

## E9 - Los métodos tradicionales y modernos de búsqueda de aguas subterráneas y freáticas

4 de diciembre de 2013



### 1) ¿En qué consiste ?

**En buscar las aguas contenidas en** el subsuelo, denominadas **aguas freáticas** o **acuíferos**, y bombearlas utilizando las técnicas adecuadas, con un cuidado y una precisión suficientes como para llevarlas a pozos o perforaciones situados en un entorno más adecuado y evitar costosos y desalentadores fracasos.

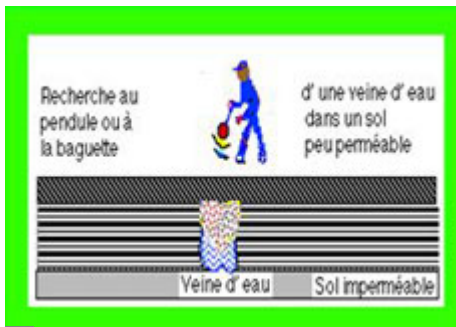
### 2) ¿Quién utiliza principalmente este medio y desde cuándo ?



Alrededor del año 1250 a. C., Moisés ya buscaba agua en el desierto del Sinaí con ayuda de su bastón augural de zahorí, practicando un arte conocido desde la más remota Antigüedad. Las técnicas modernas datan, sin embargo, del siglo XX.

Este medio se utiliza principalmente en los países en vías de desarrollo u otras regiones con escasez de agua y donde el riego es esencial para los cultivos. También se utiliza en los países desarrollados, aunque con frecuencia para cubrir necesidades distintas del consumo directo (jardinería, geotermia).

### 3) ¿Por qué ?



Dada la creciente y vital importancia de los recursos hídricos y del suelo en todo el mundo, así como su escasez, es necesario hacer todo lo posible para ayudar a encontrar, mejorar y preservar estos recursos esenciales y frágiles.

A menudo, las aguas subterráneas son de buena calidad, y suelen estar enterradas a bastante profundidad. Se recomienda encarecidamente localizarlas con la mayor precisión posible y realizar una evaluación, tanto en términos de cantidad como de calidad, antes de emprender trabajos de perforación, bastante caros, evitando así costosos fracasos.

Estas aguas pueden detectarse, con mayor o menor precisión, gracias a las ondas electromagnéticas que emiten.

#### 4) ¿Quiénes son los principales interesados ? Lugares o contextos en los que este medio parece el más adecuado

Se trata de un método especialmente interesante en zonas desfavorecidas, rurales o periurbanas. En zonas montañosas, su aplicación es complicada, dada la gran profundidad a la que se encuentra el agua. Es especialmente relevante para las regiones que padecen fuertes sequías. Los acuíferos son **depósitos naturales** subterráneos capaces de suministrar grandes cantidades de agua potable durante la estación seca, periodo en el que los ríos pueden desaparecer.

#### 5) ¿En qué consiste este procedimiento ? ¿Cómo se pone en práctica ?

**En realidad, consta de diversos métodos**, que van desde el más rudimentario, aunque no por ello menos interesante para aquellas personas o pequeñas comunidades con pocos medios, como es el de los zahoríes, a los más sofisticados, como el análisis preliminar de fotografías por satélite o el estudio de las RMP (resonancias magnéticas protónicas).

Esta ficha no pretende explicar detalladamente el funcionamiento y el uso de estas distintas técnicas, que no pueden ser utilizadas por la mayoría de personas, sino únicamente por especialistas, y que resultan bastante caras ; tratará, por el contrario, de explicar el principio por el que se rigen y sus principales ventajas e inconvenientes, con el fin de permitir a las comunidades o a sus responsables conocer sus principales características y poder ponerse en contacto con empresas especializadas que cuenten con un mayor conocimiento de la materia.

**Para la búsqueda de aguas subterráneas** deben tenerse en cuenta simultáneamente criterios técnicos (hidrogeológicos) y socioeconómicos (cercanía de una aldea, coste de la investigación), aunque la proximidad de los beneficiarios continúa siendo el criterio más importante.

Existen diferentes métodos de prospección de las aguas freáticas. Tradicionalmente, el método del zahorí era el único que permitía buscar aguas subterráneas. Posteriormente se desarrollaron técnicas más modernas y de carácter más científico, que han mejorado notablemente el índice de éxito de los trabajos de captación.

## a) La investigación previa

**Se recomienda encarecidamente** a los prospectores de aguas freáticas **llevar a cabo investigaciones previas** para reunir información que les permita conocer más sobre aquellos lugares en los que pueden tener alguna posibilidad de encontrar agua, especialmente si no son oriundos de la región en la que se realiza la búsqueda.

En función de la importancia calculada para la captación, puede realizarse de las siguientes maneras :

- con una búsqueda inicial rápida de los emplazamientos y una entrevista con el jefe o los responsables de la aldea, una encuesta entre la población para saber dónde se han cavado pozos o acondicionado manantiales (en caso de que se haya hecho), en qué lugares la vegetación es más verde y permanece durante la estación seca, dónde crecen mejor los árboles y la vegetación de manera natural, dónde se sitúan los puntos de agua existentes con el mayor caudal a lo largo de todas las estaciones, la disposición de los termiteros en caso de que existan, etc.

- de manera alternativa o simultánea, llevando a cabo una investigación del mapa geológico de la región, de los datos climatológicos y de cualquier información que pueda resultar interesante y que puedan proporcionar las autoridades locales o regionales u otras asociaciones u operarios que intervengan en la región.

## b) El método del zahorí

En muchos países (entre los que se encuentra Francia), existen personas que poseen un don para el estudio y la determinación de la presencia de agua en un emplazamiento y la detección de los lugares por los que pasan los sistemas de circulación de agua (vetas, fallas y acuíferos).

Los denominados « zahorís » son a menudo personas con capacidades especiales y que han sido iniciadas por sus predecesores o un sabio de la aldea.

**Este principio consiste en :**



**Uso de varillas por un zahorí en Burkina Faso - Fotografía : Sogreah**

- Seleccionar una varilla, por ejemplo en forma de « Y » y de madera de árbol (con frecuencia de mango) o metálica.
- Colocar la(s) varilla(s) entre los dedos, de modo que se amplíen las sensaciones percibidas y se vea si se mueve(n) y se dirige(n) (o se cruza[n]) hacia el presunto lugar de interés.
- Elaborar perfiles que se entrecrucen para determinar cuáles son las zonas más interesantes.

Existen diferentes tipos de varillas :



- La varilla en « Y » o en « V ».
- Las varillas metálicas.
- Las varillas paralelas.
- El lóbulo de Hartmann.
- La antena de Lecher.

Cuando el zahorí utiliza varillas metálicas, las coloca en paralelo entre sus dedos y se acerca a un lugar en el que hay agua, las varillas se aproximan entre sí y acaban por cruzarse, tanto más cuanto más grande sea la fuente subterránea. Esta experiencia puede ser intentada y realizada con éxito por muchas personas, pero se trata de una determinación poco precisa y no indica la importancia de la capa freática. Además, no permite detectar corrientes de agua pequeñas a una cierta profundidad.

### c) Los métodos modernos

Permiten localizar con mayor precisión las aguas freáticas y, sobre todo, evaluar mejor sus dimensiones, su volumen, e incluso su calidad y continuidad.

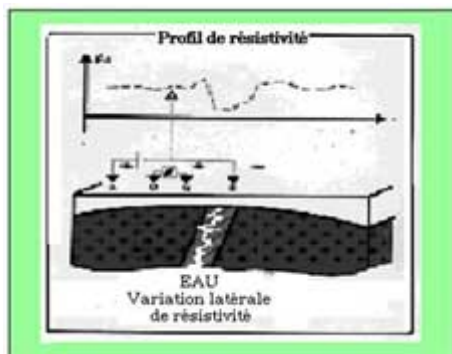
#### La topografía

El análisis de la cartografía y de los índices vegetales proporciona una primera prueba de la presencia de agua. En búsquedas a gran escala, es posible incluso realizar un análisis global de la geología por fotointerpretación (de imágenes de satélite o fotos aéreas), capaz de poner de manifiesto la presencia de grandes líneas de relieve, que pueden ser el origen de fracturas con una dirección identificable o de afloramientos.

#### La hidrogeofísica

En la actualidad, los métodos geofísicos son los **principales procedimientos para la prospección** y la detección de los acuíferos subterráneos. La técnica escogida depende fundamentalmente del contexto geológico.

Los métodos geofísicos tradicionales



<http://forage.puit.sourcier.pagesperso-orange.fr>

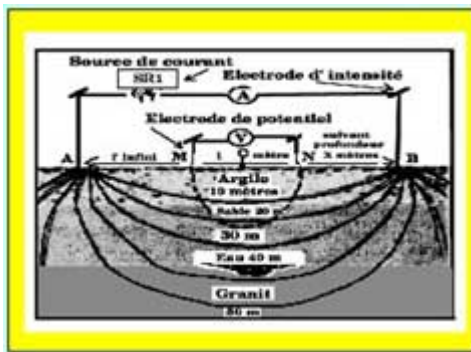
Con estos métodos **se trata de estudiar las propiedades físicas, y especialmente eléctricas, del suelo**. Las aguas freáticas suelen estar encerradas entre rocas. Todas las rocas son, en mayor o menor medida, conductoras de la electricidad, pero sus conductibilidades o resistencias varían según su naturaleza : rocas compactas, secas, fracturadas o húmedas, y estructuras permeables o impermeables. La resistividad eléctrica de un material es la capacidad que tiene para oponerse al paso de una corriente eléctrica.

Los métodos se basan, pues, en la capacidad de los suelos y las rocas de conducir o no la electricidad, y en su conductividad o resistividad (que es la inversa de la conductibilidad).

A partir de estos valores se deducen y determinan, o se estiman (aunque con una probabilidad de acierto elevada), la naturaleza, la importancia y la calidad de las aguas freáticas.

Existen **dos tipos** de métodos **principales**, que se utilizan en ocasiones de manera sucesiva :

a) Los métodos de medición de la resistividad eléctrica por corriente continua.



<http://forage.puit.sourcier.pagespe...>

Son los más utilizados, ya que se adaptan a un mayor número de situaciones.

Consisten en enviar una corriente continua a la estructura geotérmica de un terreno dado (de entre 50 y 400 voltios, según su resistividad-conductividad), utilizando para ello dos electrodos (A y B). Existen varios dispositivos para la colocación de los electrodos (Wenner, Schlumberger, en cuadrado, etc.).

La zona a estudiar no debe ser demasiado amplia, y es preferible que carezca de relieves y construcciones que impidan la colocación de líneas AB de gran longitud (más de 300 m) o puedan interferir en el proceso.

b) Los métodos de medición de la reactividad por vía magnética

Estos métodos, cuyo uso resulta más sencillo (como en el caso de los métodos Slingram y VLF), miden las señales electromagnéticas emitidas por los fenómenos de inducción magnética, y no necesitan contacto con el suelo y, por tanto, tampoco electrodos. Permiten medir la reactividad del suelo a una excitación electromagnética. Sin embargo, no pueden emplearse en todo tipo de terrenos, y sobre todo para la localización de acuíferos situados a una profundidad superior a los 20 metros (e incluso menor), y en la actualidad su uso parece haberse reducido.

[<http://www.wikiwater.fr/IMG/UserFil...>] Búsqueda de agua con la técnica

de la resonancia magnética en

el Chad - Fotografía : Iris Instrument



### **Búsqueda de agua con la técnica de la resonancia magnética en el Chad - Fotografía : Iris Instrument**

El método de sondeo denominado RMP (resonancia magnética protónica)

Se trata de un método de búsqueda directa de agua. Consiste en enviar corrientes eléctricas al suelo y medir a continuación las señales procedentes de los núcleos atómicos de hidrógeno de las moléculas de agua. Es necesario utilizar equipos muy desarrollados, y especialmente magnetómetros de protones, que permiten medir los campos electromagnéticos, cuyos registros pueden interpretarse en el mismo lugar en que se toman y, sobre todo, que posibilitan la deducción en unos segundos de la cantidad de agua presente bajo tierra, en la roca.

### **El uso de la isotopía**

Este método se utiliza principalmente para **realizar un seguimiento de la corriente de agua, pero también para estimar la edad del agua subterránea. Se sabe que el agua freática subterránea se**



renueva por filtración de agua desde la zona de alimentación, en la que la formación geológica del acuífero está expuesta a la superficie. Las determinaciones con isotopía pueden proporcionar indicaciones.

Así, si hay filtración, se puede detectar y evaluar analizando las variaciones en el contenido de isótopos del suelo húmedo situado por encima de la capa freática. Los isótopos más utilizados son el tritio, el deuterio, el oxígeno 18 y el carbono 14. Los resultados indican que este método es fiable y muy prometedor, sobre todo si se utiliza con modelos físicos que describan el flujo de las aguas.

## 6) Observaciones. Medidas de precaución

- Los zahorís no pueden en ningún caso garantizar la presencia de agua, su profundidad, su caudal ni la potabilidad de la misma, ya que se basan en una estrategia sensitiva. Además, dicha estrategia puede verse falseada por perturbaciones diversas (falta de concentración, presencia de una corriente eléctrica). Para optimizar la prospección de las aguas freáticas es necesario disponer de información y mediciones complementarias.

**- Para realizar trabajos de perforación grandes sin que haya riesgos importantes, es indispensable recurrir a la ayuda de los hidrogeofísicos.**

No solo es necesario disponer de un material muy sofisticado y saber realizar el mantenimiento del mismo ; también hay que tener unos conocimientos y una experiencia sólidos.

## 7) Ventajas e inconvenientes principales

### a) Ventajas

En ocasiones, estos métodos permiten evitar la aparición de errores graves o costosos en la prospección de aguas subterráneas, así como ganar tiempo y dinero.

Los estudios previos sobre el terreno y el método de los zahorís proporcionan indicaciones interesantes y menos costosas cuando se dispone de pocos medios.



### **RBúsqueda de agua freática mediante estudios geofísicos en Namou Kounlogue (Togo) - Fotografía : Caritas Togo**

Los métodos basados en la resistividad y la conductividad eléctrica son técnicas mucho más precisas, con una gran densidad de medición y que permiten una exploración relativamente fina. Posibilitan la detección de signos indirectos relacionados con la presencia de agua.

La búsqueda por sonda RMP es un método de detección de la presencia de agua innovador, directo y rápido, y su uso está cada vez más extendido.

### b) Inconvenientes

En la mayoría de ocasiones, la instalación basada exclusivamente en las afirmaciones de un zahorí no da frutos o es muy imprecisa.

Además, su eficacia es difícil de evaluar, dado que las situaciones son muy raramente comparables.

Por otra parte, el uso de estos equipos presenta ciertos inconvenientes : solo permiten la localización hasta una profundidad dada, y las indicaciones pueden verse distorsionadas por la presencia de señales electromagnéticas y líneas eléctricas.

Pero las modernas técnicas hidrogeofísicas son muy caras, por lo que solo pueden utilizarse para la instalación de obras de bombeo de agua grandes o muy numerosas que dispongan de presupuestos importantes.

## 8) Coste

Es frecuente que la prospección de las aguas freáticas en los países del Sur reciba la financiación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y del Banco Mundial. Un estudio previo debe permitir estimar el valor de la información a adquirir (es decir, su utilidad y su coste de producción).

**El coste del zahorí es reducido** (del orden de unas pocas decenas de euros), pero **el de la utilización de métodos modernos es mucho mayor** y depende de las situaciones que se vayan planteando y de los métodos utilizados. Siempre se eleva a varios miles de euros.

Las tarifas de los zahorís varían en función del país, de la experiencia con la que cuenten y de los gastos de desplazamiento. Los de Dapaong (Togo) cobran entre 80 y 160 euros por sus prestaciones, por ejemplo. Los aparatos utilizados para las mediciones hidrogeoquímicas tienen un coste que depende del tamaño del aparato, de los gastos de mantenimiento y de la formación que se necesite para su uso. Precisar estos costes resulta difícil, ya que existe poca información sobre la remuneración de los especialistas en prospección de aguas freáticas, sobre el(los) método(s) que utilizan y sobre el tipo de zona a estudiar. Hay que tener en cuenta además la aportación de materiales sobre el terreno, el alojamiento y la restauración del equipo técnico.

**En general, se considera que la búsqueda del lugar donde realizar la perforación** no debe tener un coste superior al 20 % del de la propia perforación.

## 9) Ejemplo de implementación



**Instrumentos de RMP - Fotografía : IRIS Instruments**

Durante los últimos años, más de 300.000 refugiados procedentes de los países vecinos se han instalado en la parte oriental del **Chad**, donde la falta de agua es ya importante.

Para encontrar nuevos recursos de agua, varias ONG, entre ellas Oxfam o ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados), han trabajado en asociación con Iris Instruments, compañía francesa dedicada a la fabricación de equipos y la formación.

El principal método utilizado ha sido el de la obtención de imágenes por resonancia magnética que, mediante el envío de corrientes eléctricas al suelo, permite buscar átomos de hidrógeno y determinar la cantidad de agua presente en la roca siempre y cuando esta se encuentre a menos de 150 m de profundidad, caso que se daba en el Chad. De este modo se detectaron varias capas freáticas en la región de Iriba.

Un equipo completo para resonancia magnética pesa aproximadamente 350 kg, y cuesta unos 140.000 euros.

## 10) Dónde encontrar más información y bibliografía

### a) Páginas Web

- **Página de IRIS** : « TCHAD\_ Faire une radiographie du désert pour trouver de l'eau ». Artículo de 3 páginas que explica cómo funciona y de qué manera se ha utilizado en el Chad el método de búsqueda de

agua por resonancia magnética (recogido en el puesto 9 de las buenas prácticas).

Disponible online en : <http://www.irinnews.org/fr/report/8...>

- **Página Web de la Oficina Internacional del Agua** : reúne los documentos de trabajo (título/autor/país) relacionados con la búsqueda de agua o su saneamiento.

Disponible online en : <http://www.oieau.fr/>

- **Página Web del Organismo Internacional de Energía Atómica**. Este artículo presenta el método isotópico a través de la aplicación de una prospección de recursos hídricos en el desierto.

Disponible en : <http://www.iaea.org/>

## b) Vídeo

**Dailymotion** : « Comment trouver une source ? ». Vídeo corto de 2' de duración que muestra cómo un zahorí puede utilizar simples varillas para encontrar agua en el subsuelo.

Disponible online en : <http://www.dailymotion.com/video/x4...>

## c) Bibliografía

- **Acción contra el Hambre** : « **Eau - Assainissement - Hygiène pour les populations à risques** »

Obra muy completa de 745 páginas, editada por Hermann, (6 rue de la Sorbonne, 75006, París) (50 euros) que explica e ilustra las distintas técnicas empleadas por ACH, y cuyas páginas 131 a 173 están dedicadas a la prospección de las aguas subterráneas, materia que recibe un muy buen tratamiento y donde se explican detalladamente los distintos métodos existentes, con numerosos ejemplos e ilustraciones.

- **MARGAT, J.** : « **Les ressources en eau. Conception, évaluation, cartographie, comptabilité** ».

Obra de 146 páginas editada por FAO/BRGM, en las colecciones de Manuales y métodos n.º 28 de Orleans, que presenta la necesidad de realizar una aproximación prospectiva para evitar las crisis de agua.

- **CINAM** (Cie d'études industrielles et d'aménagement-Montpellier) : « **Le point d'eau au village** »,

librito para la formación de formadores que contiene muchas fichas sobre los pozos, las bombas, la higiene y las letrinas, además de 4 fichas (de la 2.1 a la 2.4) sobre la búsqueda de aguas freáticas,

disponible online en : <http://www.pseau.org/outils/ouvrage...>

- Emplacement : Accueil > es > Wikiwater > Ficha técnica > Facilitar el acceso al agua > Buscar >
- Adresse de cet article : <https://wikiwater.fr/e9-los-metodos-tradicionales-y>