



eGROUNDWATER  
Working paper 8



## Monitorización indirecta de las extracciones de agua mediante el control del consumo eléctrico: caso de estudio en la Llanura Norte de China

Escrito por Adria Rubio-Martin, Manuel Pulido-Velazquez

Estudio original de Lu Wang, Wolfgang Kinzelbach, Huaixian Yao, Jakob Steiner, Haijing Wang



**Resumen** – El método de control indirecto se ha utilizado con éxito en el proyecto en la región china de Guantao para cuantificar la cantidad de agua bombeada de pozos individuales. Es posible utilizar los datos de electricidad para estimar la cantidad de agua que se ha bombeado de un pozo. Esto puede hacerse realizando una prueba de bombeo, que consiste en medir el consumo eléctrico de la bomba del pozo mientras funciona y determinar el volumen de agua que se ha bombeado durante ese tiempo. La relación entre el consumo eléctrico y el volumen de agua bombeada puede utilizarse entonces para estimar el volumen durante un periodo más prolongado basándose en el consumo eléctrico. Cabe señalar que la precisión de este método depende de la exactitud del factor de conversión de electricidad en agua extraída, que puede verse afectado por diversos factores, como la eficiencia de la bomba y las características del acuífero subterráneo.

### El document debe ser citado como:

A Rubio-Martin, M Pulido-Velazquez, 2023, Indirect monitoring of groundwater abstraction using electricity consumption: the north China plain case study, eGroundwater Working Paper 8, 5 pages. Available at <https://egroundwater.com>



This project is part of the PRIMA programme supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme



Horizon 2020  
European Union Funding  
for Research & Innovation



## Introducción

La Llanura del Norte de China (NCP) es un emplazamiento paradigmático en el mundo respecto al bombeo excesivo de aguas subterráneas. Conocida como el granero de China, la estructura de cultivo típica de la región es el doble cultivo de trigo de invierno y maíz de verano. El bombeo excesivo, que tiene lugar principalmente durante el invierno, es del orden del 15% al 20% superior a la recarga media. Con más de 8000 pozos de riego, el control de la extracción es el principal reto para las autoridades regionales.

La principal innovación del proyecto realizado en la región de Guantao es la conversión a gran escala del uso de electricidad para bombear volumen de agua del acuífero. El método ha demostrado su eficacia y viabilidad para medir los pozos de bombeo. El proyecto pretende combinar la supervisión, la modelización y el control en tiempo real para garantizar el uso sostenible de los recursos de aguas subterráneas. El proyecto no sólo pretendía desarrollar el sistema de vigilancia de las aguas subterráneas en tiempo real, sino también cederlo a los socios locales chinos para su futuro uso y mantenimiento una vez finalizado el proyecto.

## Presentación del caso de estudio

El condado de Guantao está situado en el sur de la provincia de Hebei, en el PNC. Tiene una superficie de 456 km<sup>2</sup>, 277 pueblos y unos 320.000 habitantes. Hay más de 8.000 pozos de irrigación en el condado de Guantao, la mayoría de los cuales bombea agua subterránea del acuífero no confinado poco profundo, mientras que el resto explota el acuífero confinado profundo o extrae agua superficial de canales. La superficie de riego a la que da servicio cada pozo poco profundo es pequeña, de 3,3 hectáreas de media, y las extracciones de agua no están controladas debido a los elevados costes de renovación y control de los pozos y bombas, en su mayoría antiguos.

Esta situación, con muchos miles de pozos incontrolados gestionados por agricultores individuales con parcelas relativamente pequeñas, conlleva el riesgo de perder el control de los recursos comunes disponibles. Una gestión eficaz para lograr un uso sostenible de las aguas subterráneas presupone que su extracción se controle y cuantifique de forma fiable (Wang et al., 2020). En 2017, el Departamento de Recursos Hídricos del condado de Guantao publicó una política de control de las aguas subterráneas para definir una cuota anual de agua por hectárea. La supervisión eficaz de la extracción de aguas subterráneas es el requisito previo para aplicar las medidas de control de las aguas subterráneas. El sistema de medición de electricidad existente es la infraestructura central para el control de la extracción de aguas subterráneas.

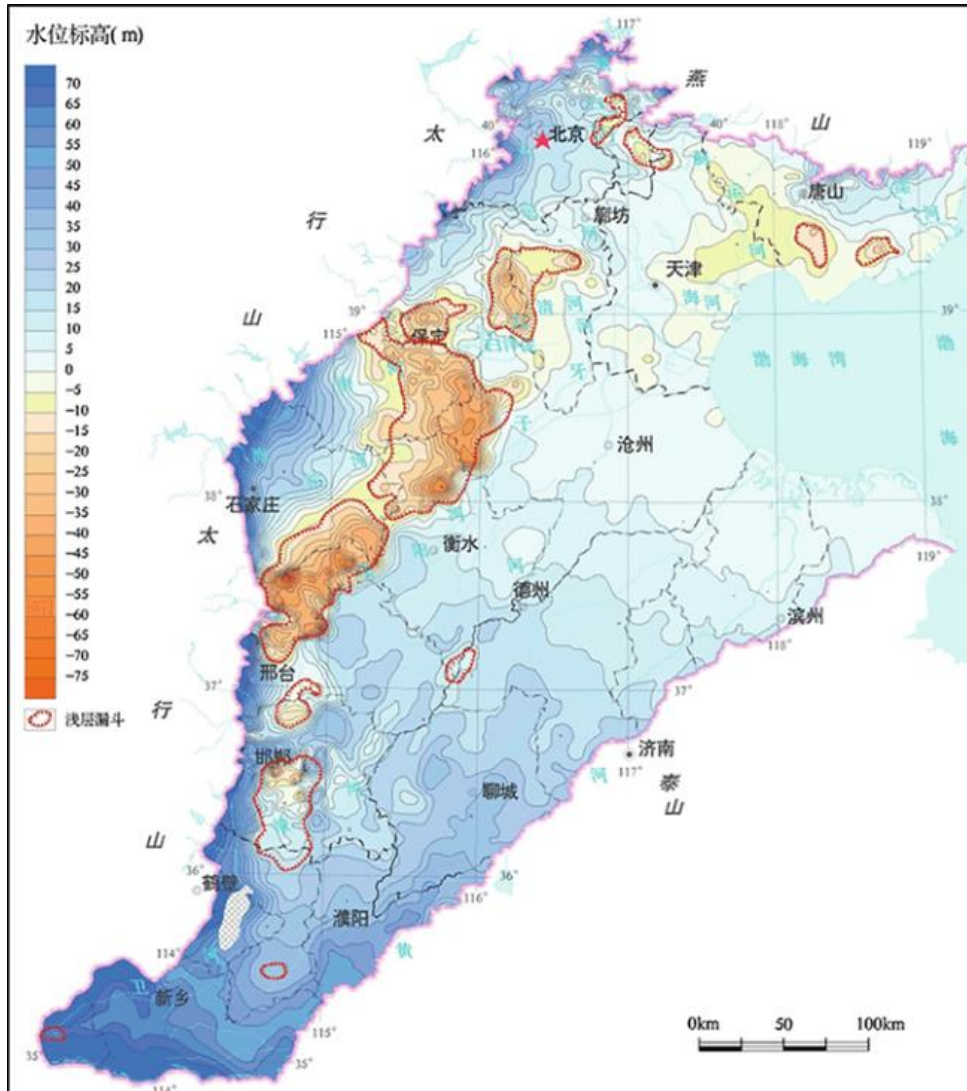


Figura 1. Distribución especial de los niveles piezométricos observados en el acuífero superficial. Fuente CIGEM, 2019.

## Innovación

- Fase de emergencia

En la Llanura del Norte de China (NCP), las aguas subterráneas son el principal recurso hídrico para la agricultura y representan más del 70% del suministro total de agua. La extracción no sostenible de aguas subterráneas ha provocado un descenso drástico de su nivel en la región. Este grave descenso del nivel de las aguas subterráneas ha provocado el hundimiento del terreno, la desecación de los tramos inferiores de ríos y arroyos, la intrusión de agua salada en la costa de Hebei y la escasez de agua municipal, al tiempo que aumenta el coste del bombeo de agua (Guo et al., 2015). Todos los pozos de riego están equipados con contadores eléctricos, la mayoría de los cuales son contadores eléctricos mecánicos tradicionales sin transmisión de datos. Para alcanzar el objetivo de un uso sostenible de las aguas subterráneas, en Guantao se ha establecido un sistema de gestión que integra políticas y un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en datos.

- Fase de desarrollo

En el condado de Guantao, el Departamento de Recursos Hídricos (DWR) es responsable de la gestión de las aguas subterráneas. La política de control de las aguas subterráneas publicada en 2017 autoriza a los agricultores a bombear aguas subterráneas que no superen una cuota de agua. La energía eléctrica es suministrada y gestionada por la Compañía de Suministro de Energía Eléctrica de Guantao (EPSC), afiliada a la Corporación de Red Estatal de China. La EPSC está a cargo de 11 Agencias de Suministro de Energía Eléctrica (EPSA) a nivel de distrito. La zona de control de una EPSA se determina generalmente según los límites administrativos de ocho municipios de Guantao; y uno o dos distritos de EPSA cubren la zona de un municipio. Cada EPSA gestiona el suministro eléctrico de unos 20 pueblos. En cada aldea, uno o dos electricistas empleados por la EPSA se encargan del mantenimiento de la infraestructura eléctrica.

Entre 2016 y 2018 se realizaron numerosas pruebas de bombeo para determinar el factor de conversión entre el consumo eléctrico y el volumen bombeado (Kinzelbach et al., 2022). El análisis de la conversión de electricidad en extracción de agua se centró en los pozos poco profundos, ya que el agua subterránea del acuífero no confinado poco profundo es la principal fuente de agua de riego en el condado de Guantao. La zona de control de la EPSA de Shoushansi (situada en el municipio de Shoushansi, véase la figura 1) se seleccionó como zona piloto, ya que todos los pozos de esta zona son poco profundos.

- Características técnicas de la innovación

El factor de conversión de electricidad en agua se establece mediante pruebas de bombeo. Se desarrollaron cuatro modelos diferentes de aguas subterráneas con distintos fines (Kinzelbach et al., 2022): Un modelo de caja que calcula el balance de aguas subterráneas y el déficit hídrico del condado de Guantao; un modelo distribuido del acuífero poco profundo que visualiza la variación espacial de los niveles de aguas subterráneas y las zonas prioritarias para el control del bombeo; un modelo en tiempo real que actualiza y mejora el modelo distribuido asimilando datos de observación mensuales; y un modelo ampliable basado en datos que utiliza algoritmos de aprendizaje automático para predecir los niveles de aguas subterráneas. Todas estas herramientas, junto con los datos de seguimiento y las opciones actuales de control del bombeo, se integran en un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en la web con una interfaz fácil de usar. Permite a los gestores locales del agua sin conocimientos especializados utilizar herramientas técnicas complejas en su práctica de gestión de las aguas subterráneas. El desarrollo del proyecto también implicó la creación de un modelo de demanda de agua para cultivos, métodos para identificar el uso del suelo y, sobre todo, una base de datos para conservar toda la información recopilada hasta el momento.

Un balance hídrico de la comarca para 2019 muestra que se ha reducido a la mitad el déficit hídrico agrícola previo al proyecto, de unos 37 millones de metros cúbicos al año. El acuífero superficial está ahora más o menos en equilibrio, mientras que en el acuífero profundo sigue habiendo un déficit de unos 10 millones de metros cúbicos al año. Para reducir el bombeo del acuífero profundo en unos 20 millones de m<sup>3</sup>/año, habría que reducir la demanda o bien.

## Lecciones aprendidas y replicabilidad

El método desarrollado en Guantao es transferible a todas las zonas o países en los que los pozos funcionan principalmente con energía eléctrica, como Estados Unidos, Jordania, Irán, México y la región mediterránea.

Las bombas diésel se utilizan con frecuencia en muchas zonas, como Pakistán y la India. Se puede conseguir una conversión similar relacionando la energía del gasóleo y el volumen de agua bombeada, aunque el gasóleo no siempre se mide. La cooperación entre los departamentos de agua y energía es crucial para lograr un sistema satisfactorio de control de las extracciones de aguas subterráneas utilizando la energía eléctrica como proxy (Kinzelbach et al., 2022). Se necesita apoyo político y legislación para lograr una mayor cooperación entre departamentos que facilite los procedimientos de recopilación de datos, intercambio de datos y cuantificación de las extracciones de aguas subterráneas y la aplicación de métodos de control.

## Referencias

Guo, H.; Zhang, Z.; Cheng, G.; Li, W.; Li, T.; Jiao, J.J. Groundwater-derived land subsidence in the North China Plain. *Environ. Earth Sci.* 2015, 74, 1415–1427

Kinzelbach, W., Wang, H., Li, Y., Wang, L., Li, N., Kinzelbach, W., ... & Li, N. (2022). Decision Support for Local Water Authorities in Guantao. *Groundwater overexploitation in the North China Plain: A path to sustainability*, 77-136.

Wang, L., Kinzelbach, W., Yao, H., Steiner, J., & Wang, H. (2020). How to Meter Agricultural Pumping at Numerous Small-Scale Wells?—An Indirect Monitoring Method Using Electric Energy as Proxy. *Water*, 12(9), 2477.

Wang, L., Kinzelbach, W., Yao, H., Steiner, J., & Wang, H. (2020). Monitoring groundwater abstraction using electric energy as proxy in an area of intensive agricultural pumping. *IWRA 2020 online Conference*. Contribution of Technology to Groundwater Resilience.

