UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

EL PAPEL DE LAS UNIVERSIDADES EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

INNOVACIÓN DOCENTE Y EXPERIENCIAS SIGNIFICATIVAS

Integración de docencia, investigación e inserción laboral de titulados a través de la cooperación al desarrollo sobre terreno

Pedro Martínez Santos
Víctor Gómez-Escalonilla Canales

Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología
Universidad Complutense de Madrid

24 Octubre 2023

El acceso al agua potable

El agua es:

- Hidratación
- Seguridad alimentaria
- Higiene
- Salud
- Refugio

- Actividad económica
- Educación
- Vestido
- Ocio
- Medio ambiente

Derecho humano al agua y al saneamiento: la Resolución 64/292 de las Naciones Unidas (2010) exhorta a los estados y organizaciones internacionales "*a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a* ***proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos***".

¿Qué implica tener acceso al agua potable?

- Distancia / tiempo de acarreo
- Caudal suficiente
- Continuidad de suministro
- Calidad
- Coste accesible



Las cifras admiten matices, pero esto aún ocurre:

El acceso al agua potable

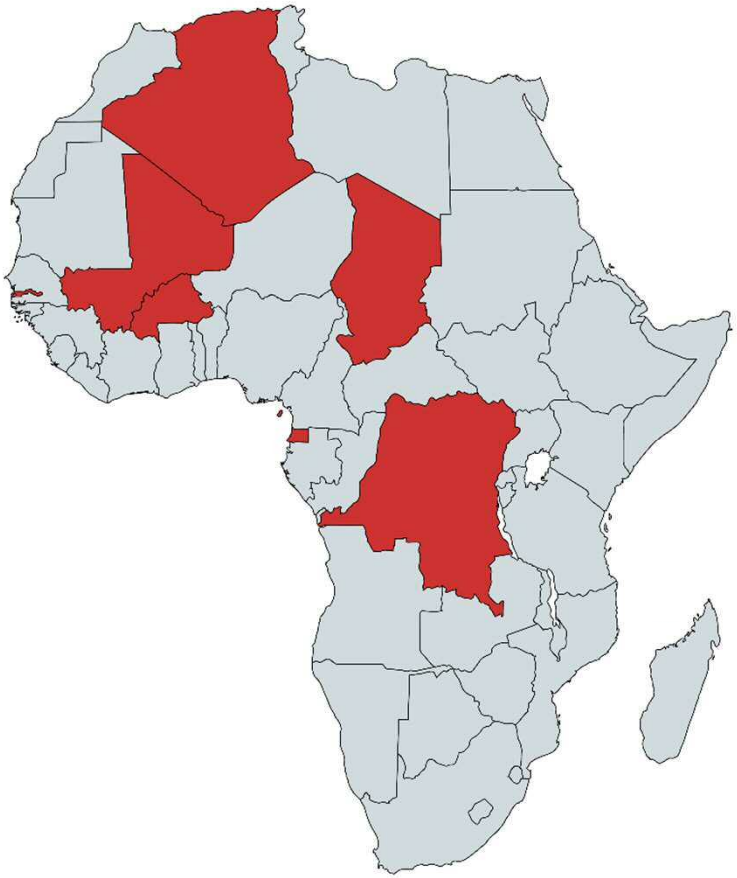
La mayor parte de la población de los países donde trabajamos depende del agua subterránea en su día a día

En el África subsahariana encontramos dos problemas fundamentales en relación al acceso al agua potable

- Perforar un pozo (sondeo) es muy caro
- Las perforaciones son a menudo infructuosas por desconocimiento hidrogeológico

El objetivo de los distintos proyectos que llevamos a cabo en la última década es contribuir a mitigar ambos problemas

Los proyectos se llevan a cabo de la mano de ONGDs, gobiernos y empresas privadas



PROBLEMÁTICA 1

“Las perforaciones son muy caras”

Solución propuesta:

La perforación *low-cost*

Acceso al agua subterránea

Problema

Un *sondeo de agua potable* en Mali es un artículo de lujo: 5 000 – 10 000€



Objetivo de la solución innovadora

Demostrar que es posible abaratar mucho los costes de perforación (hasta un 95% con respecto al precio de mercado)

Método

Perforación manual

(innovación = volver a la edad de piedra de la perforación)

- Manual – replicar máquina
- Materiales locales
- Mano de obra beneficiaria

- Completamente equipado
- Prestaciones de sondeo mecánico
- Potencial de apropiación











UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Materiales







Contexto

Esta solución técnica incorpora los resultados de tres Acciones de Innovación en Cooperación al Desarrollo financiadas por la AECID:

Fase I. ***Aplicación de tecnologías de bajo coste para la perforación de pozos de agua potable en el sur de Mali***

Convocatoria de Acciones de Innovación en Cooperación para el Desarrollo 2014
AECID. Referencia: 2014/ACDE/005226. Monto: 157,000€ -- 2015-2017

Fase II. ***Tecnologías apropiadas para la perforación de pozos de bajo coste en el sur de Mali***

Convocatoria de Acciones de Innovación en Cooperación para el Desarrollo 2016
AECID. Referencia: 2016/ACDE/1953. Monto: 167,000€ -- 2016-2018

Fase III. ***Replicabilidad de técnicas de perforación manual para el abaratamiento del acceso al agua potable, Mali***

Convocatoria de Acciones de Innovación en Cooperación para el Desarrollo 2018
AECID. Referencia: 2018/ACDE/0799. Monto: 152,150€ -- 2018-2021

Fuente principal

cooperación española

Fuentes alternativas

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Planteamiento de las acciones de innovación

Fase I

Innovación: Introducir en Mali una técnica de perforación manual desarrollada para otros contextos geológicos
(perforaciones para regadío de pequeños huertos comunitarios)



Fase II

Innovación: Demostrar que es posible proporcionar agua potable
(perforaciones para pequeños y grandes núcleos rurales de población)





Planteamiento de las acciones de innovación

Fase I

Innovación: Introducir en Mali una técnica desarrollada para otros contextos geológicos
(perforaciones para regadío de pequeños huertos comunitarios)



Fase II

Innovación: Demostrar que es posible proporcionar agua potable
(perforaciones para pequeños y grandes núcleos rurales de población)



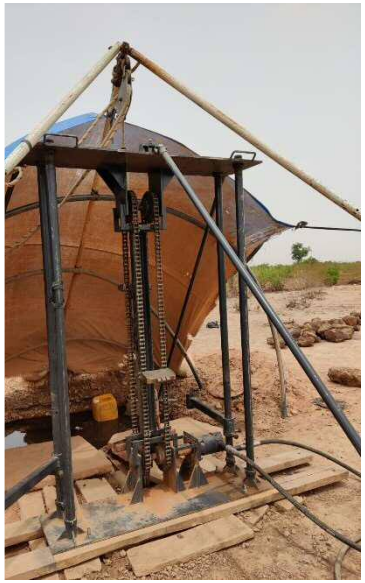


Planteamiento de las acciones de innovación







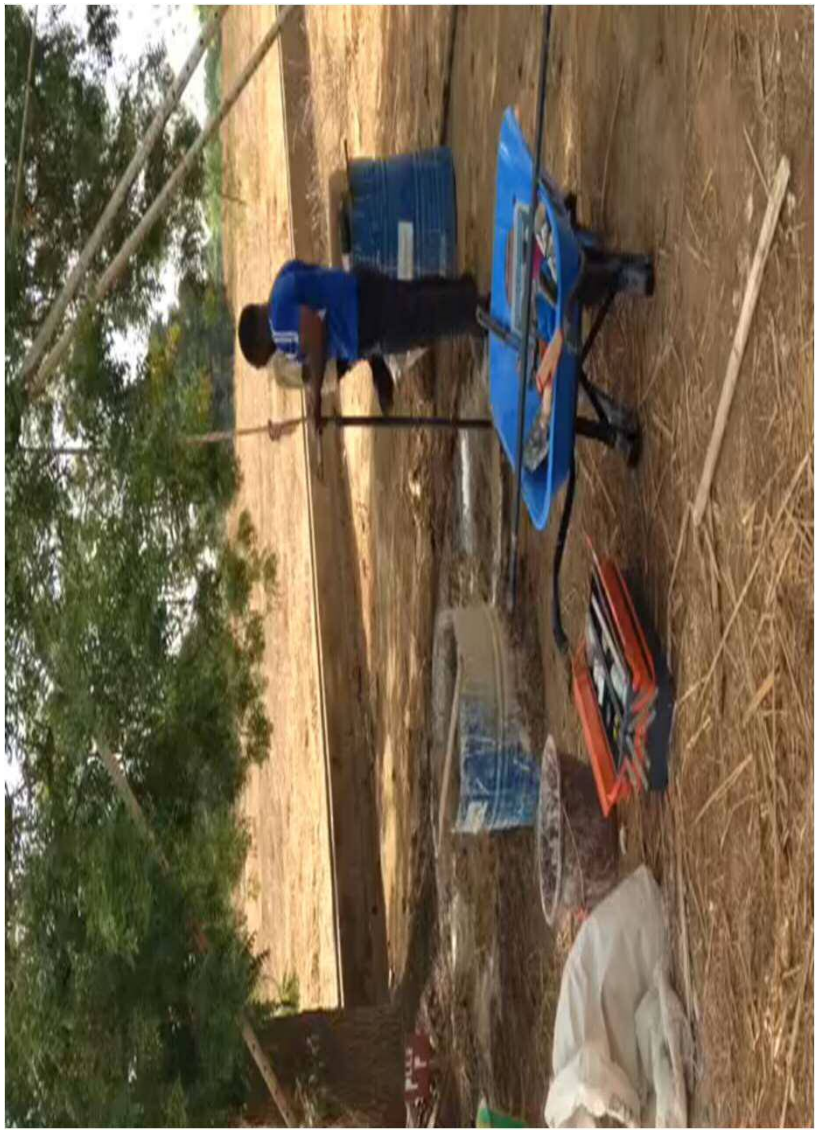


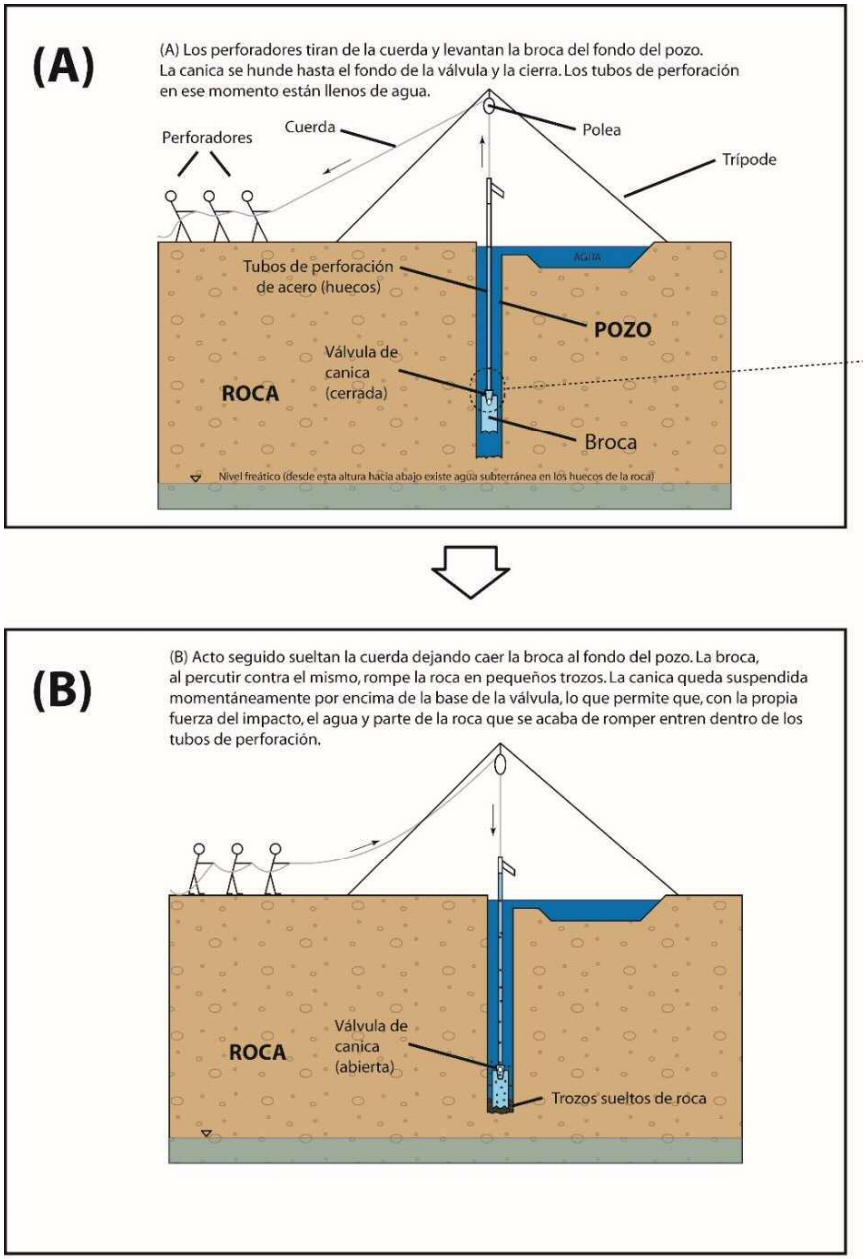
Fase III

Innovación: Mecanizar la solución de perforación
(perforaciones para pequeños y grandes núcleos rurales de población)


GSF
GEÓLOGOS

Fundamento del método (vídeo)





Velocidades de avance





Velocidad de avance

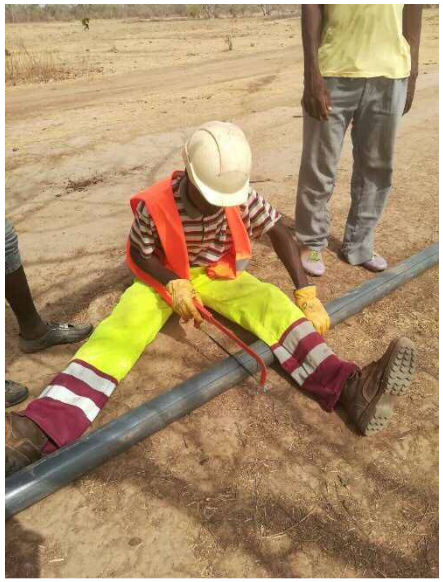
Diámetro entubado (pulgadas)	Laterita (m/h)	Laterita arcillosa (m/h)	Arcilla y arena (m/h)	Arena (m/h)	Arenisca (m/h)	Arenisca y arcilla (m/h)
2”	0.40	0.68	1.18	1.40	1.11	1.13
3”	0.18			0.82	0.93	
4”	0.15	0.32	0.90		0.59	0.48

Tiempo de perforación medio: 3-4 semanas

Desarrollo de un sondeo: materiales

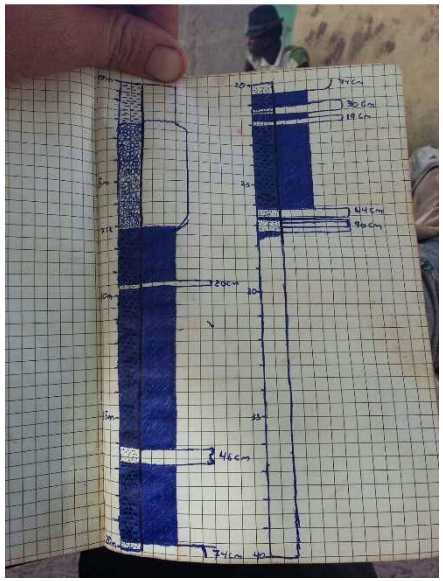


Equipamiento del sondeo













Resultados

Sondeos ejecutados

Número total de sondeos = 35
Número de sondeos positivos = 32
Tasa de éxito = 91%

Profundidades = 8 a 40 m (promedio 30 m)
Caudales = 600 a 3000 l/h
Tiempo de perforación (+ equipamiento) = 3 a 6 semanas

Uso

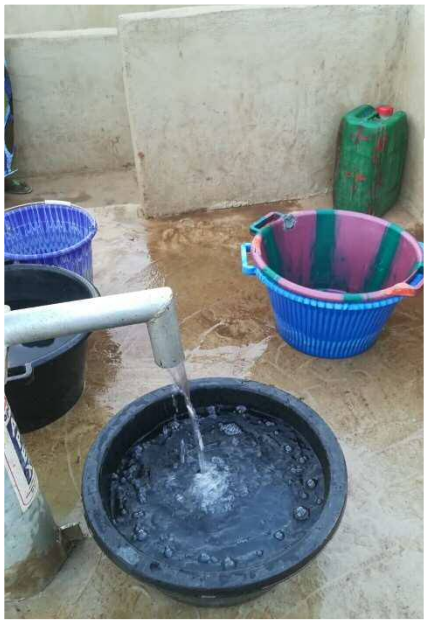
Regadío = 8 (experimentales, Fase I)
Equipamiento = 2 bombas India Mark, 6 materiales locales
Operativos = 25% (destrucción del huerto)

Abastecimiento doméstico (comunitario, Fases II y III) = 24
Equipamiento = 23 bombas India Mark, 1 bomba solar y château con grifería
Operativos = 100%
Población abastecida = 10,000 personas

Sostenibilidad – sistema OSALDE
Calidad agua – principio de prevención, monitorización















Ventajas y desventajas

Frente al pozo excavado

Ventajas

Mayor seguridad durante la fase de construcción

Mayor fiabilidad durante sequías

Posibilidad de ejecución de la obra en cualquier época del año

Mayor protección frente a fuentes de contaminación

Desventajas

Coste algo superior (si es para regar, el sondeo manual solo compensa a partir de profundidades superiores a 15-20 m)

Frente la perforación mecánica

Ventajas

Menor coste a cambio de prestaciones (y apariencia) similares

Posibilidad de equipar mediante bombas construidas localmente

Mayor posibilidad de apropiación

Desventajas

Mayor tiempo y esfuerzo de ejecución

Menor versatilidad en entornos geológicos desfavorables

Menor profundidad de perforación

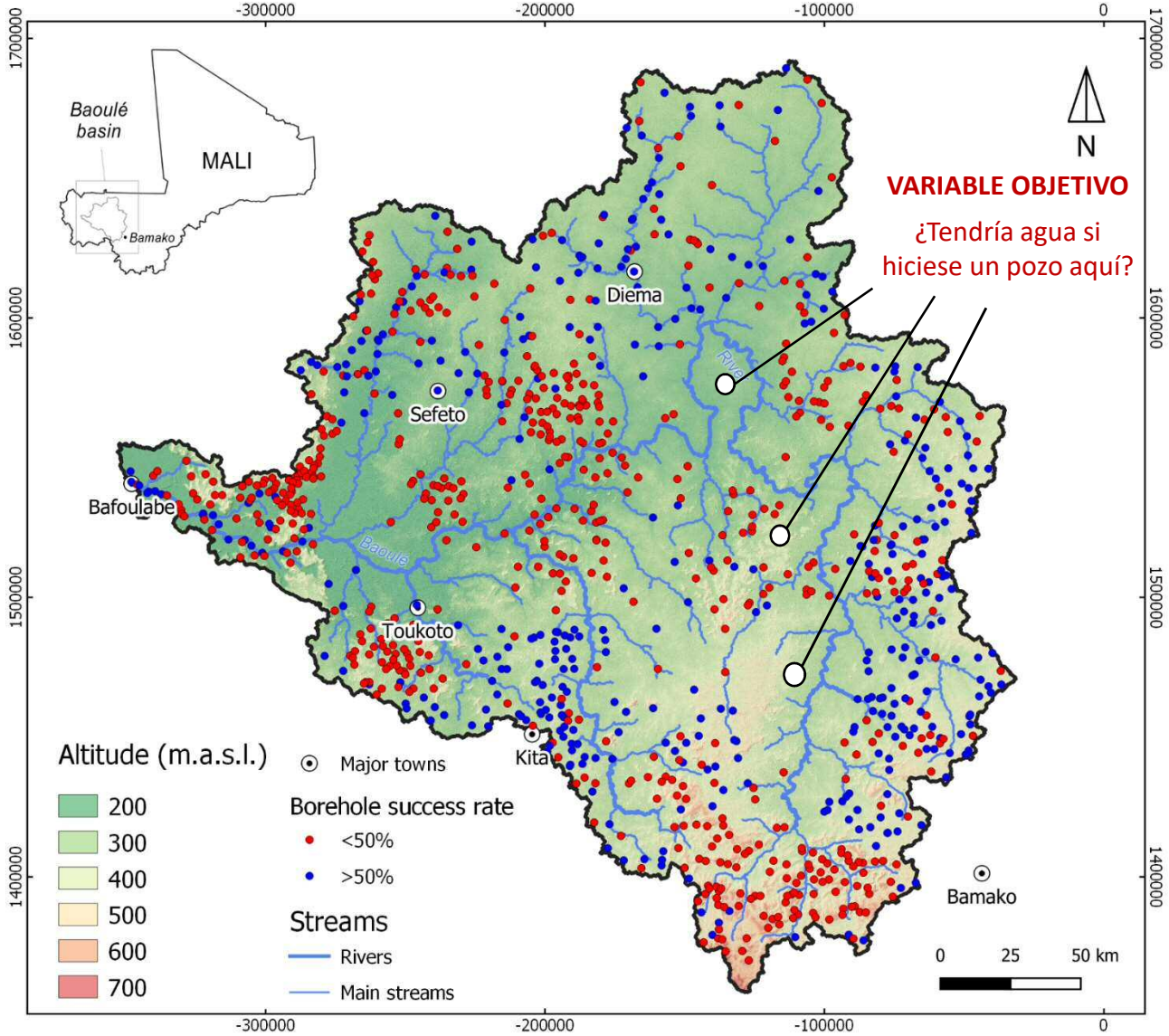
PROBLEMÁTICA 2

"Además de caras, las perforaciones a menudo resultan negativas por desconocimiento hidrogeológico"

Solución propuesta:

Cartografía de aguas subterráneas con técnicas de *big data*

Machine learning y potencial hidrogeológico



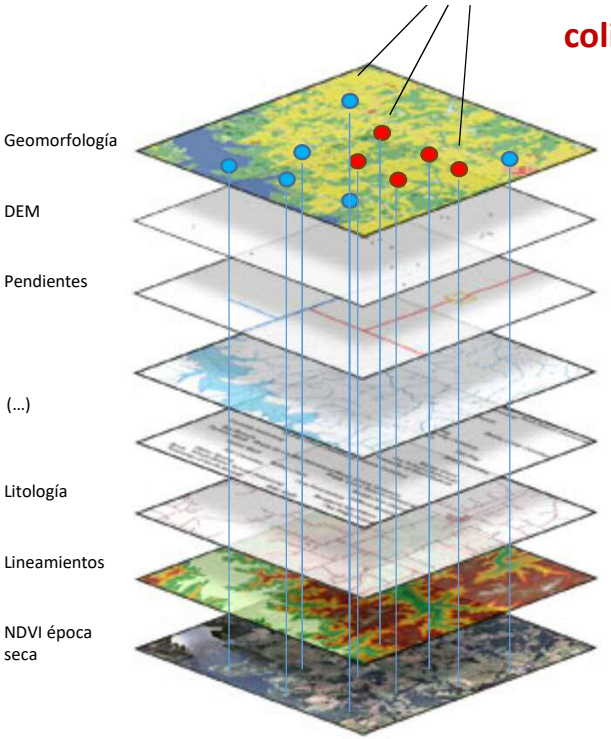
¿Qué queremos predecir?

Metodología

Variable objetivo: probabilidad de que el pozo perforado sea positivo

Hipótesis subyacente: "podemos predecir la presencia de agua subterránea a partir de otras variables espacialmente distribuidas"

Base de datos de pozos



Variables explicativas

Test de colinearidad

Cada dato (pozo + / pozo -) va asociado a una combinación de valores de pixel para cada capa del GIS (variables explicativas)

ForagesEnhancedML :: Objetos totales: 1026, Filtrados: 1026, Seleccionados: 0

	CLULC100	CLandf100	CLiDens10	CLiDist10	CINDVI100
1	1.0000000000	2.0000000000	1.0000000000	3.0000000000	1.6723310947
2	1.0610833168	2.0000000000	1.0000000000	2.0000000000	2.1402769089
3	2.0000000000	1.1608278751	1.0000000000	3.0000000000	2.4160318375
4	1.4322979450	2.0000000000	1.0000000000	3.0000000000	1.0660072565
5	1.6872192621	2.0280942917	1.0000000000	2.0000000000	4.6683654785
6	1.6666666269	2.0000000000	1.0000000000	4.0000000000	1.0921696424
7	1.0702085495	2.0000000000	2.0000000000	2.0000000000	2.5936987400
8	1.1130399704	2.0000000000	1.0000000000	1.1666666269	2.3297777176
9	1.0677404404	2.0000000000	1.0000000000	2.0000000000	2.2512276173
10	1.0000000000	2.0000000000	2.0000000000	1.3055554628	1.2050936222
11	1.0000000000	2.0000000000	1.0000000000	3.0000000000	3.6134500504
12	1.0032230616	2.0000000000	1.0000000000	4.0000000000	3.0409076214
13	1.0027145147	2.0000000000	2.0000000000	2.0000000000	2.6479818821
14	1.0000000000	2.0000000000	1.0000000000	2.0000000000	3.3593201637
15	1.0000000000	2.0000000000	1.0000000000	3.0000000000	3.2445805073
16	1.1666666269	2.0000000000	1.0000000000	2.0000000000	1.7105132341

Validación cruzada

Ajuste automático de parámetros

Eliminación recursiva de variables

scikit learn

QGIS

MLMAPPER

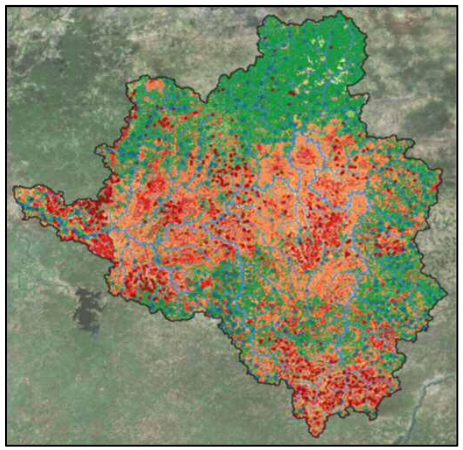
- Linear vector support
- Support vector machine
- Multilayer perceptron
- K-Neighbours
- Naïve Bayes
- Logistic Regression
- Random Forest
- Decision Tree
- Linear Discriminant
- Quadratic Discriminant
- AdaBoost
- Gaussian process classifier
- Gradient boosting

Estos algoritmos son entrenados para detectar las combinaciones de variables explicativas que dan pozo + y pozo -

La tabla se puede dividir en dos (70/30): la primera es para adiestrar a los algoritmos (el resultado es conocido); la segunda, para comprobar que son capaces de predecir un resultado desconocido (test score). Alternativamente se puede aplicar validación cruzada.

Cuando el test score es satisfactorio (>90%), podemos extrapolar al resto de píxeles del mapa.

Obtenemos así un mapa validado de potencial hidrogeológico



Selección de métricas de resultados

Cartografía hidrogeológica del Chad

Cartografía de potencial hidrogeológico de la República del Chad a partir de técnicas de machine learning

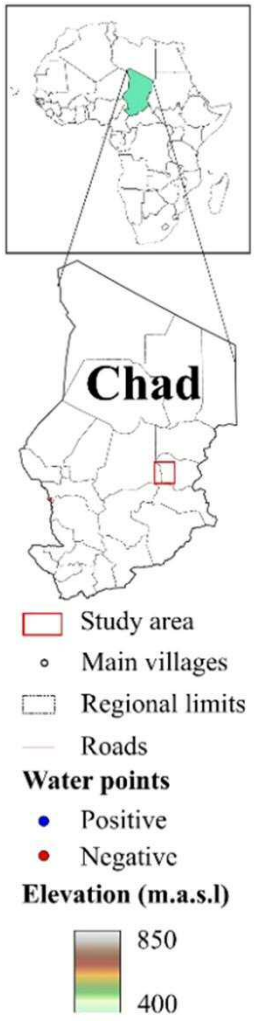
Proyecto financiado por la Agencia Suiza de Cooperación al Desarrollo

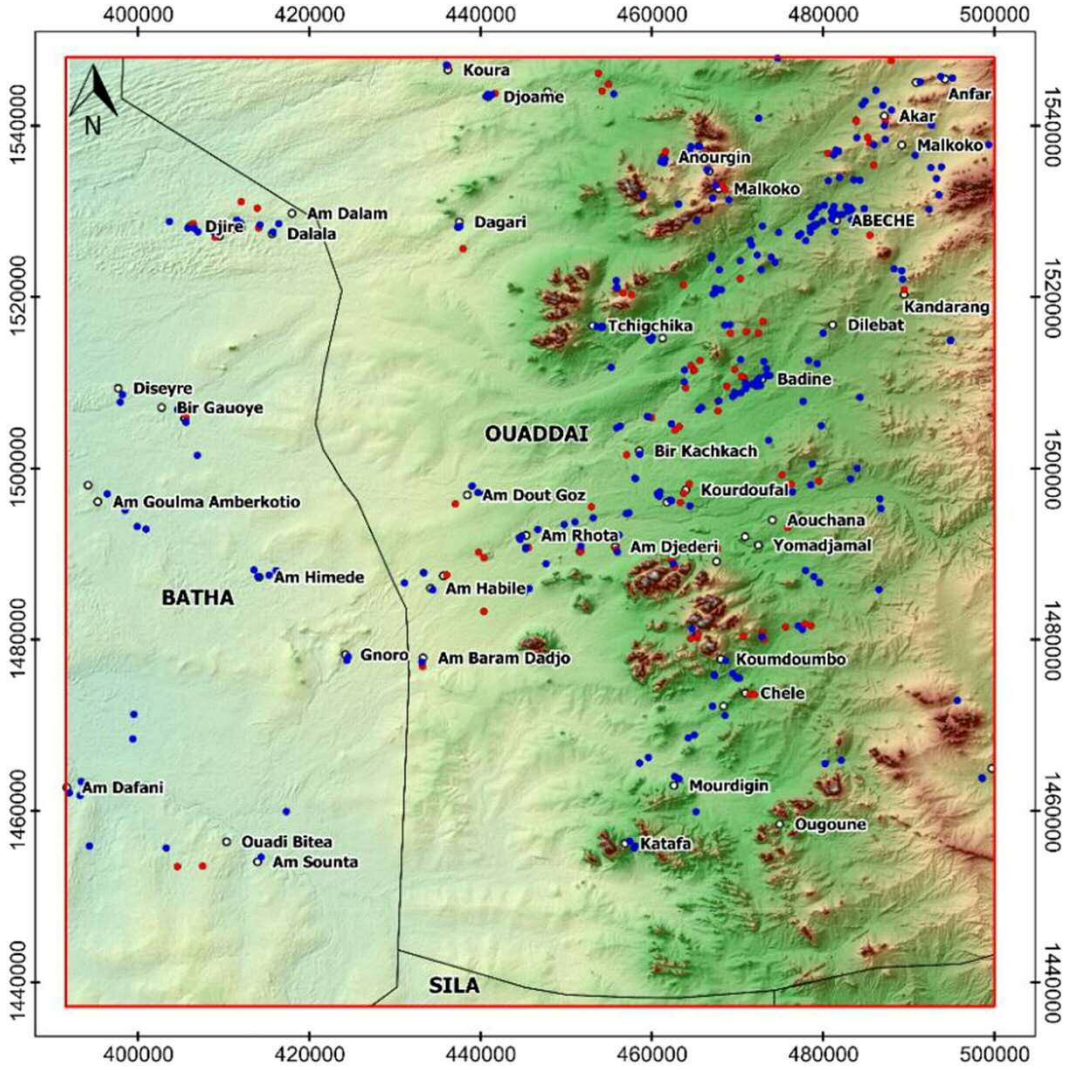
Elaboración de seis hojas de potencial hidrogeológico para técnicos del gobierno de la República del Chad

Hojas de las regiones de Abéché, Biltine y Batha (cuenca oriental del Lago Chad)

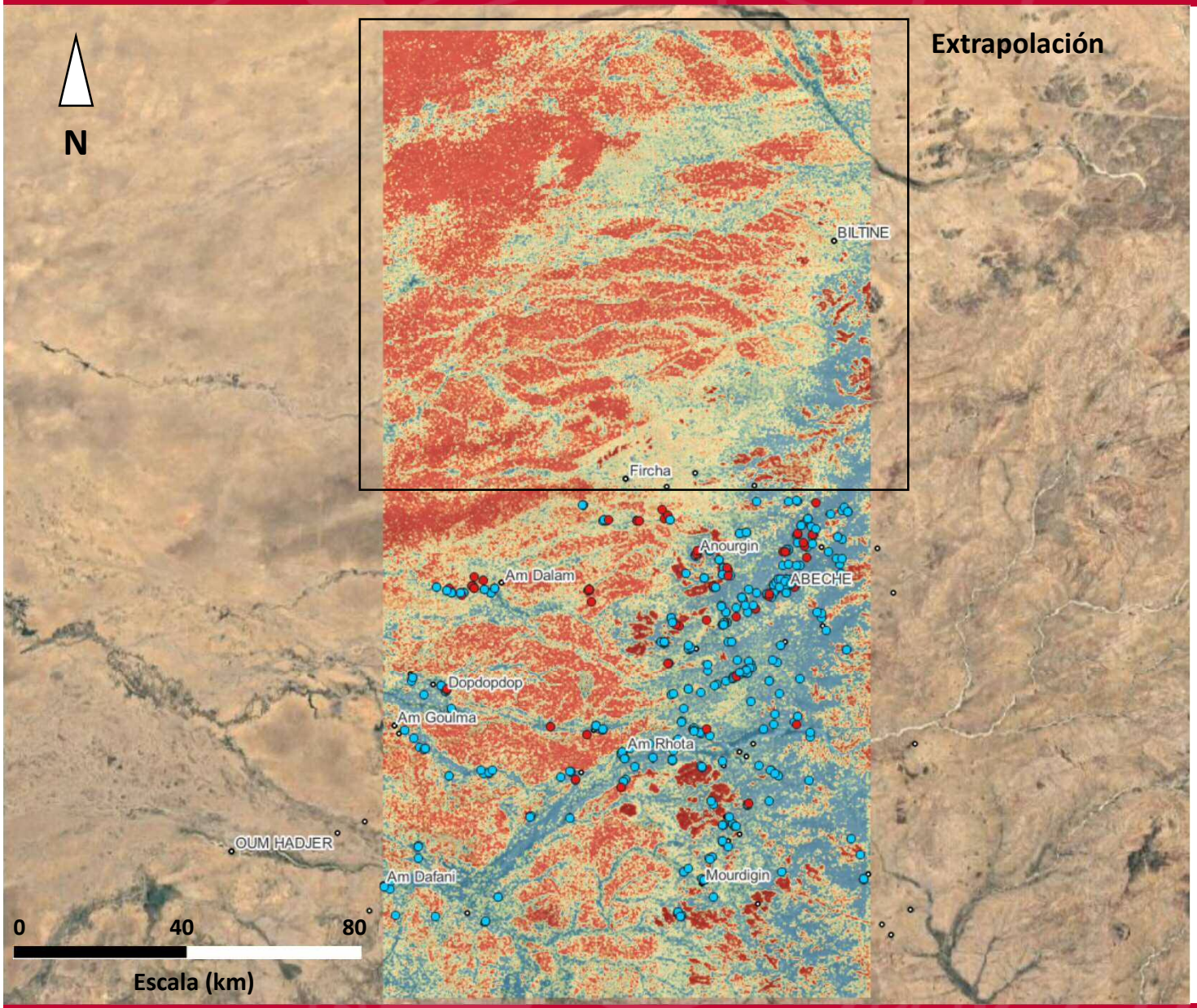
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development and Cooperation SDC





Mapa resultado



"Un mapa de agua en el desierto"

Correspondencia con modelo conceptual

No sustituye a la prospección de proximidad

Potencial de extrapolación (Biltine)

Futuro: predecir calidad/ contaminación y caudales

Potencial hidrogeológico

Elevado

Medio

Bajo

Puntos de agua

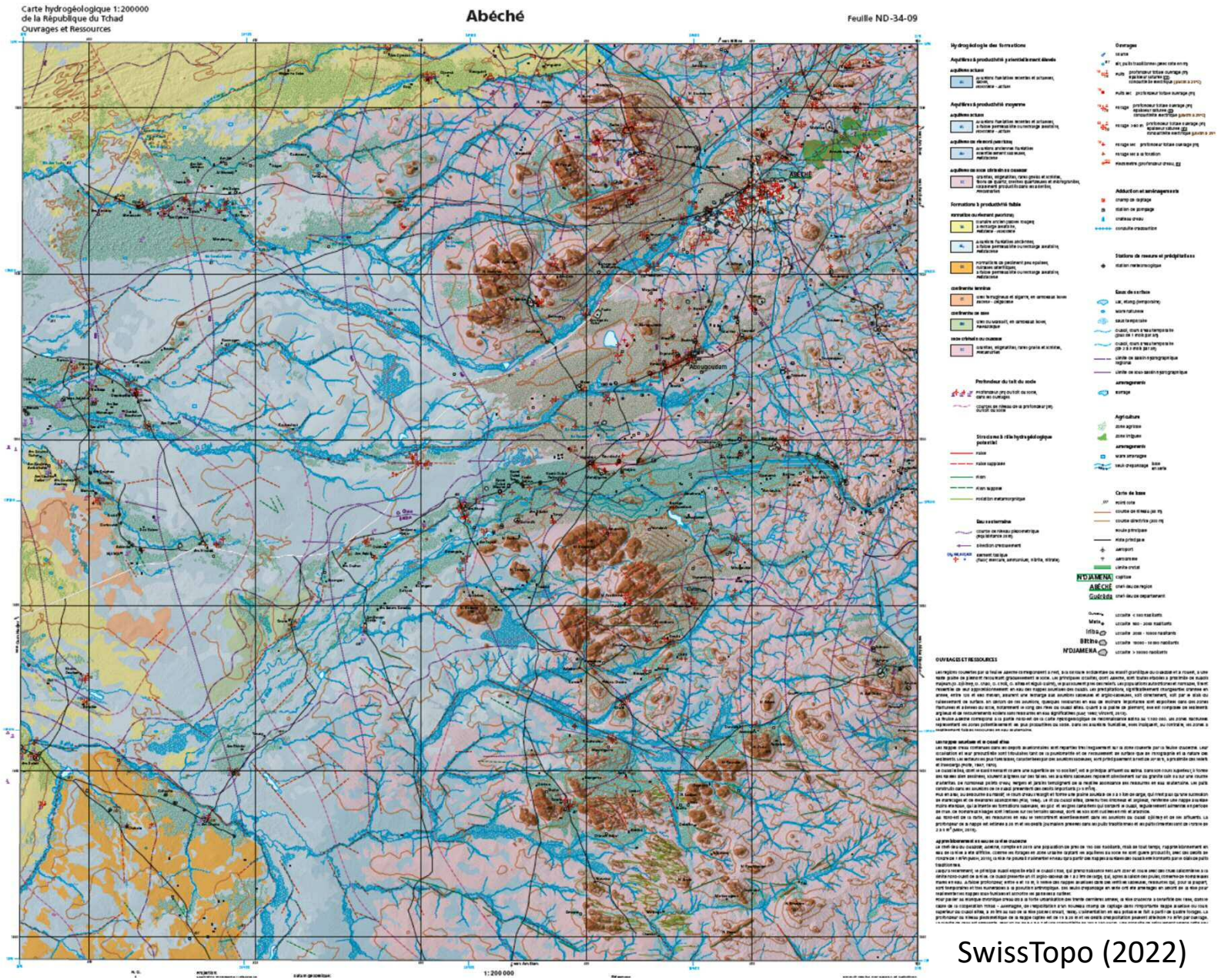
- Positivos
- Negativos

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Mapa resultado SwissTopo





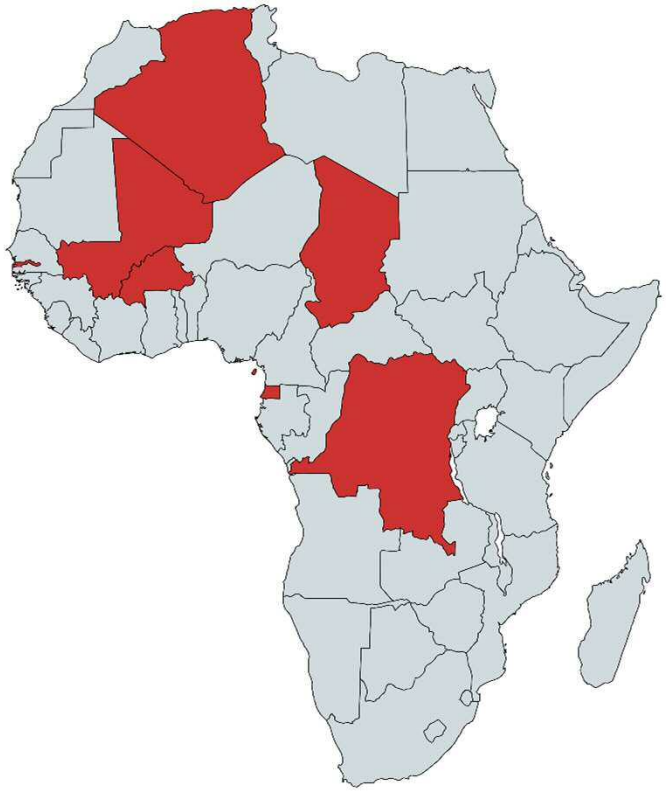


SwissTopo (2022)

El acceso al agua potable

Actividades fuertemente vinculadas con la docencia

- Íntima relación entre la prospección hidrogeológica, el abastecimiento de aguas y los temarios de máster y grado
- Prácticas de gabinete vinculadas a la cooperación al desarrollo para aterrizar conocimientos teóricos e identificar a estudiantes con un interés potencial en cooperación
- TFMs para el análisis en interpretación de información recabada en terreno
- Tesis doctorales (inteligencia artificial en prospección hidrogeológica, diagnóstico del acceso al agua potable)



Cerca de una veintena de estudiantes han participado en proyectos de cooperación sobre terreno en los últimos años

Casi todos de la mano de ONGDs (primera experiencia laboral, voluntariado)

Tasa de inserción laboral 100% con posterioridad a su implicación en estos proyectos



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Investigación

Hydrogeology Journal
https://doi.org/10.1007/s10040-019-02001-3

PAPER

Review: Advances in groundwater potential mapping

S. Díaz-Alcaide[1] · P. Martínez-Santos[1]

Received: 30 December 2018 / Accepted: 11 June 2019
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

Abstract
Groundwater resources can be expected to be increasingly relied upon in the near future, as a consequence of rapid population growth and global environmental change. Cost-effective and efficient techniques for groundwater exploration are gaining recognition as tools to underpin hydrogeological surveys in mid- and low-income regions. This paper provides a state of the art on groundwater potential mapping, an explorative technique based on remote sensing and geographical databases that has experienced major developments in recent years. A systematic review of over 200 directly relevant papers is presented. Twenty variables were found to be frequently involved in groundwater potential investigations, of which eight are almost always present:

Groundwater

Mapping Groundwater Potential Through an Ensemble of Big Data Methods

by P. Martínez-Santos[1] and P. Renard[2]

Abstract
Groundwater resources are crucial to safe drinking supplies in sub-Saharan Africa, and will be increasingly relied upon in a context of climate change. The need to better understand groundwater calls for innovative approaches to make the best out of the existing information. A methodology to map groundwater potential based on an ensemble of machine learning classifiers is presented. A large borehole database ($n = 1848$) was integrated into a Geographic Information Systems (GIS) environment and used to train, validate and test 12 machine learning algorithms. Each classifier predicts a binary target (positive or negative borehole) based on the minimum flow rate required for communal domestic supplies. Classification is based on a number of explanatory

Journal of African Earth Sciences 138 (2018) 22–31

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of African Earth Sciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jafrearsci

Comparison of RS/GIS analysis with classic mapping approaches for siting low-yield boreholes for hand pumps in crystalline terrains. An application to rural communities of the Caimbambo province, Angola

Miguel Martín-Loeches [a, *], Jaime Reyes-López [b], Jorge Ramírez-Hernández [b], Javier Temiño-Vela [a], Pedro Martínez-Santos [c]

[a] Department of Geology, Geography and Environment, University of Alcalá, Crta. Madrid-Barcelona km. 33.3, 28871 Alcalá de Henares, Madrid, Spain

https://doi.org/10.5194/hess-2021-261

© Author(s) 2021. CC BY 4.0 License.

Hydrology and Earth System Sciences
Discussions

Preprocessing approaches in machine learning-based groundwater potential mapping: an application to the Koulikoro and Bamako regions, Mali

Víctor Gómez-Escalonilla [1*], Pedro Martínez-Santos[1], Miguel Martín-Loeches[2]

[1]UNESCO/UNITWIN Chair Appropriate Technologies for Human Development. Department of Geodynamic, Stratigraphy and Paleontology, Faculty of Geology, Complutense University of Madrid, C/José Antonio Novais 12, 28040 Madrid, Spain.
[2]Department of Geology, Geography and Environment. Geology UD, University of Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, Spain.

GEOCARTO INTERNATIONAL
https://doi.org/10.1080/10106049.2021.2007298

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

OPEN ACCESS Check for updates

Delineation of groundwater potential zones by means of ensemble tree supervised classification methods in the Eastern Lake Chad basin

Gómez-Escalonilla Víctor[a], Vogt Marie-Louise[b], Destro Elisa[b], Isseini Moussa[c], Origgi Giaime[b], Djoret Daira[c], Martínez-Santos Pedro[a] and Holecz Francesco[b]

[a]UNESCO/UNITWIN Chair Appropriate Technologies for Human Development, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain; [b]Sarmap, Caslano, Switzerland; [c]Resources Consulting Services SARL, N'Djamena, Chad

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Hydrology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol

Research papers

Mapping fecal pollution in rural groundwater supplies by means of artificial intelligence classifiers

S. Díaz-Alcaide, P. Martínez-Santos*

UNESCO Chair "Appropriate Technologies for Human Development", Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, C/José Antonio Novais 12,



Los complutenses Carolina Muñoz y Víctor Gómez-Escalonilla ganan la final de Madrid de "Tesis en tres minutos"

Texto: Alberto Martín, Fotografía: Jesús de Miguel - 15 jun 2023 11:40 CET

elpais.com/elpais/2016/05/01/planeta_futuro/1462137348_051971.html

EL PAÍS

LA COOPERACIÓN ESPAÑOLA DESDE EL TERRENO

PLANETA FUTURO

AGUA POTABLE

La revolución de los pozos 'low cost'

Un proyecto español reduce de 15.000 a 400 euros la extracción de agua en Malí. La clave: combinar innovación tecnológica con recursos locales



Trabajadores de Geólogos sin Fronteras trabajan en la perforación de un sondeo en Beleko, Malí, en febrero de 2016. /LOLA HIERRO

LOLA HIERRO

Beleko (Malí) 5 MAYO 2016 - 00:00 CEST

Tirar, soltar, tirar, soltar, tirar, soltar... Los brazos de Doncé, de Fadio, Vincent, Adama y otros seis trabajadores se mueven al mismo ritmo acompasado e hipnótico. Asidos a una empuñadura de madera, tiran de una larga cuerda bajo las órdenes de Bakoro, el encargado de que la perforación se realice de manera totalmente vertical. Lo que cuelga de la soga es una broca con la que llevan una semana taladrando el suelo de un huerto de Beleko, un pueblo de unos 4.000 habitantes situado a 200 kilómetros de la capital de Malí. Solo con la fuerza de sus músculos, sin máquinas ni herramientas eléctricas, estos 10 obreros se empeñan golpe a golpe en alcanzar el mayor de los tesoros que el hombre puede poseer y que saben enterrado a unos 11 metros de profundidad: agua.

Nadie diría que en el secarral donde se encuentra Beleko, perdido en pleno Sahel a dos horas de la vía asfaltada más próxima, se podría encontrar agua de buena calidad. En los meses de febrero a abril, cuando el calor es más inclemente, el paisaje pierde el rojo de la tierra, el verde de los árboles y el azul del cielo. Los 40 grados de temperatura media, una humedad del 3% y la ausencia total de lluvias durante muchos meses agrieta las veredas, marchita los campos y cubre todo con un manto de polvo. El mundo se torna amarillento, gris y pardusco. Nada parece que pueda crecer aquí salvo los ciertos de mangos que pueblan esta región.

Malí ha cumplido con su compromiso para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio al aumentar el acceso a agua limpia de un 19 a un 64% de su población en los últimos 15 años, pero en las zonas rurales aún un 36% de quienes viven en el campo carece de ella, según datos de 2015 del Fondo para la Infancia de la ONU (Unicef) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). En aldeas como Beleko existe y es de excelente calidad. Solo hay que saber dar con ella, pues no se encuentra en ríos, lagos o embalses, sino bajo los pies. "La calidad natural del agua subterránea en esta zona es suficiente tanto para abastecimiento como para riego", explica Pedro Martínez Santos, profesor de Hidrogeología en la facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid y miembro de la ONG Geólogos sin Fronteras (GSF), que opera en este país desde 2010.

"Hay necesidad pero no siempre hay fondos públicos para suministrar agua limpia", advierte Francisco Bellafont, responsable de la Agencia Española de Cooperación al Desarrollo (AECID) en Malí. "Y cuando la gente no la tiene a su alcance, la busca en algún otro sitio, que suelen ser pozos abiertos contaminados con bacterias coliformes que producen diarreas y muchas enfermedades de transmisión hídrica". La comuna de Djicoungo, a la que pertenece Beleko, está compuesta por 34 villas en las que viven 34.414 personas, según datos recabados por la Administración local. De estas, 13 aldeas carecen aún de bombas de agua, aunque prácticamente todas las familias poseen en su hogar uno de esos pozos excarbados de manera artesanal que no cuestan más de cien euros, según Frank Robador, geólogo y cooperante de GSF con 20 años de experiencia. "Incluso el agua de un pozo doméstico es potable, pero se ensucia al estar en contacto con el aire, con cosas que pueden caer desde arriba... Sólo vale si no hay contaminación externa", añade Robador.

Durante el año 2014, Geólogos sin Fronteras decidió iniciar un proyecto de investigación en Beleko que, de paso, dotaría de agua limpia a los vecinos. La localidad era bien conocida por la ONG dado que Robador reside en ella desde hace siete años. "Un pozo seguro es higiene, alimentación, salud... El problema es que cuesta 10 o 15.000 euros y la gente no lo puede pagar, explica Martínez Santos. Para poder acceder a agua limpia se necesita una infraestructura de perforación cerrada, pero su coste es imposible de asumir por muchas familias de Malí, un país situado en el puesto 179 de 188 en el Índice de Desarrollo Humano y donde el sueldo medio de un albañil es de unos 90 euros. Campesinado humilde que siembra sus huertos, cuida de sus animales y vive en chozas de adobe alejado de carreteras, comercios y tecnología. "El granjero, en un día de mercado, puede llegar a vender unos 2.000 francos CFA (tres euros) de berenjenas, por ejemplo, que es el equivalente al jornal de obrero", asegura Robador.

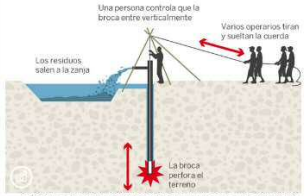


GRÁFICO: Excavación de sondeos de agua en Malí. Pinche en la imagen para ver el gráfico completo. HEBER LONGAS

"Una solución es abaratar a base de pico pala y cubo, como ya se viene haciendo, pero existe otra más novedosa: realizar un sondeo replicando lo que hace una máquina de manera manual", sentencia el profesor Martínez Santos, que calculó que se podría rebajar el coste a unos 400 euros al eliminar el gasto en maquinaria, que es el más elevado. Así, tan solo quedarían por pagar los materiales de obra y los salarios de los trabajadores. ¿El inconveniente? Que se tardarían semanas en vez de días en hacer un solo sondeo. "Pero si aquí sobra algo, es tiempo", bromea.

La técnica que llamó la atención de los miembros de Geólogos sin Fronteras es la empleada por unos misioneros baptistas de origen estadounidense que ya la han aplicado con éxito en países como Bolivia, donde han sido capaces de realizar sondeos de 100 metros invirtiendo solo unos 150 dólares para los aparejos de obra. Esta consiste en golpear la roca con una broca, fabricada a partir de tubos de perforación reciclados, gracias al trabajo de entre cuatro y diez personas que tiran acompasadamente de una cuerda para luego dejar caer dicho taladro, que percute una y otra vez contra el suelo. El detrito sale a la superficie a través de los tubos de perforación junto con el agua, que sirve además para ablandar el material geológico que se intenta atravesar.

Así, desde la UCM se redactó un proyecto para lograr la financiación necesaria para llevarlo a cabo y se presentó a la AECID, que trabaja oficialmente en Malí desde 2008 y que en 2014 invirtió 6,5 millones de euros en proyectos de ayuda al desarrollo en este país. Y consiguieron que lo cofinanciara con 150.000 euros.

"La tecnología de perforación a bajo coste de este proyecto es muy pertinente porque da lo mismo hacer el agujero con una máquina que a mano, no hay ninguna diferencia", argumenta Bellafont. "Lo que vale caro y se abarata es el uso de la maquinaria. El cubrimiento, los tubos, la arenisca y la bomba son iguales en los dos casos".

Con este respaldo económico, Martínez Santos, Robador y Germán Martínez, constructor y también cooperante de GSF, volaron a Dallas (Texas, Estados Unidos) en abril de 2015, donde pasaron una semana aprendiendo el método. Los problemas surgieron al regresar a Beleko: de Texas se llevaron seis brocas, pero estas se atascaban y rompían continuamente porque el terreno maliense es mucho más duro que el que los misioneros habían perforado en Centroamérica. Y así surgió la primera necesidad: mejorarlas. "Entonces nos planteamos tener nuestro propio taller con, al menos, una mesa, un generador, radiales, máquinas de soldar... cosas sencillas", relata Robador. Así que montaron un espacio de trabajo en el jardín de su vivienda, entre tomateras y árboles frutales. Y allí comenzaron a experimentar.



Durante un año, Robador, Germán Martínez y José Antonio Cerván, geólogo que se unió en mayo de 2015, pasaron horas y horas devanándose los sesos para dar con la técnica y las herramientas más adecuadas con muy pocos recursos. "La broca baptista tiene una válvula en su extremo y se atasca con un barro denso que se forma en el fondo, así que hay que extraer todos los tubos para limpiarla; perdíamos mucho tiempo. Por eso decidimos fabricar una nueva, más sencilla, con un tubo de perforación de segunda mano al que cortamos cuatro dientes con una radial", resume Cerván. "Esta sí aguanta, atraviesa superficies más duras en menos tiempo". A base de ensayo y error, poco a poco lograron resultados prometedores.

Otro reto fue fabricar un trípode regulable para poder suspender la cuerda de la que tirar. "Compramos tres puntales de obras que nos costaron menos de 30 euros", presume Robador. Todos los tubos que emplean son también artesanales y los adquieren a unos tres euros en Bamako. Para soldar, cuentan con el herrero del pueblo, que ha aprendido a trabajar con sus brocas. "La idea es que el equipo recurra al mecánico de turno; pues la filosofía es que todo se pueda hacer con materiales locales, que se repare localmente. Que, como muy lejos, haya que ir a Bamako", abunda Cerván.

El jardín de Fiankala fue el lugar elegido para experimentar. Está compuesto por un conjunto de pequeños huertos que ha impulsado la Ong vasca Osalde para dotar a las mujeres del pueblo de un recurso económico. En pequeñas parcelas de unos 25 metros cuadrados, las propietarias cultivan tomates, cebollas, coles... Existen varios diseminados por la comuna, y el de Fiankala presenta aún actividad a pesar del despiadado sol del Sahel. A diario, docenas de propietarias se acercan con sus cubos a estas fuentes para recoger el agua con la que regar sus cultivos. Y cuanto más cerca está el sondeo, menos distancia tienen que recorrer con los pesados recipientes a cuestas.

En Fiankala, GSF ya ha realizado seis sondeos y todos ellos funcionan. El último se ha ejecutado bajo la responsabilidad del equipo de obreros locales durante las vacaciones de los cooperantes en España. A su regreso, el primer día de trabajo, Martínez Santos, Robador y Cerván sienten curiosidad por conocer el resultado. Los chicos aseguran que con su ausencia han realizado un sondeo de 18,75 centímetros de profundidad, una longitud equivalente a un edificio de seis pisos. Los geólogos se aproximan y prueban a extraer agua. En seguida observan una anomalía: la presión es baja. "Puede que haya alguna pieza mal puesta", sospecha Robador, y pregunta a los obreros por los detalles. A continuación, deciden desmontar la instalación para comprobarlo. "Pero estamos muy contentos, era el primero y han sabido completarlo ellos solos", aseveran los tres cooperantes mientras ayudan a extraer metros y metros de una tubería de polietileno. Una vez fuera, dan con el problema: el pistón que sirve para empujar el caudal hacia arriba está defectuoso y por eso no sube toda la que debería; pero la solución es sencilla, pues solo hay que sustituirlo por uno nuevo, algo que no cuesta más de tres euros.



Mathieu y Fadio trabajan en la perforación de un sondeo en Beleko, Malí, en febrero de 2016. /LOLA HIERRO

En el jardín de Fiankala, conejillo de indias de este proyecto hidrogeológico, se suceden todo tipo de incidentes como el del pistón que voluntarios y trabajadores resuelven a diario: un tubo que se atasca en el fondo, un material demasiado duro que cuesta perforar, una broca que se parte... Las soluciones, siempre debatidas y compartidas, suponen un aprendizaje para todos. "Aún estamos en fase de experimentación e implementación, pero sabemos que se puede. Yo no me lo creía al principio, con los baptistas cambié de idea, pero cuando en Beleko vi tantos problemas, volví a pensar que no lo lograríamos. Ahora que hemos cogido práctica he visto que es posible", afirma Martínez Santos. GSF calcula que si el proyecto se completa con éxito podrán suministrar agua para abastecimiento e irrigación a unas 50.000 personas.

Ha transcurrido un año desde aquella visita a Dallas y el trabajo continúa porque, aunque se ha recorrido mucho camino desde los primeros sondeos, el que resta todavía es largo. La prioridad, ahora, es ensanchar el diámetro de la perforación, que al principio era de 11 centímetros y ya va por los 17. La diferencia en teoría no es grande, pero en la práctica sí, pues una perforación más ancha dará mayor caudal de agua y también permitirá la instalación de bombas ya fabricadas como las indias, que son las homologadas por el Gobierno de Malí para los puntos de consumo urbano. Esto significaría que los sondeos de GSF no solamente valdrían para regar cultivos, como ya hacen, sino también para dotar de puntos de agua potable a los vecinos cerca de sus casas. "Pero lo mejor de un entubado más grande es la posibilidad de introducir bombas eléctricas, conectadas a un panel solar, que evitarán a los usuarios el esfuerzo de sacar agua de manera manual. Imagina el impacto que puede generar que por mil euros [el precio de 400 a 1000 aumenta por la bomba eléctrica] tengas agua sin esfuerzo", afirma Cerván.

Otra de las aspiraciones de los autores de este proyecto es que el día de mañana quede en manos de los trabajadores del pueblo y ellos creen un modelo de negocio a partir de la perforación manual. "Si estos señores salen formados podrán constituir una empresa de construcción de pozos y ganar dinero", suspira Robador, quien sostiene que una obra así se la podría permitir un comerciante, una gran familia de cultivadores o quizá varias familias vecinas que decidan compartir los costes y el uso de un pozo. Con la certeza de que esa idea que un día tomaron como imposible hoy ya es una realidad, el trabajo continúa en el remoto Beleko de sol a sol. "No somos grandes expertos aún —reconoce Martínez Santos— pero en 10 meses seremos mejores, ya lo verás".

ARCHIVADO EN:

Aguas subterráneas · AECID · Desarrollo África · Hidrología · Agenda Post-2015 · ACH · Geografía · Malí · Indicadores económicos · Indicadores sociales · Agencias Estatales · África occidental

MÁS INFORMACIÓN



FOTOGALERÍA

Tecnología adaptada a la tradición del Sahel



ESPECIAL

La cooperación española desde el terreno



VÍDEOS NEWSLETTERS

TE PUEDE INTERESAR

En Perú se experimenta para combatir la desnutrición infantil

20 películas que seguro has visto y no sabías que eran porno

Conferencia de donantes, ¿esperanza muerta?

"Un cuerpo desnudo es un símbolo de rebelión"

COPE rne 2 onda vasca

El acceso al agua potable

El ámbito de la cooperación al desarrollo es campo fértil para investigación, docencia y divulgación

La integración de los contenidos de la investigación en el contexto docente y la colaboración directa con actores sociales y económicos facilita la transición de los estudiantes al mercado laboral

Cuando esto se realiza a través de actividades de cooperación al desarrollo, los estudiantes tienen, además, la oportunidad de:

- Contribuir directamente a mejorar las condiciones de vida de comunidades desfavorecidas
- Formarse como jóvenes profesionales
- Completar su formación académica a través de trabajos vinculados a la misma (TFMs, tesis doctorales)