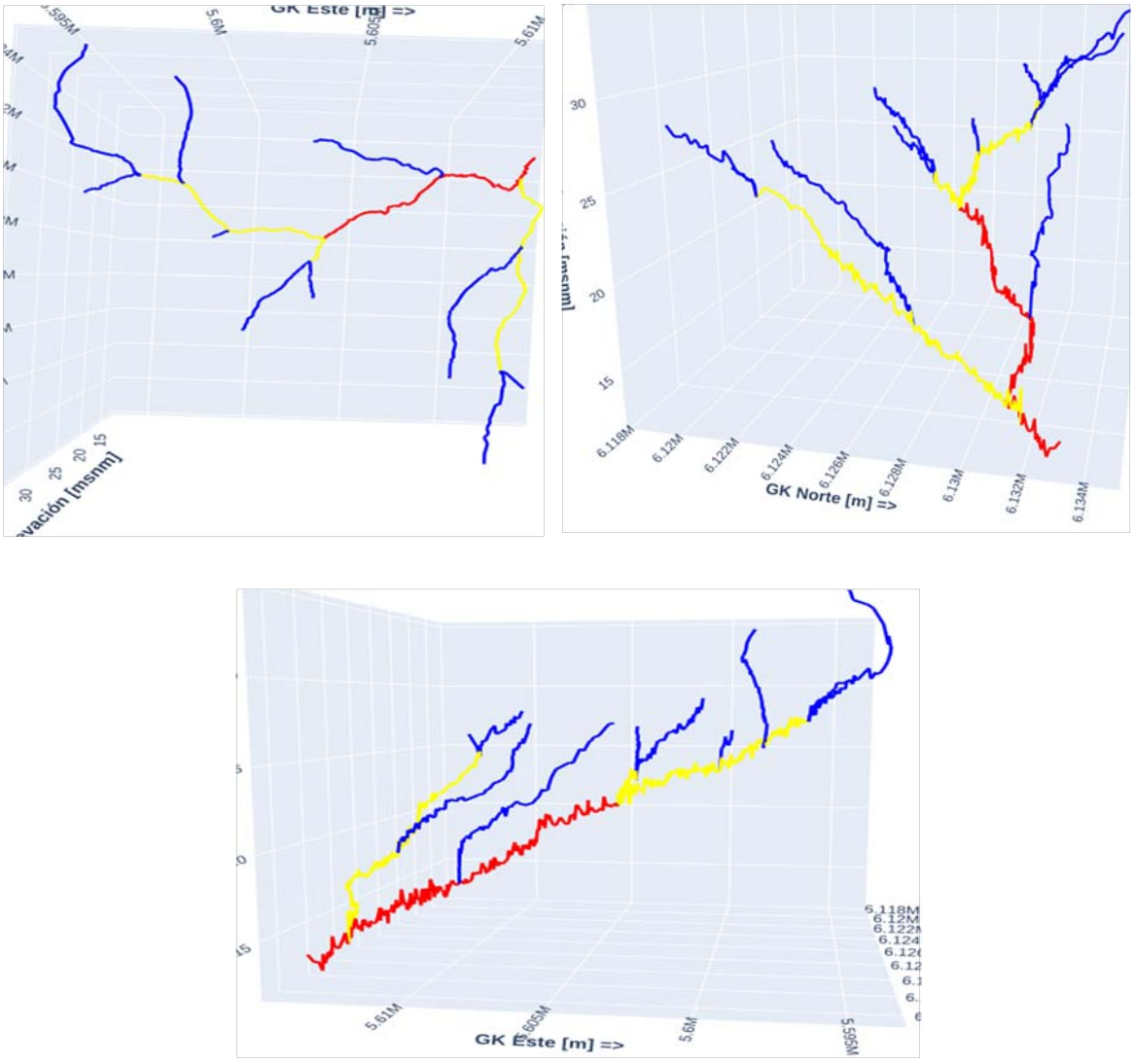


Figura 3. Vistas en planta, frontal y en sección lateral de la red de afluentes del Arroyo Rodríguez. La escala vertical se encuentra exagerada.

[1] Propiedad de un material o sustancia que presenta diferentes valores de ciertas propiedades físicas según la dirección en la que se miden. En otras palabras, un material anisotrópico no es homogéneo en todas las direcciones.

A partir de los datos de posición obtenidos del MDT 5m se reconstruyó la red jerárquica de canales y se calculó el **número de Horton-Strahler**[2] para cada tramo del cauce. Los tramos en azul corresponden a afluentes de orden 1, los tramos en amarillo representan colectores de orden 2 y el tramo en rojo muestra el colector de orden 3 que, a su vez, es el colector principal del Arroyo Rodríguez, al menos localmente. El área de trabajo (zona de monitoreo) se encuentra en el sector oeste – noroeste de la figura, en la margen sur del colector principal de orden 2.

El análisis preliminar del modelo arrojó observaciones interesantes. El colector principal (rojo) se encuentra topográficamente por debajo de los tramos de orden inferior (amarillos y azules) y, al mismo tiempo, se sabe por el monitoreo que su alimentación proviene de la descarga del agua subterránea (es un río efluente), por lo tanto, se puede afirmar que constituye el **nivel de base local para el área.**

Esta circunstancia tiene implicancias geomorfológicas útiles para la planificación, tales como:

(1) el establecimiento de un límite preciso para los procesos erosivos de la cuenca,

(2) la existencia de canales o cauces en desequilibrio con el nivel de base de local (en mayor o menor grado), la presencia de zonas no saturadas más o menos desarrolladas,

(3) la posibilidad de que el río cambie su estatus de efluente a influente (ganador o perdedor) según sea el tramo de recorrido, etc.

El monitoreo y las observaciones realizadas a la fecha comienzan a mostrar regularidades en el sistema, sin embargo, aún falta avanzar en la integración de toda la información disponible y la incorporación de nuevas variables para completar el modelo de detalle.

El modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico de humedades a escala de detalle debe ser aplicable a otros modelos de funcionamiento de llanura pampeana. Este procedimiento complejo debe contener la máxima cantidad de variables cuantificables, y dentro de estas, se encuentra el análisis hidrodinámico de los suelos y sedimentos a misma escala. La incorporación de análisis de humedad de suelo (Capacidad de campo y Punto de Marchitez) y de dinámica hídricas (permeabilidad y capilaridad), permite la elaboración de modelos más robustos y son de gran utilidad para el conocimiento y comprensión de este tipo de sistemas de llanura.

La incorporación del análisis hidrodinámico de suelos y sedimentos permite comprender el funcionamiento de humedales de la llanura pampeana, incorporando el valor cuantitativo de la humedad del suelo y su relación con la hidrogeología y la hidrología. Asimismo, se realizará la evaluación de la metodología en laboratorio para realizar los ensayos de humedad de suelo y vincularlo a las variables naturales de los sistemas de humedales en llanura

En este sentido se espera continuar con el monitoreo, realizar nuevas campañas de reconocimiento geomorfológico e incorporar el estudio de propiedades hidráulicas del suelo al conjunto de datos.

[2] Forma numérica que expresa la complejidad de una ramificación. En hidrología, se utiliza para definir el tamaño de un curso de agua basado en la jerarquía de sus afluentes. Es decir que se usa como sistema para clasificar la complejidad de patrones de ramificación, especialmente en redes de ríos y arroyos. Por ejemplo, cuando 2 ríos de primer orden confluyen, forman un río de segundo orden.

IF-2025-71596494-APN-SLHI#INA

Bibliografía

Allen, R. G. et al. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Estudios FAO Riego y Drenaje N° 56. Roma.

Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M. (1989). Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.

Valdes,(INA) S.,Humai, A. (INA), Silva Busso, A. (INA). 2017. Hidrogeología Regional. Volumen II. "Análisis del comportamiento piezométrico de la Sección Epipariana y Paraná, Buenos Aires, Argentina".

Valdes,(INA) S.,Humai, A. (INA), Silva Busso, A. (INA), Sczapow, D. (INA). 2018. Aspectos Hidrogeomorfológicos de las Inundaciones en la Llanura Pampeana del Sudeste Bonaerense". 2007. Córdoba, Argentina; pp8. XXVI Congreso Nacional del Agua, CONAGUA.

Bertrand, G., Siergieiev, D., Ala-Aho, P., Rossi, P. Environmental tracers and indicators bringing together groundwater, surface water and groundwater-dependent ecosystems: importance of scale in choosing relevant tools. Environment Earth Science. Abril de 2013.

Ricardo J. Rocca, Emilio R. Redolfi y Roberto E. Terzario. Características Geotécnicas de los Loess de Argentina. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 6(2) 149. Febrero de 2006.

Rafraf, S., Guellouz, L., Guiras, H., Bouhlila, R. Quantification of hysteresis effects on a soil subjected to drying and wetting cycles. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences. 2006.

Documentación oficial

CONVE-2021-118988139-APN-SG#ACUMAR
Convenio Específico Complementario N° 8 ACUMAR-INA. "Modelo conceptual y de funcionamiento hidrogeológico de humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo a escala de detalle".
https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/CONVE-2021-118988139-APN-SGACUMAR-1.pdf

IF-2022-90490707-APN-SSH#INA - Informe Técnico de Avance N° 1 (ITA N°1)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-TECNICO-DE-AVANCE-N%C2%B0-1_Mayo-2021_IF-2022-90490707-APN-SSHINA.pdf

IF-2022-90492167-APN-SSH#INA - Informe Técnico de Avance N° 2 (ITA N°2)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-TECNICO-DE-AVANCE-N%C2%B0-2_Noviembre-2021_IF-2022-90492167-APN-SSHINA.pdf

IF-2022-90492386-APN-SSH#INA - Informe Técnico de Avance N° 3 (ITA N°3)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-TECNICO-DE-AVANCE-N%C2%B0-3_Mayo-2022_IF-2022-90492386-APN-SSHINA.pdf

IF-2022-123981982-APN-SSH#INA - Informe Técnico de Avance N° 4 (ITA N°4)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-TECNICO-DE-AVANCE-N%C2%B0-4_Noviembre-2022_IF-2022-123981982-APN-SSHINA.pdf

IF-2022-124229545-APN-SSH#INA - Informe Técnico Final - Período 2021-2022 (ITF 2021-2022)
https://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-TECNICO-FINAL_Periodo-2021-2022_IF-2022-124229545-APN-SSHINA.pdf

IF-2023-141781394-APN-SLHI#INA - Informe Técnico de Avance N° 5 (ITA N°5)

http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-AVANCE-N%C2%B05_IF-2023-141781394-APN-SLHIINA_mayo-2023.pdf

IF-2023-143583448-APN-SLHI#INA - Informe Técnico de Avance N° 6 (ITA N°6)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-DE-AVANCE-6_IF-2023-143583448-APN-SLHIINA_Nov.-2023.pd

IF-2024-71716954-APN-SLHI#INA - Informe Técnico de Avance N° 7 (ITA N°7)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/Informe-Tecnico-de-Avance-No-7.pdf

IF-2024-126084360-APN-SLHI#INA - Informe Técnico de Avance N° 8 (ITA N°8)

IF-2024-126084064-APN-SSH#INA - Informe Técnico Final - Período 2022-2024 (ITF 2022-2024)

Páginas web

Base de Datos Hidrológicos (BDH)
https://www.acumar.gob.ar/monitoreo-ambiental/bdh/

Calidad de Agua Superficial y Aforos (Calidad Ambiental, ACUMAR)
https://www.acumar.gob.ar/monitoreo-ambiental/calidad-agua-superficial-aforos/

Calidad de Agua Subterránea (Calidad Ambiental, ACUMAR)
https://www.acumar.gob.ar/monitoreo-ambiental/agua-subterranea/

Funcionamiento hidrogeológico de humedales. Informes de Avance (ACUMAR, INA)
https://www.acumar.gob.ar/monitoreo-ambiental/biodiversidad/humedales/

Inventario de Humedales de la Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR, CONICET, 3IIIA, MAYDS y MAPBA)
http://www.acumar.gob.ar/wp-content/uploads/2016/12/001_MinAmb_ManualInventarioHumedales_Acumar_dic23.pdf

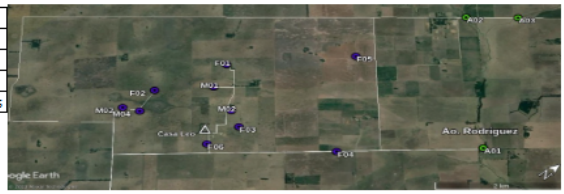
Libro Guía de plantas indicadoras de humedales (ACUMAR-CONICET)
https://www.acumar.gob.ar/materiales/guia-plantas-de-humedal-cuenca-matanza-riachuelo/

Anexo

PLANILLAS DE REGISTRO DE DATOS A CAMPO

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: Mariano Castro Aguilar - Emilse Gugli	Fecha: 8/1/2025
	Hora: 10:25
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	25
Nubosidad (8):	0/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	SI



	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Frea02	4.18	-	-	-	-	-	-	-	-	22.3		
Frea03	4.69	-	-	-	-	-	-	-	-	22		
Frea04	3.68	-	-	-	-	-	-	-	-	22.1		
Frea05	4.50	-	-	-	-	-	-	-	-	21.2		
Frea06	4.82	-	-	-	-	-	-	-	-	21.8		
Mol01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo02	2.80	0.20	-	-	-	-	-	-	-	27.8		
Afo03	2.00	0.05	-	-	-	-	-	-	-	29.8		
Afo04	5.66	0.44	-	-	-	-	-	-	-	32.40		Se observo abundante vegetación hidrofita flotante
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Nivel Estático de AFORO (01,02,03) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: Mariano A. Castro Aguilar - Emilse N. Guglielmetti	Fecha: 22/1/2025
	Hora: 10:15
	Lugar: Gral. Las Heras

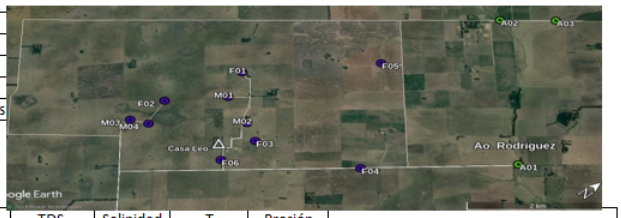
T° Amb:	27
Nubosidad (8):	0/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	NO

	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Frea02	4.33	-	-	-	-	-	-	-	-	23.3		
Frea03	4.78	-	-	-	-	-	-	-	-	21.9		
Frea04	3.80	-	-	-	-	-	-	-	-	21.9		
Frea05	4.61	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5		
Frea06	4.97	-	-	-	-	-	-	-	-	21.1		
Mol01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo02	2.80	0.20	-	-	-	-	-	-	-	29.0		
Afo03	2.00	0.05	-	-	-	-	-	-	-	29.6		
Afo04	5.70	0.44	-	-	-	-	-	-	-	31.5		Abundante vegetación hidrofita flotante
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Nivel Estático de AFORO (01,02,03) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: Felipe Ochsenius - Federico Roldán	Fecha: 7/2/2025
	Hora: 11:00
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	28
Nubosidad (8):	0/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	SI

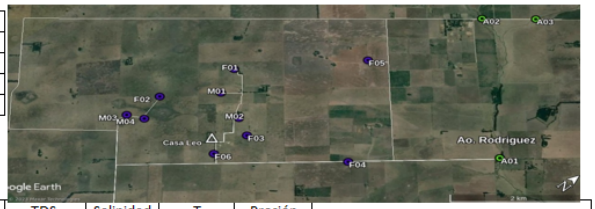


	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Frea02	4,47	-	-	-	-	-	-	-	-	22,8		
Frea03	4,92	-	-	-	-	-	-	-	-	23,2		
Frea04	3,86	-	-	-	-	-	-	-	-	21,9		
Frea05	4,72	-	-	-	-	-	-	-	-	20,8		
Frea06	5,10	-	-	-	-	-	-	-	-	21,7		
Mol01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo02	2,79	0,20	-	-	-	-	-	-	-	30,7		
Afo03	2,10	0,40	-	-	-	-	-	-	-	30,3		
Afo04	5,66	0,45	-	-	-	-	-	-	-	31,3		
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Nivel Estático de AFORO (01,02,03) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: **Mariano Castro Aguilar - Felipe Ochseniu**	Fecha: 19/2/2025
	Hora: 11:10
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	21
Nubosidad (8):	0/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	SI

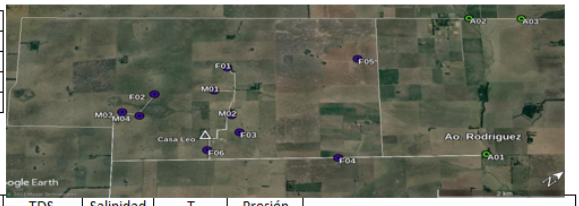


	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		En todos los casos se evidenció un descenso del nivel estático del agua al igual que las temperaturas de la misma en general, en comparación a las mediciones realizadas el 07/02/2025.
Frea02	4,55	-	-	-	-	-	-	-	-	21,8		
Frea03	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	21,5		
Frea04	4,03	-	-	-	-	-	-	-	-	21,5		
Frea05	4,80	-	-	-	-	-	-	-	-	20,5		
Frea06	5,14	-	-	-	-	-	-	-	-	21,1		
Mol01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mol04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Afo02	2,80	0,20	-	-	-	-	-	-	-	26,6		
Afo03	2,15	0,04	-	-	-	-	-	-	-	26,7		
Afo04	5,70	0,40	-	-	-	-	-	-	-	30,2		
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Nivel Estático de AFORO (01,02,03) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico			
de Humedales de la CMR			
Institución/observador:	**Emilse Guglielmetti- Federico Roldan**	Fecha:	19/3/2025
		Hora:	
		Lugar:	Gral. Las Heras

T° Amb:	25
Nubosidad (8):	1/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	SI

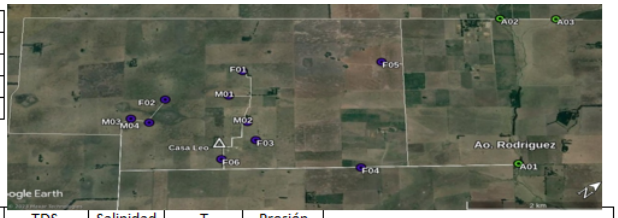


	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Frea02	3,96	-	-	-	-	-	-	-	-		22,1	
Frea03	4,50	-	-	-	-	-	-	-	-		21,8	
Frea04	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-		23,4	
Frea05	4,37	-	-	-	-	-	-	-	-		20,7	
Frea06	4,55	-	-	-	-	-	-	-	-		21,1	
Mol01		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol02		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol03		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol04		-	-	-	-	-	-	-	-			
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Afo02	2,82	0,2	-	-	-	-	-	-	-		27,8	
Afo03	2,25	0,5	-	-	-	-	-	-	-		29,3	
Afo04	5,7	0,4	-	-	-	-	-	-	-		28,6	
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Nivel Estático de AFORO (01,02,03) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico			
de Humedales de la CMR			
Institución/observador:	**Emilse Guglielmetti- Nuria Ciocchi**	Fecha:	3/4/2025
		Hora:	
		Lugar:	Gral. Las Heras

T° Amb:	19
Nubosidad (8):	2/8
Pcc. (72 Hs):	--
Animales:	SI



	Nivel estático (mbbp)	Aforo (mts)	pH	ORP (mV)	OD (%)	CE (µS/cm)	Resistiv. (Ω.cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (Psu)	T (°C)	Presión (Atm)	Observaciones
Frea01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Frea02	4,10	-	-	-	-	-	-	-	-	21,6		
Frea03	4,52	-	-	-	-	-	-	-	-	21,2		
Frea04	3,37	-	-	-	-	-	-	-	-	20,0		
Frea05	4,50	-	-	-	-	-	-	-	-	20,2		
Frea06	4,61	-	-	-	-	-	-	-	-	22,0		
Mol01		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol02		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol03		-	-	-	-	-	-	-	-			
Mol04		-	-	-	-	-	-	-	-			
Afo01	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Afo02	2,80	0,2	-	-	-	-	-	-	-	21,5		
Afo03	2,19		-	-	-	-	-	-	-	21,4		
Afo04	5,72	0,4	-	-	-	-	-	-	-	23,0		
Afo05			-	-	-	-	-	-	-			

Escala en Aforo 3 con pasto no se pudo medir. Se observaron cigueñas y agua en el humedal del F02.

Nivel Estático de AFORO (02,03,04) se debe medir desde borde a nivel de calle, hasta el pelo de agua.
El aforo se lee en la escala, hasta donde llega el pelo de agua.
Dejar estabilizar la temperatura con la sonda dentro del agua.
Los restantes Aforos, Molinos y Freatimetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2025-71596494-APN-SLHI#INA

AEROPUERTO INTERNACIONAL EZEIZA, BUENOS AIRES
Miércoles 2 de Julio de 2025

Referencia: ITA Nº9-INFORME TECNICO AVANCE_CEC8_ACUMAR-INA

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 18 pagina/s.

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE
Date: 2025.07.02 16:15:31 -03:00

Patricia Monica Pastore
Analista
Dirección de Fortalecimiento Comunitario y Territorial
Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE
Date: 2025.07.02 16:33:27 -03:00

ARIEL WALTER HUMAI
Investigador
Subgerencia Laboratorio de Hidrología
Instituto Nacional del Agua

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE
Date: 2025.07.02 16:33:28 -03:00