



**MgSc. Lucila Machado**

**MCs. Gerencia de Proyectos de Construcción**

**Institución: UNEFA**

**Correo Electrónico:**

**Semalu20@gmail.com**

Ingeniera Civil 1995, Magister en gerencia de proyectos de construcción 2012, diplomado en entornos virtuales de aprendizaje, Docente en la Universidad Politécnica Territorial de Maracaibo, estudiante de la 10ma Cohorte del Doctorado en Arquitectura

**Recepción: 27/05/2023 - Aprobación: 01/11/2023**

# HACIA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA SUBTERRÁNEA

## RESUMEN

Ante la escasez de agua en el mundo, es necesario conocer las diferentes alternativas que solucionen esta problemática, una de ellas es el uso del agua subterránea. Este artículo tiene como objetivo analizar el uso eficiente y sostenible de las aguas subterráneas, como una opción viable ante la escasez de este vital líquido. Esta es una investigación cualitativa de tipo documental e informativa, donde se muestran los aportes de varios autores, en referencia al marco jurídico e institucional y los programas e incentivos sobre planes de gestión sostenible, se analizan también los beneficios e impactos para la comunidad y el ambiente. El documento advierte que la sobreexplotación y la contaminación a la que se somete el uso de estas aguas, tendría efectos devastadores para la humanidad, por lo que se insta a los gobiernos a considerar el enorme potencial que representan, y la necesidad de su inclusión en las políticas del estado de manera sostenible para enfrentar la crisis de la deficiencia de agua, tanto en la actualidad como en el futuro. En este trabajo, el tipo de investigación será descriptivo bajo la modalidad documental. El diseño de investigación es de tipo no experimental, transaccional y descriptivo, ya que la variable son las Aguas Subterráneas desde la perspectiva sostenible. Sus dimensiones e indicadores son analizados en su estado natural, sin la intervención de manipulación por parte del investigador, simplemente se observa su comportamiento tal como se presenta en su contexto y en momentos específicos de tiempo.

**Palabras clave:** aguas subterráneas, sobre-explotación, sostenibilidad

**TOWARD SUSTAINABLE GROUNDWATER MANAGEMENT**

## ABSTRACT

Given the scarcity of water in the world, it is necessary to know the different alternatives to solve this problem, one of them is the use of groundwater. The objective of this article is to analyze the efficient and sustainable use of groundwater as a viable option in the face of the scarcity of this vital liquid. This is a qualitative research of documentary and informative type, where the contributions of several authors are shown, in reference to the legal and institutional framework and the programs and incentives on sustainable management plans, the benefits and impacts for the community and the environment are also analyzed. The document warns that the overexploitation and pollution to which the use of these waters is subjected, would have devastating effects for humanity, so it urges governments to consider the enormous potential they represent, and the need for their inclusion in state policies in a sustainable manner to address the crisis of water deficiency, both now and in the future. In this work, the type of research will be descriptive under the documentary modality. The research design is non-experimental, transactional and descriptive, since the variable is groundwater from a sustainable perspective. Its dimensions and indicators are analyzed in their natural state without the intervention of manipulation by the researcher, simply observing its behavior as it is presented.

**Keywords:** groundwater, overexploitation, sustainability

**VERSO UNA GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE SOTTERRANEE**

## RIASSUNTO

Data la scarsità di acqua nel mondo, è necessario conoscere le diverse alternative per risolvere questo problema, una delle quali è l'uso delle acque sotterranee. Questo articolo si propone di analizzare l'uso efficiente e sostenibile delle acque sotterranee come opzione valida di fronte alla scarsità di questo liquido vitale. Si tratta di una ricerca qualitativa di tipo documentario e informativo, in cui vengono mostrati i contributi di diversi autori, in riferimento al quadro legale e istituzionale e ai programmi e agli incentivi sui piani di gestione sostenibile; vengono inoltre analizzati i benefici e gli impatti per la comunità e l'ambiente. Il documento avverte che lo sfruttamento eccessivo e l'inquinamento di queste acque avrebbero effetti devastanti per l'umanità e sollecita i governi a considerare l'enorme potenziale che esse rappresentano e la necessità di includerle nelle politiche statali in modo sostenibile per affrontare la crisi della carenza idrica, sia oggi che in futuro. In questo lavoro, il tipo di ricerca sarà di tipo descrittivo con modalità documentaria. Il disegno di ricerca è non sperimentale, transazionale e descrittivo, in quanto la variabile è l'acqua freatica da una prospettiva sostenibile. Le sue dimensioni e i suoi indicatori sono analizzati nel loro stato naturale, senza l'intervento di manipolazione da parte del ricercatore, semplicemente osservando il suo comportamento così come si presenta.

**Parole chiave:** acque sotterranee, sovrasfruttamento, sostenibilità

## INTRODUCCION

El agua subterránea (AS) se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros y fisuras de las rocas más sólidas, constituye la mayor reserva de agua dulce en la Tierra, su ha utilizado a lo largo de la historia, y su requerimiento se ha acrecentado en el último siglo. A nivel global, el AS representa veinte veces más que el total de las aguas superficiales de todos los continentes e islas, y más de 100 veces la cantidad en arroyos y lagos, de ahí su importancia como reserva y recurso de agua dulce (Chen et al., 2017).

Para ubicar y llevar a cabo la explotación del AS, es necesario el uso de instrumentos que permitan un estricto análisis que faciliten su uso, control y planificación,

cuidando factores como el descenso excesivo del nivel de agua en los pozos; la degradación de la calidad por la contaminación desde la superficie, o la intrusión de agua salina de acuíferos adyacentes; la subsidencia del terreno o colapsos inducidos por la extracción de aguas subterráneas; el impacto sobre las corrientes de agua superficiales, en humedales y otros ecosistemas acuáticos, y el comportamiento hidrológico del sistema (Malagón et al., 2021).

En Venezuela se reporta un grave problema sobre la disponibilidad del agua potable para la población, posiblemente debido a diversos factores como la falta de mantenimiento y adecuación de embalses, sistema de aducción en ciudades, el crecimiento poblacional, e inadecuada gestión para el abastecimiento, entre otros (Urquiza & Billi, 2020).

En el presente trabajo se describe el suministro de agua potable en la actualidad, las características hídricas particulares de las aguas subterráneas, los retos que se presentan para su gestión sostenible, así como las propuestas para una mejor gestión en Venezuela.

El agua es un elemento crucial para la vida en la tierra, estrechamente vinculada con el clima, la energía, las ciudades, el medio ambiente, la seguridad alimentaria, la pobreza, la igualdad de género y salud. Es fundamental en las actividades económicas, sociales y ambientales, e incluida como el sexto objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) propuesto por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se señala garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2023).

El agua no solo es un elemento imprescindible para la vida, sino también un derecho fundamental, incluido en la mayoría de la Constituciones y Leyes de los países, reconocido como Seguridad Hídrica, definida como la capacidad de un territorio para garantizar el acceso igualitario, en calidad y cantidad, para proporcionar el servicio de agua, adaptándose a los cambios que se presenten, permitiendo de esta manera el desarrollo humano y económico sostenible de su población (Urquiza & Billi, 2020).

A continuación, se indican los objetivos específicos que se han alcanzado con la investigación:

- \* Caracterizar los sistemas de agua subterráneas desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

- \* Establecer los instrumentos y principios económicos que rigen el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas.
- \* Establecer los instrumentos y principios económicos que rigen el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas.
- \* Generar lineamientos teóricos que fundamenten la organización social efectiva para el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas.
- \* Analizar la metodología utilizada para cuantificar los niveles de uso sostenible de las aguas subterráneas desde una perspectiva crítica con propuestas de cambios.

De todas las regiones del mundo, América Latina es la que cuenta con la más alta disponibilidad per cápita de agua dulce; pero 1 de cada 4 personas no tienen acceso adecuado al servicio de agua potable, y 7 de cada 10 no poseen un saneamiento gestionado de manera segura, por insuficiencia en el acceso al servicio, o ausencia de una infraestructura estable, etc. Por lo general esto ocurre en los sectores económicos más bajo, impactando física, social y económicamente a una gran cantidad de personas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022).

Para Venezuela, el Índice de Seguridad Sanitaria Mundial reporta el acceso limitado al servicio de agua potable en varias de sus regiones, afectando primordialmente a la salud pública, evidenciado durante la pandemia de COVID 19, que le llevó a un índice de puntuación de 55,3%, siendo el mayor del 100%, y ocupar el lugar 176 de 195 países (Global Security Index (GSI) 2021). En el estado Zulia la crisis hídrica es grave y crónica, agravada en la última década por la crisis eléctrica, y en el 2019 el 40% de los hogares presentaban interrupciones recurrentes en este servicio (Aula Abierta Venezuela (AAV), 2021). En Maracaibo, su capital, el 85% de sus habitantes lo califican negativamente, el 22,7% no lo reciben nunca y solo el 2,3% lo tiene en ocasiones (Observatorio Venezolano de Servicios Públicos (OVSP), 2020).

Por todo lo antes planteado, se requiere de alternativas que lleven a mejorar este panorama, entre estas el uso de las AS, como una respuesta que garantiza el consumo de agua potable, bajo la dirección de entes pú-

blicos y/o privados que cumplan con las leyes, normas y procedimientos requeridas por el estado venezolano.

## 1. PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

### 1.1. Generar Conocimiento sobre Hidrogeología y recursos de AS

La explotación natural del agua proveniente de manantiales se remonta a las épocas muy remotas, comenzando en la prehistoria desde la era paleolítica, cuando se observan obras hidráulicas de gran ingenio para la época, que abastecían a las poblaciones a su alrededor. El hombre utilizaba la excavación de zanjas, pozos y galerías subterráneas, para mejorar el aprovechamiento del agua; pero es en la edad media cuando se utilizan procedimientos revolucionarios, y Francia fue el primer lugar donde por primera vez se desarrollan los pozos de AS a través de un procedimiento conocido como pozos artesianos, en los cuales el agua está confinada entre dos capas impermeables, sometida a una gran presión hidráulica que la empuja hacia la superficie (Morales, Martos-Rosillo & Duran, 2018).

A lo largo de este siglo se han producido tres eventos que han motivado un fuerte crecimiento en el consumo de agua: (a) a escala mundial el crecimiento de la población que ha pasado de 1600 millones de personas a principios de siglo, a 6000 millones en la actualidad, (b) el desarrollo industrial y (c) la expansión de la agricultura de riego pasando de 50 millones de hectáreas regadas a más de 250 millones en la actualidad (Llamas, 2013).

En el desarrollo del uso de las AS se pueden citar tres factores que han contribuido a su desarrollo, a saber (Custodio y Llama, 2000):

1. El uso de la bomba de turbina que permite extraer agua a grandes profundidades y caudales apreciables.
2. Las mejoras y abaratamiento de las técnicas de perforación de pozos.
3. El progreso de la ciencia hidrogeológica que permite un mayor conocimiento sobre el origen, movimiento y localización de las aguas subterráneas.

Por otra parte, los beneficios del uso de las AS van desde el tipo social, anteriormente es particularmente im-

portante en los países sin tener en cuenta subdesarrollo. En América del Norte y Asia Meridional, el 59% y el 57% respectivamente, de la superficie es provista para riego y dependen de las AS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2022). Para la India la situación es más compleja, pues alberga el 16% de la población mundial y solo dispone del 4% de los recursos de agua dulce del planeta, transformándose en el mayor extractor de AS del mundo (FAO, 2022). En los Estados Unidos de Norteamérica, para el año 2000 el uso de AS como fuente de agua potable representó entre el 21 al 24% (United States Geological Survey (USGS), 2017).

Para América Latina y el Caribe se indica que dada la abundancia de las aguas superficiales, se recurre con una menor frecuencia a las AS, en menos del 30%. En los países de la región dependientes de este sistema, se revela que la mitad la usan para el riego, un tercio para uso doméstico y el resto para la industria (ONU, 2022).

Por otro lado, a las AS se les reconocen varios beneficios, entre estos que son un factor de producción y generador riqueza y empleo, con una productividad económica por m<sup>3</sup> de agua utilizada de 4 o 5 veces mayor que la obtenida con las aguas superficiales (Llama, 2013; Sauquillo, 2009). Además del incremento de la recarga neta de los acuíferos, cuyas condiciones naturales muestran un nivel freático próximo a la superficie del terreno. El descenso de este nivel como consecuencia de los bombeos, se traduce en (a) reducción de la evapotranspiración; b) incremento de la recarga proveniente de la precipitación directa que era rechazada en condiciones naturales; y (c) incremento de la recarga inducida desde las corrientes de aguas superficiales (Custodio y Llama, 2000).

Por último, se están los beneficios ecológicos como resultado de la utilización conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. Una buena gestión puede eliminar la necesidad de construir nuevas infraestructuras hidráulicas, conservando de este modo la integridad hidrológica y ecológica de ríos y arroyos (Sauquillo, 2009).

A pesar de ser requerida por todo una población de un lugar determinado, la utilización de las AS no se caracteriza por el aspecto social colectivo, pues los aprovechamientos fueron y son individuales, lo que implica que no se establecen compromisos con otros usuarios de la misma zona con respecto a su funcionamiento.

## **1.2. En relación con la generación y puesta a disposición de información necesarias para mejorar el manejo de las AS**

### *a) Descenso de los niveles piezométricos*

Los descensos progresivos y continuados del nivel de agua en los pozos de bombeo, pueden conducir a disminución de los caudales obtenidos o incluso al secado de los pozos (Custodio y Llamas, 2000). En este sentido debe considerarse que cuando se bombea en un acuífero libre y extenso, el tiempo necesario para alcanzar una nueva situación de equilibrio de los niveles piezométricos, puede suceder en décadas o siglos, o incluso milenios, si la transividad es muy baja. Por otra parte, si el acuífero es confinado y de gran extensión, los descensos de niveles no suponen una disminución importante del almacenamiento, sino un cambio en las condiciones elásticas del sistema (Custodio y Llamas, 2000).

### *b) Degradación de la calidad del agua subterránea*

El problema de la calidad del AS y su protección contra la contaminación van a ser elementos claves en su gestión durante las próximas décadas (Llamas, 2013). En este sentido, se señala que la contaminación de estas aguas es el principal problema de la política del agua en regiones como Europa. Hay que tener en cuenta que la descontaminación de un acuífero suele ser un proceso muy largo y costoso, y a veces prácticamente imposible.

En los casos en que el deterioro es ocasionado por la explotación de las AS, el problema suele deberse a una inadecuada ubicación de las captaciones, y no necesariamente a la cantidad de agua extraída (Custodio y Llamas, 2000; Llamas, 2013). Esto suele suceder en zonas costeras de regiones áridas o semiáridas, en las que el cambio de gradiente hidráulico, debido a los bombeos, puede originar la intrusión de agua salina.

## **2. SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO**

### **\* Para la comprensión del valor económico de las AS**

La extracción de AS puede producir cambios en el estado tensional del terreno, que ocasionalmente originan o contribuyen a crear problemas de subsidencia o colapso del terreno. La extracción de este líquido trae consecuencia el incremento de descensos u oscilaciones y contribuye al aumento de los colapsos, que no son fá-

ciles de predecir.

En los acuíferos kársticos, el descenso o nivel piezométrico puede producir el colapso de las cavidades que la componen. En Venezuela comprenden el 20% de su extensión, y están presentes en varias de sus regiones, ubicados mayormente en las cabeceras de las cuencas y son altamente sensibles a la contaminación. En el Zulia se ubican específicamente en la Sierra de Perijá, cercanos a los ríos Guasare y Socuy, que dada las actividades humanas de riego e la industria carbonífera, representan un riesgo de colapso de estos acuíferos (Galán y Herrera, 2015).

En el caso de arcillas o limos depositados en los acuíferos poco consolidados, el bombeo produce descenso en la presión del agua intersticial, con la consiguiente consolidación progresiva de los sedimentos, que conduce a una lenta y significativa subsidencia del terreno. Aunque la importancia de la subsidencia o colapsos están relacionadas con la disminución en la presión del agua, y esta a su vez con la cantidad de AS extraída, la existencia de estos fenómenos frecuentemente se debe más a factores geotécnicos que a una gran extracción de agua (Chen et al., 2017).

#### **\* Afección a los cursos de agua conectados con el acuífero**

La explotación de AS puede, en algunos casos, modificar sustancialmente el funcionamiento hidrogeológico de un sistema. En ocasiones, descensos del nivel piezométrico hacen variar el sentido de la conexión acuífero. De este modo, zonas en las que el río es alimentado por la descarga del acuífero, se convierten en áreas en las que es el acuífero el que recibe la recarga del río, que puede llegar a secarse completamente, excepto durante períodos húmedos (Chen et al., 2017).

#### **\* Impactos ecológicos en los ecosistemas acuáticos**

De modo análogo a lo descrito en el punto anterior, un descenso del nivel piezométrico puede producir afecciones de distinto grado en áreas de importancia medioambiental. Los efectos negativos que pueden producirse son de varios tipos: (a) reducción de caudal o secado de manantiales, (b) disminución de la humedad del suelo a un nivel en el que la vegetación freatófica no puede sobrevivir, (c) desaparición parcial o total de humedales conectados hidráulicamente al acuífero en situación natural, (d) incluso cambios microclimáticos de-

bidos a una reducción de la evapotranspiración (Chen et al., 2017; Galán y Herrera, 2015).

La importancia de estas afecciones requiere un estudio particular en cada caso, que valore todos los efectos considerados, las posibilidades de reversibilidad de la situación, y las consecuencias de las posibles opciones, a menudo dificultadas por la existencia de intereses contrapuestos. La evaluación de los posibles impactos y beneficios enunciados es fundamental a la hora de planificar el desarrollo sostenible de las AS, ya que la Hidrogeología no sólo permite prever y cuantificar gran parte de estas afecciones, sino que en la mayoría de los casos puede mitigarse de forma muy importante con un correcto planeamiento de las captaciones y de las extracciones.

### **3. TERCER OBJETIVO ESPECIFICO**

#### **Para el establecimiento del entorno propicio para la aplicación exitosa de incentivos económicos.**

Como se ha dicho anteriormente, el concepto de sobreexplotación va asociado al de sostenibilidad. En este sentido, la extracción de AS no debería exceder los recursos renovables; sin embargo, en algunas regiones áridas las extracciones son más altas que la recarga media, que es prácticamente nula por la escasa precipitación en el área. Esta minería del AS supone una actitud carente de ética hacia las siguientes generaciones. En los países áridos el uso de estas aguas debe considerarse como un recurso no renovable, que requiere de continuas mejoras tecnológicas.

La minería del AS puede ser una opción racional y ética si se cumplen las siguientes condiciones (Llama, 2013; ONU, 2022; Chen et al., 2017):

- \* Realizar una valoración hidrogeológica correcta que garantice que con las cifras previstas de extracción, el acuífero puede suministrar agua en un plazo largo, por ejemplo entre 50 y 200 años.
- \* Analizar el impacto ecológico producido por la extracción de AS y la viabilidad económica del proyecto,
- \* Informar a los beneficiarios del agua extraída, ya sean agricultores o usuarios urbanos, que se está haciendo una minería del agua y, que el recurso obtenido se agotará en un plazo de tiempo deter-

minado.

\* Prever nuevos sistemas de suministro de agua, necesarios en el futuro cuando la extracción de AS ya no sea posible, como por ejemplo las plantas desalinizadoras.

Una política hidrológica razonable y ética referida a las AS, especialmente en regiones sobreexplotadas, requiere mejoría significativa en la obtención de datos hidrogeológicos y la difusión al público. Un mejor conocimiento de los recursos permitirá decisiones adecuadas, y las soluciones sugeridas por los defensores de una sobreexplotación de los acuíferos, podría resultar tan dañina para el desarrollo social como ciertos tipos de explotación excesiva.

### **Gestión sostenible de calidad de las aguas subterráneas**

La importancia de las AS, tanto como fuente de agua potable como en el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, debe analizarse considerando cuatro aspectos fundamentales: la multiplicidad e individualismo de los usuarios; el carácter de las aguas subterráneas como bien de propiedad común; la relativa escasez de datos hidrogeológicos fiables; y las nuevas demandas de la sociedad sobre la gestión de los recursos naturales en general y del agua en particular (Urquiza y Billi, 2020).

Los aprovechamientos de AS se caracterizan por la existencia de cientos e incluso miles de usuarios que dependen de un mismo acuífero. Su desarrollo es el resultado de la iniciativa particular de individuos, pequeñas o medianas industrias y municipios, con escasa participación del sector público. La iniciativa particular otorga un mayor dinamismo a los sectores a los que afecta el uso de estas aguas, como sucede en el caso del regadío. Sin embargo, la multiplicidad e individualismo de los usuarios, dificulta la coordinación de los mismos a la hora de establecer planes comunes de gestión, para eso es indispensable la Gobernanza.

La gobernanza son las relaciones políticas entre sus integrantes, para decidir, ejecutar y evaluar asuntos de interés público, cuyas reglas se caracterizan por la coexistencia de competencia y cooperación entre ellos, tanto para instituciones formales o no. La forma e interacción entre sus integrantes, refleja la calidad del sistema y

afecta a cada uno de sus componentes, y a la totalidad del sistema (CEPAL, 2021); proporciona herramientas y posibilidades de aprendizaje colectivo, que afecta la priorización de metas conjuntas, beneficiando el cumplimiento de éstas.

La gestión adecuada de los acuíferos subterráneos es una tarea difícil, ya que los usuarios que actúan independientemente para maximizar su propia utilidad, no toma en consideración el bien común. Las conductas que se presentan tradicionalmente son de dos tipos, por un lado está la propiedad individual donde se enfatiza el libre intercambio del mismo, mientras que en el otro se centraliza su gestión en un ente público para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Aunque en muchos países existen organismos especializados en la investigación y seguimiento de las AS; la escasez o falta de adecuación de los datos sobre las necesidades de gestión, es todavía uno de los retos fundamentales para su gestión sostenible (Castro y Moncada, 2022, 2017), como sucede en Venezuela donde la gestión del agua se basa en modelos tradicionales que necesitan renovarse, considerando la conservación de los ecosistemas acuáticos, mayores oportunidades de participación efectiva por parte de diversos grupos de interés y del público en general, y la incorporación de modelos de gestión a las necesidades locales (Castro y Moncada, 2022). En ese sentido, la construcción y uso de acuíferos subterráneos, en el país se sustenta en la Constitución (Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRB), 1999) y en la Ley de Aguas y su reglamento (Ley de Aguas, 2018).

## **4. CON RESPECTO AL DISEÑO DEL DIALOGO DE LOS ACTORES Y ACCIÓN CONCERTADA**

### **Alternativas para lograr un desarrollo sostenible**

El uso combinado de aguas superficiales y subterráneas funciona en muchos países desde hace años, sin embargo, no es frecuente que se lleve a la práctica de modo generalizado, planeado y controlado, por las agencias responsables de la gestión de recursos hídricos. Lo que existe es un uso alternado, en tiempos de abundancia se usa agua superficial y al falla restas en las sequías, se acude a las AS (Sahuquillo, 2009).

La idea sobre el uso combinado de las aguas es simple, pero su puesta en práctica es difícil, compleja, y a menudo fuente de conflictos. Las cuestiones técnicas sobre la capacidad del acuífero para recibir y guardar el agua de recarga, deben ser adecuadamente estudiadas, aunque no suponen una especial dificultad.

Los principales problemas sobre el uso combinado de las aguas, suelen ser de tipo económico, legal y político, con interrogantes sin respuestas en muchas ocasiones, como ¿Quién debe autorizar los volúmenes de agua superficial destinadas a la recarga? ¿Quién se hace cargo del costo y operación de las obras para la recarga? ¿Quién tiene derecho a utilizar el agua recargada? ¿Qué tipo de organización controla y dirige la gestión? Estas interrogantes han retrasado la puesta en práctica de la recarga artificial en muchas regiones, a pesar de reconocerse que es el método más eficaz para mejorar la garantía del suministro de agua, poco costoso comparado con otras alternativas, y más aceptable desde el punto de vista ambiental (Urquiza y Billi, 2009).

#### 4. CON RELACIÓN A PARTICIPAR EN ACCIONES ADICIONALES PARA CONSOLIDAR LA ORGANIZACIÓN SOCIAL

##### Las Aguas Subterráneas, necesidad de información y educación.

La ciencia hidrogeológica tiene como obstáculo para la difusión sobre las aguas subterráneas que se trata como un recurso oculto y misterioso, con ideas erróneas, desconocimiento generalizado sobre el papel que desempeñan en el medioambiente, en la producción de alimentos o garantizando el agua para beber.

Por ello es necesario un buen conocimiento en todos los niveles, tanto en administradores como en usuarios, sobre el funcionamiento y características de las AS, para conseguir su explotación racional y su gestión conjunta con las aguas superficiales. Estos lineamientos de políticas deben partir de extensos programas de información y educación.

Para la información se debe considerar la transparencia y el fácil acceso a los datos demandados por los usuarios, procurando que esta llegue a todos los sectores interesados, a través de formas y los medios más adecuados para cada uno. Algunas de las posibilidades

para diversificar esta información están: la difusión a través de Internet, información pública con reuniones y encuentros en zonas especialmente afectadas en la gestión del recurso, los centros de interpretación, difusión de publicaciones y folletos de diversos tipos, colaboración de organizaciones no gubernamentales, y la presentación pública de proyectos de investigación.

Los sistemas de información existentes hoy día permiten facilitar el suministro de datos sobre extracciones, calidad del agua, niveles piezométricos (Lineamientos de políticas propuestas) y otros, de una forma clara y rápida para todos los usuarios folletos y programas educativos (Linton, 2022; Urquiza y Billi, 2020).

Por otro lado, se propone la implementación de programas educativos que lleven a la población sobre la alfabetización científica, iniciándose con la inclusión en los currículos educativos oficiales, a fin de mejorar la comprensión de las AS, considerándose el uso de metodologías activas sobre la modelización, argumentación y salidas de campo, sin olvidar los nuevos conceptos, y la adquisición de habilidades y actitudes para formar una ciudadanía crítica capaz de tomar decisiones informadas en torno a la gestión del agua (de Pedro 2022).

## CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

### OBJETIVO 1

- \* Promover un mejor entendimiento sobre cómo funcionan los sistemas acuíferos, entre los usuarios de agua subterránea, agencias técnicas, decisores y entes políticos.
- \* Construir capacidades técnicas.
- \* Evaluar las características de los acuíferos, utilizando información geológica de las rocas, sedimentos.

### OBJETIVO 2

- \* Realizar un inventario de las extracciones de agua subterránea y estimar el balance hídrico de los acuíferos

- \* Informar de las amenazas a las cuales está sujeta al agua subterránea, incluyendo la extracción y contaminación excesivas
- \* Construir capacidades técnicas
- \* Evaluar las características de los acuíferos, utilizando información geológica de las rocas, sedimentos
- \* Realizar un inventario de las extracciones de agua subterránea y estimar el balance hídrico de los acuíferos
- \* Revisar las políticas económicas y agrícolas para identificar dónde se pueden hacer mejoras para facilitar la gestión del agua subterránea.
- \* Identificar incentivos económicos para la gestión y protección de las aguas subterráneas.

### OBJETIVO 3

- \* Desarrollar un plan nacional de gestión de las aguas subterráneas, a través de un proceso de diálogo y acción concertada con todos los actores y la formulación de una visión.
- \* Recopilar, verificar de manera cruzada y organizar datos e información pertinentes sobre los recursos de aguas subterráneas y sus usos.
- \* Desarrollar un plan nacional de gestión de las aguas subterráneas, a través de un proceso de diálogo y acción concertada con todos los actores y la formulación de una visión.
- \* Recopilar, verificar de manera cruzada y organizar datos e información pertinentes sobre los recursos de aguas subterráneas y sus usos.

### OBJETIVO 4

- \* Involucrar a los actores meta.
- \* Organizar y activar plataformas de partes interesadas relevantes, si es necesario en diferentes niveles y escalas.
- \* Movilizar la participación efectiva de los diferen-

tes grupos de interés locales en la plataforma local, con representación en otras plataformas.

- \* Para la economía y el empleo – Fuentes de aguas subterráneas agotadas y contaminadas disuaden la inversión, reducen la rentabilidad industrial y les cuesta a las personas, sus medios de vida y empleos.
- \* Para el abastecimiento de agua potable y la salud – La gestión sostenible de las aguas subterráneas provee un suministro seguro de agua.
- \* Para la seguridad alimentaria y agricultura sostenible – Sin agua subterránea sostenible, la seguridad alimentaria corre peligro.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aula Abierta Venezuela (AAV). Agosto 2021. La carencia del servicio de agua afecta las actividades en la Universidad del Zulia. Recuperado de <http://www.abiertavenezuela.org/index.php/2021/08/13/la-carencia-del-servicio-de-agua-afecta-las-actividades-en-LUZ>
- Castro, O.E., Moncada Rangel, J.A. 2022. Educación ambiental para el manejo sustentable del agua en la comunidad Toro Muerto, Rio Caroní. *Arete*. 8 (15): 61-84. Recuperado en <https://doi.org/10.55560/arête.2022.15.8.3>
- Chen, Z., Auler, A.S., Bakalowicz, M., Drew, D., Griger, F., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., et al. 2017. The World Karst Aquifer Mapping project: concept, mapping procedure and map of Europe. *Hydrogeol J.* 25:771–785. Recuperado de 10.1007/s10040-016-1519-3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (Diciembre 2022). Una recuperación transformadora en América Latina y el Caribe como sectores clave. Recuperado de <http://www.cepal.org/es/notas/recuperación-transformadora-america-latina-caribe-serviciod-basicos-agua-potable-electricidad>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (Agosto, 2021). Biblioguías: Desde el gobierno digital hacia un gobierno inteligente. ¿Que es la gobernanza?. <https://biblioguias.cepal.org/gobierno-digital/concepto-gobernanza>
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

- (CRB). 1999. Gaceta Oficial No 36.860. 30 de diciembre
- Custodio, E., Llamas, M.R. 2000. Hidrología Subterránea. Segunda edición. Morid, España: Omega S.A.
- Pedro Rodríguez M. (2022). Propuesta didáctica sobre las aguas subterráneas y sus amenazas para 3o de Educación Secundaria Obligatoria. Tesis. Maestría en Educación. Universidad Pública de Navarra. España
- Galán, C., Herrera, F. (2015). Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: Inventario, situación y conservación. En Rodríguez, Riesgo de Venezuela. Edit. UCLA
- Global Security Index (GSI). 2021. 2021 GHS Index Country Profile for Venezuela. Recuperado de <https://www.ghsindex.org/country/venezuela/>
- Ley Orgánica de Aguas de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial No 41.377. Decreto No 3.367, del 12 de abril de 2018
- Linton, I. 2022. Waters in the plural: Approaches an opportunities for more grounded research and management. Geocarrefour. 96/2. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour>
- Llamas, M.R. 2003. El proyecto aguas subterráneas: resumen, resultados y conclusiones. Edit. Fundación Marcelino Botín. Madrid. <https://www.fundacionmbotin.org>.
- Llamas, M.R. 2013. La incipiente sequía: ¿bendición o maldición?. <https://www.agua.es/noticias/ramon-llamas/12/04/09/la-incipiente-%C2%BF-bendicion-o-maldicion->
- Malagón, J., Piña, A., Arguello, S., Donado, L. 2021. Análisis hidro-geoquímico-multivariado del agua subterránea del sistema acuífero del valle medio del Magdalena, Colombia. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 73 (3): A070421. Recuperado <http://dx.doi.org/10.18268/BSG-M2021v73n3a070421>
- Morales R., Martos-Rosillo S., Duran Valsero J. (2018). El agua subterránea en la Historia. Los Libros de la Catarata. Madrid, España: Planeta.
- Pedro Rodríguez M. (2022). Propuesta didáctica sobre las aguas subterráneas y sus amenazas para 3o de Educación Secundaria Obligatoria. Tesis. Maestría en Educación. Universidad Pública de Navarra. España
- Observatorio Venezolano de Servicios Públicos (OVSP). Abril 2020. Maracaibo: la ciudad con mayores deficiencia de los servicios públicos domiciliarios. <https://www.observatoriovsp.org/maracaibo-la-ciudad-con-mayores-deficiencia-de-los-servicios-publicos-domicilio>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (Noviembre 2023). Vision statement UN 2023 Water. Conference “Our watershed moment: uniting the world for water.” [https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-11/Vision\\_Statement\\_UN2023\\_Water\\_conferen ce.pdf](https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-11/Vision_Statement_UN2023_Water_conferen%20ce.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (Marzo, 2022). Las aguas subterráneas pueden ser la solución a las crisis hídricas si se gestionan correctamente. Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2022/03/1505842>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (Marzo 2022). Aguas subterráneas: hacer visible lo invisible Historias de la FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/\c/1478810/>
- Sahuquillo Herraiz, A. 2009. La importancia de las aguas subterráneas. Rev R Acad Cienc Exact. 103(1): 97-114
- United States Geological Survey (USGS). (August 2017). Use groundwater in the United States. Recuperado de <https://water.usgs.gov/gotita/wugw.html>
- Urquiza, A., Billi, M. 2020. Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe: definición y aproximación territorial para el análisis de brechas y riesgos de la población. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46408-seguridad-hidrica-energetica-america-latina-caribe-definicion-aproximacion>
- World Health Organization (WHO). (Marzo 2022). Agua para el consumo Humano. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- World Resources Institute (WRI). (Marzo 2023). Ensuring Prosperity in a Water-stressed World. Our Challenges. Recuperado de: <https://www.wri.org/water>