Informe Técnico de Avance N° 8

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

Noviembre de 2024

IF-2024-126084360-APN-SLHI#INA

Tabla de contenido

1) Introducción 3

2) Objetivos y tareas correspondientes al período **5**

2.1) Objetivos perseguidos 5

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 8

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. 11

3.1.6) Análisis de información colectada 12

Documentación oficial **18**

Páginas web **19**

Anexo **20**

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 vencimiento fue el pasado 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. 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 2021-2024 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

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 período 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.

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 un análisis de información colectada. Se presenta un análisis preliminar de los primeros datos obtenidos en los humedales de General Las Heras. En estos últimos meses se han registrado mayores precipitaciones, dando como resultado, anegamientos y algunos caminos intransitables. Debido a esta situación en ocasiones se vió dificultado el acceso a los puntos de monitoreo. En algunos casos, no pudiendo realizarse la medición correspondiente.

En el presente informe se presenta el análisis y discusión de los resultados luego de haber realizado 24 meses de mediciones prácticamente ininterrumpidas. 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.

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 mayo 2024 - noviembre 2024 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 séptimo 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 mayo 2024 - noviembre 2024 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. Asimismo, se llevó a cabo reunión de coordinación técnica el día 31 de mayo de 2024.

En el periodo se trataron principalmente los aspectos relacionados al cierre del periodo 2022-2023 del convenio y avances logrados. Asimismo se debatió sobre la necesidad de su renovación automática y modalidad para dar continuidad a las tareas.

En tal sentido los equipos consensuaron las propuestas técnicas a fin de dar curso al proceso de validación del Modelo Conceptual y de Funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la Cuenca Riachuelo a escala de detalle.

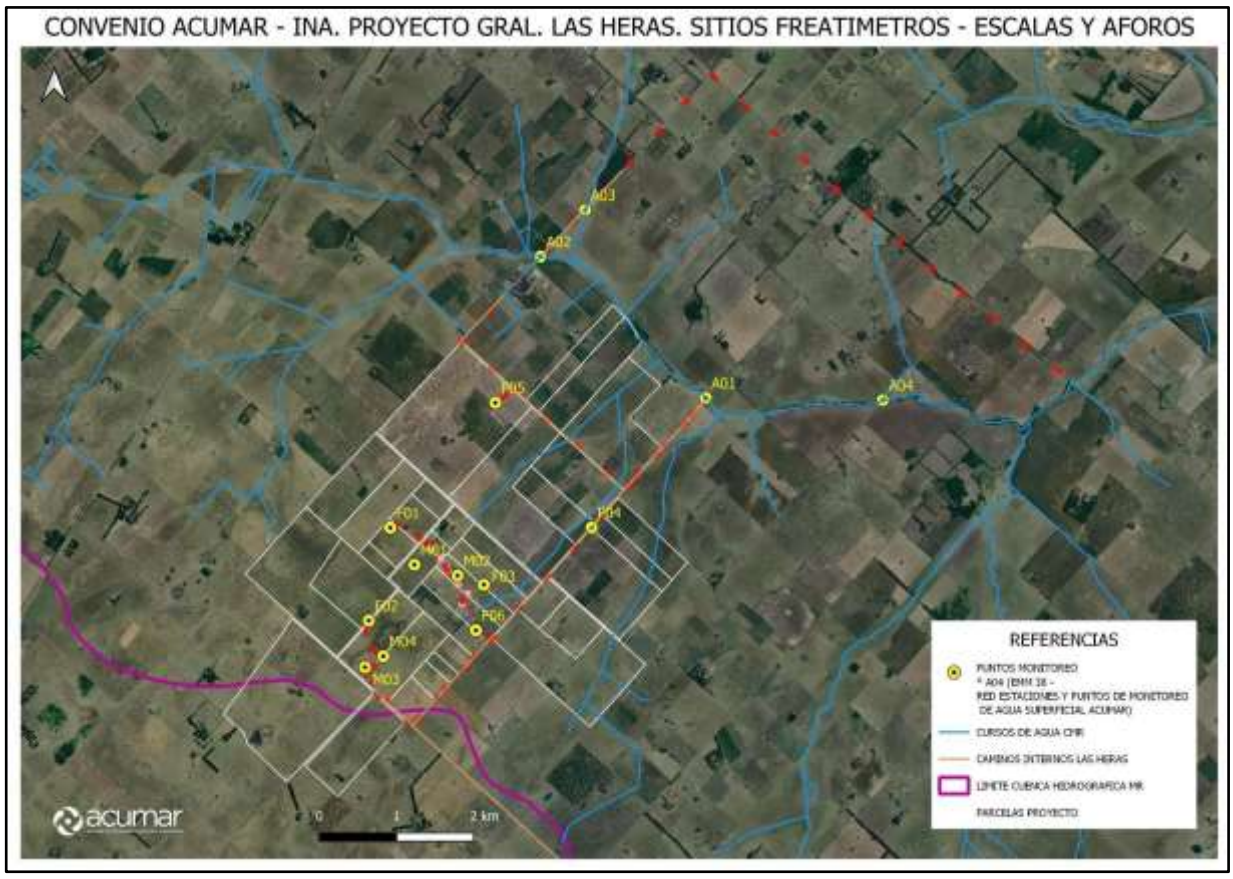
3.1.2) Reportes periódicos de avance de tareas

Corresponde a la **T4**. El presente Informe Técnico de Avance N° 8 constituye el reporte periódico de avance de tareas que da cuenta de las actividades desarrolladas durante el séptimo 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.** Las escalas hidrométricas sobre el Arroyo Rodríguez suelen hallarse deterioradas y en ocasiones, no es posible proceder a las mediciones. El equipo del INA ha realizado las reparaciones y/o mantenimiento en varias ocasiones desde el inicio de los estudios en General Las Heras.

En el presente período se han registrado mayores precipitaciones que produjeron condiciones de anegamiento por lo que varios caminos estuvieron intransitables. Debido a esta situación, en algunas campañas no ha sido posible tomar mediciones en la totalidad de los puntos de monitoreo por la dificultad del acceso a los mismos. Se observó acumulación de agua superficial y presencia de plantas hidrófitas y de aves acuáticas en la cubeta La Galera (cercana al punto F02). La fisonomía del humedal y la mayor presencia de biota en la zona de estudio se asemejan a las condiciones observadas en el año 2019.



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

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 mayo 2024 - noviembre 2024 se realizaron monitoreos 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. A continuación, se presenta una tabla con el registro de salidas de campo para toma de datos y la institución a cargo.

REGISTRO DE SALIDAS A CAMPO Y TOMA DE DATOS

Tabla Nº2. Registro de salidas a campo para toma de datos con observaciones y equipo interviniente.-

DIA	INSTITUCIÓN	OBSERVACIONES
11705/2024	INA	Completo
15/05/2024	ACUMAR	Completo
24/05/2024	INA	Completo
29/05/2024	ACUMAR	No se pudo acceder al F01 por anegamiento de zona.
06/06/2024	INA	Completo
12/06/2024	ACUMAR	No se pudo acceder al F03 - Boyero electrificado.
23/06/2024	INA	Completo
10/07/2024	ACUMAR	No se realizó la medición del F01
19/07/2024	INA	Completo
24/07/2024	ACUMAR	Suspendido por lluvias
29/07/2024	INA	Completo
07/08/2024	ACUMAR	Suspendido por lluvias
08/08/2024	INA	Completo
12/08/2024	ACUMAR	No se realizó F01 - No se pudo llegar por el camino intransitable.
29/08/2024	INA	Completo
04/09/2024	ACUMAR	AFO 04 - No se pudo acceder por el camino anegado.
12/09/2024	INA	suspendido
18/09/2024	ACUMAR	Completo
25/09/2024	INA	Completo
02/10/2024	ACUMAR	No se midieron los pozos F01 y F03
09/10/2024	INA	Completo
16/10/2024	ACUMAR	No se realizó F01 - No se pudo llegar por el camino intransitable.
29/10/2024	INA	Completo
30/10/2024	ACUMAR	
06/11/2024	INA	Completo
13/11/2024	ACUMAR	Completo
	INA	
27/11/2024	ACUMAR	

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. El seguimiento de los parámetros físico químicos es realizado de manera conjunta entre la Coordinación de Calidad Ambiental de ACUMAR y el INA en el marco de otro convenio de cooperación técnica firmado entre las instituciones.

La incorporación del punto de monitoreo al programa de calidad de agua subterránea y a la base de datos hidrológica de ACUMAR se vincula a la necesidad de obtener información acerca de la dinámica y calidad del acuífero freático en sitios no alcanzados por la red de monitoreo histórica de la Autoridad de Cuenca.

En ese marco, se registran las siguientes variables a campo: profundidad del agua, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto y Potencial Redox. Mientras 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 información colectada

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 (**Figura 1)** y en los cuatro aforos en diferentes tramos del Arroyo Rodríguez (**Figura 2**). A partir de estos datos fue posible determinar la dinámica general a escala del agua en el área de trabajo, estableciendo las principales zonas de recarga, descarga y tránsito.

Luego de transcurridos 24 meses de mediciones prácticamente ininterrumpidas se ha podido desarrollar un modelo cualitativo de funcionamiento hidrogeológico del humedal bajo estudio. Las mediciones comenzaron en octubre de 2022 al inicio de un período seco que se extendió hasta marzo de 2024; durante este lapso fue posible observar como el nivel de agua en el acuífero descendía progresivamente a excepción de algunos pequeños eventos de recarga.

Las observaciones de este período permitieron establecer el nivel de base de funcionamiento del sistema (**Figuras 1 y 2**). El nivel de agua de 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.

Por otra parte, el comportamiento piezométrico fue igual en todos los pozos del área por lo tanto se puede inferir la **continuidad espacial** del sistema acuífero. Un detalle interesante de la serie de datos consiste en que la carga hidráulica de F02 se encuentra siempre por encima de F01 (cercano y topográficamente más elevado) lo que permite postular la afirmación 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 se registra hasta las últimas visitas realizadas en octubre y noviembre del corriente año. En los últimos ocho meses se observó un aumento en los niveles de agua del acuífero que puso en evidencia la conducta del sistema bajo condiciones húmedas, permitió reforzar las observaciones realizadas en el período seco y aportó nuevas hipótesis.

La relación de carga hidráulica entre pozos en el período de recarga 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 con un aumento en su piezometría de 1,68 m. En contraste, F01, el freatímetro más cercano a F02, mostró el menor aumento piezométrico de todo el conjunto, de sólo 0,95 m. Esta observación no sólo 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** 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.

Los otros dos freatímetros que muestran mayor aumento relativo en su carga hidráulica son F04 y F05 (próximos al arroyo) mientras que F03 y F06, que se encuentran cerca de la zona de recarga, presentan un aumento relativo menor. Existen dos factores que podrían explicar este fenómeno: la menor zona no saturada (figura 3) de los pozos F04 y F05 que favorece la infiltración o el arreglo topográfico/geomorfológico que induce la escorrentía superficial por esas zonas. Esto último podría ser particularmente cierto para el pozo F04 que se encuentra en la traza de un incipiente arroyo (aún no desarrollado) y, al mismo tiempo, en el camino más directo desde el área de recarga. Si bien falta evidencia para sostener esta hipótesis, resulta probable pensar que la circulación de agua superficial y subterránea favorece el desarrollo de la permeabilidad en el suelo y esta circunstancia posteriormente se ve reflejada en el ingreso de agua al sistema y en la distribución de presiones en el acuífero.

Los mapas de isopiezas del acuífero (Figuras 4 y 5) muestran la zona de recarga, la dirección de flujo preferente del agua subterránea y la zona de descarga en los arroyos. La zona de recarga (azul oscuro) se localiza en las cercanías del freatímetro F02 que coincide con una depresión del terreno donde se encuentra el mayor humedal del área (La Galera, polígono verde en la figura). En esta zona se verifica la doble condición de acumulación superficial de agua debida a la depresión y de conservación de la humedad en suelo por la presencia del humedal que facilita el ingreso de agua al acuífero. La circulación de agua subterránea se produce en dirección noreste hacia el Arroyo Rodríguez donde está ubicada la descarga.

El freatímetro F05 merece particular atención ya que en sus inmediaciones se detecta una zona de descarga local, incluso por debajo del nivel del río, que, *a priori*, puede considerarse como una observación anómala. Este punto es el único ubicado en una isla de árboles en medio de un campo cultivado donde, durante el período de muestreo, se han identificado cultivos de soja y alfalfa. Esta observación, aunque no afecta el modelo hidrogeológico general, merece algún tipo de explicación ya que podría ser indicativa de cómo funciona el sistema hidrogeológico. En principio, se han ensayado tres explicaciones posibles: (1) un error en la medición de la cota, (2) un descenso anómalo local producto de la actividad de los árboles que circundan el pozo ó (3) un descenso de mayor extensión producto de la actividad del cultivo. En los dos primeros casos se trataría de un problema

metodológico ya sea por un error de medición o por haber seleccionado un punto de observación con “ruido” pero, en caso de ser válida la tercera hipótesis, el punto adquiere valor adicional ya que estaría indicando la influencia del acuífero freático en el sostenimiento del cultivo y su análisis podría tener implicancias a la hora de planificar la producción agrícola.

Al comprar las figuras 4 y 5 puede verse el aumento de la carga hidráulica en las inmediaciones del humedal “La Galera” (perímetro verde) y – descontando las incongruencias que introducen los datos anómalos del freatímetro F05 en el mapeo – el aumento del nivel en el sector sur y su avance hacia la zona del freatímetro F04, como se señaló anteriormente.

A partir de este punto surgen nuevos interrogantes cuya respuesta permitirá avanzar hacia el desarrollo final de un modelo hidrogeológico cuantitativo que permita integrar la mayor parte de las variables en juego (al menos las más fundamentales) y realizar predicciones en favor de un mejor ordenamiento territorial. Para simplificar, una vez conocido el funcionamiento del humedal en cuenca alta (donde el grado de perturbación antrópica es bajo) y su vínculo con otras características del terreno, las conclusiones se podrán aplicar al ordenamiento territorial de la cuenca en otras zonas de características similares donde el componente poblacional es mayor.

Entonces, para completar el estudio, resulta necesario profundizar el conocimiento sobre el suelo de la cuenca y el suelo característico del humedal en lo que a sus propiedades hidráulicas se refiere. Como se señaló anteriormente, el humedal constituye el punto principal de recarga de agua no sólo por su localización en la cuenca sino también por su tendencia a conservar la humedad superficial, lo que facilita el acceso de agua de precipitación al sistema acuífero. Esta propiedad, distinta al suelo del resto de la cuenca, parece estar vinculada al suelo característico del humedal y termina siendo el nexo entre agua superficial de precipitación y las aguas subterráneas. Su evaluación y cuantificación resultan clave a la hora de estudiar los ingresos de agua a la cuenca.

El otro punto importante consiste en el análisis detallado de la geomorfología local y su relación con el flujo de agua subterránea. Este vínculo, que aparece sugerido en el análisis de datos hidráulicos, resulta fundamental para el ordenamiento territorial ya que permitiría comprender el funcionamiento hídrico de otros sectores de la cuenca a partir de información superficial y algunos pocos datos de perforaciones. Sin embargo, su estudio no se encuentra muy desarrollado aún ya que emerge como posibilidad luego de dos años de observaciones; por esta razón, se aconseja continuar el monitoreo y avanzar en la integración de la totalidad de los datos obtenidos a la fecha.

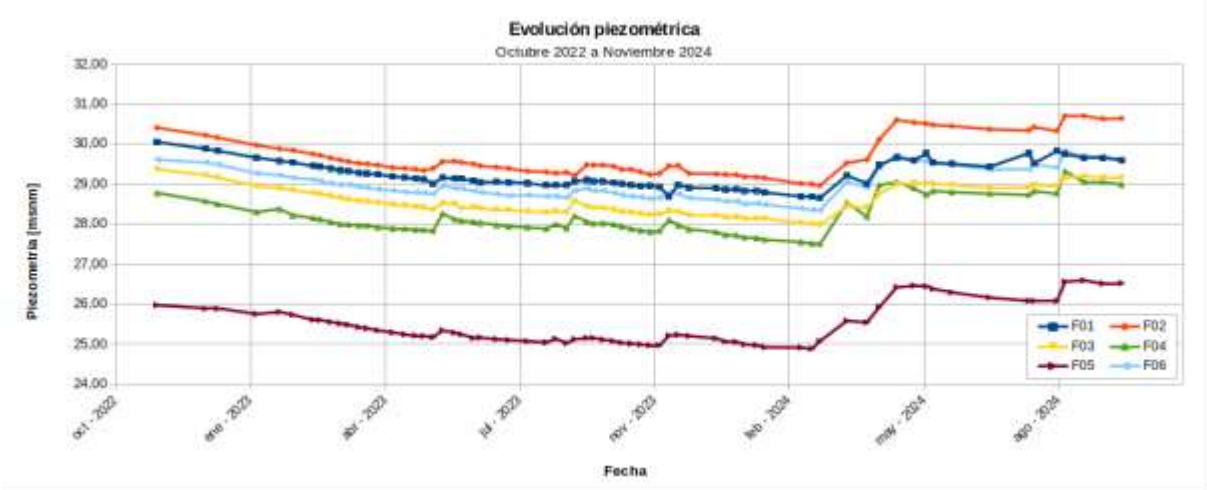


Figura 1. Evolución de la carga hidráulica (piezometría) en el acuífero.

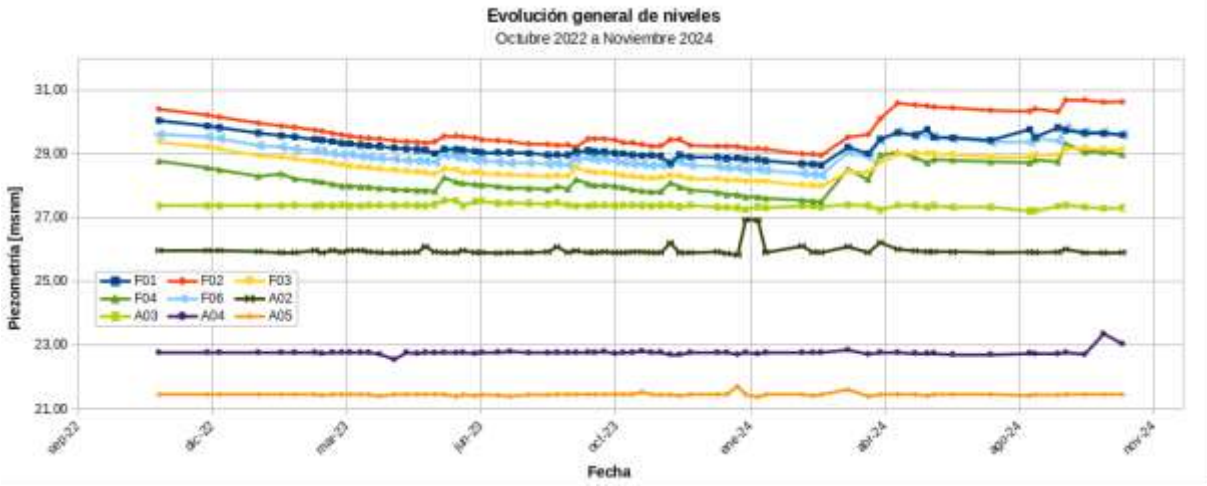


Figura 2. Evolución de la piezometría en el acuífero y de los niveles de los arroyos.

Figura 3. Evolución de la Zona No Saturada (ZNS) en cada freatímetro.

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

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.

Los datos de campo y laboratorio han sido ensamblados para dar como resultado una base de datos completa y que permitan el análisis específico de variables estacionales, temporales, cuantitativas y cualitativas.

La continuidad del trabajo ha permitido generar series de datos coherentes e interpretables que muestran de forma clara la dinámica del agua superficial y subterránea en la zona de estudio. Los nexos entre los distintos componentes del sistema comienzan a verse de forma más clara aunque aún no se ha alcanzado un punto donde pueda hablarse de una cuantificación de variables.

Luego de 24 meses de mediciones ininterrumpidas, resulta claro que el sistema se comporta de diferente forma dependiendo si se encuentra en fase seca o fase húmeda.

El desarrollo del modelo ha necesitado al menos 2 años de obtención de datos para poder observar el comportamiento del sistema natural; la variable “tiempo” no se puede comprar ni acelerar. Asimismo se requiere que la condición climática cambie para poder observar variaciones en la serie. Actualmente nos encontramos en un período climático relativamente seco que mantiene baja la recarga del sistema acuífero y los niveles piezométricos se encuentran constantemente en descenso.

Para observar la reacción del ambiente frente a las lluvias será necesario esperar la llegada de un nuevo período húmedo a la cuenca, por lo tanto, se recomienda sostener el monitoreo el máximo tiempo posible.

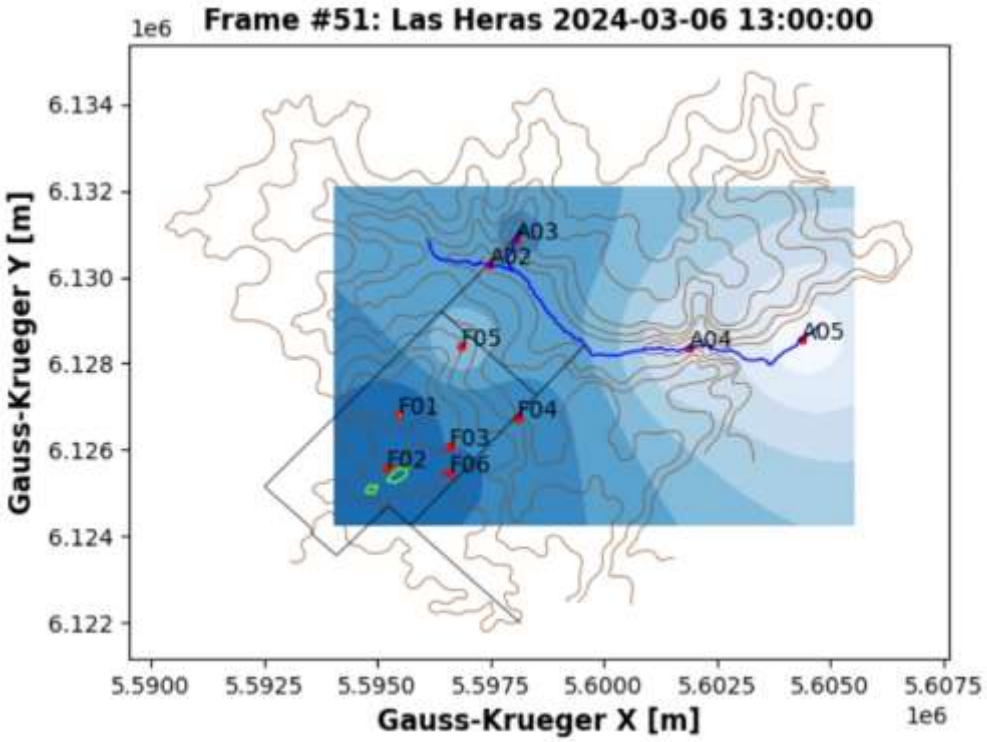


Figura 4. Isopiezas (azul) de marzo de 2024 correspondientes al momento máximo de descarga. En verde se observa el perímetro del humedal “La Galera”.

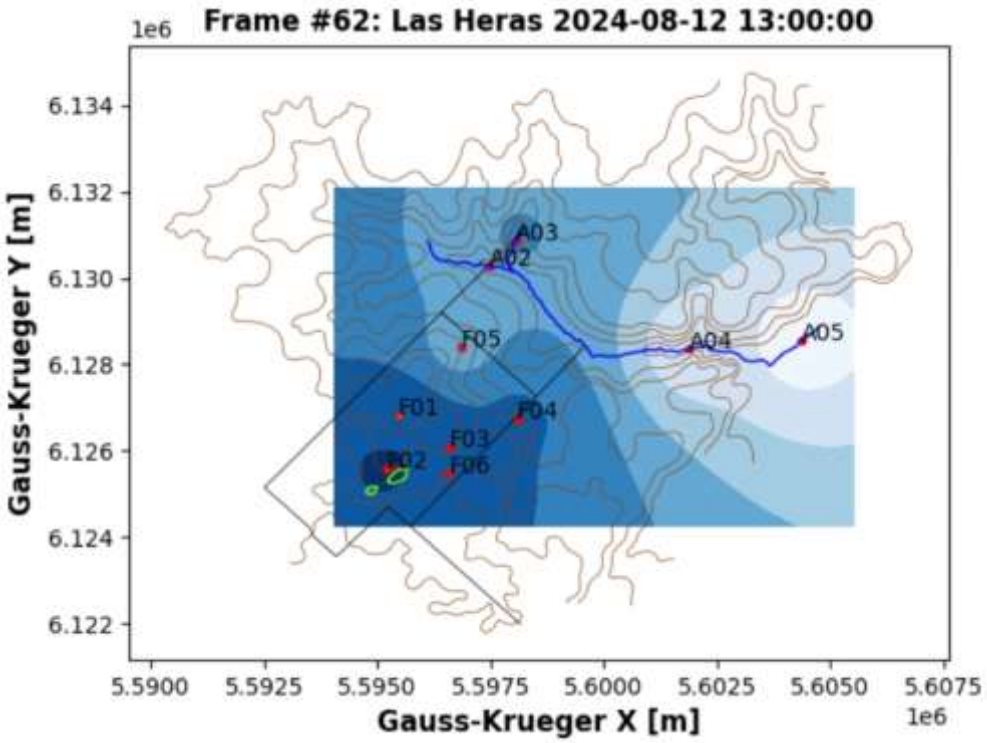


Figura 5. Isopiezas (azul) de agosto de 2024 correspondientes al período de recarga. En verde se observa el perímetro del humedal “La Galera”.

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 2013

Ricardo J. Rocca , Emilio R. Redolfi y Roberto E. Terzario. Características Geotécnicas de los Loess de Argentina.Rev. I nt. 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

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: Guglielmetti-Reiszer	Fecha: 15/5/2024
	Hora: 11.30hs
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	10
Nubosidad (8):	4/8
Pcc. (72 Hs):	0 mm
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	N/M	-								N/M		Imposible llegar zona anegada
Frea02	3,79	-								22,6		
Frea03	4,46	-								21,7		
Frea04	3,31	-								23,5		
Frea05	4,10	-								20,1		
Frea06	4,39	-								21.0		
Mol01		-										
Mol02	4,56	-								21,4		
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01												
Afo02	2,75	0,21								13,4		
Afo03	2,01	0,59								16,6		
Afo04	5,66	0,41								15,5		
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: ACUMAR- ROLDAN- OCHSENIUS	Fecha: 12/6/2024
	Hora: 10:30
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	17°C
Nubosidad (8):	8/8
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	3.88	-								22.3°C		
Frea03		-										No se pudo acceder, cerco electrificado
Frea04	3.4	-								23.2°C		
Frea05	3.27	-								21.2 °c		
Frea06	4.51	-								21.6 °C		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01												
Afo02	0.21	2.79								18.9 °C		Animal muerto en el curso de agua
Afo03	0.05	2.06								20.7 ° C		
Afo04	0.4	5.7								19.7 ° C		Residuos urbanos en el cause
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: ROLDAN- CASTRO AGUILAR	Fecha: 10/7/2024
	Hora: 11:00
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	5° C
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	3.96	-								23.5°C		
Frea03	4.59	-								22.5°C		
Frea04	3,44	-								23.5°C		
Frea05	4,4	-								22°C		
Frea06	4.62	-								21.7°C		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01												
Afo02	2.8	0.2								6.8 °C		
Afo03	2.05	0.05								10.8 ° C		
Afo04	5.7	0.4								10.4 ° C		
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 Freattmetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: Guglielmetti - Ochsenius	Fecha: 12/8/2024
	Hora: 11:00
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	10.4
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	-	-										No se pudo llegar por el camino instransitable
Frea02	3,91	-								22,5		
Frea03	4,52	-								22,7		
Frea04	3,38	-								23,5		
Frea05	4,48	-								22.0		
Frea06	4,49	-								21,6		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01												
Afo02	2,8	0,18								15.0		
Afo03	2,17	-								20,1		
Afo04	5,68	0,43								18		
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 Freattmetros lo realizó INA, debido a las condiciones del terreno.

Proyecto: Modelo Conceptual y funcionamiento Hidrogeológico de Humedales de la CMR	
Institución/observador: Roldan - Ochsenius	Fecha: 4/9/2024
	Hora: 11:30
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	15ºC
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	-	-										No se pudo llegar por el camino instransitable
Frea02	3,63	-								21,4		
Frea03	4,33	-								21,6		
Frea04	2,88	-								20,1		
Frea05	4	-								20,5		
Frea06	4,16	-								21.0		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01	-	-										
Afo02	2,7	0,30								18,9		
Afo03	2	0,10								22,1		Gran cantidad de espuma
Afo04	-	-								-		No se pudo acceder x camino anegado
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: F. Roldan - F. Ochsenius	Fecha: 18/9/2024
	Hora: 11:30
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	21°C
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	3,63	-								21,5		
Frea03	4,30	-								22,4		
Frea04	3,14	-								21,1		
Frea05	3,97	-								21,3		
Frea06	4,29	-								22.0		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01	-	-										
Afo02	2,81	0,20								24,4		
Afo03	2,05	0,05								26,7		
Afo04	5,70	0,40								25,8		
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: E. Guglielmetti - Mariano Castro A.	Fecha: 2/10/2024
	Hora: 11:10
	Lugar: Gral. Las Heras

T° Amb:	18
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	3,70	-								21,8		
Frea03	-	-								-		
Frea04	3,14	-								21,1		
Frea05	4,05	-								21.0		
Frea06	4,30	-								21.4		
Mol01		-										
Mol02		-										
Mol03		-										
Mol04		-										
Afo01	-	-								-		
Afo02	2,81	0,20								22.0		
Afo03	2,10	0,05								26,6		
Afo04	5,05	0,42								23,8		
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.

República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2024-126084360-APN-SLHI#INA

AEROPUERTO INTERNACIONAL EZEIZA, BUENOS AIRES
Viernes 15 de Noviembre de 2024

Referencia: ITA N°8_CEC 8_ACUMAR-INA-mayo2024_nov.2024_Gral Las Heras

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 23 pagina/s.

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE
Date: 2024.11.15 20:20:39 -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: 2024.11.15 20:28:13 -03:00

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

Digitally signed by GESTION DOCUMENTAL ELECTRONICA - GDE
Date: 2024.11.15 20:28:14 -03:00