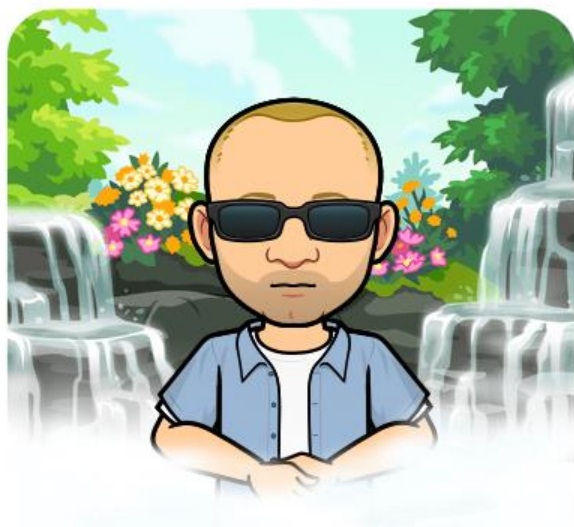


101

RESPUESTAS SOBRE EL AGUA SUBTERRÁNEA



Mario Enrique Arias Salguero
22 marzo 2022

101

RESPUESTAS SOBRE EL AGUA SUBTERRÁNEA



2022 Aguas subterráneas



101

RESPUESTAS SOBRE EL AGUA SUBTERRÁNEA

HAGAMOS VISIBLE LO INVISIBLE





Las fotografías y gráficos son de la autoría de Mario Enrique Arias Salguero. Por su parte; el avatar personal es de Bitmoji avatar para uso no comercial.



PRESENTACIÓN

Hacer visible lo invisible y situar el agua subterránea en el centro de la conversación hídrica global, es el objetivo de la conmemoración del Día Mundial del Agua de este año.

La campaña 2022 de la UNESCO, tiene como ejes conductores las siguientes frases:

- Las aguas subterráneas son invisibles, pero sus efectos se aprecian en todas partes.
- Escondidas bajo nuestros pies, las aguas subterráneas constituyen un tesoro oculto que enriquece nuestras vidas. En las zonas más áridas del planeta, pueden ser la única fuente de agua al alcance de la población.
- Casi la totalidad del agua dulce en forma líquida del mundo es agua subterránea, y representa la base del suministro de agua potable, los sistemas de saneamiento, la agricultura, la industria y los ecosistemas.
- En muchos lugares, las personas sobreexplotan y contaminan las aguas subterráneas como consecuencia de sus actividades. En otros, simplemente desconocemos la cantidad de agua que se esconde bajo tierra.
- Las aguas subterráneas desempeñarán un papel fundamental en la adaptación al cambio climático. Tenemos que trabajar juntos para gestionar de forma sostenible este preciado recurso.
- Lo que hacemos en la superficie repercute bajo tierra. Los únicos productos con los que debemos tratar los suelos deben ser inocuos y biodegradables, y debemos utilizar el agua con la mayor eficiencia posible.

- Las aguas subterráneas atraviesan fronteras. Debemos trabajar juntos para gestionar las aguas subterráneas transfronterizas.
- No podemos gestionar lo que no medimos. De ahí la necesidad de estudiar, analizar y monitorear exhaustivamente las aguas subterráneas.
- Aunque quizá nos podamos ver las aguas subterráneas, eso no quiere decir que no debemos preocuparnos por ellas.

Aunque mucha gente no lo sabe, en Costa Rica dependemos en gran medida del agua subterránea que usamos todos los días. Por tal motivo; he preparado este documento con **101 Respuestas sobre el Agua Subterránea**, como una recopilación de igual número de preguntas que a lo largo del tiempo me han realizado en diversas comunidades, charlas, cursos y entrevistas con la idea de ayudar a hacer que el agua subterránea sea más visible, de una manera sencilla y amigable para las personas.

El agua subterránea en Costa Rica es un Recurso estratégico:

- Desde el punto de vista ambiental; el agua subterránea es parte indivisible del Ciclo del Agua y por tanto fundamental en el ecosistema, interactuando con otros cuerpos de agua superficiales, solo para citar un ejemplo: el Humedal de Caño Negro, que recibe parte de su agua como recarga lateral del acuífero más superficial que hay en esa zona y que además es un acuífero transfronterizo. Por lo que se requiere de su protección efectiva y aprovechamiento sostenible.

- Desde el punto de vista social; el agua subterránea es un elemento vital en la salud pública de nuestra población que se abastece de agua potable procedente de pozos y manantiales, es fuente de Vida. Además; una causa potencial de conflicto por el uso del recurso, por lo que su gestión debe ser integral para que actúe como un generador de Solidaridad e instrumento de Paz.
- Desde el punto de vista económico; el agua subterránea es motor de desarrollo, es el activador de la recuperación económica. Sin agua de calidad, en cantidad, en continuidad y en el sitio requerido, no será posible su uso para diversas actividades productivas, limitando la atracción de nuestras empresas internacionales, restringiendo la generación de nuevos empleos, conteniendo la generación de riqueza, frenando el desarrollo habitacional como derecho fundamental de las familias y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria, todo por la falta de disponibilidad del agua como Recurso.

101 Respuestas sobre el Agua Subterránea, es un aporte del proyecto de Acción Social denominado: “La Cultura del Agua como instrumento para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico”, desarrollado en el Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas de la Universidad de Costa Rica.

101 Respuestas sobre el Agua Subterránea, pretende generar conciencia sobre este Recurso, por tal motivo; con la intención de que este documento sea divulgado y utilizado por todos aquellos que lo requieran, se autoriza su reproducción, parcial o total, siempre y cuando se cite apropiadamente la fuente.

[#CulturaDelAgua](#), [#DiaMundialDelAgua](#),
[#aguasubterranea](#) [#hacervisibleloinvisible](#)

¿Qué es el agua subterránea?

PREGUNTA 1

Es el agua que se encuentra por debajo del nivel del suelo y que está contenida en los poros y/o fracturas de las rocas.



Gracias a los espacios vacíos en las rocas (poros y fracturas), el agua puede almacenarse, por efectos de la gravedad y otras propiedades hidráulicas, y desplazarse de un lugar a otro.

Es una parte indivisible del Ciclo Hidrológico. Sí; aquellas gotas que no son aprovechadas por la vegetación o que no escurren en superficie y logran infiltrarse en el suelo, podrán seguir viajando y salir por un río, lago o incluso al mar, donde nuevamente serán evaporadas y condensadas en las nubes para precipitar y caer otra vez sobre el suelo.

Representan las mayores reservas de agua dulce que tiene nuestro planeta.

¿Por qué se dice que el agua subterránea es un recurso invisible?

PREGUNTA 2

Hay dos maneras de abordar esta respuesta:

La primera; está relacionada con el hecho físico de que; al estar contenida el agua en los poros y/o fracturas de las rocas, no es visible para la población.

La segunda; y más preocupante está relacionada con el desinterés que muestran muchos tomadores de decisión, para la regulación y protección del agua subterránea. Situación que obedece no solo a desconocimiento, sino muchas veces a intereses económicos.

En el caso de Costa Rica, han sido varios conflictos por el uso del agua (Sardinal) y acceso al agua (Los Chorros), que han puesto en evidencia la necesidad de visibilizar el agua subterránea. En la actualidad, si bien aún hace falta mucho por hacer, el agua subterránea toma cada día más preponderancia, reconociendo sus particularidades que se deben ver reflejadas en los instrumentos de gestión integral del recurso hídrico que se desarrollan en el país.



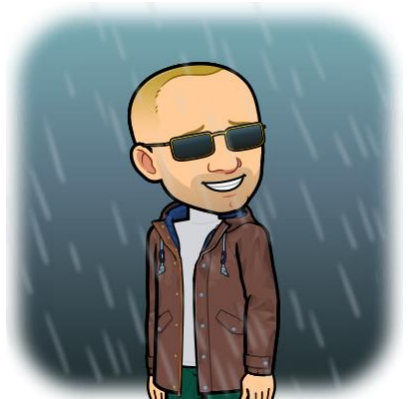
¿De dónde proviene el agua que se almacena en el subsuelo?

PREGUNTA 3

Al ser un componente del Ciclo Hidrológico, la fuente principal del agua que se almacena en los poros y/o fracturas de las rocas, proviene de la lluvia.

En algunos casos, existen reservorios de cuerpos de agua superficial que aportan agua, entre ellos: ríos y lagos.

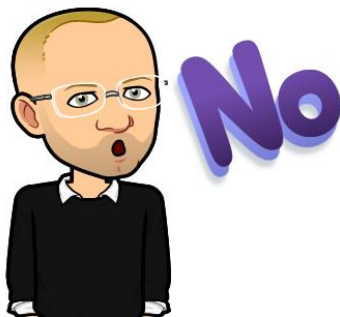
Bajo algunas condiciones geológicas, agua contenida en el suelo, puede aportar a otros niveles más profundos de agua subterránea.



¿Toda el agua de lluvia que cae al suelo, logra almacenarse?

PREGUNTA 4

El almacenamiento dependerá de la cantidad de agua disponible en el suelo y entran en juego varios procesos que hay que tomar en consideración.



Por ejemplo, es necesario conocer:

- ¿Cuánta agua de lluvia ha caído?
- ¿Cuánta ha sido evaporada?
- ¿Cuánta ha sido aprovechada por la vegetación?
- ¿Cuánta del agua que queda se puede infiltrar?

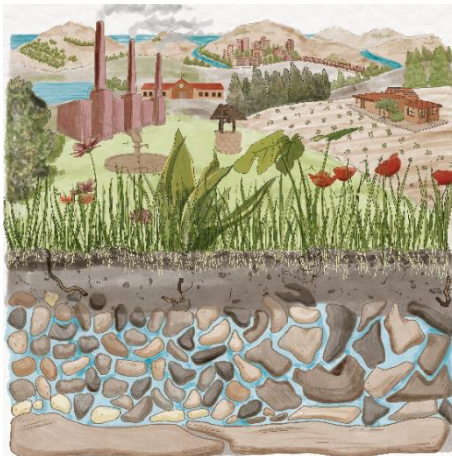
Sin olvidar las características de los tipos de suelo y de la cantidad y distribución de la porosidad y fracturación de las rocas.

¿Cómo viaja el agua en las rocas?

PREGUNTA 5

El viaje del agua subterránea, al estar contenida entre los poros y/o fracturas de las rocas, dependerá precisamente de las condiciones de la porosidad y fracturación.

**Aguas subterráneas:
hagamos visible lo
invisible**



Podríamos decir que hay dos tipos de movimiento del agua en el suelo y rocas:

El primero de ellos es predominantemente vertical por el efecto de la gravedad terrestre, donde el agua en compañía de aire que aún queda en los poros y/o fracturas, delimita lo que se denomina como Zona No Saturada (ZNS).

El segundo tipo de movimiento del agua en el suelo y rocas, se realiza en lo que se conoce como Zona Saturada (ZS), donde todos los poros y/o fracturas están completamente llenos de agua.

En este segundo sector, el agua viaja con cierta pendiente llamada Gradiente Hidráulico. En condiciones simplificadas, el límite entre la zona saturada y la zona no saturada es denominado la tabla del agua, o nivel estático.

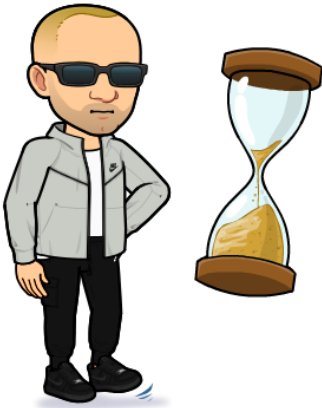
¿Cuánto dura en viajar el agua en el subsuelo?

PREGUNTA 6

El tiempo de viaje del agua subterránea, dependerá precisamente de las condiciones de la porosidad y fracturación y su capacidad para transmitir el agua. Además de otros parámetros propios de cada lugar, como el gradiente hidráulico.

El tiempo del flujo del agua subterránea, desde un lugar a otro, dependerá lógicamente también de la distancia entre ambos puntos.

En general, podemos hablar de flujos de agua subterránea que condicionan la dirección en la que viaja el agua en el suelo y el tiempo que dura, pudiendo ser de días, años o miles de años, conocidos como flujo local, intermedio y regional, los cuales son muy importantes pues permitirán conocer con detalle diversos elementos para el aprovechamiento y protección del agua subterránea.



¿Cómo se determina la dirección de viaje del agua subterránea?

PREGUNTA 7

En las condiciones más sencillas, la dirección de viaje del agua subterránea es determinada por el gradiente hidráulico. Este se obtiene conociendo el límite de la zona saturada con la zona no saturada. Una forma de determinarlo es haciendo uso de la información de pozos existentes en el sitio y con una sonda medir dentro de cada pozo la profundidad a la cual se encuentra ese límite. Es decir ubicar el nivel estático en diversos puntos de la zona de interés.

Si conocemos la ubicación y la elevación del nivel estático en diversos sitios, podemos dibujar un mapa que sería equivalente a un mapa topográfico del agua subterránea y obtener así la dirección de viaje del agua dentro de los poros y/o fracturas de las rocas.



¡Exacto!

¿En cualquier parte del país, el agua subterránea viaja igual de rápido y en el mismo sentido?

PREGUNTA 8



Como he dicho anteriormente, el tiempo y dirección de viaje del agua subterránea depende en primera instancia de las condiciones de porosidad y fracturación en el suelo y las rocas.

Nuestro país es muy complejo geológicamente, eso implica que por el origen de las rocas y los eventos tectónicos, incluida la sismicidad, su porosidad y fracturación es muy heterogénea de un lugar a otro.

Dicho esto; hay que entender que en cada sitio la velocidad y dirección de viaje del agua subterránea puede ser diferente, por eso no podemos generalizar y hay que hacer estudios específicos.

¿Cómo se realizan las evaluaciones de agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 9

Al estar el agua subterránea contenida en los poros y/o fracturas del suelo y rocas, lo primero que hay que evaluar es precisamente el origen, tipos, características, profundidad y distribución de estos.

Como siguiente paso, hay que considerar los elementos del clima y uso del suelo que inciden en la existencia en cantidad y calidad del agua subterránea en un lugar determinado.

Otras técnicas auxiliares empleados generalmente son: evaluación de las formas del terreno, identificación de las zonas fracturadas, inventario y análisis de pozos y manantiales existentes en el sitio, evaluaciones sobre la calidad de fuentes de agua cercanas, proyección de la demanda de agua en función de los usos requeridos y usuarios actuales y futuros.

Esto se realiza con trabajo de campo, revisando sitios donde hay espesores de suelo y rocas, caminando por los cauces de ríos y quebradas, llegando hasta donde están ubicados los manantiales, revisando, procesando y/o analizando la información técnica descrita anteriormente tanto de la geología de la zona, información técnica de pozos, así como de las condiciones climáticas y de calidad del agua.



¿Qué tipo de profesional realiza el estudio, aprovechamiento y protección de agua subterránea en nuestro país?

PREGUNTA 10



Nuevamente hago mención a que el agua subterránea, es aquella que está contenida en los poros y/o fracturas de las rocas. Por tal motivo, los profesionales que se dedican a su estudio, búsqueda, aprovechamiento y protección son en primera instancia los geólogos.

En nuestro país, tenemos geólogos especializados en agua subterránea, se llaman hidrogeólogos. Además otros profesionales tuvieron una formación base diferente como: ingeniería, geografía, agronomía, biología, entre otras y que se han especializado en agua subterránea.

¿Cuándo se inició con el estudio del agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 11

El estudio del agua subterránea en Costa Rica se empezó a desarrollar a partir de 1940. El Ministerio de Salubridad Pública, en colaboración del Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública, inició un programa de perforación de pozos en las zonas rurales. Esa labor permitió conocer, en forma preliminar, las características hidrogeológicas de varias áreas del país y, al mismo tiempo, incorporar los equipos y técnicas de perforación.

En 1967 las Naciones Unidas desarrollaron el proyecto “AQUASUB” en el Valle Central, Guanacaste y Limón. Este programa permitió la preparación de personal nacional en el campo de la hidrogeología mediante becas de especialización en varios países y de capacitación del personal técnico.

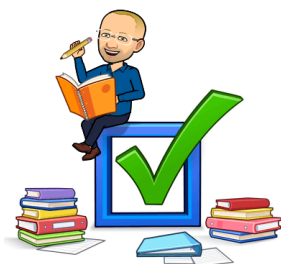
¿DÓNDE?



¿A donde se enseñan las técnicas de estudio del agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 12

El estudio del agua subterránea se enseña en nuestro país, desde el año 1970, en la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica (www.geologia.ucr.ac.cr). Su plan de estudios ha tenido cursos denominados: Aguas Subterráneas I, Aguas Subterráneas II, Hidrogeología, Técnicas de Perforación, y Manejo de Recursos Hídricos.



Desde el año 2007; con la creación del Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas de la Universidad de Costa Rica (www.cicg.ucr.ac.cr), se incrementó la investigación y asesoría estatal en la temática del agua subterránea en nuestro país.

Más recientemente, otras instancias universitarias públicas como la carreta de Manejo de Recursos Hídricos de la Universidad Técnica Nacional (UTN) y el Laboratorio de Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional (UNA) utilizan los estudios sobre agua subterránea como insumos en sus procesos formativos e investigativos.

¿Cuál grado de especialización en aguas subterráneas se puede obtener en Costa Rica?

PREGUNTA 13



Desde el año 1995, la Universidad de Costa Rica ofrece en el Programa de Posgrado Centroamericano en Geología, la Maestría Académica en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos (<http://www.sep.ucr.ac.cr/ppg-inicio.html>).

Se ofrece formación en temas como:

- Sistemas naturales de agua superficial y subterránea, y su interrelación en el ciclo hidrológico.
- Aplicación de isótopos ambientales en el estudio de sistemas naturales de aguas subterráneas y superficiales
- Flujo de aguas subterráneas en materiales porosos y fracturados.
- Modelado analítico y numérico del agua subterránea.
- Métodos geofísicos para la evaluación del agua subterránea.
- Gestión del recurso hídrico, enfocado al agua subterránea.
- Legislación de aguas.

¿Toda el agua subterránea tiene la misma calidad?

PREGUNTA 14



No, al estar el agua subterránea contenida en los poros y/o fracturas del suelo y rocas, su calidad natural va a depender precisamente de las características químicas de esos suelos y rocas. Por ejemplo: si las rocas son típicamente carbonatadas como las calizas, o si son rocas de origen volcánico como las lavas, es muy probable que su calidad natural sea diferente.

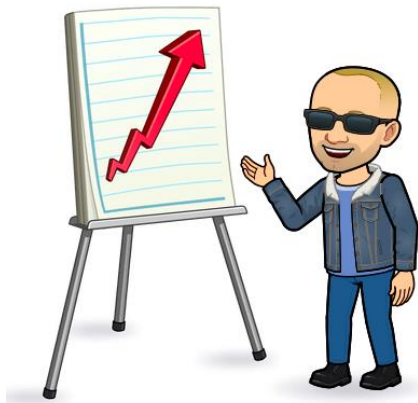
Las características del agua de recarga, que es predominantemente el agua de lluvia, también puede incidir en su calidad, por ejemplo: si estamos en la zona costera, podríamos tener de forma natural enriquecimiento de algunos elementos en el agua, si la comparamos con el agua de la zona montañosa.

Es importante indicar que gracias a que el agua subterránea está contenida en los poros y/o fracturas del suelo y de las rocas, presenta algún grado de protección natural, que permite mantener su calidad de agua mucho mejor que la de la mayoría de los ríos, al menos en Costa Rica.

¿En que se aprovecha el agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 15

Debido al grado de protección natural que tiene el agua subterránea, al estar contenida entre los poros y/o fracturas del suelo y de las rocas, su calidad generalmente es excelente y eso explica los usos que se le da.



Los usos o aprovechamiento del agua subterránea en nuestro país se realizan a partir de la captación de pozos y manantiales para el abastecimiento poblacional, riego de cultivos, abrevadero de ganado y usos industriales, comerciales y turísticos.

El registro histórico de aprovechamiento de agua subterránea en pozos oficialmente registrados, es creciente y sobrepasa los 400 millones de metros cúbicos al año.

¿Existe alguna institución del estado que regule el agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 16



En nuestro país, el agua subterránea al igual que cualquier manifestación de agua superficial, es un bien del Estado, eso implica que es agua de Dominio Público y por tanto; es el Estado el encargado de su regulación, incluyendo: evaluación, protección, asignación para diversos usos, control, gestión y calidad.

Específicamente en Costa Rica, existe la Dirección de Agua (www.da.go.cr), que es una dependencia del Ministerio de Ambiente y Energía, siendo éste el Rector del Recurso Hídrico Nacional.

Existen otras instituciones que tienen funciones asociadas al agua subterránea, por ejemplo; la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (www.senara.or.cr), enfocada a: la investigación, protección y fomento del agua subterránea a nivel nacional.

¿Existe alguna ley sobre el agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 17

No existe una ley sobre el agua subterránea en nuestro país.



Sin embargo; en los últimos años la Sala Constitucional, resolviendo recursos de amparo que son de aplicación general y tienen fuerza de ley, ha establecido normas específicas sobre el agua subterránea.

Así; el voto 2009-00262, la Sala analiza la protección constitucional del agua subterránea, elevando los conceptos técnicos hidrogeológicos al campo jurídico y se regulan otras temáticas como: El Agua Subterránea y derechos fundamentales, Naturaleza Jurídica del Agua Subterránea como Bien de Dominio Público, Contaminación y Protección del Agua Subterránea, Protección Jurídica y Principio Precautorio en el Agua Subterránea de Costa Rica, Acuíferos, conceptos y tipología en Costa Rica, Delimitación de competencias de los Entes y Órganos administrativos responsables del Agua Subterráneas. Coordinación institucional en materia de Agua Subterránea.

¿Cuál es la importancia del agua subterránea para Costa Rica?

PREGUNTA 18

El Agua Subterránea es un recurso estratégico para Costa Rica. Veamos dos ejemplos:

- El 80 % de la población nacional que se abastece de agua de calidad potable, bebe agua subterránea captada de pozos y manantiales.
- Diversas actividades productivas, tanto desde el punto de vista turístico, industrial, alimentario, requieren agua suficiente y de una calidad que solo el agua subterránea les puede brindar.

Es por ello; que el agua subterránea cada día, reviste más importancia como motor de desarrollo económico y social, sin dejar de lado su vinculación con el ecosistema aportando agua a otros cuerpos como los humedales, ríos, lagos, e incluso a otros acuíferos.

¡GENIAL!



¿Qué es un acuífero?

PREGUNTA 19



Un acuífero es el reservorio del agua subterránea. Al ser el agua subterránea aquella que está entre los poros y/o fracturas de las rocas, obviamente el acuífero es una estructura rocosa.

Esta estructura rocosa debe estar saturada, permitir la circulación del agua por sus poros y/o fracturas y a partir de donde el ser humano la pueda aprovechar por medio de pozos y/o manantiales en cantidades económicamente apreciables para satisfacer sus necesidades.

¿Existe diferencia entre acuífero y manto acuífero?

PREGUNTA 20

El manto acuífero, hace referencia a acuíferos homogéneos y de grandes dimensiones.

Situación que no es muy frecuente en nuestro país debido a la complejidad tectónica y geológica de los reservorios de agua subterránea, por tal motivo; lo más apropiado es llamarlos acuíferos.

¡Muy cierto!



¿Cuales tipos de acuíferos existen en Costa Rica?

PREGUNTA 21

Existen diferentes tipos de acuíferos, según el sistema de clasificación, algunos de ellos son en función de:

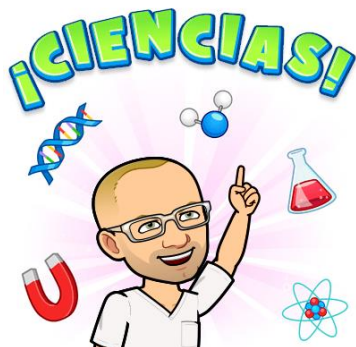
- Condición hidráulica (acuífero libre, confinado, semiconfinado)
- Roca que alberga al agua (acuífero volcánico, granular, kárstico)
- Porosidad o fracturación por el cual viaja y se almacena el agua subterránea (acuífero en medio poroso o fracturado)
- Ubicación geográfica (acuífero continental, costero, transfronterizo)
- Edad (acuífero fósil o acuífero reciente)
- Tipo de recarga (acuífero con recarga directa, lateral)
- Profundidad del nivel del agua (colgado, acuífero somero, profundo)

¡GENIAL!



¿Cómo se estudian los acuíferos?

PREGUNTA 22



Al ser los acuíferos estructuras geológicas saturadas de agua entre sus poros y fracturas, es necesario utilizar diversas técnicas y ramas de las geociencias para su estudio, solo por citar tres de ellas:

Cartografiado del tipo de rocas, a partir de técnicas geoespaciales y con trabajo de campo para saber la extensión, espesor, profundidad del reservorio.

A partir de la identificación y origen de las rocas que se realiza analizando muestras tomadas en el campo y analizadas en laboratorio, se puede estimar el grado de porosidad y/o fracturación de las mismas e incluso procesos que podrían incidir no solo en la cantidad sino en la calidad del agua del reservorio.

Cuando estos acuíferos están a profundidad, es necesario caracterizarlos a partir de técnicas indirectas utilizando por ejemplo la facilidad de las rocas al paso de la corriente eléctrica que se inyecta desde superficie, a la respuesta magnética, o por medio de perforaciones para obtener muestras de roca y de agua.

¿Cuántos acuíferos hay en el país?

PREGUNTA 23

A pesar de que en prácticamente todo el país se extrae agua subterránea para diversos usos productivos, ese es un dato que se desconoce.

No existe un inventario de los acuíferos de Costa Rica, solo estudios puntuales, realizados en diferentes épocas, con escalas diferentes y diversos objetivos que no permite integrarlos en un solo mapa.



MAL

¿Existe un mapa con la ubicación de todos los acuíferos del país?

PREGUNTA 24

Al no existir un inventario de los acuíferos de nuestro país, no puede existir tampoco un mapa con la ubicación de ellos.

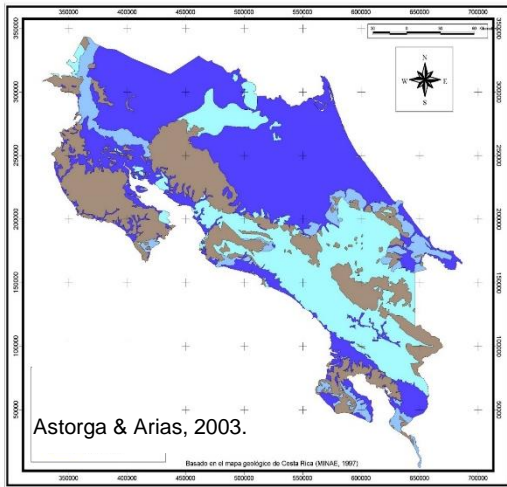
INCREÍBLE



¿Si no hay un mapa de acuíferos, cómo se sabe el potencial del agua subterránea?

PREGUNTA 25

El potencial de agua subterránea de Costa Rica, se conoce de manera indirecta, utilizando el mapa de geoaptitud hidrogeológica que se publicó en el año 2003.



Este mapa, a partir de la condición hidráulica, tipo de roca, grado de fracturación y/o porosidad, origen, así como la extracción del agua por pozos y manantiales, realiza una clasificación en sectores de alto, medio, bajo y sin potencial de agua subterránea.



¿Cómo se determina la cantidad de agua subterránea que hay en el país?

PREGUNTA 26

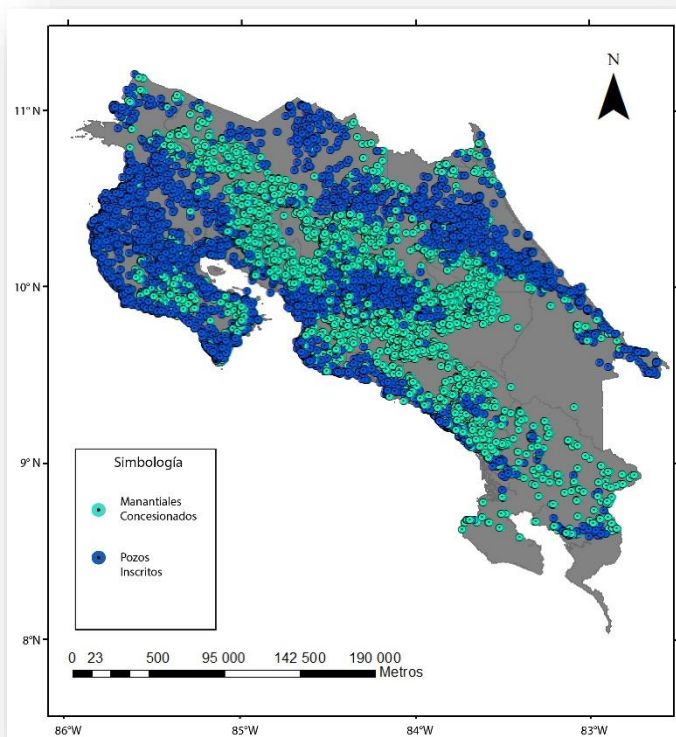
La cantidad de agua subterránea, se determina a partir de los estudios denominados Balance Hídrico. En términos muy generales, se puede decir que a nivel nacional cerca del 20% del agua de lluvia se recarga en los acuíferos.



Los estudios más específicos denominados Balance Hídrico de Suelos, se realizan en cada acuífero o parte de él, conociendo características locales del clima (precipitación y temperatura, brillo solar), así como propiedades físicas del suelo y de los tipos de usos. Con este tipo de estudio, además de determinar el porcentaje de agua que logra infiltrarse y convertirse en agua subterránea, se puede identificar cuáles son las zonas donde ocurre la mayor infiltración del agua.

¿Cómo se aprovecha el agua de los acuíferos de Costa Rica?

PREGUNTA 27



El agua de los acuíferos (reservorios de agua subterránea) de nuestro país, se aprovecha por medio de los pozos que son estructuras creadas por el ser humano para la extracción del agua subterránea, o por medio de los manantiales que de forma natural hacen brotar el agua subterránea en superficie.

Mapa de pozos y manantiales oficialmente registrados a inicios del año 2019.

¿Cómo se deben proteger los acuíferos?

PREGUNTA 28

La protección de los acuíferos, pasa por la regulación de las actividades humanas que se realizan sobre ellos. Es necesario determinar las zonas de recarga de agua subterránea, así como las zonas de descarga de los acuíferos, para diferenciar el tipo de regulaciones que se le debe dar al uso de la tierra, pues el agua de los acuíferos suele ser impactada por estas actividades de uso.

Es requerido conocer el grado de vulnerabilidad hidrogeológica del acuífero: es decir su grado de protección natural, considerando diversos componentes propios del acuífero como el tipo, la profundidad del agua, el grado de fracturación y/o porosidad.

Es necesario realizar un inventariado de las fuentes potenciales de contaminación al acuífero, es decir la amenaza pasada, presente y futura a la cual se expone el agua subterránea.

Con ambos componentes (vulnerabilidad y amenaza), se requiere determinar el riesgo de contaminación del agua subterránea.

La protección de los acuíferos debe ser un tema fundamental en las Políticas Públicas del Estado costarricense.



¿Por qué en todo Costa Rica, se utiliza una misma matriz de vulnerabilidad para la protección de acuíferos?

PREGUNTA 29

La Matriz de Vulnerabilidad es un instrumento técnico que regula (no prohíbe) las actividades productivas (agrícola, industrial, urbanística) en función del grado de vulnerabilidad hidrogeológica de un acuífero.

Es válida para todo el país, pues estas regulaciones generales se basan en el grado de vulnerabilidad determinado para cada localidad a partir de un estudio técnico hidrogeológico realizado con ese objetivo.

Esta Matriz de Vulnerabilidad es un instrumento regulatorio requerido para la evaluación de la componente ambiental de los planes reguladores a nivel cantonal de Costa Rica.



¿Qué es un manantial?

PREGUNTA 30

Un manantial es la salida o descarga natural del agua subterránea proveniente de un acuífero.



Manantial Los Chorros, Tacares de Grecia, 2014.

¿Es lo mismo manantial que naciente?

PREGUNTA 31

Si, el manantial es conocido también como naciente.

El agua que nace precisamente en estos manantiales, es la que da origen a los ríos, y puede alimentar a los lagos y otros cuerpos de agua superficial.



Manantial Las Lucas, Guatuso, 2018.

¿A qué se refieren cuando hablan de ojos de agua?

PREGUNTA 32

Los ojos de agua, es otra manera que se utiliza para nombrar a los manantiales o nacientes. Otros nombres utilizados pueden ser fuente, brote o lloradero.



Manantial Ojo de Agua, Sámara, 2007.

¿Los manantiales son fuentes de agua superficial o subterránea?

PREGUNTA 33

El agua que brota por el manantial, es agua subterránea que llega a la superficie. Por lo tanto; para establecer acciones de protección, regulación y aprovechamiento es necesario realizar la evaluación del agua subterránea y de ese reservorio que almacena dicha agua.

La captación y distribución del agua del manantial, una vez que sale de los poros y/o fracturas de las rocas, ya se trata como agua superficial.

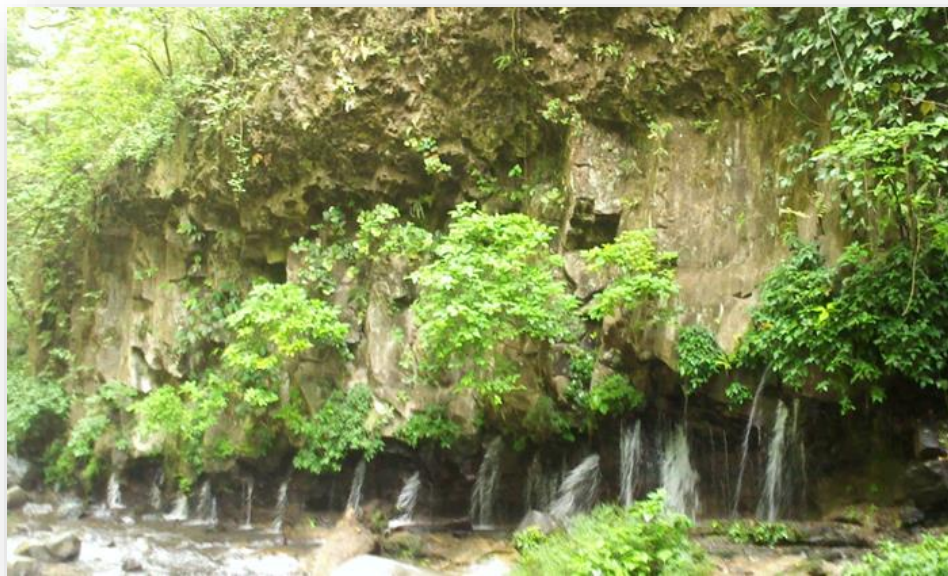


Manantial Los Chorros, Upala, 2018.

¿Cuál es la diferencia entre un manantial permanente y uno intermitente?

PREGUNTA 34

La temporalidad del manantial, tiene que ver con el lapso en el cual el agua aflora en el sitio. Si el manantial mantiene caudal a lo largo de todo el año, se considera un manantial permanente. Por el contrario; si solamente aflora agua en algunos meses del año se considera intermitente.



Manantial Los Chorros, Tacaes de Grecia, 2014.

¿En qué se diferencia un manantial de fondo de uno de ladera?

PREGUNTA 35

En los manantiales de ladera, el agua aflora hacia la superficie por efecto de la gravedad.

Manantial de Ladera: F2, Tacaes de Grecia, 2013.



En los manantiales de fondo, el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie por efecto del confinamiento del acuífero, que está a una presión mayor a la atmosférica.

Manantial de Fondo, Nueva Cinchona, 2011.



¿Cómo puedo saber si el manantial es de tipo concentrado o difuso?

PREGUNTA 36

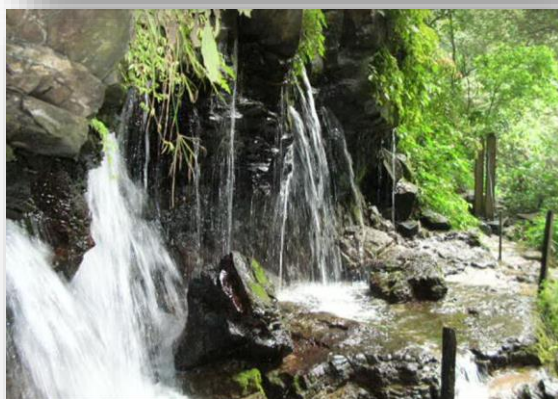
Si la salida del agua es en un solo punto y sobre un área pequeña, se considera un manantial concentrado.

Manantial Concentrado, Grecia, 2009.



Cuando el agua del manantial sale por varios puntos en un área mayor, es considerado de tipo difuso.

Manantial de Difuso Grecia, 2014.



¿Cómo se mide la cantidad de agua subterránea que sale de un manantial?

PREGUNTA 37

La cantidad de agua subterránea que sale de un manantial, se obtiene por medio de un aforo. El tipo aforo más sencillo es denominado volumétrico.

Un aforo volumétrico es un procedimiento en el cual, se mide el tiempo que el agua de un manantial llena un recipiente de volumen conocido. A partir de la relación entre estos parámetros, se puede obtener el caudal (cantidad de agua) que produce el manantial.



Aforo de la Naciente La Poma, 2018.

¿Se pueden clasificar los manantiales en función de la cantidad de agua que brindan?

PREGUNTA 38

¡SÍ!

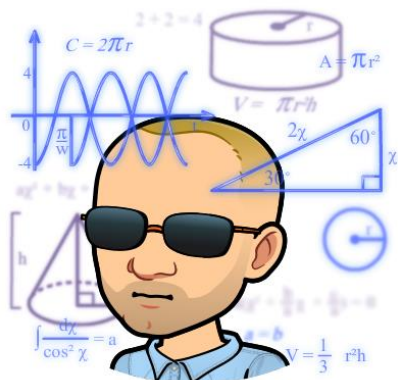


La clasificación según la cantidad de agua que descarga el manantial, fue propuesta por Meinzer en 1923 y está constituida por ocho grupos, según el siguiente cuadro que ha sido modificado para expresar todo en l/s.

Grupo	Caudal en l/s
Primero	Mayor a 2800
Segundo	Entre 280 y 2800
Tercero	Entre 28 y 280
Cuarto	Entre 6,6 y 28
Quinto	Entre 0,66 y 6,6
Sexto	Entre 0,06 y 0,66
Séptimo	Entre 0,0083 y 0,06
Octavo	Menor a 0,0083

¿Por qué es importante medir periódicamente el caudal del manantial?

PREGUNTA 39



El conocimiento de la variación del caudal que produce un manantial, es de suma importancia en los estudios hidrogeológicos y para la administración misma del ente operador que capta el agua de ese manantial.

La fluctuación del caudal de un manantial depende de la cantidad de recarga por lluvia, la geometría de la zona de recarga y de los parámetros propios del acuífero (tipo de suelo, velocidad de infiltración del agua, tipo de acuífero entre otros), además del efecto de descarga artificial (pozos) y de la impermeabilización y/o deforestación en las zonas de recarga.

¿El tipo de roca por donde viaja y brota el agua influye en la clasificación del manantial?

PREGUNTA 40

La clasificación del manantial en función del tipo de roca en que afloran, fue propuesta por Tolman en 1937, es meramente geológica y contempla los tres grandes tipos de rocas:



¡Exacto!

- Manantiales que brotan en rocas sedimentarias: areniscas, calizas, aluviones, entre otras.
- Manantiales que brotan en rocas plutónicas: para Costa Rica corresponderían principalmente a lavas producto de emisiones de los volcanes.
- Manantiales que brotan en rocas metamórficas: poco frecuentes en nuestro país, a excepción de algunas cornubianitas que generalmente son malas productoras de agua.

¿La forma en que viaja el agua subterránea en el subsuelo influye en la clasificación del manantial?

PREGUNTA 41



Como el manantial es la descarga natural del agua subterránea que se almacena y viaja en el acuífero, una manera de clasificarlo es en función de cómo se moviliza dentro de los poros y/o fracturas de las rocas.

En los manantiales de medios porosos, el agua subterránea viaja preferencialmente entre los espacios vacíos e interconectados de las rocas porosas (sedimentarias y volcánicas tipo piroclastos como las tobas).

En los manantiales de medios fracturados, el agua viaja preferencialmente entre las fracturas, independientemente del origen de estas, ya sea de enfriamiento (por ejemplo en rocas tipo ignimbritas), por diaclasamiento debido a esfuerzos tectónicos (por ejemplo en rocas tipo lavas) o por disolución (por ejemplo en rocas calcareas).

¿Por qué sale el agua en el manantial y no en otro punto del terreno?

PREGUNTA 42

**DÓNDE
ESTAS**



El agua subterránea, que viaja entre los poros y fracturas de las rocas, tiene una dirección preferencial, en función de la conectividad que pueda existir entre esos poros o entre las fracturas de las rocas. Este es el motivo que explica por qué el agua brota en un lugar y no necesariamente a la par.

Esto es denominado como Dirección de Flujo del Agua Subterránea, principio que es muy importante pues ayuda por ejemplo a delimitar las zonas de protección y determinar cuáles son los mejores lugares para el aprovechamiento del agua subterránea.

¿Donde están ubicados los manantiales en Costa Rica?

PREGUNTA 43



Los manantiales en Costa Rica están prácticamente por todos lados, solo se requiere que el flujo del agua subterránea se vea interrumpido, ya sea por cambios topográficos o por cambios en los tipos de fracturación o porosidad de las rocas, para que el agua pueda surgir de forma natural a la superficie.

¿Por qué para llegar al manantial, hay que caminar generalmente por medio de la montaña varias horas?

PREGUNTA 44

Costa Rica está constituida principalmente por rocas volcánicas y/o sedimentarias relativamente jóvenes en las cuales se puede almacenar agua en sus poros y fracturas, por eso es que la podemos encontrar en casi todas partes.

Sin embargo; en las partes alta y media de las montañas, donde hay predominancia de áreas reforestadas, cambios en la topografía, cambios en los tipos de rocas, en su porosidad y fracturamiento, encontramos la salida natural del agua subterránea en forma de manantiales, que son captados para el aprovechamiento poblacional.



Por eso; es necesario caminar montaña arriba para llegar hasta el manantial, trayecto que puede tomar varias horas.

¿Hay manantiales que descargan en el mar?

PREGUNTA 45

Sí; algunos manantiales, especialmente los difusos, pueden descargar en el mar. Es muy común observar en la playa cuando la marea está baja, que la arena está húmeda y drenando agua hacia el mar, en muchas ocasiones lo que estamos viendo es precisamente la descarga de agua subterránea dulce procedente del acuífero, que brota como manantial a lo largo de la línea de costa.



Manantial de ladera, difuso, permanente y temporalmente cubierto bajo el nivel del mar en Playa Grande, 2007.

¿Los manantiales pueden “alimentar” a los ríos?

PREGUNTA 46



Si, en este caso cuando los manantiales aportan agua a los ríos, estos ríos se denominan Efluentes.

¿Posiblemente muchas veces usted ha escuchado hablar de que pese a que no está lloviendo, algunos ríos tienen agua?. Esto es debido precisamente a que el acuífero (reservorio de agua subterránea) está alimentando por medio de manantiales, pueden ser de ladera o de fondo, el caudal o cantidad de agua del río.

Este efecto o aporte de agua, es gracias a lo que se denomina comunicación hidráulica entre el río y el acuífero.

¿Los ríos pueden “alimentar” a los manantiales?

PREGUNTA 47

Si, en este caso cuando son los ríos quienes alimentan a los acuíferos, se denominan ríos Influentes. Es importante indicar, que si el río está contaminado, esa agua podría salir también contaminada por los pozos y manantiales que estén en comunicación con el río.

De igual manera, si hay alguna actividad extractiva en el cauce del río que esté captando un caudal importante de agua, podría tener efecto en la disminución de la cantidad de agua que sale por los pozos y manantiales.

Este efecto o aporte de agua, es gracias a lo que se denomina comunicación hidráulica entre el río y el acuífero.



De acuerdo.

¿Un río subterráneo es lo mismo que un manantial?

PREGUNTA 48



¡EXCELENTE!

Los ríos subterráneos, solo ocurren en ambientes geológicos específicos, muy fracturados donde el agua actúa disolviendo la roca y por eso se fuga en profundidad.

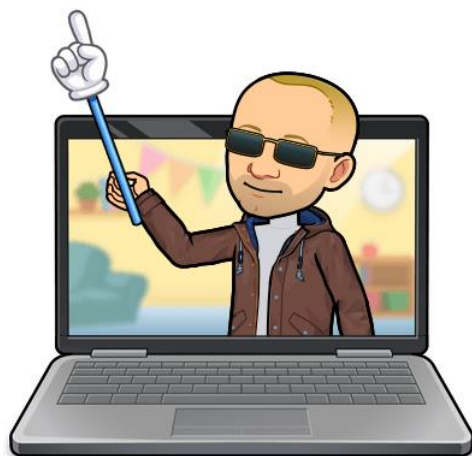
Típicamente en ambientes calcáreos, por ejemplo en las zonas donde hay cavernas y se extrae material para hacer cal y cemento, se puede dar este tipo de ríos subterráneos.

Puede ocurrir que tengamos tramos del río donde el agua viaja en superficie, otros donde el agua viaja en profundidad (por el tipo de roca calcárea o fracturas) y vuelva en otro sector, agua abajo, a salir en superficie. Por definición, este último tramo donde el agua sale a superficie sí sería un manantial.

¿Por qué existen manantiales calientes?

PREGUNTA 49

Los manantiales calientes, responden a estructuras geológicas que le permiten aumentar su temperatura, muchas veces asociados a fallas geológicas o a zonas volcánicas.



La mayoría del agua de estos manantiales termales o calientes, generalmente presentan una composición química diferente al agua de ríos o de lluvia, en estos casos; el agua ha sido enriquecida de minerales que ha obtenido de las rocas por donde ha estado transitando a lo largo del tiempo.

¿Las aguas termales son parte de las aguas subterráneas?

PREGUNTA 50

Si, las aguas termales son aguas subterráneas, que por su tránsito entre los poros o fracturas de las rocas, se han enriquecido de minerales y aumentado su temperatura, por diversos procesos geológicos.

Claro que sí.



El artículo 4 del Código de Minería (N. 6797) establece: que: “*...las fuentes termales, ... las fuentes y aguas minerales y las aguas subterráneas y superficiales, se reservan para el Estado y sólo podrán ser explotados por éste, por particulares de acuerdo con la ley, o mediante una concesión especial otorgada por tiempo limitado y con arreglo a las condiciones y estipulaciones...*”

¿Las aguas termales que brotan de manantiales se pueden utilizar para abastecimiento poblacional?

PREGUNTA 51



No

Las aguas termales no pueden utilizarse para abastecimiento poblacional debido precisamente a la temperatura. Uno de los parámetros utilizados para determinar la potabilidad del agua para consumo humano es este parámetro y el Reglamento de Calidad de Agua Potable de Costa Rica (N. 38924-S) establece que el rango permisible de temperatura debe estar entre 18 y 30 grados Celsius.

Por su parte; las agua termales, las podemos clasificar en función de su temperatura, en las siguientes categorías.

- Aguas frías (menos de 20 °C)
- Aguas hipotermas (20-35 °C)
- Aguas mesotermas (35-45 °C)
- Aguas hipertermas (45-100 °C)
- Aguas supertermas (mayor a 100 °C)

¿El agua del manantial la puedo beber sin riesgo a enfermarme?

PREGUNTA 52



Si bien; el agua subterránea que es aprovechada por medio de pozos y manantiales para el abastecimiento poblacional, tiene una calidad natural mayor que el agua de los ríos de nuestro país, no debe ser ingerida sin previo tratamiento.

Este tratamiento, en el mejor de los casos es la desinfección con cloro, para que el agua sea potable y evitar así cualquier riesgo a la salud de las personas.

¿Cuáles instituciones aprovechan el agua de los manantiales para abastecimiento de la población?

PREGUNTA 53

Los entes prestatarios que brindan el servicio público de abastecimiento poblacional en Costa Rica, y que en un alto porcentaje utilizan agua subterránea extraída de pozos o manantiales son:



- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)
- Alrededor de 1420 Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes (ASADAS)
- 29 Municipalidades
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.)

¿Si yo tengo una propiedad y en ella hay un manantial, esa agua es mía?

PREGUNTA 54

Bajo la legislación actual, el agua del manantial que está en su propiedad privada, es de todos los costarricenses. En Costa Rica, el agua en general es un Bien Demanial, es decir un bien de Dominio Público, o del Estado.



En 1982, con el Código de Minería, (N.6797) se produjo una publicación y nacionalización de todas las aguas subterráneas del país.

Posteriormente, en 1995 con la Ley Orgánica del Ambiente (N. 7554), se reforzó esa declaratoria de demanialidad y preceptuó que; *"El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social"*.

¿Puedo aprovechar toda el agua de un manantial que está en mi propiedad?

PREGUNTA 55

Recordemos que; el agua subterránea que estaría aprovechando por medio del manantial que se ubica en su propiedad es un bien de Dominio Público y por tanto; es el Estado el que debe regular su uso, protección y aprovechamiento.

Usted lo que si puede hacer es solicitar al Estado un permiso de aprovechamiento del agua que sale del manantial que se ubica en su propiedad.



¿Cuales trámites debo realizar para solicitar el permiso de aprovechamiento o uso del agua del manantial?

PREGUNTA 56

Este permiso de aprovechamiento, denominado concesión de aprovechamiento de agua, debe solicitarlo ante la Dirección de Agua del MINAE (www.da.go.cr), por medio de un formulario en el cual le solicitarán datos personales, localización del sitio, usos que se le dará al agua, caudal solicitado y adjuntar la siguiente información: certificación de la propiedad del terreno, certificación de personería jurídica, plano catastrado, viabilidad ambiental de SETENA.

Recuerde que como es una solicitud de uso para el aprovechamiento del agua, si se llega a aprobar, deberá pagar el canon respectivo, en función del caudal, uso y del tipo de fuente (superficial o subterránea), tal y como lo establece el Reglamento de Canon de Aprovechamiento (N. 32868 - MINAE).



¿De qué se debe proteger un manantial?

PREGUNTA 57

El manantial, al ser la salida natural del agua subterránea, debe protegerse de tal manera que; se asegure mantener la calidad y cantidad del agua que brota de él.

Por tal motivo, es necesario conocer las características del acuífero que almacena y facilita el flujo del agua dentro de los poros y/o fracturas de las rocas, para poder establecer regulaciones al uso del suelo en las inmediaciones aguas arriba del manantial, pues diversas actividades desarrolladas por el ser humano podrían impactar negativamente la calidad o cantidad del agua.

¡Me apunto!



¿Cuáles elementos de protección debe tener la estructura de captación del manantial?

PREGUNTA 58

La estructura de captación, es una obra ingenieril que se realiza con el objetivo de atraer, retener, conducir el agua que brota del manantial, y a su vez darle protección inmediata.

Una buena estructura de captación debería tener al menos: una malla de protección perimetral que limita el acceso gracias al candado, rotulación preventiva y de vigilancia de la infraestructura, debe estar limpia de basura. Así mismo debe ser construida de cemento, estar pintada, no presentar fugas, las tapas de acceso deben contar con candado, se debe respetar el caudal ecológico y tener desviación de aguas pluviales.



Captación en buenas condiciones de una naciente en San Ramón, 2019.

¿Cuáles son las zonas de protección arbitrarias de manantiales que se aplican en Costa Rica?

PREGUNTA 59

Las zonas de protección arbitraria, son aquellas que han sido definidas en la legislación, a partir de una distancia o radio fijo, sin considerar las particularidades de los manantiales.

Entre ellas está el artículo 31 de la Ley de Aguas (N. 269) que establece una *“reserva de dominio a favor de la Nación” a las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potables, en un perímetro no menor de doscientos metros de radio.* También está el inciso a) y d) del artículo 33 de la Ley Forestal (N. 7555), respectivamente, dispone que son áreas de protección forestal las *“...que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal” y “las áreas de recarga de los acuíferos y de los manantiales”.*

Este tipo de zonas de protección arbitraria deben utilizarse como una primera aproximación ante eventos de contaminación evidente, con el objetivo de regular el uso del suelo. Sin embargo; no son efectivas para preservar ni la calidad ni la cantidad del agua a largo plazo, precisamente por ser de uso generalizado y no tomar en consideración las particularidades del manantial y más bien la experiencia ha demostrado que son generadoras de conflictos por el uso de la tierra.



¿Cuáles son las zonas de protección técnicas de manantiales que se deberían aplicar en Costa Rica?

PREGUNTA 60

Estas zonas técnicas son los Perímetros de Protección o denominados también Tubos de Flujo, mismos que se determinan a partir de las características propias de cada manantial, y del acuífero que lo contiene. Para ello es necesario un estudio específico para cada manantial, lo cual incide en el costo y tiempo requerido para establecerlo.

El voto 2004-01923, de la Sala Constitucional indica que los perímetros de protección se utilizan como instrumentos ya sea técnicos o legales y que deben regular el uso del suelo de manera precautoria para evitar la contaminación del agua subterránea.

Tienes un punto.



¿Cómo se determina el tubo de flujo del manantial?

PREGUNTA 61

El tubo de flujo del manantial, es una forma de delimitar técnicamente la zona de protección a partir de varios parámetros del acuífero y características del manantial.

Para ello se delimita la extensión en superficie de sector que abastece de agua a ese manantial, requiriéndose las características del acuífero (confinado, no confinado, granular, fracturado), datos de porosidad, permeabilidad, de profundidad del nivel del agua subterránea, del gradiente hidráulico, de la dirección de flujo del agua subterránea aguas arriba del manantial, caudal del manantial.



El problema, es que no siempre toda esa información está disponible y generarla puede ser muy costoso e incluso inviable técnicamente obtener algunos de esos parámetros requeridos para ciertos tipos de acuíferos.

¿Cuánto cuesta un estudio para determinar el tubo de flujo del manantial?

PREGUNTA 62



Quizá esta es la pregunta que más veces me han hecho a lo largo de los años, y sin lugar a dudas es la más difícil de responder, pues depende de varios factores.

Algunos de ellos están relacionados con la ubicación geográfica, pues eso incide en los costos de traslados y hospedaje de los investigadores. Otros están enfocados a la disponibilidad de información para poder determinar el estudio técnico, lo cual influye sustancialmente. También hay que considerar la cantidad de estudios de tubos de flujo a realizar.

En nuestro país, diversos colegas agremiados en el Colegio de Geólogos y Geólogas de Costa Rica (www.geologos.or.cr) pueden ayudarle y brindarle una cotización por este tipo de trabajos profesionales.

¿Están delimitadas las zonas de protección de todos nuestros manantiales?

PREGUNTA 63

Creo que no



No están delimitadas las zonas de protección de nuestros manantiales, esto por diversos motivos, el primero de ellos es que no existe un inventario completo de los manantiales del país.

Aquellos manantiales que están registrados en las bases de datos de las instituciones estatales, ni siquiera tienen delimitados esos radios fijos establecidos de forma arbitraria en la legislación nacional. Solo existen algunos estudios para los planes reguladores cantonales donde, se han demarcado algunas zonas de protección y otros pocos en los cuales se ha delimitado el tubo de flujo o perímetro de protección desde el punto de vista técnico.

Desde la Universidad de Costa Rica, en el periodo 2014-2018, se realizaron los estudios técnicos para delimitar las zonas de protección de 215 manantiales que han sido solicitados y financiados por diversas instituciones estatales, para ello se utilizó diversas metodologías hidrogeológicas (analítica, isócronas, hidrogeomorfológica, arbitraria según la legislación nacional) en función de las características del medio (poroso o fracturado) y de la información disponible.

¿Quién es el responsable de delimitar las zonas de protección de los manantiales?

PREGUNTA 64

El Estado costarricense, como garante de los Recursos Naturales, es el encargado de realizar la delimitación de las zonas de protección de manantiales.

ASÍ ES



¿Cómo hacen las ASADAS pequeñas para financiar los estudios de protección de manantiales?

PREGUNTA 65

Algunas ASADAS (Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes) han contado con ayuda económica de diversos entes financieros a partir de proyectos específicos, por ejemplo el Programa de Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la Agencia Francesa de Cooperación, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, o por medio de recursos provenientes propiamente del Estado por medio de la reinversión de los fondos captados por los cánones de Aprovechamiento y Vertidos. Otras, han realizado actividades comunales de diverso índole para la recaudación de los recursos económicos requeridos para este tipo de estudios.

Desde el año 2018, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) publicó una metodología denominada Tarifa de Protección del Recurso Hídrico que es una opción para que las ASADAS puedan optar por recursos para este tipo de estudios. Precisamente este año 2022, se aprobó el estudio tarifario para la primera ASADA.



¿Es lo mismo pozo que manantial?

PREGUNTA 66

No, el manantial es la salida natural del agua subterránea, mientras que un pozo es una infraestructura creada por el ser humano para extraer el agua subterránea.



Manantial: salida natural del agua subterránea, en este caso entre las fracturas de la roca. Colada de Lava Cebadilla, 2007.



Pozo: infraestructura creada para extraer el agua subterránea, en este caso es un pozos perforado. Los Chiles, 2019.

¿Cuáles son los principales tipos de pozos de agua que hay en Costa Rica?

PREGUNTA 67



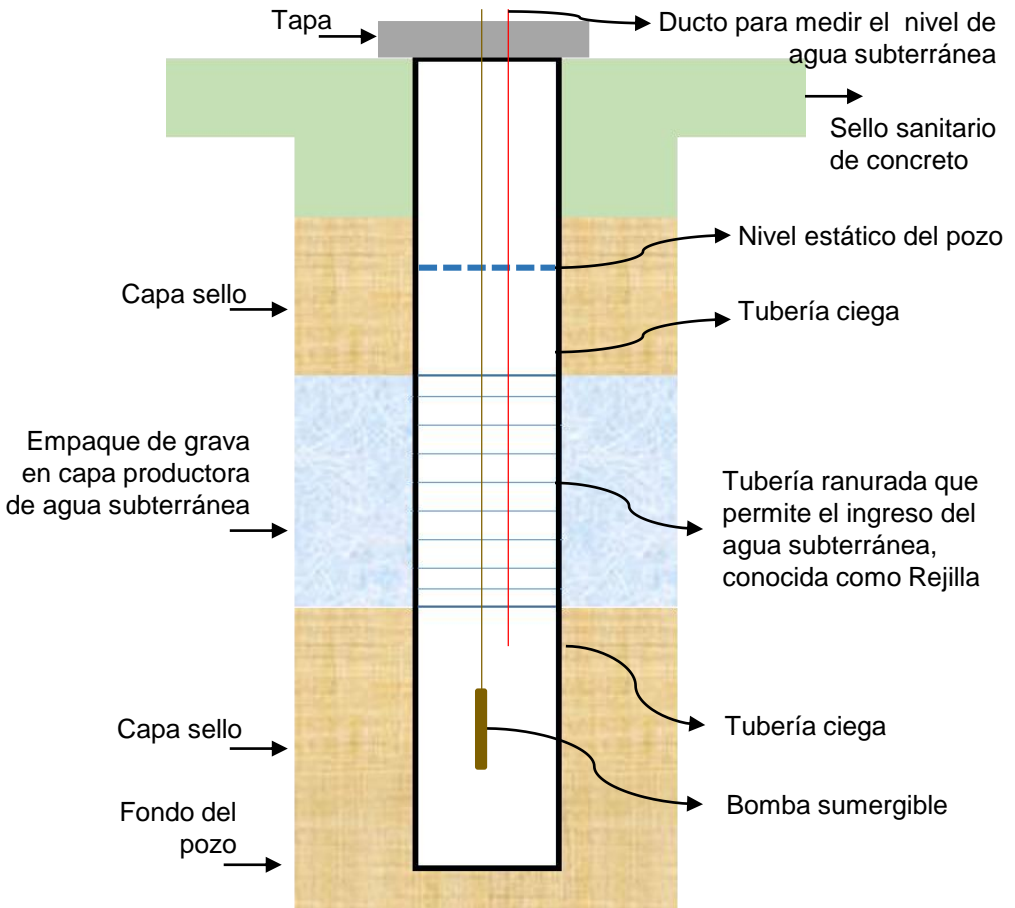
Los Pozos Excavados o Artesanales: son realizados con pico y pala, se caracterizan por que son de gran diámetro, presentan una profundidad del orden de los 30 m o menor, no siempre presentan una bomba eléctrica para extraer el agua subterránea.



Los Pozos Perforados: son estructuras de ingeniería geológica, realizadas con una maquinaria especializada para estas labores. Su diámetro es variable, al igual que su profundidad y requiere de una bomba mecánica para extraer el agua subterránea hasta la superficie.

¿Cuál es la estructura básica o partes de un pozo perforado?

PREGUNTA 68



¿Cuáles son las profundidades máximas de los pozos para abastecimiento poblacional que utilizan agua subterránea en Costa Rica?

PREGUNTA 69

Actualmente, los pozos más profundos que extraen agua subterránea con fines de abastecimiento poblacional, son utilizados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y se localizan dentro del Gran Área Metropolitana, entre ellos destacan los pozos denominados: Palermo, La Meseta y San Miguel, cada uno de ellos con profundidades del orden de 350 m.

Esta institución tiene programado iniciar en los primeros días del mes de marzo del 2022 una nueva perforación localizada en el sector de Moravia, con una profundidad aún mayor.



¿Qué ventajas tiene un pozo perforado sobre uno excavado?

PREGUNTA 70

Los pozos perforados están regulados en el Reglamento de perforación de pozos y aprovechamiento de agua subterránea. Son la principal fuente de aprovechamiento de agua subterránea en el país, y requieren un control constante el caudal utilizado para evitar una extracción descontrolada que ponga en riesgo a los acuíferos. Debido a sus características constructivas, brindan en la mayoría de los casos, una protección efectiva a la calidad del agua subterránea y además permiten extraer agua a diversas profundidades y caudales, en función de las condiciones del sitio.



Por su parte, los pozos excavados, solo requieren ser reportados ante la Dirección de Agua para mantener actualizado el registro, incluso no requieren concesión de aprovechamiento si su uso es doméstico. Su profundidad y caudal de extracción está limitado por las mismas prácticas constructivas de estos pozos.

¿Por qué es más caro hacer un pozo perforado que uno excavado?

PREGUNTA 71

El pozos perforado, al ser una estructura de ingeniería geológica requiere de maquinaria especializada y de otros insumos como energía necesaria para en el proceso de perforación, tubería de distintos diámetros y características (PVC y/o metálica), empaques sanitarios para la prevención de la contaminación, materiales varios de revestimiento (arcillas, arenas, gravas) incluido concreto, cables eléctricos para la bomba, bomba sumergible, instrumentos de medición de niveles y presión, entre otros.

Por su parte, los pozos excavados son realizados de manera rudimentaria o artesanal.



¿Por qué cada vez hay menos pozos excavados en nuestro país?

PREGUNTA 72



Pozo excavado en pésimas condiciones, nótese la falta de una tapa apropiada y de una cerca perimetral que lo proteja de la contaminación. Bahía Ballena, 2016.

En los pozos excavados o artesanales, la falta de medidas sanitarias de protección los convierte en una fuente potencial de contaminación hacia el agua subterránea. Afortunadamente y gracias a la labor de las ASADAS, AyA, ESPH y algunas Municipalidades, Costa Rica tiene un altísimo porcentaje de agua intradomiciliar de calidad apta para consumo humano, lo cual ha contribuido a que cada día sean menos utilizados los pozos excavados para abastecimiento poblacional, estando relegados para riego y abrevadero.

¿Por qué muchos de los pozos excavados que aún existen están cerca de los ríos?

PREGUNTA 73

Como estos pozos excavados son realizados de manera artesanal y a poca profundidad, muchas veces se ubican cerca de los cauces de los ríos, principalmente en aquellos donde el tipo de rocas es tal que permita una comunicación entre el agua del río y del pozo y así asegurarse de tener agua de forma permanente y en cantidad relativamente constante.

En estos casos; el principal riesgo que existe es que si el agua del río está contaminada, el agua del pozo saldrá también contaminada, igualmente en una crecida del río, el pozos se puede

inundar.



Pozo excavado en las inmediaciones del río Uvita, Bahía Ballena, 2016.

¿Si hago un pozo cerca de un manantial lo puedo secar?

PREGUNTA 74

Todo depende de las condiciones de ubicación y profundidad tanto del pozo como del manantial, además; de la comunicación hidráulica que pueda existir.



Podría ser que; ambos estén en acuíferos (reservorios) diferentes y entonces aunque estén muy cerca no va a existir comunicación hidráulica entre ambos y no se verá afectado la cantidad de agua del manantial por el agua extraída en el pozo.

Caso contrario podría ser que; sí exista esa comunicación, debido a que ambos están en el mismo reservorio y por el régimen de bombeo del pozo que podría generar una afectación a la cantidad (caudal) de agua que sale del manantial.

¿Cuando hay pozos cercanos entre ellos, es cierto que el más profundo siempre le quita agua a los otros?

PREGUNTA 75

No necesariamente, esto dependerá de varias cosas; entre ellas:

- Si todos los pozos captan el mismo reservorio (acuífero).
- Del régimen de bombeo (cantidad de agua que se extrae) de cada pozo.
- De la distancia entre los pozos.
- De las condiciones hidrogeológicas del reservorio.

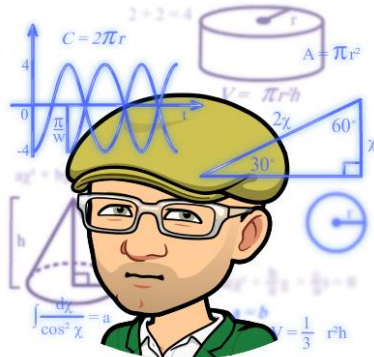
Tienes un punto.



¿Cuál sería la distancia mínima que debería existir entre pozos para que no haya interferencia entre ellos?

PREGUNTA 76

La interferencia entre pozos, se debe calcular por medio de un estudio hidrogeológico y va a depender de las características del reservorio o acuífero que está siendo aprovechado por los pozos.



En Costa Rica, se ha establecido las siguientes condiciones en las cuales se debe calcular esa distancia mínima entre pozos u otros cuerpos de agua para evitar la interferencia.

- Si el pozo a perforar se ubica a un kilómetro o menos de la costa, deberá presentar un estudio de intrusión salina.
- Si se ubicará a menos de 100 metros de otros pozos legalmente inscritos, quebradas, ríos o nacimientos, deberá presentar un estudio de interferencia.

¿Cómo saber en qué lugar y hasta que profundidad hacer el pozo?

PREGUNTA 77

Para conocer el sitio apropiado, así como estimar la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea que será extraída y establecer el mismo diseño del pozo (diámetro, profundidad, tipo de recubrimiento, ubicación de la rejilla, entre otros factores) es requerido un estudio hidrogeológico para este fin.



Este estudio se basa en la geología del sitio de interés, en la información previa disponible de otros pozos y manantiales, así como en algunos parámetros de los ríos de la zona.

¿Cómo se llama esa práctica que utilizan para ubicar pozos de agua con unas varillas de metal u horquetas de madera?

PREGUNTA 78



La evolución del cambio del nombre a lo largo del tiempo, es indicativa de esta técnica. En su origen se denominada el *arte del Zahorí*, al paso del tiempo como la *creencia del Rabdomante* y en la actualidad a esta técnica de sensibilidad se le denomina *Radiestesia*.

Radiestesista instruyendo en el uso de las varillas en forma de L, 2018.

El uso de una horqueta, varilla de metal o péndulo no tiene cabida en la prospección hidrogeológica, sin embargo; en el trabajo de campo, nunca faltan personas que hacen referencia a esta técnica para la ubicación de pozos de agua, de forma más rápida y barata que con los estudios técnicos-científicos.

¿Cuáles técnicas científicas se utilizan para ubicar pozos?

PREGUNTA 79

El estudio hidrogeológico para ubicar pozos y caracterizar el reservorio (acuífero), además de basarse en la geología del sitio de interés, en la información previa disponible de otros pozos y manantiales, así como en algunos parámetros de los ríos de la zona, utiliza técnicas indirectas.

La aplicación de técnicas indirectas se enmarcan dentro de la Geofísica aplicada a la prospección del agua subterránea, utilizándose diversos procedimientos que requieren equipo muy sofisticado, para la realización de: sondeos eléctricos verticales (SEV), tomografías eléctricas, prospección electromagnética tanto en el dominio de las frecuencias como en el temporal, registros geofísicos de pozos y sondeos de resonancia magnética protónica para caracterizar el reservorio.

Equipo geofísico para el registro eléctrico en pozo, 2020.



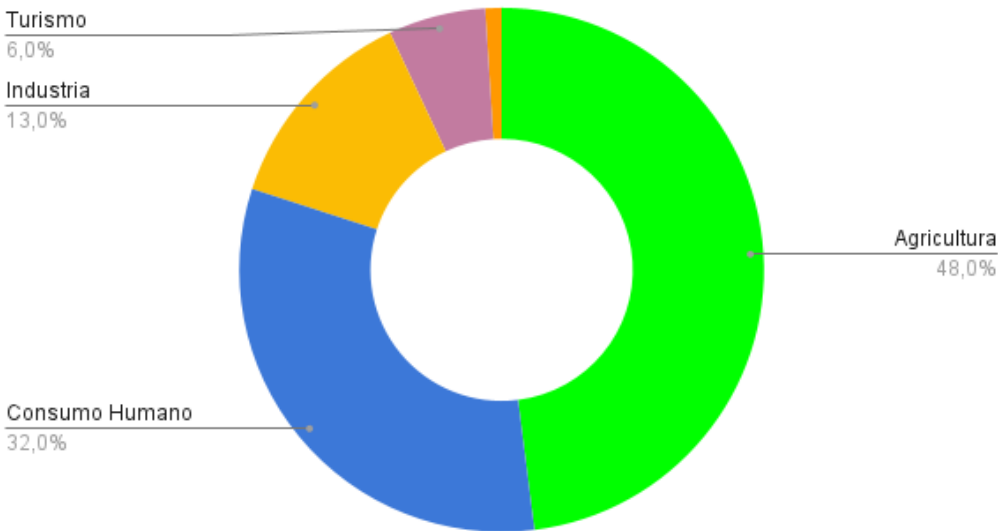
¿En qué se aprovecha el agua subterránea de los pozos en Costa Rica?

PREGUNTA 80



A partir de datos oficiales del BCCR y de la CTIE-Agua, en el periodo 2012-2018 la extracción anual de agua subterránea legalmente registrada en los pozos rondó los 400 millones de metros cúbicos, distribuida en los siguientes porcentajes.

Distribución del uso del agua subterránea



¿El agua de pozos también es usada para abastecimiento poblacional?

PREGUNTA 81

Bieeen

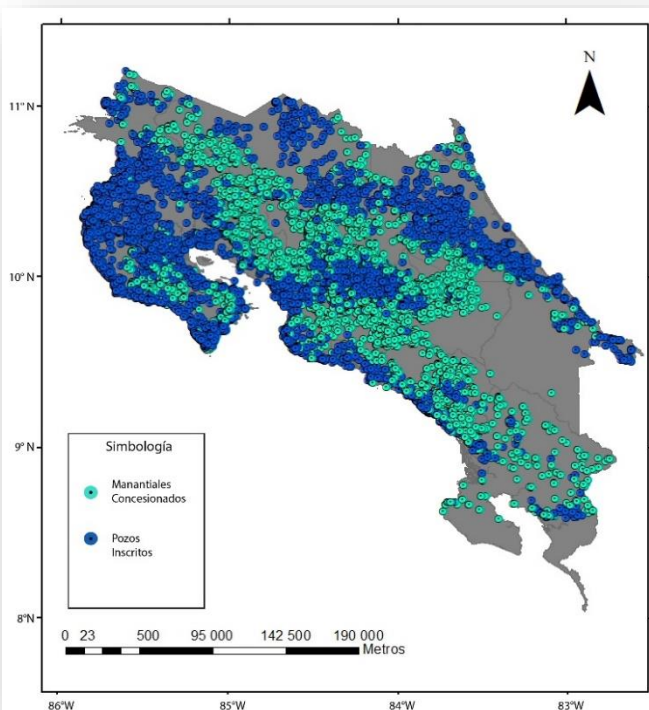


Si claro, los pozos al extraer agua subterránea que está entre los poros y/o fracturas de las rocas, presenta generalmente una protección natural mayor que se refleja en la calidad del agua apta para consumo humano y que después del tratamiento de desinfección es brindada a las poblaciones como agua potable.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), en su base de datos registra una cantidad que supera los 1200 pozos, la gran mayoría de ellos construidos, a lo largo del tiempo, por la Unidad Técnica de Perforación para ser operados por la misma institución e incluso por ASADAS y Municipalidades con el objetivo de brindar el servicio de abastecimiento poblacional.

¿Hay pozos para agua en las partes altas de las montañas o están todos en la costa?

PREGUNTA 82



Mapa de pozos y manantiales oficialmente registrados a inicios del año 2019.

Recordemos el Mapa de pozos y manantiales, en él se puede apreciar que también en las zonas montañosas de prácticamente todo el país hay pozos perforados. Sin embargo; las condiciones de la porosidad y fracturación de las rocas de estas zonas, condicionan la profundidad variable de los pozos, al igual que su calidad y cantidad de agua que rinden (caudal).

¿Que riesgos tienen los pozos que extraen agua cerca del mar?

PREGUNTA 83



Los pozos que se localizan en las zonas costeras deben ser manejados con muchas precauciones técnicas, para evitar que el régimen de bombeo (cantidad de agua que se extrae por un intervalo de tiempo) pueda ocasionar el proceso de Intrusión Salina.

La intrusión salina es el proceso por el cual el agua del mar entra al acuífero (reservorio de agua subterránea) y se pierde la calidad requerida para diversos usos. Esto ocurre por el efecto de la explotación descontrolada de los pozos que generan una inversión en el gradiente hidráulico.

Varios pozos de agua para abastecimiento poblacional de la costa pacífica costarricense, se han visto afectados precisamente por el efecto de la intrusión salina, generando no solo pérdidas económicas sino también desabastecimiento a las comunidades.

¿Cuanto se dura haciendo un pozo para extracción de agua?

PREGUNTA 84

La duración de tiempo para realizar un pozo, va a depender de varios factores: el primero de ellos, es que no se puede iniciar la perforación sin el permiso correspondiente (permiso de perforación y concesión de aprovechamiento) que otorga la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía.

Asumiendo que ya tiene el permiso, otros factores que entran en juego son:

- La profundidad de perforación: pues obviamente a mayor profundidad, mayor será el tiempo requerido.
- El tipo de rocas del sitio: algunas características como; dureza, fracturación, contenido de arcillas y espesores, puede incidir ya sea en un avance rápido de la perforación o más bien generar problemas por atascamiento de la herramienta de perforación dentro del pozo



¿Cuál es la vida útil de un pozo perforado?

PREGUNTA 85

La vida útil de un pozo puede ser del orden de 30 años, (± 10), claro está va a depender de varios factores:

- La calidad de los materiales utilizados para la construcción del pozo.
- El diseño apropiado del pozo, en función de las características geológicas y de agua subterránea del sitio.
- Caudal apropiado de explotación del agua subterránea, para evitar problemas de entrada de finos y de sobreexplotación y hasta de la quema de la bomba que extrae el agua.
- Las condiciones geológicas, tanto en la calidad del agua que podría incidir en problemas de corrosión de la estructura; así como el contenido de arcillas o materiales finos que podría colmatar el pozo.
- Condiciones extremas como eventos naturales, entre ellos: sismos o deslizamientos que podrían hacer colapsar la tubería del pozo, o inundaciones que podrían afectar también la estructura.
- Protección ante amenazas antrópicas (vandalismo, incendios, entre otros).
- El mantenimiento preventivo y correctivo que se le dé al pozo.



¿Qué tipo de mantenimiento se le debe dar al pozo?

PREGUNTA 86

El mantenimiento del pozo va a depender de las condiciones del sitio (tipos de rocas, calidad del agua, amenazas naturales) que pueden condicionar la frecuencia y el tipo.

Algunas de las labores de mantenimiento indispensables son:



- Revisar mensualmente el nivel de grava, para aquellos pozos que tienen instalada la tubería de grava.
- Es necesario llevar el registro constante de los niveles estáticos y dinámicos de cada pozo, para monitorear la columna de agua sobre la bomba.
- Implementar o mantener en óptimas condiciones el sistema de cloración del agua y asegurar la potabilidad de la misma.
- Realizar una limpieza interna al pozo, con aire comprimido y pistón, con el fin de liberarlos de posibles objetos (rocas, suelo u otro tipo de material) que pueden estar obstruyendo las rejillas, lo que aumenta el costo del bombeo y disminuye el caudal máximo que puede estar brindando el pozo.
- Monitoreo del sistema de bombeo y de todo el sistema eléctrico.

¿Cómo se define la capacidad de la bomba que hay que ponerle al pozo para extraer el agua?

PREGUNTA 87

La capacidad, potencia o caballaje de la bomba de agua que se le pone al pozo, depende de varios factores que hay que determinar previamente, entre ellos:

- La ubicación de la bomba, en este caso es sumergible, igualmente considerar el tipo de bomba, podría ser de aspiración (cuando la bomba se ubica por encima del nivel del agua a bombear) o de carga (cuando la bomba se encuentra al mismo nivel o inferior que el agua a bombear).
- El caudal de agua en un determinado tiempo hasta la superficie.
- Pérdidas de carga: hay que tomar en consideración características de la tubería, como diámetro, coeficiente de fricción y la longitud total de la tubería.



Recuerde que: las bombas de agua están diseñadas para un uso característico y cuando éstas trabajan fuera de sus especificaciones, terminan por quemarse y dañar otros componentes del pozo.

¿Por qué después de fuertes temblores, el agua en algunos pozos cambian su calidad o la cantidad que producen?

PREGUNTA 88

Como el agua subterránea viaja entre las fracturas y/o poros de las rocas, después de un fuerte sismo puede ocurrir que la fracturación se modifique, ya sea que se incremente y cambie la orientación o que se rellenen los espacios vacíos de algún material fino que impida el movimiento del agua subterránea.



Después del terremoto de Cinchona, ocurrido el 8 de enero 2009, con una magnitud de 6,2 (Mw) y una profundidad de 4,6 km, varios entes operadores del servicio de abastecimiento poblacional de la zona, reportaron tener fugas de agua en sus sistemas y en algunos casos incremento en el pH del agua.

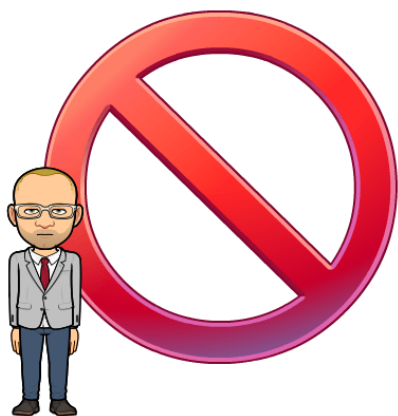
En el caso del terremoto de Limón, ocurrido el 22 de abril 1991, con una magnitud de 7,7 (Mw) y una profundidad de 10 km, muchos pozos colapsaron completamente, dejando varios acueductos fuera de servicio por varios días.

¿Si yo tengo una propiedad puedo hacer un pozo de agua cuando lo necesite?

PREGUNTA 89

Claro que puede hacer un pozo. Sin embargo; debe solicitar el permiso respectivo de perforación y de aprovechamiento del agua subterránea ante la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía.

Acuérdese que; el agua en Costa Rica es un recurso natural, es un Bien Demanial, es decir del Estado, no del dueño de la propiedad.



Recuerde que; el permiso de perforación no confiere el derecho de explotación del agua subterránea. Una vez habilitado el pozo para su uso, la Dirección de Agua podrá continuar con la fase de la concesión (permiso) de aprovechamiento de agua.

¿Puedo aprovechar toda el agua que sale de un pozos que está en mi propiedad?

PREGUNTA 90



No, el Estado por medio de la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía le otorgará una concesión o permiso de aprovechamiento por un intervalo de tiempo determinado y por un caudal que será definido en función de la necesidad del recurso para la actividad productiva y lógicamente de la disponibilidad del agua subterránea en el sitio.

¿Cuales trámites debo realizar para solicitar el permiso de perforación y aprovechamiento del agua del pozo?

PREGUNTA 91

Debe llenar una solicitud que puede descargar de la página de la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía (www.da.go.cr) y adjuntar los requisitos solicitados, que incluye entre otras cosas:

- Información personal del solicitante y de la empresa perforadora. Viabilidad ambiental del sitio. Uso previsto del agua. Estudios de técnicos de interferencia (cuando sean necesarios).
- Una vez finalizada la perforación; debe presentar el Informe Técnico del Pozo, en el cual se detalla: el proceso de perforación, las condiciones hidrogeológicas, el armado del pozo y prueba de bombeo (artículos 30 y 33 del reglamento 43053-MINAE).

Recuerde que; como es una solicitud de uso para el aprovechamiento del agua, si se aprueba deberá pagar el canon respectivo, en función del caudal, uso y del tipo de fuente, tal y como lo establece el Reglamento de Canon de Aprovechamiento N.32868-MINAE).



¿De qué se debe proteger un pozo?

PREGUNTA 92

El pozo, independientemente de si es excavado o perforado, al ser una estructura construida se debe proteger de vandalismo y de fuentes potenciales de contaminación que afecten el agua subterránea y que generen un impacto significativo a su reservorio (acuífero). Por tal motivo, es importante que el pozo esté técnicamente bien construido, dentro de una caseta y con malla perimetral que le brinde protección.



Caseta de protección de pozo perforado. Uvita, 2016.

¿En el caso de los pozos, existen también zonas de protección arbitrarias y técnicas?

PREGUNTA 93

Las zonas arbitrarias están definidas en la Ley de Aguas (N.276); artículo 8.

Por su parte, para las zonas técnicas se solicitan los estudios de interferencia en los siguientes casos que se requiera perforar un pozo y que dependerán del tipo de acuífero (reservorio), de las propiedades hidráulicas y del caudal de extracción del pozo.



- Si se ubicará a menos de 40 m de un lindero o estructura, deberá presentar un estudio hidrogeológico donde se calcule el retiro operacional del pozo.
- Si el pozo a perforar se ubica a un kilómetro o menos de la costa, deberá presentar un estudio de intrusión salina.
- Si se ubicará a menos de 100 m de otros pozos legalmente inscritos, quebradas, ríos o nacimientos, deberá presentar un estudio de interferencia.

¿Están delimitadas todas las zonas de protección de nuestros pozos?

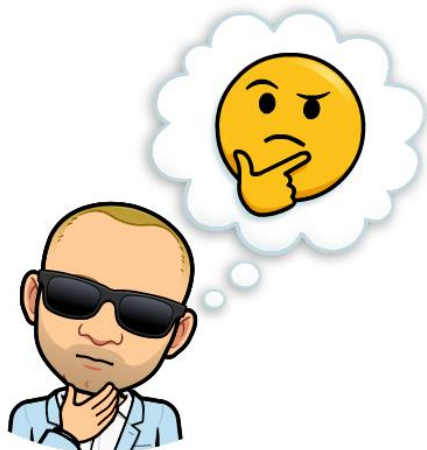
PREGUNTA 94

No, al igual que en el caso de los manantiales, solamente algunos de ellos tiene delimitadas las zonas de protección.



¿Cuántos pozos de agua hay en Costa Rica?

PREGUNTA 95



Muy buena pregunta, la verdad es que nadie sabe cuántos pozos hay en Costa Rica.

De las bases de datos oficiales, a inicios del año 2019 habían registrados 11137 pozos, sin embargo; en nuestro país existe un sub-registro que dependiendo de la región puede ser entre el 30% y 70%.

Es decir; hay muchos pozos que se han construido sin permiso de perforación y no cuentan con la concesión de aprovechamiento de agua, lo cual no solo los ubica dentro del ámbito de la ilegalidad, sino que implica un problema en la gestión del agua subterránea, pues no se tiene contabilizada (efectivamente) cuanta se está aprovechando para los diversos usos, lo cual incide en la protección ambiental pues existe el riesgo de sobreexplotación. Además; de la pérdida de recursos económicos al Estado por la imposibilidad de cobrar el canon de aprovechamiento.

¿Dónde se almacena la información de pozos en Costa Rica?

PREGUNTA 96

¡Muy bien!



En el Registro Nacional de Pozos que es administrado por la Dirección de Agua del MINAE y estará integrado al Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH), constituyéndose en el registro nacional oficial de pozos.

En este se almacenará toda la información técnica y administrativa relativa a la perforación de pozos y será alimentado con la información generada de los informes de perforación.

La información será de acceso público (artículo 49, reglamento N. 43053- MINAE).

¿Cuales instituciones se encargan de dar los permisos de perforación en nuestro país?

PREGUNTA 97

El Decreto Ejecutivo N. 35669-MINAE, establece entre otras cosas que le corresponde a la Dirección de Agua, admitir, tramitar y resolver sobre solicitudes de perforación del subsuelo para la exploración y explotación de aguas subterráneas y asignar el número de pozo respectivo. Asimismo, le corresponde operar y mantener el registro de perforadoras de pozos.

Sin embargo, es importante comprender el rol de otras instituciones que está regulado en el artículo 6 del Reglamento de Perforación (N. 43053-MINAE) que dice:

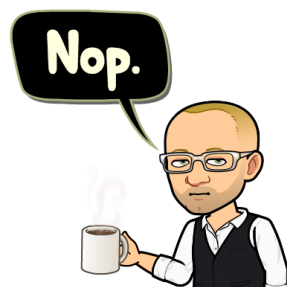


- El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, debe manifestarse con relación a si afecta fuentes destinadas para sus fines.
- El Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, una vez perforado el pozo, le corresponde pronunciarse sobre las condiciones finales de este (profundidad, diámetro, encamisado, sellos sanitarios) en relación a la caracterización del acuífero. Además, deberá analizar y pronunciarse sobre los estudios presentados en razón de las regulaciones especiales de los acuíferos conforme este Reglamento.

¿La tarifa para consumo humano, es la misma si se capta agua de pozos o manantiales?

PREGUNTA 98

El pago de agua es diferenciado, tanto si es agua captada de pozos o de manantiales. El Canon de Aprovechamiento (N. 32868), en su artículo 5 establece el monto diferenciado que deben pagar todos los usuarios en función del caudal aprovechado y considerando si captan agua superficial (manantial con un monto de 1,46 colones por metros cúbicos al año) o agua subterránea (pozo con un monto de 1,63 colones por metros cúbicos al año).



Específicamente con respecto a la tarifas, estas son establecidas por la Autoridad Regulatoria de los Servicios Públicos (ARESEP) y también toman en consideración si el acueducto distribuye el agua por gravedad (manantial) o por bombeo (pozos). Los pliegos tarifarios vigentes para el caso de las ASADAS, están diferenciados por rangos de abonados, rangos de consumo, usuario DOMIPRE (domiciliar y preferencial) y EMPREGO (empresarial y gobierno), así como el sistema de distribución: acueducto por gravedad, por bombeo y mixto e incluso acueducto con planta potabilizadora.

¿Es cierto que las zonas de recarga del agua subterránea son las zonas montañosas de Costa Rica?

PREGUNTA 99



Esa es una verdad a medias.

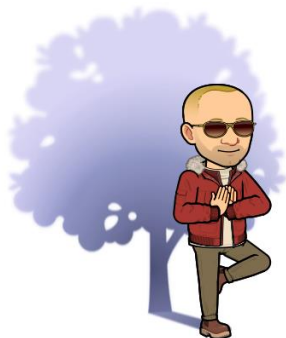
Efectivamente para los acuíferos (reservorios del agua subterránea) de tipo volcánico que se localizan a lo largo de las cadenas montañosas si puede ser.

Para otro tipo de acuíferos; por ejemplo los costeros, que se encuentran en las zonas planas de las playas del pacífico de nuestro país, son precisamente esas zonas de baja topografía cercanas al mar, en las que se desarrolla buena parte de la infraestructura turística, comercial y habitacional, donde se ubican las zonas de recarga de esos reservorios de agua subterránea.

A partir de un balance hídrico de suelos, se puede determinar no solo la cantidad de recarga potencial que le llega al acuífero, sino también los sectores donde ocurre la mayor recarga, siendo en ellos donde se debe regular el uso del suelo para evitar la contaminación e impermeabilización hacia las aguas subterráneas.

¿Es cierto que sembrar cualquier tipo de árboles favorece la recarga del agua subterránea?

PREGUNTA 100



Los árboles cumplen un papel muy importante para la recarga del agua subterránea. Sin embargo; no puede ser cualquier tipo de árbol el que se siembre en un lugar determinado, veamos algunos elementos a favor y en contra:

Los árboles pueden llegar a disminuir la velocidad de escorrentía del agua superficial, estando más tiempo disponible para que se infiltre al suelo. Sin embargo; el follaje en el suelo (hojarasca), dependiendo de la especie podría llegar a impermeabilizarlo y más bien obstruir la infiltración del agua.

Los árboles pueden favorecer la infiltración del agua de lluvia en el suelo gracias al efecto de las raíces. Sin embargo; una de las funciones de las raíces es consumir el agua del suelo que es necesaria para las funciones básicas del árbol. En general; entre más grandes es el árbol, más grandes serán sus raíces (en extensión y profundidad) y requerirá más agua del suelo, agua que no llega a almacenarse en el reservorio (acuífero).

¿Qué tan importante es el agua subterránea en la Gestión del Recurso Hídrico que realiza el país?

PREGUNTA 101

A lo largo del tiempo, el agua subterránea ha tenido cada vez más importancia en la Gestión del Recurso Hídrico en Costa Rica, veamos algunos hechos históricos.

- 1942: La promulgación de la Ley de Aguas (N. 276) le confiere un carácter mixto desde el punto de vista jurídico. Las aguas subterráneas que brotan de los manantiales se consideraron como bienes del dominio público, y las aguas subterráneas que se extraían de los pozos como del dominio privado y por tanto pertenecían al dueño del terreno.
- 1982: La promulgación del Código de Minería (N. 6797) implica una publicación y nacionalización de todas las aguas subterráneas del país.
- 1995: La Ley Orgánica del Ambiente (N. 7554), refuerza la declaración de demanialidad y las califica de interés social.
- 2009: El voto de la Sala Constitucional (2009-00262) realiza un tratado sobre la protección constitucional del agua subterránea y acuíferos, elevando varios de los conceptos técnicos hidrogeológicos a rango de ley.



¿Qué tan importante es el agua subterránea en la gestión del Recurso Hídrico que realiza el país?

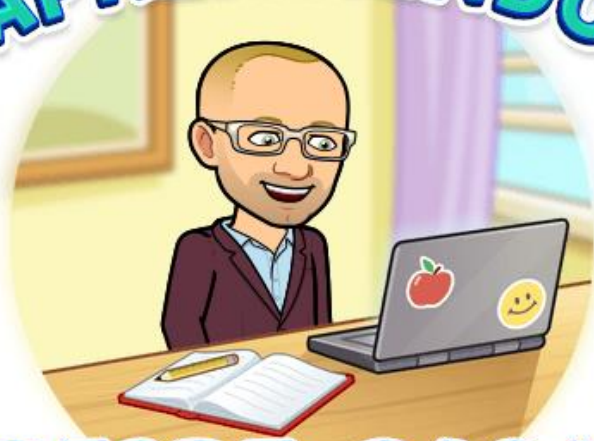
PREGUNTA 101 CONTINUACIÓN

- 2017: La Política Nacional de Agua Potable, desarrolla la temática de protección, monitoreo, ordenamiento territorial, gestión del riesgo y aprovechamiento del agua subterránea como fuente de abastecimiento público. Eleva el acuífero al mismo nivel que la cuenca hidrográfica para la planificación en función de la capacidad hídrica. Así mismo; reconoce al balance hídrico como un instrumento de planificación que permite estimar la oferta y demanda del acuífero y como una herramienta de proyección temporal en función de los escenarios de cambio climático.
- 2018: Se establecen vía decretos (N.41093-MINAE y N.41094-MINAE), las comisiones para el manejo integrado de los acuíferos en Nimboyores y Sardinal, respectivamente; ambas con el objetivo de promover la coordinación entre los actores comunales e institucionales, en un escenario de equilibrio entre las necesidades de la población y la preservación del recurso, a través del uso racional, capacitación y participación ciudadana.



¿Quieres conocer más sobre el Agua Subterránea en Costa Rica?
Descargue estos documentos

APRENDIENDO



DESDE CASA

CONTENIDOS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN COSTA RICA: EL CASO DEL ACUÍFERO SARDINAL

https://drive.google.com/file/d/1Y0p7NvpyC3_FHnVslfnY3j-k3WWE40Nx/view?usp=sharing

JURISPRUDENCIA CONSTITUCIONAL Y POLÍTICAS PÚBLICAS APLICADAS AL AGUA SUBTERRÁNEA DE COSTA RICA.

https://drive.google.com/file/d/160cCkPH1oxU2X5U4ED4eQV18AC-G2I_1/view?usp=sharing

MANANTIALES

https://drive.google.com/file/d/1thCV0FrQvsdl_Nf-FtTgnSf9zINCaMv0/view?ts=5b92bff4

SACAR AGUA DE LAS ROCAS

https://drive.google.com/open?id=1qdAT3KEHEAGHqZFPXtX2OUv_eTSXYFVr4

EL ARTE DEL ZAHORÍ, LAS CREENCIAS DEL RABDOMANTE Y LA SENSIBILIDAD DEL RADIESTESISTA, EN LA BÚSQUEDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

<https://drive.google.com/file/d/1zisd5mVtupxoXE0MQGEQq4Cx5DZkiNX/view?usp=sharing>

VISIONES SOBRE EL AGUA Y COVID-19

https://drive.google.com/file/d/12V7Q09pEiC_MJaGJiYvqEouod6tVPuV5/view?usp=sharing

MEMORIA DE LA PANDEMIA: ASADAS Y COVID-19

Link de acceso	Duración (min)	Descripción
https://youtu.be/uYV6jkGeTf8	4	Invitación a la serie “Memoria de la Pandemia: ASADAS y COVID-19”, por Mario Arias Salguero.
https://youtu.be/bmDSS8JgNhM	10	Entrevista a la señora Marielos Alfaro, presidenta de la ASADA Santa Gertrudis Sur, Grecia.
https://youtu.be/Lz3o17lvtoC	20	Entrevista al señor José Antonio Fernández, administrador de la ASADA CALEMA, San Ramón.
https://youtu.be/YxFWeg1DvHA	13	Entrevista al señor Miguel Rodríguez, administrador de la ASADA Santa Rosa, Turrialba.
https://youtu.be/oczKxv7yR7M	30	Entrevista a la señora Kimberly Rivas, administradora de la ASADA San José, Upala.
https://youtu.be/k6Dke6MyIFM	10	Entrevista a la señora Carmen Vásquez, presidenta de la ASADA Barrio El Carmen, San Ramón.
https://youtu.be/tBzop6i8qZs	5	Entrevista a la señora María Rosa Campos, presidenta de la ASADA Buenavista, Guatuso.
https://youtu.be/Ei5o8AujnNA	20	Entrevista al señor Vinicio Castro, tesorero de la ASADA El Salvador, San Ramón.
https://youtu.be/p8lkVnJznm4	18	Entrevista al señor Carlos Sequeira, administrador de la ASADA San Rafael, Guatuso.
https://youtu.be/u-CZS_loHeU	20	Entrevista al señor Starlen Hidalgo, administrador de la ASADA Horquetas, Sarapiquí.
https://youtu.be/xXKG3oieBeM	24	Entrevista al señor Manuel Montoya, presidente de Federación de ASADAS de la zona protectora El Chayote, Naranjo.
https://youtu.be/_rkLgQmY5c	11	Conclusión de la serie “Memoria de la Pandemia: ASADAS y COVID-19”, por Mario Arias Salguero.

CATÁLOGO: 470 FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

https://drive.google.com/file/d/1PL1vHcYDCT2r2EGmFAgl312bcFkvIW5/view?fbclid=IwAR1fNLRORXr-NpuVfzevsPgLqZIAGWKtcN6VRPmxbgP1jz1SKVTQB_erRTk

EL VALOR DEL AGUA

<https://drive.google.com/file/d/12vYhSpYXyyviKmXEAKV74JrIFQmvzk0J/view?usp=sharing>

EI AGUA EN LOS PLANES DE GOBIERNO DE LOS PARTIDOS POLÍTICOS

<https://drive.google.com/file/d/1HH23S9GFZFdOAS3EUApOQdjDXvwjeTMq/view?usp=sharing>

¿Quieres saber aún más sobre el Agua Subterránea en Costa Rica?

No dudes en preguntar, puedes escribir a:
mariogeologo@gmail.com

Signa nuestra página en Facebook:
<https://www.facebook.com/Cultura-del-Agua-102777761806528>

Mil gracias



Bibliografía



- ARIAS, M. E. (2003). Contaminación y rescate de La Pilita. Rescatemos el Virilla, 9 (21). Pág. 37.
- ARIAS, M. E. (2003). Se unen para salvar el agua milagrosa. Eco Católico, Domingo 23 de febrero, pág. 3.
- ARIAS, M. E., LOSILLA, M. & ARREDONDO, S. (2006). Estado del conocimiento del agua subterránea en Costa Rica. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 63-73.
- ARIAS, M. E. (2008). El agua subterránea en Costa Rica. Boletín Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo. 27-año VII.
- ARIAS, M. E. (2008). Influencia del tectonismo en el modelo hidrogeológico conceptual y aplicación de la geofísica en la determinación de la intrusión salina en Sámara, Costa Rica. Revista Latinoamericana de Hidrogeología. 6, 15-23.
- ARIAS, M. E. (2009). Guía para la Descripción de un Manantial. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 2 pp. [Cuestionario de evaluación].
- ARIAS, M. E. (2009). Determinación del tubo de flujo de las nacientes La Hilda y Javier Paniagua, San Roque de Grecia. Informe Interno. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 30 pp.
- ARIAS, M. E. (2009). Previendo el riesgo comunal: abordaje educativo con enfoque de género. Informe Interno, proyecto ED-2463. Costa Rica. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 97 pp.
- ARIAS, M. E., (2010). Estudios Hidrogeológicos: una ventana de oportunidad. Informe del Estado de la Nación (XVI) p. 213.
- ARIAS, M. E. (2010). Manantiales.- en Curso Nacional de Gestión de Cuencas Hidrográficas (módulo II). CATIE, TEC, UCR. Informe Interno, proyecto ED-2596. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 5 pp. +anexos.

- ARIAS, M. E., (2011). Gestión del Recurso Hídrico y uso del agua año 2010. Ponencia preparada para el Decimoséptimo Informe Estado de la Nación. San José, Programa Estado de la Nación.
- ARIAS, M. E. (2011). Estudio Hidrogeológico Regional de la Cuenca del Río Frío. Informe Interno, proyecto 830-A9-518. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 132 pp.
- ARIAS, M. E. (2011). Estudio Hidrogeológico en la finca Nueva Cinchona, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-A9-519. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 110 pp.
- ARIAS, M. E. (2012). Vulnerabilidad y Protección del Agua Subterránea: Valor de la Matriz del Uso del Suelo del SENARA: Revista AMBIENTICO, 208, 9-13.
- ARIAS, M. E. (2012). Estudio Hidrogeológico del cantón de Atenas, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B1-404. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 107 pp.
- ARIAS, M. E. (2012). Estudio Hidrogeológico del distrito de Cachí, provincia de Cartago, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B1-402. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 91 pp.
- ARIAS, M. E. (2012). Estudio Hidrogeológico de la parte alta de la microcuenca del río Tiribí. Informe Interno, proyecto 830-B1-402. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 69 pp.
- ARIAS, M. E. (2012). Estudio de zonas de captura de Manantiales seleccionados en los cantones de Barva y Santa Bárbara, provincia de Heredia, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B1-401. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 146 pp.
- ARIAS, M. E. (2012). Estudio de zonas de captura de Manantiales seleccionados en el cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B1-403. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 84 pp.

- ARIAS, M. E. (2013). El monitoreo del agua subterránea como instrumento de gestión. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 10 pp.
- ARIAS, M. E. (2013). Estudio hidrogeológico en el distrito primero del cantón de Oreamuno: recomendaciones de sitios aptos para la perforación de pozos. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 126pp.
- ARIAS, M. E. (2013). Caracterización geológico-estructural de las nacientes F1 y F2, ubicadas en el Parque Recreativo Municipal Los Chorros, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 37 pp.
- ARIAS, M. E. (2013). Estudio hidrogeológico regional del Distrito de Río Cuarto de Grecia, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B2-502. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 102 pp.
- ARIAS, M. E. (2014). Estudio de las zonas de captura de manantiales seleccionados en el Distrito de Río Cuarto de Grecia, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B3-407. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 124 pp.
- ARIAS, M. E. (2014). Estudio Hidrogeológico de un sector de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B2-405. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 131 pp.
- ARIAS, M. E. (2014). Estudio hidrogeológico del acuífero productor que brinda el agua a La Pilita de la Basílica Nuestra Señora de los Ángeles. Cartago, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 117 pp.
- ARIAS, M. E. (2014). Estudio Hidrogeológico del cantón de Naranjo, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B2-403. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 156 pp.

- ARIAS, M. E. (2014). Estudio Hidrogeológico del cantón de Palmares, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B2-406. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 224 pp.
- ARIAS, M. E. (2014). Estudio Hidrogeológico Regional de un sector de la provincia de San José, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B2-404. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 153 pp.
- ARIAS, M. E. (2015). Estudio de las zonas de protección para 39 Manantiales del cantón de Santa Bárbara, provincia de Heredia, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B3-409. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 282 pp.
- ARIAS, M. E. (2015). Estudio Hidrogeológico de la Zona Protectora Cerros de la Carpintera. Informe Interno, proyecto 830-B3-411. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 250 pp.
- ARIAS, M. E. (2015). Estudio Hidrogeológico de los distritos: Alajuela, Desamparados, Río Segundo, Carrizal, San Isidro y Sabanilla, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B3-410 y 830-B5-405. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 183 pp.
- ARIAS, M. E. (2015). Estudio Hidrogeológico de los cantones: Santa Bárbara, San Rafael y San Isidro, provincia de Heredia, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B3-409. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 169 pp.
- ARIAS, M. E. (2015). Estudio Hidrogeológico del cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B3-408. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 104 pp.
- ARIAS, M. E. (2016). Caracterización del Manantial Quebrada Bonita, ASADA de Zoncuano, Acosta. Informe Interno, proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 34 pp.
- ARIAS, M. E. (2016). Estudio en el Manantial Celedonio, Cartago, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 75 pp.

- ARIAS, M. E. (2016). Determinación de las zonas de captura de manantiales utilizados por el Acueducto Municipal de Alajuela. Informe Interno, proyecto 830-B5-405. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 153 pp.
- ARIAS, M. E. (2016). Estudio hidrogeológico del acuífero aluvial de Bahía Ballena: comprendido en la cuenca del río Uvita y río Higuera hasta la quebrada Tibia, Osa, Puntarenas. Informe Interno, proyecto 830-B4-416. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 196 pp.
- ARIAS, M. E. (2016). Estudio hidrogeológico del acuífero aluvial de Puerto Jiménez: comprendido en los cauces de los ríos Tigre y Tamales, Golfito, Puntarenas. Informe Interno, proyecto 830- B4-414. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 129 pp.
- ARIAS, M. E. (2017). Estudio Hidrogeológico para la protección de las fuentes de agua utilizadas por la ASADA CALEMA, San Ramón, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 61 pp.
- ARIAS, M. E. (2017). Estudio de prospección geofísica en el sitio de la batalla de La Trinidad. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 137 pp.
- ARIAS, M. E. (2017). Contenidos para la Gestión del Recurso Hídrico en Costa Rica: El caso de Sardinal. Proyecto ED- 2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 76 pp.
- ARIAS, M. E. (2018). Realización de Sondeos Eléctricos Verticales en sitios seleccionados de Guanacaste. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 125 pp.
- ARIAS, M. E. (2018). Estudio de las zonas de protección de las fuentes de abastecimiento público utilizadas por las ASADAS en el sector de Piedades Sur de San Ramón, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 98 pp.

- ARIAS, M. E. (2018). Estudio Hidrogeológico para la determinación de 37 zonas de protección de fuentes de abastecimiento público utilizadas por las ASADAS en el territorio Norte-Norte, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 400 pp.
- ARIAS, M. E. (2018). ¿Cuánto vale un vaso de agua en Costa Rica? En conmemoración del día Mundial del Agua 2018. Recuperado de <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1902755316409939&set=pb.100000264674864.-2207520000.&type=3>
- ARIAS, M. E. (2018). Jurisprudencia Constitucional y Políticas Públicas aplicadas al agua subterránea en Costa Rica. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 72 pp.
- ARIAS, M. E. (2018). Manantiales. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 72 pp.
- ARIAS, M. E. (2019). Sacar agua de las rocas. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 91 pp.
- ARIAS, M. E. (2020). El arte del Zahorí, las creencias del Rábdomante y la sensibilidad del Radiestesista en la búsqueda del agua subterránea. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 59 pp.
- ARIAS, M. E. (2020). Visiones sobre el Agua y Covid-19. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 87 pp.
- ARIAS, M. E. (2020). Memoria de la Pandemia: Agua y Covid-19. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, (12 videos cortos).
- ARIAS, M. E. (2021). Catálogo: 470 Fuentes de Agua Subterránea. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 497 pp.

- ARIAS, M. E. (2021). Ensayos: El Valor del Agua. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 143 pp.
- ASTORGA, A., ARIAS, M. E. (2003). Mapa de Geoaptitud hidrogeológica de Costa Rica: implicaciones respecto a la gestión ambiental del desarrollo. Rev. Geol. América Central, 29 (95-101).
- BANCO CENTRAL DE COSTA RICA (2019). Cuentas ambientales. Recuperado de: <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/cuentas-ambientales>
- CTIE-AGUA (2021). Estadísticas e indicadores clave para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Recuperado de: <http://www.da.go.cr/estadisticas-e-indicadores-del-agua/>
- LA GACETA (1942). Ley de Aguas 276. Publicado en La Gaceta N. 190 del 2 de agosto.
- LA GACETA (1982). Código de Minería N. 6797. Publicado en La Gaceta N. 7575 del 13 de febrero.
- LA GACETA (1989). Ley de Jurisdicción Constitucional N. 7135,. Publicado en La Gaceta N. 198 del 10 de octubre.
- LA GACETA (1996). Ley Orgánica del Ambiente No. 7554. Publicado en La Gaceta N. 7575 del 13 de febrero.
- LA GACETA (2006). Canon por concepto de aprovechamiento de aguas. Decreto Ejecutivo 32868-MINAE. Publicado en La Gaceta N. 21 del 30 de enero.
- LA GACETA (2015). Reglamento para la calidad de agua potable. Decreto Ejecutivo 38924-MS. Publicado en La Gaceta N. 124 del 1 de setiembre.
- LA GACETA (2018). Creación de la Comisión para el manejo integral del acuífero Nimboyores y acuíferos costeros de Santa Cruz de Guanacaste. Decreto Ejecutivo 41093- MINAE. Publicado en La Gaceta 86 del 17 mayo.
- LA GACETA (2018). Creación de la Comisión para el manejo integral de los acuíferos del Distrito de Sardinal, Cantón de Carrillo, Guanacaste. Decreto Ejecutivo 41094- MINAE. Publicado en La Gaceta 86 del 17 mayo.
- LA GACETA (2019). Reglamento de coordinación interinstitucional para la protección de los Recursos Hídricos Subterráneos. Decreto Ejecutivo 42015-MAG-MINAE-S-MIVAH. Publicado en Alcance a La Gaceta N. 237 a La Gaceta 203 del 25 de octubre.

- LA GACETA (2021). Reglamento de Perforación de pozos y aprovechamiento de Aguas Subterráneas. DE-43053-MINAET, Publicado en La Gaceta N. 175 del 22 de abril.
- MINAET (2009). Política Hídrica Nacional. San José, Costa Rica. 46 pp.
- MS, MINAE, AyA (2017). Política Nacional de Agua Potable, 2017-2030. San José, Costa Rica. 84 pp.
- SALA CONSTITUCIONAL DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA. Resolución N. 2004-01923, San José, catorce horas cincuenta y cinco minutos del veinticinco de febrero de dos mil cuatro.
- SALA CONSTITUCIONAL DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA. Resolución N. 2009-00262, San José, de las catorce horas, treinta minutos del catorce de enero del dos mil nueve.
- UNESCO (2021). Resumen del Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021: el valor del agua; datos y cifras. Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_spa
- UNESCO (2022). Hoja Informativa del Día Mundial del Agua 2022. Aguas subterráneas: Hacer visible lo invisible. Recuperado de: <https://www.un.org/es/observances/water-day/resources>

101

RESPUESTAS SOBRE EL AGUA SUBTERRÁNEA



2022 Aguas subterráneas