

Monitoreo y análisis del flujo de agua subterránea en Venado Tuerto mediante una red de freáticos y herramientas geoespaciales.

Monitoring and analysis of groundwater flow in Venado Tuerto using a network of boreholes and geospatial tools.

Presentación: 17/10/2023

Gualde Ma. Celeste:

Facultad Regional Venado Tuerto, UTN (Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina)
celestegualde@gmail.com,

Rodríguez Rocío:

Facultad Regional Venado Tuerto, UTN (Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina)
rociorodriguez022@gmail.com,

Martínez Merlo Hugo:

Facultad Regional Venado Tuerto, UTN (Laprida 651, Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina)
hugo.marm@gmail.com

Este trabajo fue realizado bajo la dirección de la directora del Laboratorio de Medio Ambiente de UTN-FVRT Ing. Esp. Vilma Olivieri.

Resumen

El Laboratorio de Medio Ambiente de UTN-FRVT ha establecido una red de freáticos en áreas urbanas y rurales para monitorear niveles de agua subterránea y así proporcionar información valiosa sobre los recursos hídricos locales y su manejo, lo que es esencial para abordar desafíos relacionados con estas aguas en un mundo de constante cambio. Se utilizaron para este estudio datos topográficos, niveles freáticos y puntos de referencia. Con ellos, se crearon mapas de equipotenciales hidráulicos y líneas de flujo de agua subterránea mediante software GIS y herramientas de modelado geoespacial. Se observa que el flujo de agua subterránea tiene sentido noroeste-sur. Se identifica una zona de recarga en el noroeste, líneas de flujo divergentes, y una zona de descarga en inmediaciones de la laguna "Estancia La Victoria", donde convergen las líneas. Además, se evidencia un cono de depresión en áreas de bombeos localizados, representando una zona de descarga forzada.

Palabras clave: monitoreo; freáticos; mapas de equipotenciales y red de flujo

Abstract

The Environmental Laboratory of UTN-FRVT has established a network of piezometers in urban and rural areas to monitor groundwater levels and provide valuable information about local water resources and their management, which is essential for addressing challenges related to these waters in a constantly changing world. Topographic data, groundwater levels, and reference points were used for this study. Using them, hydraulic equipotential maps and groundwater flow lines were created using GIS software and geospatial modeling tools. It is observed that groundwater flows in a northwest-south direction. A recharge area is identified in the northwest, divergent flow lines, and a discharge area near 'Estancia La Victoria' lagoon, where the flow lines converge. Furthermore, a depression cone is evident in areas with localized pumping, representing a forced discharge zone.

Keywords: monitoring, boreholes, hydraulic equipotential and net flow maps

Introducción

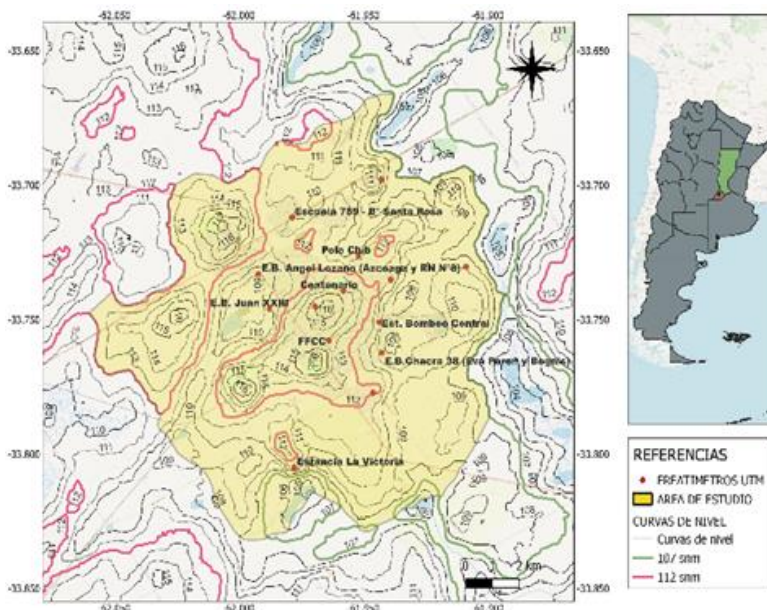
La investigación técnico-científica en torno a la gestión del agua subterránea ha tomado relevancia debido a su actual y futura importancia como fuente de abastecimiento (Cerón et al., 2021). En un mundo en constante transformación y progreso, es imprescindible estudiar y gestionar efectivamente este recurso vital y de valor incalculable para asegurar su disponibilidad a largo plazo.

A partir de esta premisa, el Laboratorio de Medio Ambiente de UTN-FRVT instaló en la ciudad de Venado Tuerto una red de freatómetros estratégicamente ubicados que permiten el monitoreo continuo y sistemático de los niveles de agua subterránea tanto en áreas urbanas como rurales. Mediante la correlación de la topografía del terreno, la superficie freática y un nivel de referencia, se obtienen mapas de equipotenciales hidráulicos y líneas de flujo del agua subterránea utilizando software GIS y herramientas de modelado, visualización y análisis de datos geoespaciales.

Metodología

- Área de Estudio

El área de estudio tiene una superficie de 176 Km² que incluyen la zona urbana y parte de la zona rural de la ciudad de Venado Tuerto quedando completamente incluida la red de freatómetros (Figura 1).



Para delimitar el área estudio se utilizó el software QGIS, extrayendo curvas de nivel a partir de un modelo de elevación digital (DEM) obtenido por la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Model) de 90 m de resolución espacial, corregido por la Ing. Soria del Laboratorio de Teledetección UTN-FRVT.

- Caracterización del Medio Físico

El sur de la provincia de Santa Fe se encuentra enmarcado dentro de la provincia geológica Llanura Chacopampeana, la cual constituye parte de una gran cuenca de antepaís, que recibió sedimentos provenientes del levantamiento de la Cordillera de los Andes. (Chebli et al., 1999).

A rasgos generales Venado Tuerto presenta una llanura con suaves ondulaciones de lomas bien drenada circundadas por relieves cóncavos que forman lagunas semipermanentes o permanentes. Las pendientes en general no superan el 0,5%.

En lo que respecta a las unidades hidrogeológicas de interés, la Formación Paraná actúa como basamento impermeable, ubicándose a aproximadamente 147 metros de profundidad. Por encima, se encuentra la Formación Puelches, cuyo techo se sitúa a unos 125 metros de profundidad, con un espesor de alrededor de 25 metros. Continuando hacia arriba, encontramos la Formación Pampeano, que funciona como acuífero libre en su parte superior y como acuífero semi-confinado a mayor profundidad, compuesta por depósitos de "loess pampeanos", así como limos erosionados y redepositados. En esta formación se observan concreciones carbonáticas, conocidas coloquialmente como "tosca," y materiales yesíferos llenan oquedades. Su piso se encuentra a una profundidad aproximada de 125 metros. Por último, la formación Post-Pampeano es un acuífero libre ubicado debajo del estrato edafizado. Estos datos han sido recopilados de estudios hidrogeológicos realizados por el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) para la Municipalidad de Venado Tuerto.

El clima se caracteriza por tener una temperatura media anual de 16,9°C, con la temperatura máxima promedio en enero alcanzando los 29°C y la temperatura mínima promedio en julio de 5°C. La región experimenta veranos cálidos y húmedos, que son los períodos de mayor precipitación, y los inviernos son frescos, con repetidas heladas.

Una característica distintiva en la región de la Pampa es su variabilidad interanual, donde varios años secos consecutivos pueden ser seguidos por años húmedos, en un patrón irregular. Esta variabilidad está influenciada por los fenómenos "La Niña" o "El Niño", que pueden aumentar o disminuir las precipitaciones medias anuales, respectivamente.

- Caracterización topográfica

Para la caracterización de la topografía del terreno se llevó a cabo una nivelación de los puntos que componen la red de freáticos a través de una metodología mixta. Se utilizó nivel óptico en aquellos casos donde se contó con puntos fijos medianamente próximos, con cota absoluta (msnm) conocida, ubicados a no más de 2.000 metros de distancia. En el resto de los freáticos, se recurrió a la herramienta GPS, guiada por un profesional de la agrimensura. Las actividades mencionadas se pueden observar en la Figura 2 y en la Figura 3.

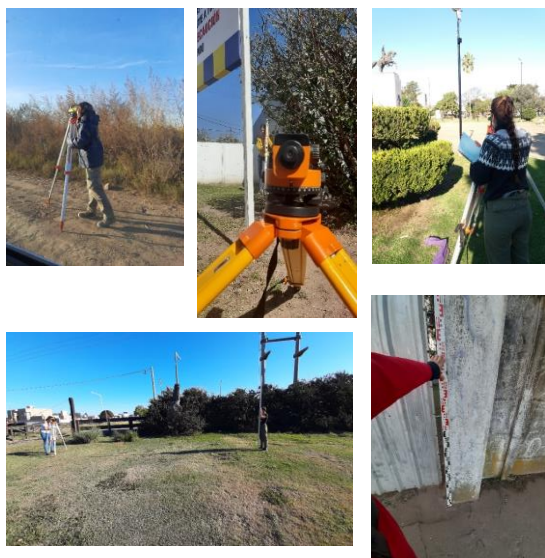


Figura 2.- Equipo del Laboratorio de Medio Ambiente realizando nivelación con nivel óptico en Plaza San Martín, Polo Club, Centenario y Chacra 38.



Figura 3.- A la izquierda, base del equipo GPS ubicado en el Polo Club, donde se encuentra instalado uno de los freatímetros. A la derecha, equipo del Equipo del Laboratorio de Medio Ambiente realizando nivelación con GPS.

Para el modelado de la topografía, la superficie freática y la red de flujo se utilizó el software de modelado y mapeo Surfer.

Resultados y discusión

Los resultados de la nivelación del terreno y las cotas de profundidad del nivel freático obtenidas de los muestreos realizados por el Laboratorio de Medio Ambiente se observan en la Tabla 1.

FREATIMETRO	FECHA	CONDICION	COTA [m.s.n.m.]
Cementerio	29/5/2020	Nivel	112,823
Polo	12/6/2021	Nivel	111,25
Plaza San Martin	19/6/2021	Nivel	114,525
Estacion de ferrocarril	19/6/2021	Nivel	113,23
Centenario	28/8/2021	Nivel	114,002
Estacion de agua potable	28/8/2021	Nivel	111,643
Escuela Almafuerde N° 789	29/10/2021	Nivel	111,5
Estacion central de bombeo	6/12/2021	Nivel	110,245
Est. La Victoria	16/3/2022	Nivel	106,929
Parque Industrial	23/6/2022	Nivel	111,114
Chacra 38	23/6/2022	Nivel	109,396
Escuela Almafuerde N° 789	12/4/2023	GPS	110,63
Cumelen	12/4/2023	GPS	109,45
Zona Norte	12/4/2023	GPS	112,97
Juan XXIII	12/4/2023	GPS	110,25
RSU	12/4/2023	GPS	110,15

Tabla 1.- Cotas absolutas obtenidas en la nivelación.

La Figura 4 corresponde al mapa de equipotenciales de julio del año 2020 y la Figura 5 a la red de flujo del mismo mes y año.

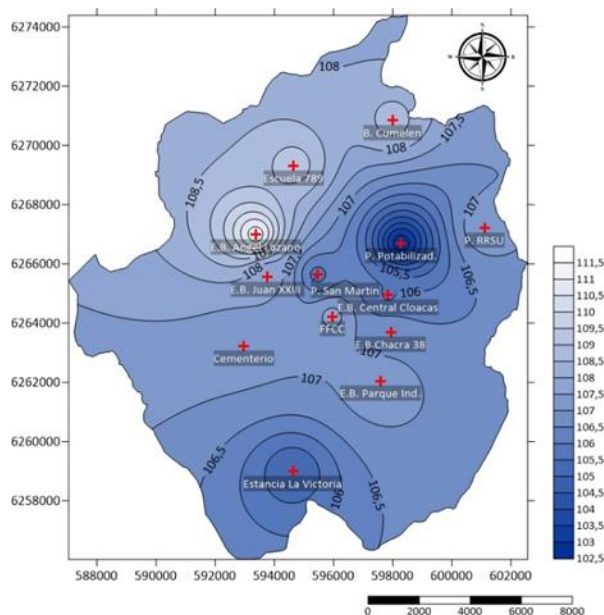


Figura 4.- Mapa de equipotenciales correspondiente al mes de julio de 2020

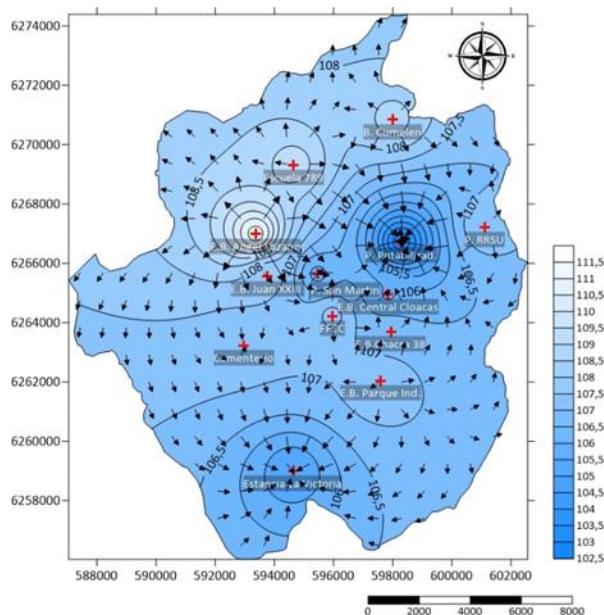


Figura 5.- Mapa de la red de flujo obtenido a partir de las equipotenciales de julio de 2020

Los resultados muestran que el flujo subterráneo ingresa desde el noroeste y se dirige hacia el sur. Se observa que las líneas de flujo divergen en las partes altas de la zona noroeste, lo cual evidencia una zona de recarga del acuífero, y convergen hacia la zona de la laguna "Estancia La Victoria", lo que indica una zona de descarga. Asimismo, se observa que el flujo es convergente hacia las zonas donde se realizan bombeos localizados, formando un cono de depresión que representa una zona de descarga forzada.

Conclusiones

El mapa de equipotenciales y la red de flujo presentados en este estudio proporcionan información sobre el comportamiento del acuífero durante el mes de julio de 2020. Estos hallazgos constituyen una base para continuar con las

investigaciones tendientes a analizar el comportamiento del acuífero en diferentes épocas del año, y además en relación con los períodos alternados de sequía y abundantes precipitaciones que caracterizan nuestra región.

La comprensión detallada de nuestros recursos hídricos, a la cual aportan estos resultados, ofrece información importante para abordar los desafíos actuales relacionados con la gestión y preservación de los recursos subterráneos.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de la microbióloga Mónica Bricca y el Ing. Emiliano Bonifazzi quienes son integrantes del Laboratorio de Medio Ambiente y cuya participación fue de gran importancia para los resultados obtenidos en este estudio. Además, agradecemos la colaboración desinteresada del Ing. Agrimensor Pablo Molachino quien nos proporcionó soporte técnico en la nivelación con GPS.

Referencias

Auge, M. (2009). Hidrogeología de llanuras.

Centro Regional de Aguas Subterráneas. (1987) Estudio hidrogeológico para la Municipalidad de Venado Tuerto.

Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56.

Chebli, G., Mozetic, M., Rosello, E. y Bühler, M. 1999 – Cuencas sedimentarias de la Cuenca Chacopampeana. En *Geología Argentina – Instituto de Geología y Recursos Minerales* (R. Caminos, ed.). *Anales*, 29:627-644.

Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). *Hidrología subterránea* (Vol. 1). Barcelona: Omega.

Freeze, R.A. and Cherry, J.A. (1979) *Groundwater*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, Vol. 7632, 604.

Kruse, E., & Zimmermann, E. (2002, March). Hidrogeología de grandes llanuras. Particularidades en la llanura pampeana (Argentina). In *Workshop publication on Groundwater and Human development* (pp. 2025-2038).

Soria, M., Basile, P. A., Riccardi, G., & Tenor, F. (2019). Caracterización morfológica y Mapa de riesgo hidrológico en la parte alta del sistema hidrológico de llanura “Las Encadenadas” mediante aplicación de herramientas geomáticas. *AJEA*, (1).