

**ESTUDIO COMPARATIVO**  
**DE LA PERFORACIÓN DE POZOS PROFUNDOS DE MÉXICO Y**  
**COLOMBIA**  
**PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE**  
**MEXICO**  
**JUNIO-JULIO 2014**

**DOCENTE ASESOR: Ing. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

**ROBERTO ALEJANDRO CANEDO MEJÍA**  
**JESÚS SEBASTIAN SANCHEZ MONTOYA**  
**DAVID ALBERTO VANEGAS LÓPEZ**  
**JULIÁN ANDRES CAMACHO BUITRAGO**  
**DANIEL FELIPE GUTIERREZ MORALES**  
**CARLOS ESTEBAN ZAPATA CORTES**

**UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**  
**PEREIRA**  
**2014**

**ESTUDIO COMPARATIVO  
DE LA PERFORACIÓN DE POZOS PROFUNDOS DE MÉXICO Y  
COLOMBIA  
PASANTÍA INTERNACIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO  
JUNIO-JULIO 2014**

**DOCENTE ASESOR: Ing. ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ**

**ROBERTO ALEJANDRO CANEDO MEJÍA  
JESÚS SEBASTIAN SANCHEZ MONTOYA  
DAVID ALBERTO VANEGAS LÓPEZ  
JULIÁN ANDRES CAMACHO BUITRAGO  
DANIEL FELIPE GUTIERREZ MORALES  
CARLOS ESTEBAN ZAPATA CORTES**

**UNIVERSIDAD LIBRE FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
PEREIRA  
2014**

## RESUMEN

La siguiente investigación se realiza para identificar las técnicas de perforación de pozos de agua que se realizan en México.

Si bien se reconoce la riqueza hídrica nacional, tanto en la distribución espacial como temporal, este enorme potencial se restringe en su aprovechamiento por la confluencia de múltiples factores en buena medida los patrones de aprovechamiento, caracterizados por mecanismos de uso poco eficientes del recurso.

Por otra parte pretende identificar el potencial que tenemos en agua subterránea y nos brinda la posibilidad de ayudar a las regiones de Colombia donde se han generado problemas por falta de agua potable, este estudio es una herramienta que nos permite comprender y aprender técnicas de perforación y aprovechamiento de recursos para la construcción de pozos de agua profundos los cuales tendrán un fuerte impacto en el desarrollo económico y de salud en estas regiones carentes de agua.

### **PALABRAS CLAVE:**

- Pozos
- Acuíferos
- Aguas subterráneas
- Perforación
- Sequía

## ABSTRACT

The following research was conducted to identify the techniques of drilling wells that are made in Mexico.

While domestic water wealth, both in the spatial and temporal distribution, recognized this enormous potential is restricted in its use by the confluence of many factors largely utilization patterns, mechanisms characterized by inefficient resource use.

On the other hand aims to identify the potential we have in groundwater and gives us the opportunity to help the regions of Colombia that have created problems due to lack of drinking water, this study is a tool that allows us to understand and learn drilling techniques and utilization of resources for the construction of deep wells of water which will have a strong impact on economic development and health in these regions without water.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	6
2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA PROBLEMA.....	11
3	OBJETIVOS.....	12
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
4	MARCO TEÓRICO.....	12
5	MÉTODOS EXPLORATORIOS PARA LA VIABILIDAD DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO.....	17
6	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
7	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.....	25
8	BIBLIOGRAFÍA.....	35

# 1 INTRODUCCIÓN

## **Agua: responsabilidad de todos**

**"El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos."**

Así lo determinó en noviembre de 2002 el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, en la observación general No 15 sobre la aplicación de los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, señaló por primera vez y de forma explícita que el contar con agua segura es un derecho humano fundamental: "el derecho humano al agua otorga derecho a todos a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, segura y de calidad aceptable para usos personales y domésticos".

Es responsabilidad de los Estados y organizaciones internacionales elaborar estrategias y programas específicos, proporcionar recursos financieros y transferir tecnología por medio de la asistencia y la cooperación internacionales con el fin de proporcionar agua potable y saneamiento a toda la población, especialmente a la de los países en desarrollo

Sin agua, toda la vida sobre la tierra cesaría de existir. El Agua es un recurso natural renovable, el cual es esencial pero raramente es entendido y apreciado, el agua subterránea es bombeada del fondo del suelo para ser usada en actividades domésticas, Industrial, comerciales y de agricultura en la ciudad.

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de

calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea<sup>1</sup>.

El problema no es sólo la calidad del agua; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud. Por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo.

La tasa de morbilidad y mortalidad infantil por enfermedades relacionadas con el consumo de agua de baja calidad, entre las que se encuentran la diarrea y el cólera, aún es alta en el país<sup>2</sup>.

Las malas aguas generan un impacto negativo en la salud pública que según cálculos recientes asciende aproximadamente a 1,96 billones de pesos al año<sup>3</sup>.

de los cuales el 70% corresponde al impacto de la morbilidad y mortalidad por enfermedades diarreicas y el 30% restante al gasto en prevención. Esta situación es más grave en las zonas rurales y de población dispersa del país. Según cálculos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2002), del 56% de la población rural que tiene alguna forma de abastecimiento de agua, solo el 6% cuenta con agua a la que se le da algún tratamiento para desinfectarla. Esto significa, que miles de niños y niñas, especialmente en las zonas rurales del país y en los municipios más pobres, aún enfrentan el riesgo de contraer enfermedades como la diarrea y el cólera, que en muchos de los casos puede llegar a ser mortal. Por esto es muy importante que los municipios del país cuenten con un sistema que permita hacerle seguimiento constante a la calidad del agua que distribuyen a sus habitantes<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades se transmiten por medio del agua contaminada

<sup>2</sup> Departamento Nacional de Planeación – CONPES 3343. Marzo de 2005. Pág. 9.

<sup>3</sup> Larsen, B. (2004). Cost of environmental damage: a socio-economic and environmental health risk assessment. Citado en: DNP- CONPES 3343

<sup>4</sup> La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales

La situación del país en este sentido es grave y podemos entonces resumirla así:<sup>5</sup>

- La producción promedio de agua en Colombia es seis veces superior al promedio mundial y tres veces al de Latinoamérica
- Cada colombiano dispone de 40.000 m<sup>3</sup> de agua al año
- El 80% de la población y las actividades económicas están en zonas con déficit natural de agua
- La oferta hídrica promedio es de 2.300 km<sup>3</sup>/año
- En los años de sequía la oferta hídrica promedio es de 1.400 km<sup>3</sup>/año
- La disponibilidad hídrica en la zona Caribe es del 8%
- Siete Departamentos de la Zona Caribe viven actualmente una situación de emergencia a causa de la sequía
- El 50% de la población rural y el 25% de la urbana no cuentan con agua apta para el consumo.

La Universidad Nacional de Colombia, una de las universidades pioneras en investigación del país considera el agua contenida en los pozos subterráneos como un tesoro enterrado, ya que estos recursos no son aprovechados en Colombia, en proporción a sus reservas. El principal usuario de aguas subterráneas es la empresa privada.

Las instituciones del Estado no solamente no aprovechan el recurso, sino que generalmente no lo incluyen en la evaluación de proyectos de acueductos o de irrigación<sup>1</sup>, a de tener casos exitosos en otros países como es el caso de México, donde el 85% del agua proviene de pozos profundos.

---

<sup>5</sup> <http://comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/#sthash.st08Aarf.dpuf>. Comunidad Planeta azul. Notas a gotas. Agosto 28 de 2014



“El aprovechamiento de las aguas subterráneas en la mayor parte del territorio colombiano es todavía muy incipiente, entre otras cosas, por desconocimiento del potencial de tales recursos, tanto a nivel regional como local. Existen en el país grandes áreas susceptibles de ser incorporadas al desarrollo del país, en las cuales hay recursos de agua subterránea que podrían utilizarse para suplir necesidades de agua para diferentes usos”<sup>6</sup>.

Nuestro país por tener grandes recursos hidráulicos superficiales, ha descuidado el gran potencial hídrico subterráneo y solo cuando ocurren situaciones como las actuales en donde aún sin comenzar el fenómeno del Niño hay un gran número de regiones del país con problemas serios de escasez del preciado líquido. Su uso se convierte en una ventaja pues tiene disponibilidad en épocas de sequía debido a su alto almacenamiento, es generalmente de alta calidad y está protegida contra eventos catastróficos debido a su localización.

A esta escasez de agua debe sumarse la baja en los caudales de los ríos que suministran agua para los embalses de las hidroeléctricas de donde proviene la mayor cantidad de energía eléctrica que se consume en Colombia trayendo consigo una disminución en el potencial de energía generada.

Muchas personas en la ciudad dependen del agua subterráneas para desarrollar sus actividades Domésticas, Industriales o Comerciales, ellos necesitan entender la recompensa que el agua subterránea provee y la necesidad de hacer un uso eficiente y protegerla.

#### Importancia del recurso hídrico subterráneo

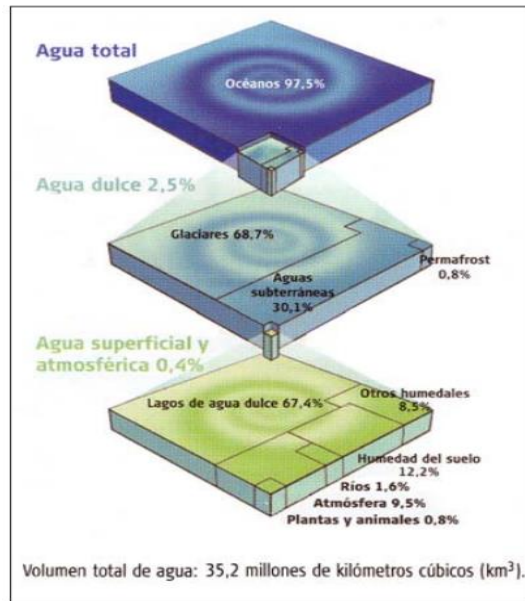
Qué es el agua Subterránea: El agua subterránea es agua que se filtra a través de grietas y poros de las rocas y sedimentos que yacen debajo de la superficie de la tierra, acumulándose en las capas arenosas o rocas porosas del subsuelo las

---

<sup>6</sup> <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-agua-subterranea-un-tesoro-enterrado.html>. Febrero 08 de 2009. Periódico Universidad Nacional. Bogotá Febrero 08 de 2009.

cuales se saturan como una esponja determinando la tabla de agua que es el nivel agua en el suelo donde todos los espacios están llenos de agua. Estas áreas donde el agua se almacena y puede ser extraída a través de un pozo se le denominan acuíferos, que son los grandes almacenes de agua en la tierra y muchas personas alrededor de todo el mundo dependen del agua subterránea en su diario vivir.

Fig. 1. Distribución global del agua en el mundo



Fuente: Shiklomanov y Rodda, 2003

## **2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA PROBLEMA**

### **Problema:**

La Guajira es uno de los departamentos en Colombia donde se presentan mayores problemas por culpa de la sequía, la sequía que desde hace meses azota al departamento y ha afectado a los sectores agrícola y ganadero. Hace nueve meses no llueve en la región.

La escasez de agua y de alimentos, según la Defensoría del Pueblo, ha ocasionado la muerte de al menos 15 niños en lo que va del año sin olvidar los problemas que ha generado a la flora y la fauna.

En este departamento, 35 de cada 100.000 niños menores de 5 años mueren por desnutrición, según cifras del Dane. En La Guajira, a 2013, se contabilizaban 123.200 niños en ese rango de edad. "A menos lluvias, menos agricultura, por tanto no hay proteínas para alimentar a las comunidades", dice Arturo Molina López, coordinador del proyecto integral para ayudar a 20 comunidades Wayuu a darle productividad a la tierra.

### **Pregunta problema**

¿Qué tipo de estudios y técnicas se pueden aprender de los mexicanos y ponerlos en práctica, para crear pozos en la guajira que ayuden a mitigar los problemas de agua generados por las sequias y el fenómeno del niño en Colombia?

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Conocer las técnicas básicas necesarias para la perforación de pozos de agua profundos en diferentes condiciones hidrológicas del subsuelo así como también las metodologías asociadas a la exploración y desarrollo del pozo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar las zonas de Colombia donde se han hecho estudios para la perforación de pozos de agua debido a las problemáticas causadas por las sequias.
- Realizar una comparación entre el aprovechamiento de los recursos de agua subterránea en Colombia y México.
- Mostrar la importancia de la construcción de pozos de agua para mitigar la problemática de agua generada por las sequias en Colombia.

### **4 MARCO TEÓRICO**

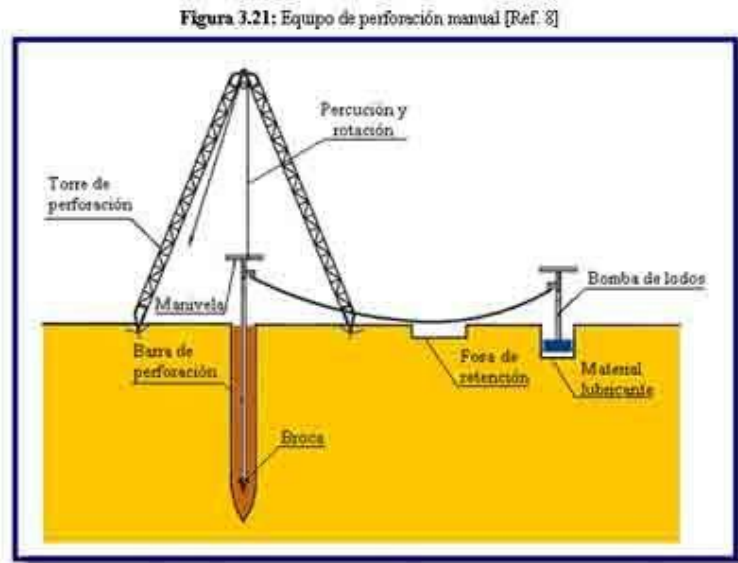
Podemos comenzar diciendo que la perforación de pozos o las primeras perforaciones de pozos nacen aproximadamente al año 400 A.C en sectores pantanosos de África.<sup>7</sup> Se hace difícil precisar sus diámetros pero aproximadamente según estudios los pozos encontrados son de 2 metros con diámetros de 12 cm. Estos pozos eran posiblemente perforados cuando el sector aun tenia agua en la superficie para así luego en la sequía se almacenara y no fuera ingerida por los animales.

Es así como la perforación nace como la respuesta a una necesidad del hombre, que en un principio fue la acumulación o extracción del agua.

<sup>7</sup> <http://perfoelite.es.tl/la-historia-de-la-perforacion.htm>.

Esta es una de las primeras máquinas perforadoras que existieron, contaban con unas bases en forma de trípode y en el medio se utilizaba una vara de perforación con una punta en bronce por lo cual el método era efectivo con percusión y rotación dejando caer la vara desde el trípode.

Fig. 2. Equipo de perforación manual



Fuente: Documento perforación de pozos Universidad Nacional Autónoma de México.

Los pozos más antiguos que se conocen y tienen registros fueron perforados en china en el año 347 A.C tenían profundidades de 250 m aproximadamente.

En México la perforación de pozos comenzó hacia el año 1840 donde se da inicio al uso del agua subterránea, los métodos empleados para entonces eran técnicas traídas de Artois, Francia. Estos métodos eran llamados artesianos.

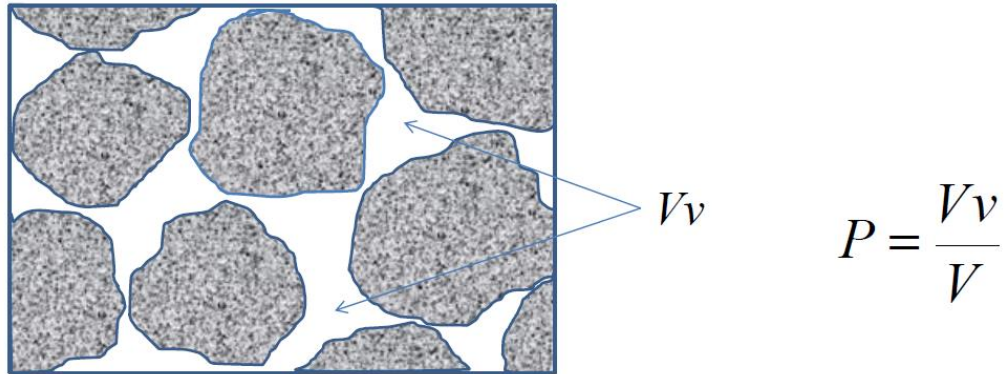
Tiempo después la técnica de perforación cambió y fue sustituida por la de perforación rotatoria que permitía perforar a mayor profundidad y en menor tiempo.

Para 1985 se habían perforado aproximadamente 60.000 pozos, en la época de los noventa los equipos más utilizados son los rotarios, para la época de 2002 se contaba con 104.000 pozos inscritos en el REPDA, actualmente estiman que en

México hay alrededor de unos 300.000 pozos y se está en proceso de un nuevo censo a nivel nacional

Fig. 3 Características físicas del subsuelo

### Características físicas e hidráulicas del subsuelo

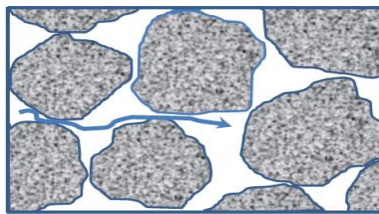


$P$  = porosidad

$V_v$  = volumen de espacios vacíos, comprendiendo los que están ocupados por gases o líquidos;

$V$  = volumen total de la muestra, comprendiendo sólidos, líquidos y gases.

### Características físicas e hidráulicas del subsuelo



**Porosidad Intergranular**

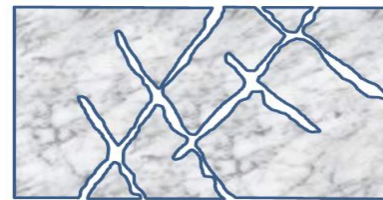


**Porosidad Primaria**

Al originarse la formación geológica

La porosidad total no depende del tamaño de los granos.

En la porosidad efectiva, si el grano es fino, la retención específica aumenta.



**Porosidad por Fracturación**



**Porosidad Secundaria**

*Aberturas posteriores*

La porosidad aumenta con la disolución de la fractura y disminuye con la colmatación.

Lo que pasa en el mundo de la ingeniería, lo enseñamos en

**Minería**

Fuente: Documento perforación de pozos Universidad Nacional Autónoma de México.

## ACUÍFEROS

Un acuífero se define como un estrato, formación porosa con permeabilidad no nula, capaz de almacenar y transmitir agua por medio de sus poros, fracturas y agrietamientos, cuando nos referimos o hagamos referencia a un acuífero lo haremos como unidad acuífera

Fig. 4 Zona de acuíferos



[http://www.igme.es/internet/web\\_aguas/igme/educacion\\_ambiental/libro\\_aguas\\_sub/PAGINAS%20HTML%20FINAL%20ESPA%C3%91OL/pagina18/pagina18.html](http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/educacion_ambiental/libro_aguas_sub/PAGINAS%20HTML%20FINAL%20ESPA%C3%91OL/pagina18/pagina18.html)

El acuífero libre es cuando la superficie del agua está en contacto con el aire de la zona no saturada, y por lo tanto a presión atmosférica.

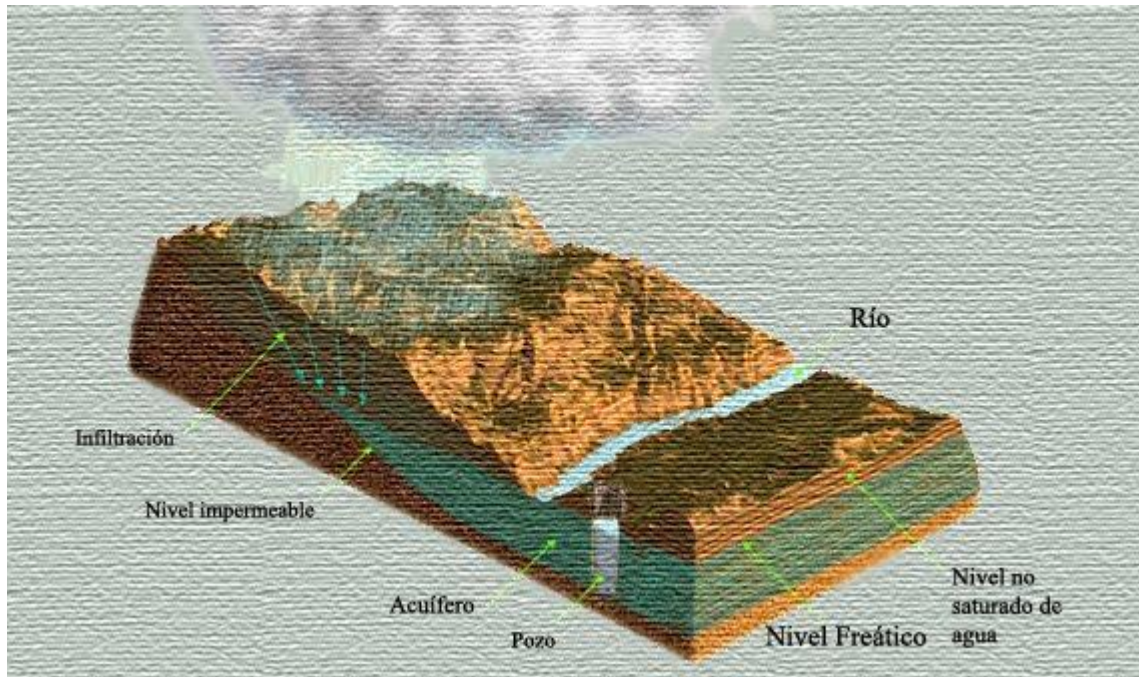
El acuífero confinado se encuentra a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante mucho menos permeable.

La zona saturada es aquella que los poros están completamente rellenos de agua. En esta zona, la presión del agua es superior a la de la atmosfera.

El espesor saturado es la distancia entre la base del acuífero y el nivel freático.

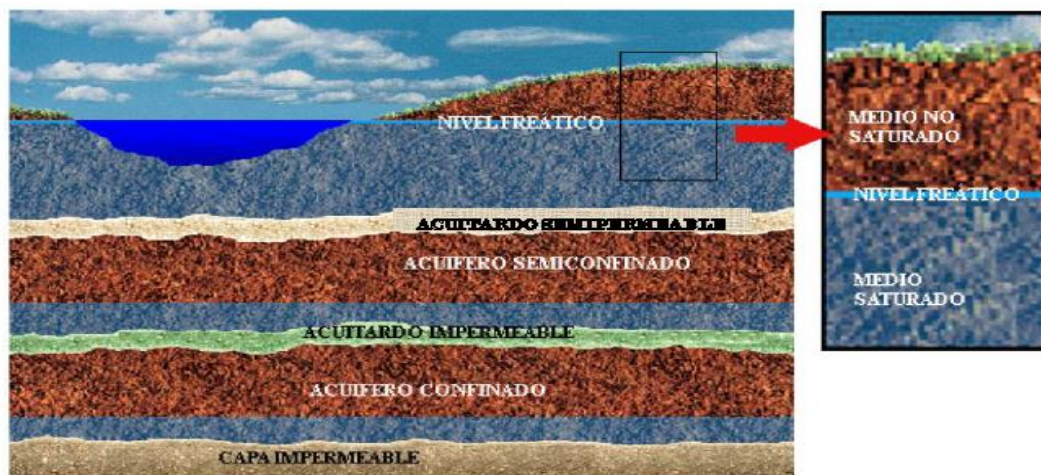


Fig. 5 .Formación de acuíferos desde la infiltración y zona saturada



<https://sites.google.com/site/geohidrologia1234/Inicio/ciclo-iii>

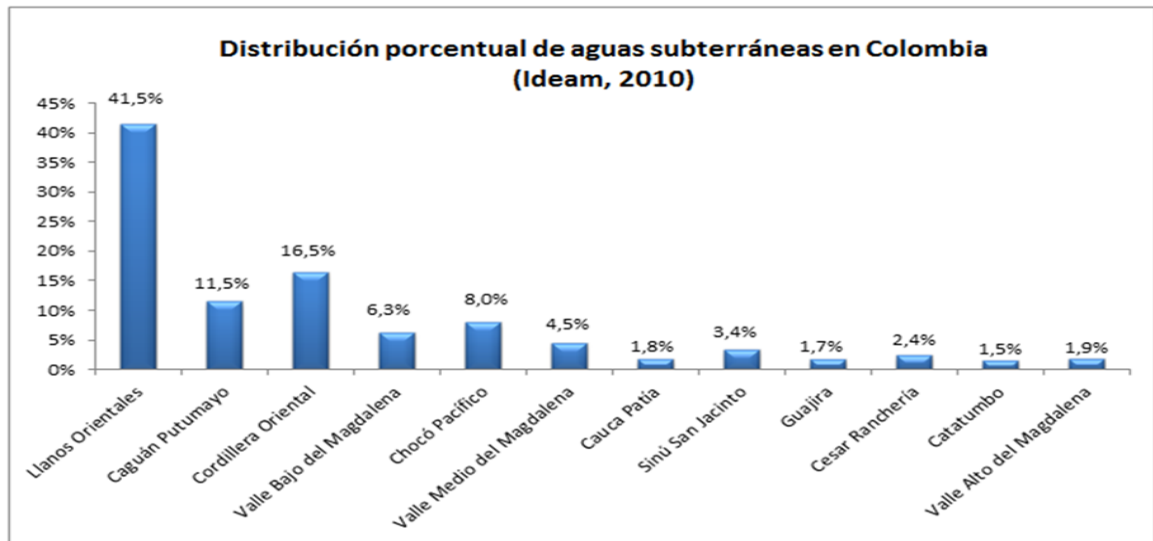
Fig. 6. Acuíferos



Fuente: Documento perforación de pozos Universidad Nacional Autónoma de México.



Fig. 7 .Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.



Fuente: IDEAM, 2010

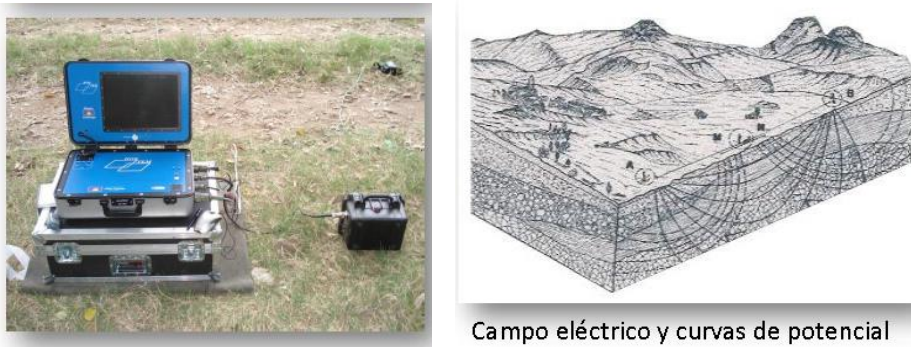
La Fig. 7. muestra como Colombia en toda su geografía tiene disponibilidad de aguas subterráneas, que hasta ahora no se han explotado adecuadamente. A nivel mundial podemos decir que nuestro país es altamente beneficiado con recursos acuíferos disponibles para su explotación y que hace falta una política clara y definida para aprovechar eficientemente esos recursos.

## **5 MÉTODOS EXPLORATORIOS PARA LA VIABILIDAD DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO**

Entre los métodos más nombrados para la exploración de pozos es el método directo que consiste en técnicas de perforación pequeñas que tienen como finalidad saber su capacidad de embalse por un tiempo determinado, entre los más comunes y el más utilizado que se utiliza para la exploración son los métodos Geo eléctricos de corriente continua que consisten en una técnica de fuente artificial por medio de sondeos, estos sondeos pueden ser eléctrico verticales o sondeos de polarización inducida.

El método de sondeo eléctrico vertical es el más común para la exploración de perforación de pozos ya que es un método que arroja datos de buena capacidad y credibilidad.

Fig.8.: Equipos electrónicos, estudio perforación de pozos.



Fuente: Documento perforación de pozos Universidad Nacional Autónoma de México.

La Fig.8. muestra un equipo de exploración básico, en la imagen de la derecha vemos un campo a explorar, es necesario colocar unos transmisores de información y estos datos conectados al receptor para tener unas bases de investigación que serán evaluadas según se vea su viabilidad.

Después de haber obtenido información suficiente del terreno y saber su viabilidad damos por comenzado una etapa de perforación, está claro que se tienen que tener los permisos y requerimientos necesarios para empezar dicha perforación.

Para la perforación de pozos se tiene en cuenta una máquina perforadora, en los pozos profundos el equipo y herramienta de perforación no tiene que ser necesariamente la más moderna y la más cara. Existe una serie de factores para determinar el tipo de maquinaria y herramienta para perforar un pozo, la profundidad del pozo, los estudios geológicos, y los volúmenes de agua hacen parte de los factores evaluativos para saber que maquinaria se necesitaría.

En la profundidad del pozo determinaríamos la capacidad que necesitaría el equipo de perforación, el estudio geofísico nos determina las herramientas que

debemos utilizar y los volúmenes de agua nos indicara los diámetros que debemos perforar.

## Máquinas y métodos de perforación

Fig.9. Mapa conceptual (sistema de perforación de pozos)



Fuente: Documento perforación de pozos Universidad Nacional Autónoma de México.

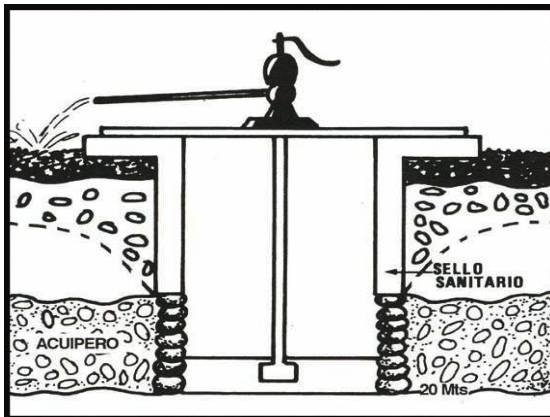
Los métodos de perforación de pozos más utilizados en nuestro medio son: Excavación manual, percusión y sistemas de rotación.

## Excavación manual

La Fig.10. muestra una excavación de tipo manual que se hace en el suelo para captar el primer nivel de aguas subterráneas que se encuentra en el subsuelo.

Se les llama aljibes y se construyen en diámetros entre uno y dos metros, revestidos con ladrillo, tubería de cemento o concreto y su profundidad puede llegar hasta 20 h1. Se utilizan para uso doméstico en la zona rural. El agua se extrae con una pequeña bomba o con balde. En la figura se puede observar un pozo excavado manualmente.

Fig.10. Pozo excavación manual



Fuente:[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_pozos/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#)

## Método de percusión

Este sistema utiliza una máquina de percusión mecánica y en la que se perfora con herramientas de cable, levantando y dejando caer una pesada sarta dentro del hueco. El barreno o broca que va en la punta inferior de la sarta, tritura la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Estos fragmentos se mezclan con el agua existente en las capas que se van atravesando formando un lodo, el cual es retirado periódicamente con una cuchara para que la perforación avance en forma

normal. Esta cuchara es simplemente un tubo hueco con una válvula de retención, se sube y baja por medio de un cable de acero. Con esta cuchara se sacan las muestras de los materiales perforados a medida que se va profundizando. En la figura se observa un equipo de percusión.

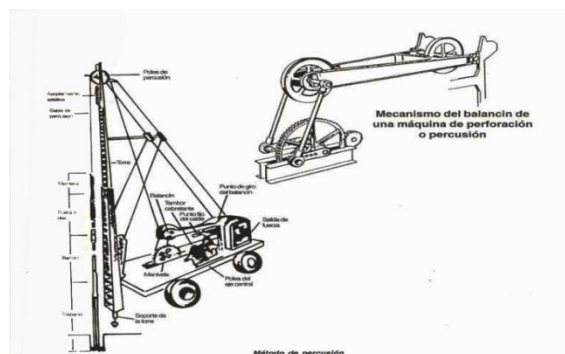
Este sistema se utiliza especialmente en rocas duras donde los otros sistemas tienen muchas limitaciones. También se utiliza en rocas o formaciones suaves pero con especial cuidado puesto que el fuerte golpeteo de la herramienta produce derrumbes en zonas inestables por lo que es necesario ir entubando el pozo en la medida en que avanza la perforación.

### **Métodos de rotación.**

El método de perforación por rotación consiste en perforar un hueco mediante la acción rotatoria de una broca y remover los fragmentos perforados con un fluido que se hace circular a medida que la perforación avanza. Este fluido puede ser agua o lodo.

Para la perforación por rotación se utilizan máquinas mecánicas o hidráulicas y dependiendo de la forma de circulación del fluido de perforación se utilizan dos sistemas: circulación inversa y circulación directa. En la Fig.11 y 12. Se observa una máquina de rotación y la disposición del sistema de circulación directa.

Fig.11. maquina rotatoria



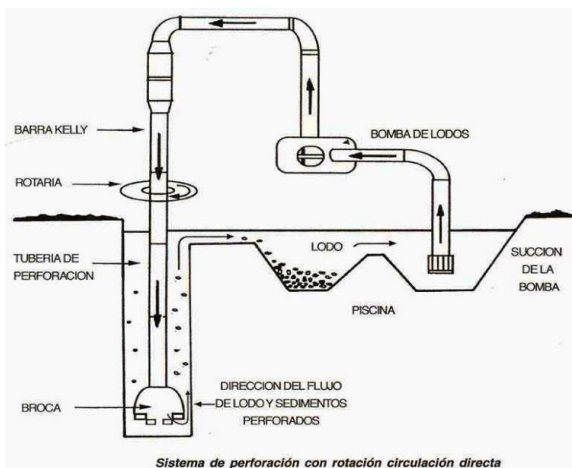
Fuente:[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_pozos/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#)

## Rotación circulación directa.

El método de rotación mediante circulación directa utiliza como fluido o líquido de perforación lodo bentonítico, que es una mezcla de agua y bentonita (arcilla) que adquiere ciertas características de viscosidad y densidad durante la perforación y tiene como función transportar en suspensión a la superficie los fragmentos o sedimentos perforados, forma una costra de lodo en las paredes del pozo para ir sellándolo y evitar derrumbes en zonas inestables.

La forma como circula el lodo de perforación es la siguiente y se puede observar en la figura.

Fig.12. maquina circulación directa



Fuente:[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_pozos/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#)

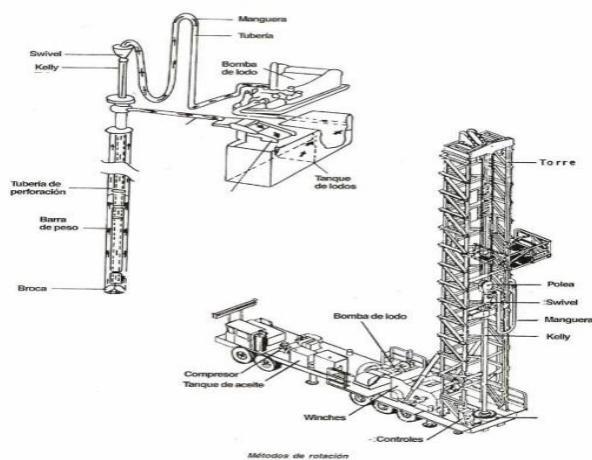
Esta broca tiene unos orificios por donde sale el lodo, refrigerándola, luego este sube verticalmente por el espacio anular entre el hueco perforado, que es del mismo diámetro de la broca que se esté usando, y la tubería de perforación, sale a la superficie y descarga a una piscina llamada de sedimentación donde se depositan los sedimentos perforados. Por rebose el lodo sale y cae a la piscina de succión de donde se vuelve a bombear nuevamente continuando su circulación en

el circuito. Las muestras de las capas perforadas se toman en la boca del pozo con una canastilla. Se colectan metro a metro se lavan y se almacenan en bolsas numeradas conforme a su profundidad para levantar el perfil litológico del pozo.

### Esquema de funcionamiento

Se prepara el lodo en una piscina excavada en el suelo, cuando ya adquiere la viscosidad adecuada, se extrae con una bomba de lodos de pistón de alta presión y se inyecta a través de la tubería de perforación que tiene en su borde inferior una broca ticónica, tipo "piña" que es la que perfora las capas del subsuelo

Fig.13. Esquema de funcionamiento



Fuente:[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_pozos/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_pozos/index.html#)

Este sistema es el más utilizado en nuestro medio, se puede emplear en cualquier tipo de formación o rocas, es bastante seguro pero es de mucho cuidado sobre todo en el manejo del lodo, el cual debe ser extraído totalmente una vez se construya el pozo. Si no se extrae todo afectará el rendimiento del pozo porque los filtros y los acuíferos quedarían taponados.

**Ventajas:**

- Se puede utilizar en cualquier tipo de roca o formación.
- El lodo controla bien la estabilidad de las paredes del pozo.
- No tiene límites de profundidad, depende de la capacidad del equipo de perforación.

**Desventajas:**

- Se debe perforar el mismo hueco en diámetros crecientes. Varias ampliaciones dentro del mismo hueco.
- Hay que extraer totalmente el lodo de perforación porque sella los acuíferos.
- Desarrollo más exigente y costoso.
- El muestreo es más exigente.

## 6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada para la investigación de este proyecto El método sintético es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos por el análisis; se trata en consecuencia de hacer una explosión metódica y breve, en resumen. En otras palabras debemos decir que la síntesis es un procedimiento mental que tiene como meta la comprensión cabal de la esencia de lo que ya conocemos en todas sus partes y particularidades.

La síntesis significa reconstruir, volver a integrar las partes del todo; pero esta operación implica una superación respecto de la operación analítica, ya que no representa sólo la reconstrucción mecánica del todo, pues esto no permitirá



avanzar en el conocimiento; implica llegar a comprender la esencia del mismo, conocer sus aspectos y relaciones básicas en una perspectiva de totalidad. No hay síntesis sin análisis sentencia Engels, ya que el análisis proporciona la materia prima para realizar la síntesis.

## 7 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

- Zonas de Colombia donde hay acuíferos y estudios hechos para la perforación de pozos de agua.

Fig.14. acuíferos en Colombia

Tabla 2 - Acuíferos en Colombia					
Área	Media Guajira	Región del Canal del Dique	Caudal del río Cauca	Sabana de Bogotá	Isla de San Andrés
Tipo de acuífero	Confinado	Libre y confinado	Semiconfinado y confinado	Libre y confinado	Libre
Espesor (m)	300	40 – 100	100 – 250	150 – 300	50
Profundidad del nivel del agua (m)	10 – 15	10	5	10-35	15
Profundidad promedio de los pozos (m)	60 – 240	200	100 – 200	50 - 500	60
Caudal medio de los pozos (l/s)	5 – 40	510	30-130	1 – 5	15
Calidad del agua	Salobre	Moderadamente dulce	Dulce	Dulce	Moderadamente dulce

Fuente: IDEAM.

Estudios realizados en Colombia para identificar acuíferos:

La Exploración de Aguas Subterráneas es una iniciativa del INGEOMINAS para evaluar el potencial del recurso hídrico del subsuelo colombiano y generar conocimiento que aporte a la satisfacción de necesidades de la sociedad en cuanto a agua potable, especialmente.

Catorce millones de habitantes pueden sufrir desabastecimiento en épocas de sequía ante la deforestación de micro cuencas y la desigual distribución del recurso. Además, la calidad del agua se deteriora como resultado del vertimiento de aguas residuales, ya que tan sólo el 8% de los vertimientos son tratados.

- Los estudios hidrogeológicos en Colombia se inician a partir de 1950, como soluciones de abastecimiento de agua potable en algunas poblaciones. Los primeros trabajos se realizaron en el Valle del Cauca, Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Huila, Córdoba y Antioquia.

- En los años 60, se continuó con este tipo de estudios en el Tolima, Bolívar, Santander y Caldas, así como otros complementarios en Boyacá y Valle del Cauca.

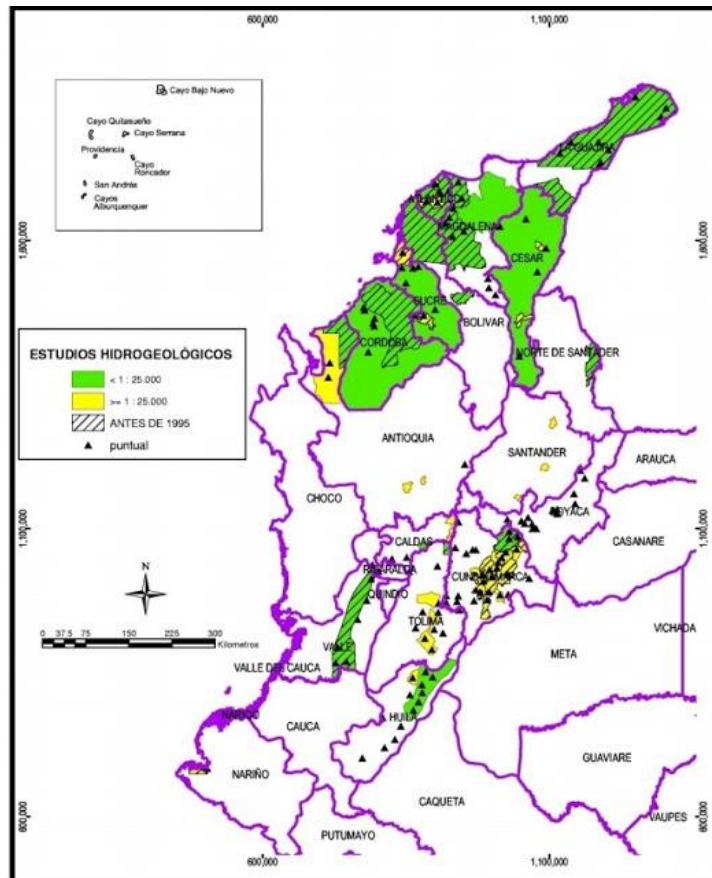
- A partir de los 70 y mediante convenios interinstitucionales y de cooperación técnica internacional entre Holanda y Colombia, INGEOMINAS empezó a realizar estudios sistemáticos de carácter regional. Se realizó la exploración de aguas subterráneas en el Valle del Cauca, Valle Medio del Magdalena y zona noroccidental de la Sabana de Bogotá.

- En los años 80, continuaron los estudios regionales con la cooperación de la TNO y se realizó la exploración de aguas subterráneas en Cúcuta, en los Valles de Ubaté y Chiquinquirá, en la Media y Alta Guajira, en los departamentos de

Atlántico y Bolívar, en el noreste de Urabá y en la Isla de Mompós. Además se hicieron estudios locales para perforar pozos de abastecimiento en los departamentos de Córdoba, Magdalena, Guajira y Bolívar.

- En los años 90, mediante convenios con el CorpesCosta Atlántica, las CAR, los entes territoriales y algunas empresas de servicios públicos, se realizaron evaluaciones hidrogeológicas en el Valle del Patía, Sabana de Bogotá, Urabá antioqueño, Huila, Cesar, Tolima, Magdalena, Sucre, Córdoba y la isla de San Andrés.

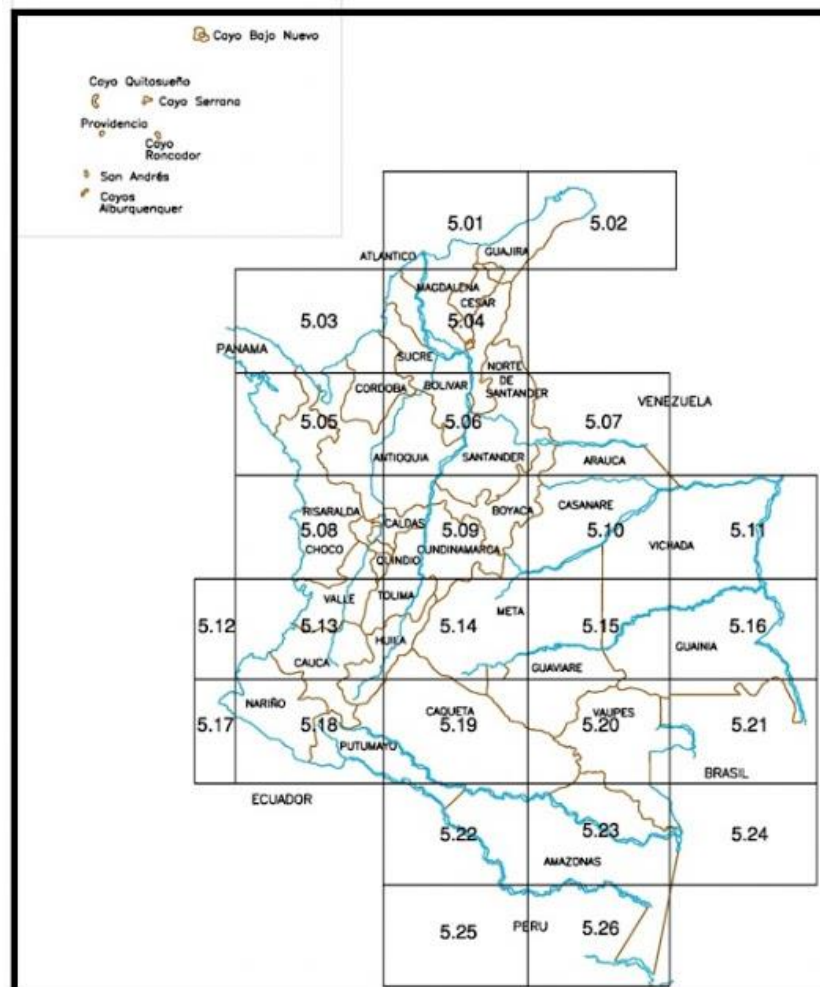
Fig15. Mapa der estudios hidrogeológicos



Fuente <http://geologygeomorfoubosque.blogspot.com/2013/05/hidrogeologia.html>

- En 1996, INGEOMINAS inició la elaboración del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (escala 1:500.000). El Atlas tiene un cubrimiento aproximado del 30% de Colombia, y presenta la potencialidad de unidades geológicas en cuanto a posibilidades de ocurrencia de aguas subterráneas, así como su localización y características hidrogeológicas, plasmadas en mapas temáticos.

Fig16. Mapa temático de elaboración de atlas para aguas subterráneas



Fuente <http://geologygeomorfubosque.blogspot.com/2013/05/hidrogeologia.html>

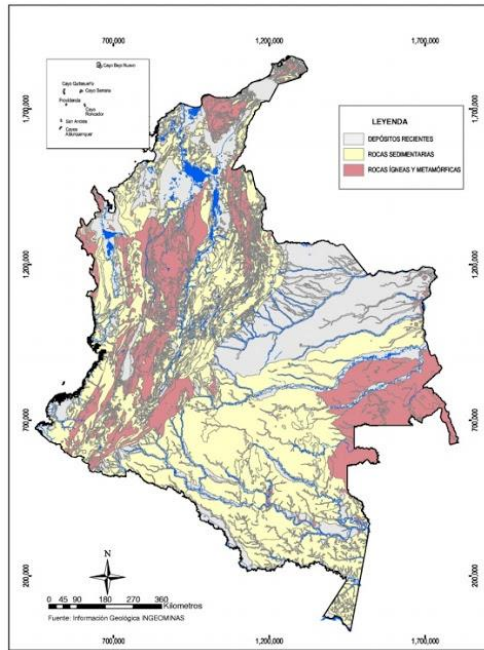
La subdivisión de unidades roca - tiempo que presenta el Atlas Geológico Digital de Colombia, permite realizar una agrupación generalizada del ambiente de formación geológica y de edad de las rocas y depósitos que afloran en el territorio nacional. Se obtuvo una diferenciación de las principales estructuras como macizos hidrogeológicos y cuencas artesianas, en rocas sedimentarias y depósitos recientes.

Las rocas de origen metamórfico e ígneo, tanto plutónico como volcánico, en especial las vulcanitas antiguas (preNeógeno), se agruparon en macizos hidrogeológicos, cuya permeabilidad secundaria está determinada por procesos de fracturación.

Las rocas sedimentarias y los depósitos recientes conforman cuencas artesianas, donde la permeabilidad está relacionada con la porosidad primaria. La mayoría de estas cuencas coinciden con la delimitación geológica de las grandes cuencas sedimentarias de Colombia, donde existe explotación de hidrocarburos. También, se presentan en zonas litorales del Pacífico y Atlántico, en el oriente colombiano en la Amazonía-Orinoquia y como cuencas intramontanas de menor tamaño, como la Sabana de Bogotá.

Aunque los depósitos recientes hacen parte de las cuencas artesianas, se consideran como una unidad especial debido a sus mejores características hidrogeológicas tales como: baja compactación, alta porosidad, poca profundidad y facilidad de recarga. Sin embargo, por estas mismas propiedades sus acuíferos son más vulnerables a la contaminación.

Fig17. Mapa de Colombia según clasificación de tipos de rocas por zonas.



Fuente <http://geologygeomorfoubosque.blogspot.com/2013/05/hidrogeologia.html>

- Cuadro comparativo del aprovechamiento de los recursos de agua subterránea en Colombia y México.
- 

<b>Aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia y México</b>	
<b>Colombia</b>	<b>México</b>
<p>En muchas regiones de Colombia, el aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos es muy incipiente. Este hecho se debe entre otros factores al desconocimiento de los recursos y de sus características.</p> <p>Si no existe aprovechamiento, mucho menos manejo o control. Ya se dan casos de mala utilización y de degradación por inadecuada administración, y falta de protección de las</p>	<p>México cuenta con una extensión superficial de aproximadamente 2 Millones de Km<sup>2</sup>, sin embargo, cerca del 50% de esta superficie es de terrenos montañosos y el 50% restante le corresponde a terrenos de topografía más o menos plana. Y es en éstas áreas, donde se encuentran asentados los grandes núcleos poblacionales y se desarrollan la mayor parte de las actividades económicas. Para dichas labores, han sido</p>

áreas de recarga y por sobrebombeo. Como resultado, algunos acuíferos sufren daños irreversibles por contaminación, tal como está ocurriendo con el de la cuenca del río Tunjuelo en Bogotá, o con el acuífero que abastece a las ciudades de Corozal y Sincelejo.

Si un acuífero presenta descenso regional del nivel piezométrico, para algunos pseudocientíficos la solución “más facilista” es, por ejemplo, cerrar los pozos o prohibir su aprovechamiento, cuando el sistema puede equilibrarse mediante métodos de “recarga artificial”, aplicando técnicas de manejo integrado, agua superficial subterránea.

El aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, genera riqueza, desarrollo, empleo y bienestar humano. Sin embargo, el agua en sí sola no es productiva: lo es solo cuando se controla y maneja adecuadamente; de lo contrario, la disipación natural de su energía potencial puede generar pobreza y miseria, tal como ocurre en el territorio patrio cuando se presentan inundaciones y avalanchas, con pérdidas de cosechas, viviendas, vidas humanas y semovientes.

Finalmente, vale la pena anotar que existe una estricta relación entre el agua y la paz, pues el radicalismo de la incorfomidad se acentúa y potencializa cuando no se tiene agua. Las guerras entre pueblos ya se han dado desde

de vital importancia los recursos hidrológicos. Sin embargo, la distribución del agua en el territorio nacional es irregular, debido a la gran diversidad fisiográfica y climática.

En México se presenta un promedio anual de 780 mm de precipitación pluvial, que corresponde a un volumen de 1,532 millones de m<sup>3</sup>. En la zona norte y en el altiplano (a los cuales les corresponde el 52 % del territorio) la media anual es inferior a los 500 mm, y en sólo una porción del sureste (7% del territorio) la precipitación alcanza valores superiores a los 2,000 mm anuales.

Estos escurrimientos se distribuyen en 320 cuencas hidrológicas, en la vertiente del Pacífico, las cuencas más importantes son las de los ríos Yaqui, Fuerte, Mezquital, Lerma, Santiago y Balsas; y en la vertiente del Golfo de México, sobresalen las de los ríos Bravo, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta.

Para aprovechar este recurso, en México se cuenta con un sistema de obras hidráulicas para almacenamiento de 125,000 millones de m<sup>3</sup>, y los lagos y lagunas tienen una capacidad de almacenamiento de 14,000 millones de m<sup>3</sup> que en total corresponde al 34 % del escurrimiento anual. De la capacidad total de almacenamiento de agua en presas, el 33 % se utiliza para riego principalmente en las regiones semiáridas del norte y el 37 % se usa en la generación de energía eléctrica, principalmente en el sur

hace décadas en varias regiones del mundo, en su disputa por las fuentes de agua: para dar solo dos ejemplos, Israel en el Medio Oriente y Senegal en África.

Fuente:

- (1)Rodríguez C.O. 2002. El agua como eje temático de las ciencias naturales. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia.
- (2)Rodríguez C.O. 2008. Acuíferos y mapa hidrogeológico de Colombia. Departamento de Geociencias Universidad Nacional.
- (3)IDEAM. 2001. Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia. SIAC.
- (4)UNESCO. 1984. La Naturaleza y sus recursos. Vol. XX No. 2.

del país; y el resto para otros usos (Lomelí, 2006).

Los recursos acuíferos son otra fuente importante de agua en México, sobre todo en aquellas regiones en donde no existen escurrimientos superficiales considerables. En general, se puede señalar que la distribución geográfica de la explotación del agua subterránea en el territorio nacional se presenta de la siguiente forma: cerca de las dos terceras partes del volumen total extraído se realiza en las regiones áridas, en donde el subsuelo es la principal o la única fuente de abastecimiento, y una tercera parte de la explotación se realiza en el sureste.

De acuerdo con cifras de la Comisión Nacional del Agua, en México se tienen distribuidos en todo su territorio 654 acuíferos, de los cuales 97 están en condiciones de sobreexplotación. Estos acuíferos suministran aproximadamente el 50% de la extracción nacional para todos los usos. Del total de acuíferos sobreexplotados a nivel nacional, 17 de ellos presentan problemas de intrusión salina, éstos se encuentran localizados en las costas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Colima, Sonora y Veracruz. En el Cuadro 1 se puede apreciar el número total de acuíferos por región administrativa.

En cuanto a la disponibilidad del agua subterránea a nivel nacional, para el año 2003 fue publicado en el Diario Oficial de la



	<p>Federación, la disponibilidad del agua de 188 acuíferos de los 654 que existen en el país. De los 188 acuíferos disponibles, 112 se encuentran sin disponibilidad, la razón de esto es porque 65 de ellos se encuentran sobreexplotados y 47 de ellos se encuentran cerca de la condición de sobreexplotación.</p> <p>Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. Edición 2003, México.</p>
--	---

Tabla 1. Comparación del aprovechamiento hídrico en Colombia y México

## **Conclusión final**

En Colombia carecemos de un nivel adecuado del conocimiento hidrogeológico. Esto implica la cartografía geológica a escalas adecuadas, en caso de no existir previamente; inventarios de puntos de agua, clasificación hidrogeológica, estudios geofísicos, medida de niveles y preparación de mapas piezométricos, perforaciones, pruebas de bombeo y determinación de parámetros geohidráulicos, muestreo y caracterización química, datación, modelamiento, etc. Por falta de presupuesto y de personal, actualmente el Grupo de Aguas Subterráneas y Geotermia ha sido relegado dentro del Área de Exploración de Recursos del Subsuelo a una pequeña oficina en Bogotá con 9 trabajadores, los cuales están trabajando en la exploración regional de dos proyectos nuevos, en Nariño y Santander, y prestando asesoría a un tercer proyecto, en Antioquia. Esto es insuficiente a todas luces para que INGEOMINAS, empleando tecnología de punta que se puede desarrollar por nuestras universidades, pueda verdaderamente llevar a cabo la vasta labor de exploración hidrogeológica que requiere el país.

El agua subterránea es un recurso de vital importancia para el crecimiento de los municipios, la generación de industria, y el crecimiento de la agro- industria. La explotación del agua subterránea proporciona agua potable a los diferentes sectores de la sociedad colombiana, solucionando el problema de escasez a costos moderados. La construcción de pozos profundos trae consigo beneficios económicos y logísticos importantes, reflejados en la disminución de las distancias de conducción de agua, disminución de costos en los tratamientos bioquímicos y el menor valor del líquido.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Departamento Nacional de Planeación – CONPES 3343. Marzo de 2005. Pág. 9.

IDEAM. 2001. Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia. SIAC.

Larsen, B. (2004). Cost of environmental damage: a socio-economic and environmental health risk assessment. Citado en: DNP- CONPES 3343

La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales

NOTAS A GOTAS, EL CAMBIO CLIMATICO Y LA SALUD

[comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/#sthash.st08Aarf.dpuf](http://comunidadplanetaazul.com/agua/notas-a-gotas/#sthash.st08Aarf.dpuf), Comunidad Planeta azul, Notas a gotas, Agosto 28 de 2014

PERIODICO UNAL, [unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-agua-subterranea-un-tesoro-enterrado](http://unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-agua-subterranea-un-tesoro-enterrado). Febrero 08 de 2009.

PERIODICO UNAL, [unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-agua-subterranea-un-tesoro-enterrado.html](http://unperiodico.unal.edu.co/dper/article/el-agua-subterranea-un-tesoro-enterrado.html). Febrero 08 de 2009. Periódico Universidad Nacional. Bogotá Febrero 08 de 2009.

Rodríguez C.O. 2002. El agua como eje temático de las ciencias naturales. Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez C.O. 2008. Acuíferos y mapa hidrogeológico de Colombia. Departamento de Geo ciencias Universidad Nacional.

UNESCO. 1984. La Naturaleza y sus recursos. Vol. XX No. 2.