

Impacto de los RSU en la composición química elemental de aguas superficiales y subterráneas del distrito General Obligado (Avance: selección de puntos de muestreo)

Impact of MSW on the elemental chemical composition of surface and groundwater in the General Obligado district (Progress: sampling point selection)

Presentación: 30/10/2025

Agustín Echeverría

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista, Argentina

Agustine002002@gmail.com

Resumen

La calidad del agua es esencial para la salud y el ambiente, pero en el norte de la provincia de Santa Fe muchas comunidades carecen de acceso pleno a agua potable. Diversos estudios han documentado la presencia de arsénico y otros contaminantes inorgánicos en aguas subterráneas de la llanura Chaco-Pampeana (Nicolli et al., 2012; Litter et al., 2019), lo que incrementa la vulnerabilidad de la población local. Ante la falta de información específica sobre la influencia de los residuos sólidos urbanos en las fuentes utilizadas para consumo humano y animal, este proyecto busca relevar la composición química elemental de aguas superficiales y subterráneas, con énfasis en metales de origen antropogénico. El presente informe corresponde a un avance inicial centrado en la selección de puntos de muestreo. Para esta tarea se utilizaron herramientas digitales de análisis territorial y visualización satelital, junto con el conocimiento local del autor, lo que permitió identificar sitios estratégicos en Reconquista, Avellaneda, San Antonio de Obligado, Las Toscas, Tacuarendí y Villa Ocampo. Esta etapa constituye la base necesaria para la recolección de muestras y su posterior análisis químico, garantizando representatividad y utilidad de los resultados.

Palabras clave: calidad del agua; contaminantes metálicos; residuos sólidos urbanos; muestreo; Santa Fe

Abstract

Water quality is essential for human health and the environment, but in the north of Santa Fe province many communities lack full access to drinking water. Previous studies have reported the presence of arsenic and other inorganic contaminants in groundwater from the Chaco-Pampean plain (Nicolli et al., 2012; Litter et al., 2019), which increases the vulnerability of local populations. In the absence of specific information on the influence of municipal solid waste on the sources used for human and animal consumption, this project aims to survey the elemental chemical composition of surface and groundwater, with emphasis on metallic contaminants of anthropogenic origin. This report corresponds to an initial progress focused on the selection of sampling points. For this task, digital tools for territorial analysis and satellite visualization were used, combined with the author's local knowledge, which allowed the identification of strategic sites in Reconquista, Avellaneda, San Antonio de Obligado, Las

Toscas, Tacuarendí and Villa Ocampo. This stage constitutes the necessary basis for sample collection and subsequent chemical analysis, ensuring the representativeness and usefulness of the results.

Keywords: water quality; metallic contaminants; municipal solid waste; sampling; Santa Fe

1. Introducción

El agua es un recurso indispensable para la vida y el desarrollo económico de los pueblos. Sin embargo, su calidad puede verse afectada por diversas fuentes de contaminación, entre ellas los residuos sólidos urbanos (RSU) que, al no ser gestionados adecuadamente, generan lixiviados capaces de infiltrar napas subterráneas o alcanzar cursos superficiales de agua. Este problema es particularmente relevante en el norte de la provincia de Santa Fe, donde numerosas comunidades no poseen acceso pleno a la red de agua potable.

En Argentina, la presencia de arsénico y otros elementos traza en aguas subterráneas ha sido ampliamente documentada, especialmente en la llanura Chaco-Pampeana, con efectos sanitarios que han motivado preocupación nacional e internacional (Nicolli et al., 2012; Litter et al., 2019). A esto se suma el impacto potencial de los RSU, que pueden liberar metales y compuestos nocivos hacia las fuentes hídricas. Experiencias de monitoreo ambiental en los principales afluentes de los ríos Paraná y Paraguay han puesto de relieve la necesidad de evaluar sistemáticamente los aportes de origen antrópico (Ronco et al., 2011).

En las últimas décadas, el distrito General Obligado ha experimentado un crecimiento poblacional que trajo aparejado un incremento en la generación de RSU. La acumulación en sitios no regulados plantea un riesgo sanitario y ambiental aún poco documentado. Con el objetivo de cubrir esta brecha, se diseñó un proyecto orientado a evaluar la composición química elemental de aguas superficiales y subterráneas, identificando metales potencialmente tóxicos como plomo, cromo, cadmio, níquel y mercurio.

Este informe presenta el primer avance del proyecto, correspondiente a la selección de los puntos de muestreo en diferentes localidades del distrito General Obligado. Esta etapa resulta crucial, ya que determina la representatividad espacial del estudio y condiciona la calidad de la información que se obtendrá en las fases analíticas posteriores.

2. Programas y métodos

Para la selección de sitios se utilizaron herramientas digitales de análisis territorial y visualización satelital, principalmente Google Earth Pro y la plataforma Planificar Santa Fe (Gobierno de Santa Fe, 2025). La decisión final sobre los puntos incorporó también el conocimiento local del autor sobre accesibilidad y condiciones ambientales de cada localidad.

En etapas posteriores del proyecto, la toma y análisis de muestras se realizará siguiendo las normas IRAM correspondientes, a fin de garantizar la confiabilidad y comparabilidad de los resultados. Para el diseño y ejecución de programas de muestreo se contemplarán las normas IRAM 29012-1 (diseño de programas de muestreo), IRAM 29012-2 (técnicas de muestreo), IRAM 29012-3 (preservación y manipulación de muestras), IRAM 29012-4 (muestreo en lagos), IRAM 29012-10 (muestreo de aguas residuales) e IRAM 29012-11 (muestreo de aguas subterráneas).

3. Resultados y discusión

La red de muestreo diseñada se centra principalmente en áreas urbanas, dado que el objetivo del proyecto es analizar la influencia de los residuos sólidos urbanos (RSU) sobre la calidad del agua. En consecuencia, los sitios más relevantes son aquellos ubicados en zonas urbanas y periurbanas de Reconquista, Avellaneda, Villa Ocampo y Las Toscas, donde la generación y disposición de RSU puede impactar directamente en fuentes de agua subterránea y superficial. Estos puntos incluyen perforaciones en barrios, arroyos urbanos, aguas residuales y zonas próximas a basurales.

Paralelamente, se incorporaron sitios rurales de localidades como San Antonio de Obligado y Tacuarendí, así como ciertos puntos complementarios en el entorno de las demás ciudades. Si bien estos no están directamente vinculados con la generación de RSU, resultan relevantes para el estudio por otras razones: abastecen a comunidades que dependen de pozos de agua, atraviesan áreas agrícolas o actúan como conectores entre zonas urbanas y rurales, como ocurre con el Arroyo del Rey en Reconquista y Avellaneda. Además, estos puntos permiten evaluar la posible influencia de prácticas agropecuarias sobre la calidad de las aguas y brindan una referencia comparativa frente a los valores observados en entornos urbanos. De este modo, el componente rural no solo complementa el análisis de los RSU, sino que amplía la comprensión integral de las fuentes de contaminación potenciales en la región.

Para organizar los sitios seleccionados se empleó un esquema de codificación por colores, que diferencia el tipo de fuente hídrica:

- Azul: aguas de perforación.
- Rojo: aguas superficiales.
- Blanco: aguas residuales.
- Verde: aguas superficiales próximas a sitios de disposición final.
- Amarillo: sitios de disposición final (informales o controlados).

Los puntos señalados en amarillo, provenientes de un estudio previo cuyos resultados están disponibles en la plataforma Planificar Santa Fe (Gobierno de Santa Fe, 2025), complementan esta selección. Además, existe la posibilidad de relevar canillas domiciliarias en viviendas próximas, con el fin de contrastar aguas subterráneas de uso directo con fuentes superficiales cercanas.

La diversidad de puntos incorporados asegura la representatividad espacial y funcional del muestreo. Mientras que las aguas de perforación (azules) aportarán información sobre la calidad del agua subterránea consumida por la población, las aguas superficiales (rojas) permitirán observar la dinámica de contaminantes en arroyos y ríos locales. Los puntos de aguas residuales (blancos) constituirán un indicador del impacto directo de descargas domésticas o industriales, y los verdes, al estar próximos a sitios de disposición final, permitirán evaluar la movilidad de contaminantes desde los RSU hacia cuerpos de agua cercanos.

Esta distinción entre puntos urbanos y rurales fortalece el alcance del estudio. Por un lado, permite evaluar de manera específica los efectos de los RSU sobre los recursos hídricos urbanos; y por otro, posibilita contrastar estos resultados con ambientes rurales, generando un diagnóstico más integral sobre la calidad del agua en el distrito General Obligado.

La elección metodológica responde a criterios similares a los utilizados en investigaciones previas sobre calidad de aguas y contaminantes inorgánicos en la región (Nicolli et al., 2012; Litter et al., 2019). Asimismo, experiencias de monitoreo ambiental en ríos del sistema Paraná-Paraguay respaldan la inclusión de diversos tipos de fuentes hídricas en el muestreo (Ronco et al., 2011).

Finalmente, se destaca que esta primera red de puntos no es definitiva: existe la posibilidad de incorporar nuevas localidades o sitios específicos en función de los resultados preliminares y de la identificación de áreas críticas. Asimismo, debe considerarse la influencia de la estacionalidad, ya que las condiciones de sequía o crecidas pueden modificar de manera significativa la concentración y movilidad de contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas. Este carácter dinámico del diseño asegura que el proyecto pueda adaptarse tanto a la realidad socioambiental del distrito General Obligado como a las variaciones temporales propias de su régimen hídrico.

Las localidades seleccionadas son las siguientes:

- Reconquista: En esta localidad se seleccionaron puntos de muestreo debido a su carácter de centro urbano más poblado de la región. La presencia de basurales a cielo abierto y descargas no controladas constituye un riesgo potencial para las fuentes de agua superficial y subterránea. La elección de estos puntos busca evaluar el impacto de la urbanización sobre el recurso hídrico.

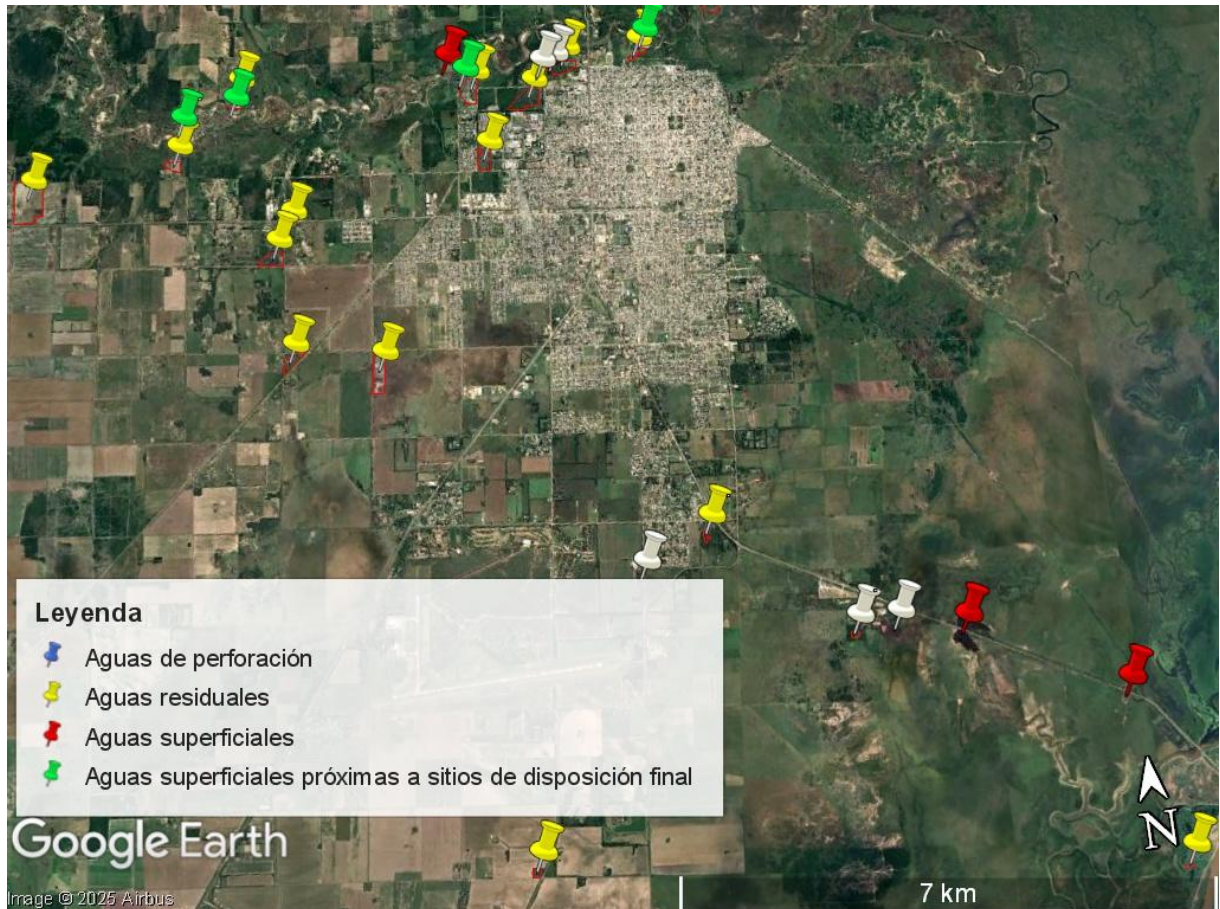


Figura 1. Puntos de muestreo seleccionados en Reconquista (Google Earth Pro)

- Avellaneda: Fue incorporada por su cercanía a Reconquista y por presentar áreas suburbanas con acceso limitado a agua potable. La presencia de industrias y basurales informales justifica la selección de sitios que permitan evaluar posibles contaminaciones derivadas de la actividad humana.



Figura 2. Puntos de muestreo seleccionados en Avellaneda (Google Earth Pro)

- San Antonio de Obligado: Se seleccionaron puntos de muestreo representativos de zonas rurales. La población depende mayormente de pozos de agua, por lo que resulta relevante estudiar la posible presencia de contaminantes en fuentes subterráneas. Este caso aportará datos para comparar ambientes urbanos con rurales.

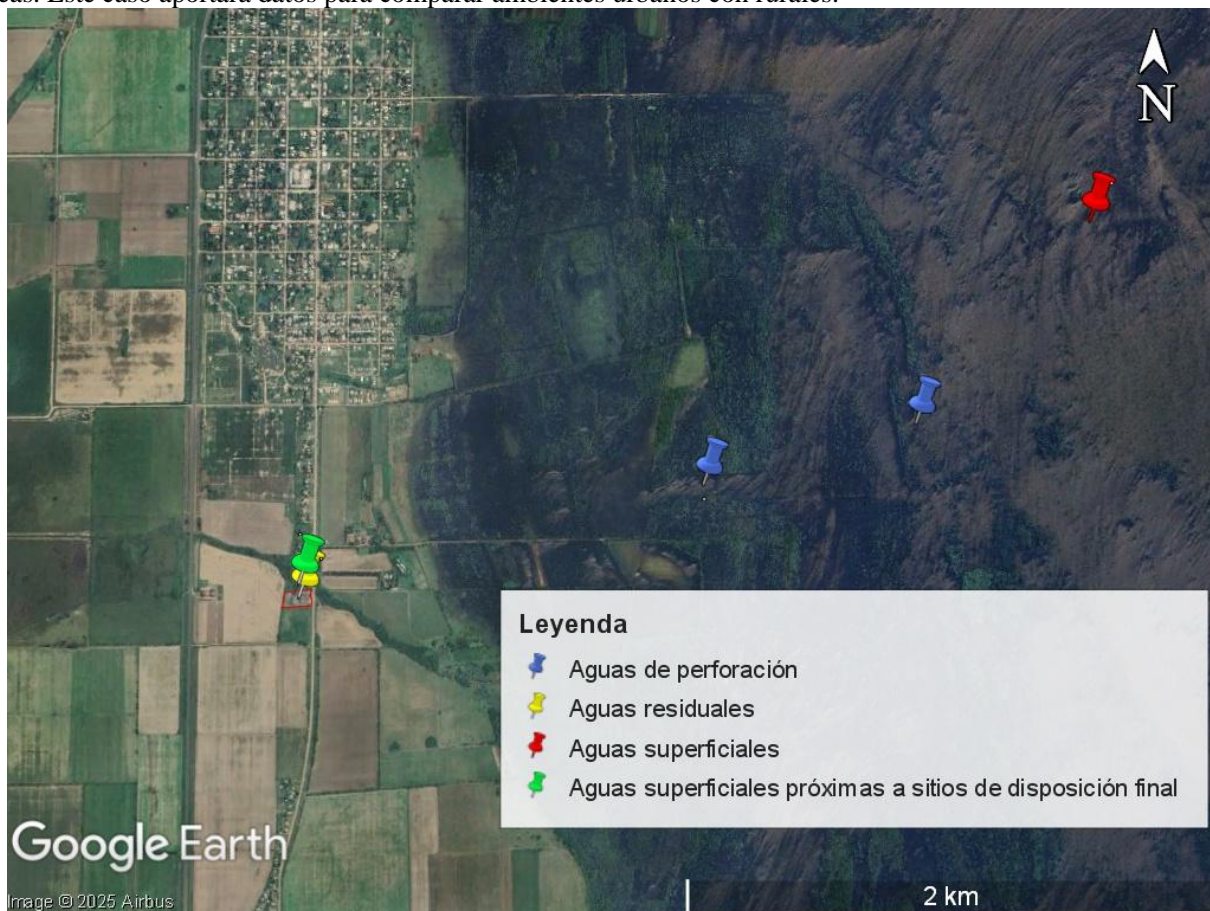


Figura 3. Puntos de muestreo seleccionados en San Antonio de Obligado (Google Earth Pro)

- Las Toscas: Se eligieron puntos en sectores que combinan población urbana y periurbana. El crecimiento demográfico en los últimos años incrementó la generación de residuos, lo que convierte a esta localidad en un área prioritaria para observar potenciales impactos en la calidad del agua.



Figura 4. Puntos de muestreo seleccionados en Las Toscas (Google Earth Pro)

- Tacuarendí: Se consideró un sitio clave por su ubicación intermedia dentro del distrito General Obligado. Su inclusión amplía la cobertura espacial del estudio y permite evaluar un ambiente con características productivas diferentes, complementando así la representatividad regional del muestreo.

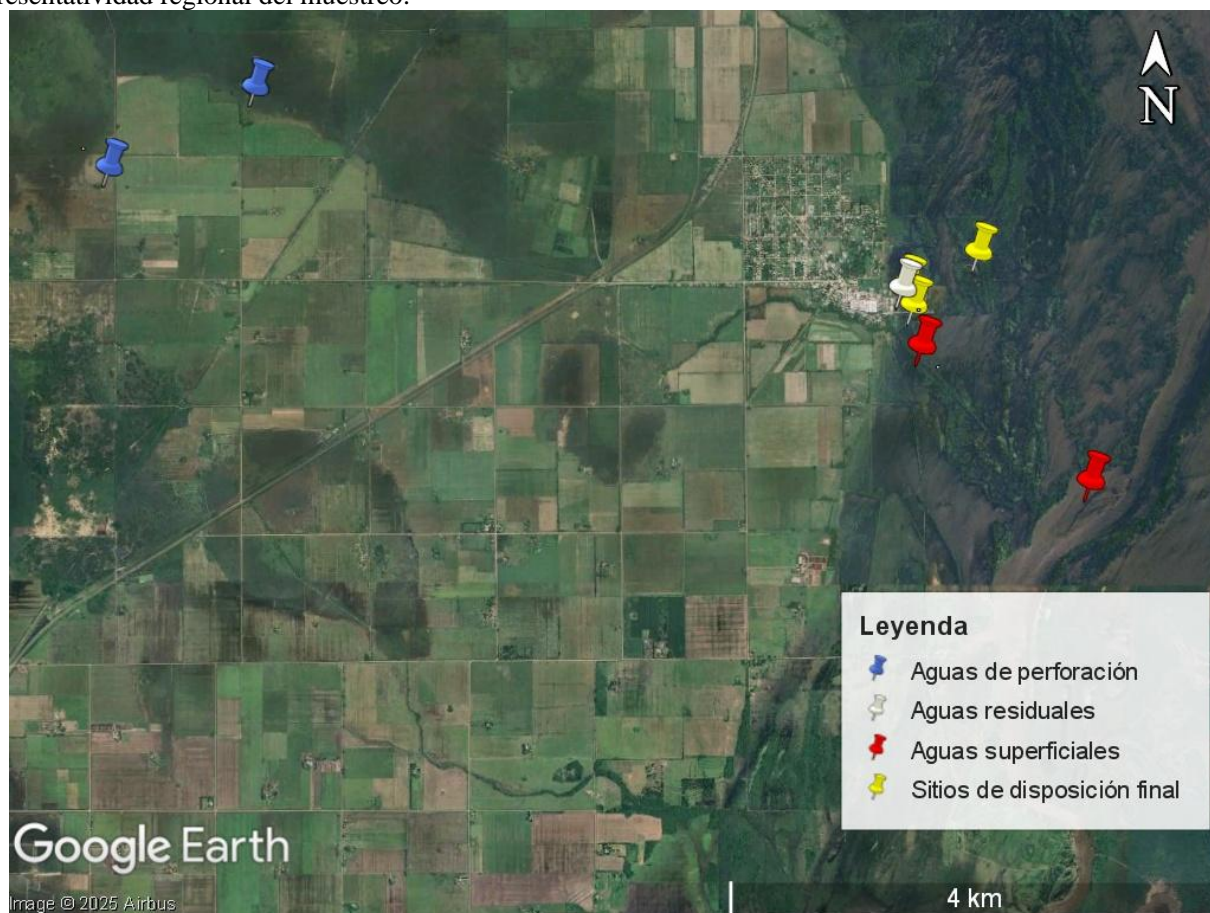


Figura 5. Puntos de muestreo seleccionados en Tacuarendí (Google Earth Pro)

- Villa Ocampo: Se seleccionaron puntos próximos a fuentes de agua utilizadas para consumo humano y animal. La ciudad posee relevancia regional por su actividad agrícola e industrial, factores que podrían influir en la calidad del agua subterránea y superficial. Este muestreo permitirá analizar la relación entre producción, residuos y recurso hídrico.

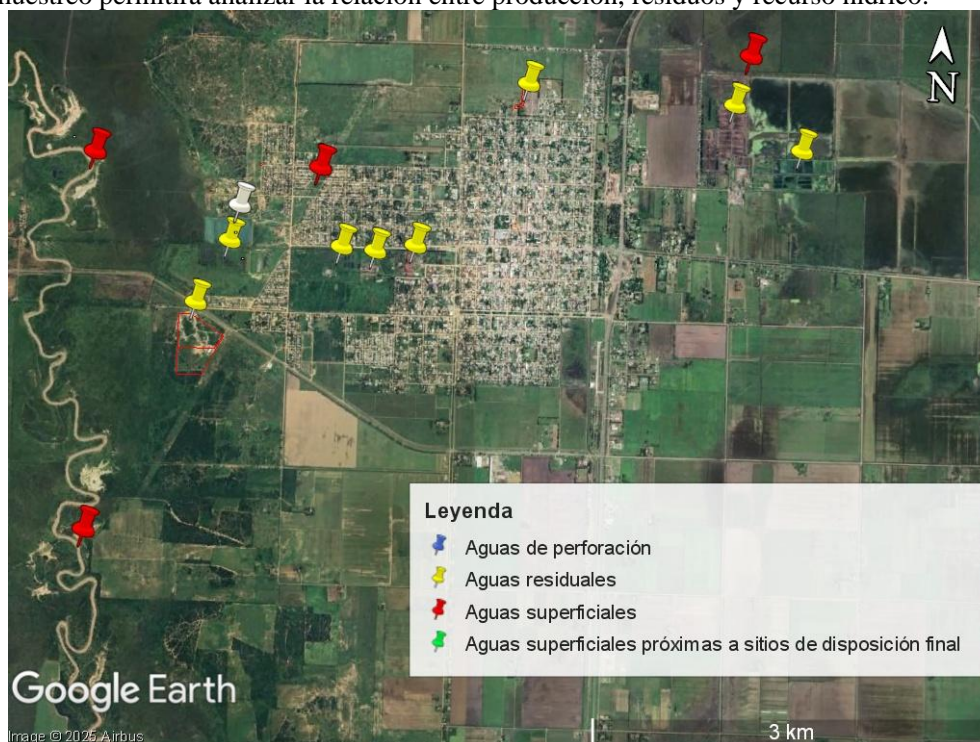


Figura 6. Puntos de muestreo seleccionados en Villa Ocampo (Google Earth Pro)

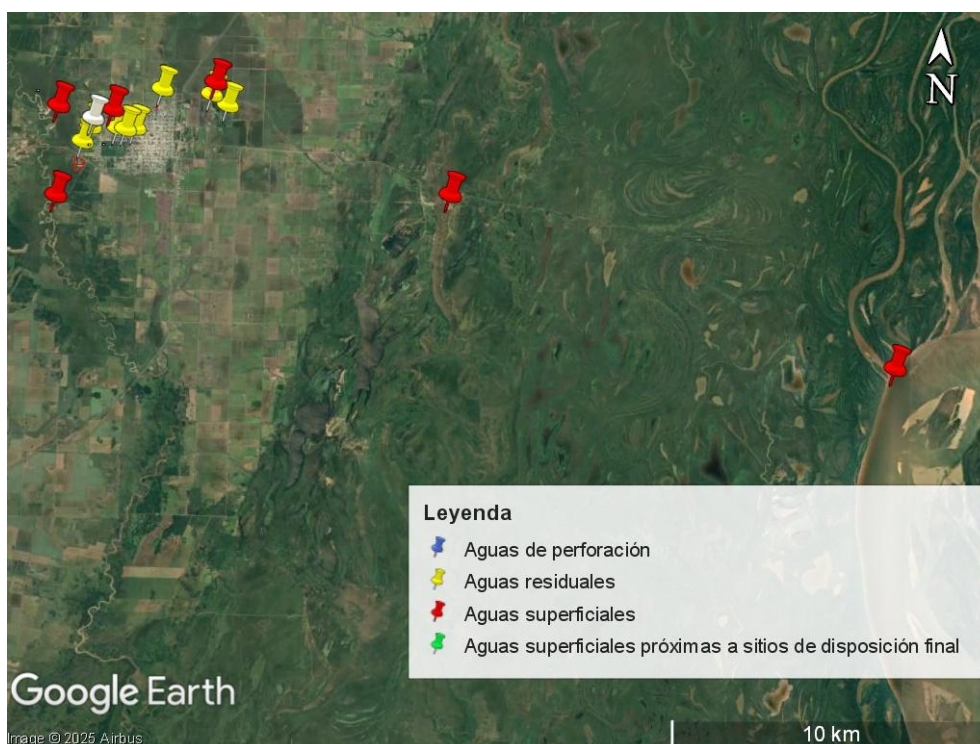


Figura 7. Puntos de muestreo seleccionados en Villa Ocampo (Google Earth Pro) [Se incluye Puerto Ocampo]

4. Conclusiones

La selección de puntos de muestreo constituye un primer avance fundamental para el proyecto, al establecer una red inicial de sitios representativos en seis localidades del distrito General Obligado. Se diferenciaron claramente los sitios urbanos, vinculados directamente a la generación y disposición de RSU, de los sitios rurales, incorporados como complemento para ampliar la perspectiva y facilitar comparaciones entre contextos urbanos y no urbanos.

El esquema de clasificación por colores (aguas de perforación, superficiales, residuales y asociadas a sitios de disposición final de RSU) garantiza diversidad en los escenarios a evaluar. En particular, la incorporación de sitios en el Arroyo del Rey, que atraviesa Avellaneda y Reconquista, permitirá analizar un curso de agua de gran relevancia social y ambiental. Asimismo, los puntos amarillos, provenientes de proyectos previos (Gobierno de Santa Fe, 2025), enriquecen el presente estudio y brindan la posibilidad de complementar el muestreo con canillas de viviendas cercanas.

La literatura existente sobre contaminación por arsénico y metales en aguas subterráneas de la región (Nicolli et al., 2012; Litter et al., 2019), junto con los antecedentes de monitoreo ambiental en sistemas hídricos de la cuenca del Paraná (Ronco et al., 2011), subraya la pertinencia de este diseño de muestreo.

Se reconoce que esta red inicial no es definitiva: existe la posibilidad de incorporar nuevas localidades y sitios específicos en función de los resultados preliminares y de la detección de áreas críticas. Este carácter dinámico asegurará que el proyecto pueda adaptarse a la compleja realidad socioambiental del distrito General Obligado y aportar información útil para la gestión del recurso hídrico.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero provisto por la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista (UTN-FRRq) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Referencias bibliográficas

- Gobierno de Santa Fe. (2025). Planificar Santa Fe: Plataforma de planificación territorial y ambiental de la provincia de Santa Fe. Disponible en <https://www.frrq.utn.edu.ar/planificar-santafe/>
- Litter, M. I., Nicolli, H. B., García, J. W., & Tineo, B. (2019). “Contaminación del agua subterránea por arsénico en Argentina: estado del conocimiento y perspectivas”. *Ciencia e Investigación*, 69(1), 27-44.
- Nicolli, H. B., Suriano, J. M., Ferpozzi, L. H., Baleani, O. A., & Bocanegra, E. M. (2012). “Groundwater contamination by arsenic in Argentina: A review”. *Applied Geochemistry*, 27(6), 121-139.
- Ronco, A. E., Peluso, M. L., & Repetti, M. R. (2011). “Monitoring of organochlorine pesticides in surface waters of Argentina”. *Environmental Monitoring and Assessment*, 172(1-4), 249-262.
- IRAM – Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012-2023). Normas de calidad de agua y análisis químico. Serie IRAM 29010, 29012, 29013, 29020, 29021, 29022, 29023, 29030, 29031, 29032, 29034. Buenos Aires: IRAM.