



Artículo Original

Plan de manejo ambiental para la protección de las aguas subterráneas del acuífero Holguín

Environmental management plan for the protection of groundwater from the Holguín aquifer

Jorge Luis Bosch Ortiz¹  <https://orcid.org/0000-0003-1857-9551>, Sara Fernández Cruz²  <https://orcid.org/0000-0001-9246-5240>

Resumen:

Contexto: La insuficiente gestión ambiental del acuífero Holguín, atenta contra la protección y sostenibilidad de las aguas subterráneas.

Objetivo: Proponer un plan de manejo ambiental con vistas a viabilizar y brindar un orden de ejecución de acciones que favorezcan la gestión ambiental de las aguas subterráneas en el acuífero Holguín y contribuir con su protección y sostenibilidad.

Métodos: Búsqueda y análisis de la información proveniente de investigaciones realizadas con anterioridad, entrevistas a diferentes actores, criterio de especialistas, y análisis estadísticos simples.

Resultados: Se fundamenta y presenta un plan de manejo ambiental estructurado en tres fases: contextualización, planificación e implementación y control, conformado por 17 proyectos asociados a 9 programas, que se dirige a elevar la sostenibilidad en la gestión de las aguas subterráneas del acuífero Holguín.

Conclusiones: El plan de manejo propuesto constituye una buena herramienta mitigar los efectos negativos sobre el acuífero y mejorar la protección y sostenibilidad de las aguas subterráneas.

Palabras clave: gestión ambiental, aguas subterráneas, plan de manejo ambiental.

Abstract:

Background: Insufficient environmental management of the Holguín aquifer threatens the protection and sustainability of groundwater.

Objective: To propose an environmental management plan with a view to making viable and providing an order of execution of actions that favor the environmental management of groundwater in the Holguín aquifer and contribute to its protection and sustainability.

Methods: Search and analysis of information from research carried out previously, interviews with different actors, specialist criteria, and simple statistical analysis.

Results: An environmental management plan structured in three phases: contextualization, planning and implementation and control, made up of 17 projects associated with 9 programs, is based and presented.

Conclusions: The proposed management plan is a good tool to mitigate the negative effects on the aquifer and improve the protection and sustainability of groundwater.

Keywords: environmental management, groundwater, environmental management plan.

Historial del artículo

Recibido: 7 agosto 2023

Aceptado: 2 septiembre 2023

¹Delegación Territorial del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Holguín, Cuba;

²Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

Email: jlbosch@gmail.com

Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución NoComercial Compartirlgual (CC-BY-NC-SA) 4.0.



Citación recomendada para este artículo:

Bosch Ortiz, J. L. y Fernández Cruz, S. (2023). Plan de manejo ambiental para la protección de las aguas subterráneas del acuífero Holguín. *Monteverdia*, 16 (2), 23-30. Recuperado de: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/monteverdia/4314>

Introducción

El agua subterránea es uno de los recursos naturales más valiosos que existe en el planeta. Según la UNESCO (2003), un tercio de la población mundial se abastece de los acuíferos subterráneos y en muchos lugares constituyen la principal o incluso la única fuente para la población rural. De los 37 millones de km³ de agua dulce estimados en la Tierra, alrededor del 22% existe como agua subterránea, lo cual constituye aproximadamente el 97% del agua dulce en estado líquido disponible para el uso humano (Jiménez, 2015).

Sin lugar a dudas el agua subterránea es un recurso natural de reconocida importancia por ser una fuente de abasto económica y segura de agua potable, tanto en el medio urbano como en el medio rural. Sin embargo, tanto a escala mundial, como en nuestro país, los acuíferos están experimentando una creciente amenaza de contaminación causada por la urbanización, el desarrollo industrial y las actividades agrícolas entre otras. Lo cual indica la necesidad llevar a cabo acciones destinadas a proteger la calidad natural de este recurso.

De modo que el estudio de las aguas subterráneas, sus fuentes y las causas de su contaminación ha recibido

gran interés por parte de investigadores e interesados en el estudio del medio ambiente y la contaminación. (SuaadHadi, 2021).

Tal es el caso del acuífero Holguín, el cual se encuentra distribuido en la cuenca hidrográfica del mismo nombre, con una extensión territorial de 655.9 Km² que abarca casi la totalidad del Municipio cabecera y además en un área densamente poblada con una población aproximada de 344 428 habitantes. Dada la insuficiente garantía de abasto de agua de fuentes superficiales y la necesidad de agua potable para el consumo humano, los pobladores de la zona residencial consumen agua de pozos.

Es de señalar, que en la red de monitoreo de la calidad del agua, (Red de Observación de la calidad de las aguas, 2019), se han observado irregularidades en la composición química y bacteriológica, en este caso se han observado presencia de microorganismos patógenos, tales como coliformes fecales y *E. coli*, que son indicadores de contaminación, lo cual atenta contra la salud y el bienestar de la población.

Esta problemática es muestra de una insuficiente gestión ambiental de las aguas subterráneas, que además se manifiesta a través de: la falta de control de los focos contaminantes, la insuficiente gestión de los residuales por parte de empresas contaminadoras, la indisciplina social dada la proliferación de microvertederos, insuficiencias en las zonas de protección sanitaria de los pozos destinados al abasto de la población y el desconocimiento de la población sobre el uso y cuidado del agua.

Evidentemente se manifiesta una insuficiencia en la gestión ambiental. La gestión ambiental de las aguas subterráneas se vincula a la necesidad de la sociedad de proteger este recurso ante el peligro de deterioro y escasez del mismo, motivado por el crecimiento acelerado de la población y el desarrollo económico y social a escala mundial (ONU 2016).

Al considerar el impacto social negativo que está ocasionando la creciente escasez de agua con calidad, se propone un plan de manejo ambiental con vistas a viabilizar y brindar un orden de ejecución de acciones que favorezcan la gestión ambiental de las aguas subterráneas en el acuífero Holguín y contribuir con su protección y sostenibilidad.

Los planes de manejo constituyen una herramienta importante para la implementación de acciones

dirigidas a la conservación y uso racional de los recursos naturales; en ellos se toman en cuenta aquellos factores indispensables para el desarrollo de áreas específicas. En la consecución de los planes de manejo, se incluyen elementos importantes como: el conocimiento científico del área, el diagnóstico biofísico, identificación de los principales problemas que deben ser abordados para lograr un desarrollo sostenible, los objetivos de planificación y manejo de los recursos del área, la zonificación y una serie de instrumentos de manejo que deben ser implementados a través de planes operativos específicos. (Cordero P, et. al. 1999).

Los planes de manejo ambiental parten de la realización de un estudio de diagnóstico ambiental, los cuales ofrecen información útil para la solución de problemas o la transformación de una situación, es investigación aplicada que sirve como herramienta para la acción (Barboza, 2013). Un diagnóstico ambiental brinda información importante sobre:

- El conocimiento del estado ambiental de un territorio a partir del cual se puede definir una correcta política ambiental que haga posible el desarrollo sostenible de los recursos.
- La identificación de aquellas incidencias ambientales que afectan al recurso, con el objetivo de subsanarlas.
- El cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- La ejecución y establecimiento de actuaciones ambientales en el territorio (proyectos, estudios, organización interna).
- Facilidades de la puesta en marcha de los sistemas de participación ciudadana y marcar el punto de partida para los planes de desarrollo.

Por consiguiente, un plan de manejo ambiental constituye una propuesta realista de acciones de mejora, encaminadas a resolver los problemas diagnosticados, e incluyen un sistema de parámetros para su medición, control y seguimiento. Indiscutiblemente favorece la gestión ambiental de las aguas subterráneas definida por Fernández (2014), como

(...) las acciones, mecanismos e instrumentos ejecutados por organismos competentes en conjunto con la participación ciudadana, para la conservación, protección y mejoramiento del recurso agua subterránea, con vistas a garantizar su uso racional y sostenible, a través de una

integralidad física, administrativa, tecnológica, social y ambiental (p. 47).

Por lo que, si se desarrolla un plan de manejo ambiental en el acuífero Holguín, se favorece la gestión ambiental de las aguas subterráneas y se contribuye a su protección.

Materiales y métodos

La investigación llevada a cabo para la fundamentación de la propuesta de plan de manejo ambiental, se desarrolló en tres momentos: el Diagnóstico, el Diseño del Plan de Manejo y la Validación del mismo.

I. Diagnóstico

Primeramente, se realizó un diagnóstico con el objetivo de identificar los principales problemas que afectan a las aguas subterráneas y sobre estos resultados se diseñó el plan de manejo.

II. Diseño del plan de manejo

A continuación, el plan de manejo ambiental se diseñó considerando que:

- Debe ser una propuesta realista de acciones de mejora, encaminadas a resolver los problemas diagnosticados, e incluyen un sistema de parámetros para su medición, control y seguimiento.
- Debe tener correspondencia con las fases de la gestión ambiental de las aguas subterráneas: Contextualización, Diagnóstico, Planificación e implementación y la de Control (Fernández, 2014).
- Debe incluir las nuevas normativas y leyes vigentes en el país, como la ley No 124 de las Aguas Terrestres y la Política Nacional del Agua, que en su principio 14 se establece “Articular la gestión hídrica con la gestión ambiental”. (GORC, 2017).

III. Validación

Y por último se validó la propuesta mediante la implementación parcial del plan de manejo y el criterio de especialistas.

La implementación parcial se evaluó a partir de la verificación de la ejecución física y financiera de los proyectos de acuerdo al horizonte de planeación, y se realizó aplicando la siguiente ecuación:

$$PCEP = \left(\frac{TP}{TRE} \right) * 100$$

donde:

PCEP = Porcentaje de cumplimiento en la ejecución del proyecto X.

TP = Tiempo programado (según el cronograma)

TRE = Tiempo real de ejecución.

La anterior ecuación se aplica a cada uno de los proyectos que se están ejecutando y se evalúan según los siguientes criterios:

- Valores entre el 90 y 100%, indica un excelente cumplimiento en la ejecución del proyecto evaluado.
- Valores entre 70 y 90%, indica un buen cumplimiento en la ejecución proyecto evaluado.
- Valores menores de 70%, indica problemas en la ejecución del proyecto evaluado.
- Valores iguales a 0%, indica que el proyecto que debe estar en ejecución aún no empieza.

Los proyectos que presenten valores menores del 70%, se hace un análisis de las causas de los atrasos en su ejecución y se definen estrategias para corregir dichas situaciones.

El criterio de especialistas, se utiliza para validar la pertinencia y solidez de las concepciones teóricas y metodológicas empleadas en una investigación, basado en la utilización de los conocimientos que posee un grupo de personas. (Herrera Masó, 2021). En este caso tuvo como propósito tener opiniones válidas sobre la propuesta del PMA y se llevó a cabo según la secuencia siguiente:

1. Selección de los especialistas
2. Valoración por parte de los especialistas
3. Procesamiento de los criterios emitidos por los especialistas

En cuanto a la definición de la cantidad de expertos se realizó utilizando un método probabilístico simple y asumiendo una ley binomial, con un nivel de precisión deseado (I) del 10%, un promedio estimado de errores (P) del 3% y para un nivel de confianza del 90%, con $K=2.6896$. Para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$M = \frac{P(1 - P)K}{I^2}$$

La valoración por parte de los especialistas se hizo en cuanto a su: coherencia, aplicabilidad, eficiencia y pertinencia. Considerando una escala de puntuación en orden descendente en dependencia del orden de importancia de 0 al 10:

Para que exista consenso entre los especialistas en cuanto a la valoración del procedimiento y sea confiable el factor de concordancia (W) debe ser mayor o igual que 0,5.

El Coeficiente de concordancia Kendall W, se determinó por la fórmula:

$$W = \frac{12 * \Sigma \Delta_i^2}{M^2 (K^3 - K)}$$

Donde $\Sigma \Delta_i^2$ es la sumatoria de los criterios menos T; M es el número de expertos y K es el número de criterios.

T, factor de comparación, se determinó calculando la expresión:

$$T = \frac{\Sigma_{criterios}}{K}$$

Donde $\Sigma_{criterios}$ es la sumatoria de los criterios emitidos y K el número de criterios evaluados.

Resultados y discusión

El plan de manejo ambiental se estructuró en cuatro fases: Contextualización, Diagnóstico, Planificación e Implementación y la de Control

Plan de manejo ambiental para el acuífero Holguín

- Fase de Contextualización: constituye el escenario de actuación donde se ejecutarán todas las actividades y que define a su vez acorde a sus condiciones el nivel de actuación a seguir. En este caso se contextualiza al acuífero Holguín.
- Fase de Diagnóstico: es la base y fundamentación para diseñar el programa de Manejo Ambiental, comprende la realización de un levantamiento de toda información referente a la situación que presentan las aguas subterráneas en el escenario de gestión, con el objetivo de conocer la magnitud del problema, valorar las posibles acciones a realizar, las potencialidades y dificultades que se presentan para su solución.

Se consideraron dos componentes básicos:

1. El componente natural que describe las características del acuífero, que define el modelo hidrogeológico funcional.
2. El componente sociocultural y económico, que permite identificar las interrelaciones sociedad-acuífero.

En este caso se destaca la presencia de un acuífero freático, sin presión, caracterizado por contener aguas de “fisuras” (grietas filoneanas), en rocas de la asociación ofiolítica en la que tienen gran desarrollo las serpentinitas y dunitas serpentinizadas. Estas rocas en la parte superior del corte aparecen fracturadas y fisuradas, pero a medida que se profundizan son menos permeables con transmisividad menor de 100m²/día aunque existen zonas donde la transmisividad aumenta por los procesos de meteorización alcanzando valores entre 100-1000 m²/día y además zonas de pequeñas dimensiones, aisladas donde pueden localizarse caudales entre 5 y 10 l/seg. relacionados con áreas de alto agrietamiento y fallas (Fernández, 2014).

Los niveles de las aguas oscilan de 2 a 10 metros, y las aguas se clasifican como hidrocarbonatadas cloruradas magnésicas, los resultados de los ensayos de laboratorio realizados muestran que la calidad de las aguas en general es buena en los pozos que bastecen a la población que son controlados por el INRH, según NC 1021(2014); no obstante, tienen instalados sistemas de cloradores para la desinfección. Sin embargo, el resto de los pozos presentan aguas con diferentes niveles de contaminación

La Vulnerabilidad Natural o Intrínseca, en general se clasifica (intervalo de 0,3 a 0,5) como Media, (Pino Santiesteban y otros, 2019). Es de señalar que el acuífero está distribuido en una zona densamente poblada, lo cual incide en la garantía de la estabilidad de la calidad del agua.

Por otra parte, la caracterización sociocultural y económica, permitió enfrentar la evaluación de aspectos tan cruciales como lo son la identificación y análisis de actores significativos para el plan de manejo, la indagación teórica y vivencial de prácticas sociales y culturales influyentes en una cultura hídrica

La suma, superposición y confrontación de las características físicas y sociales, aportaron los elementos de análisis para identificar los problemas o amenazas del acuífero, y trascender a la evaluación de riesgos naturales o antrópicos. Desde la fase de diagnóstico el plan debió tener un carácter participativo, lo que garantizó el compromiso de los distintos actores en su ejecución.

De forma general los resultados del diagnóstico facilitaron:

1. La identificación de la situación actual del sistema acuífero, de los aspectos y zonas de especial importancia hidrogeológica y de las amenazas o problemáticas asociadas con el uso y preservación del recurso hídrico.

2. La definición de las medidas de manejo y de administración del recurso hídrico.

3. El Establecimiento de determinantes ambientales que deberán ser considerados en los procesos de ordenamiento territorial.

4. La formulación de los programas, proyectos y actividades que permitan la sostenibilidad del recurso, mediante el fortalecimiento de las capacidades institucionales, el avance en el conocimiento, el monitoreo sistemático del estado y dinámica de los sistemas acuíferos, el fortalecimiento de la educación ambiental, y de los mecanismos para la participación ciudadana.

• Fase de planificación e implementación: la planificación es el soporte conceptual de la gestión ambiental de las aguas subterráneas, marca la pauta a seguir, es decir el escenario deseado-posible, el cual responde a la necesidad de construir la visión ambiental del acuífero y de los temas que enmarcan la gestión ambiental; para esto se precisa de la visión ambiental, desde cualquier punto de vista, cultural, socio-económico, productivo y ambiental, cuyo propósito es promover el desarrollo y bienestar a las comunidades. La planificación concibe, además, la definición de los recursos (materiales, financieros y humanos) que intervienen en el proceso de gestión que se propone, las acciones a realizar, las responsabilidades y forma de actuar, que son contempladas en el plan de manejo, de manera tal que propicie su implementación, según su cronograma.

En esta fase de definieron los programas y proyectos a ejecutar, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico.

El Objetivo general del plan de manejo ambiental, se centró en: garantizar la protección y sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo del acuífero Holguín mediante una gestión integral que incluya los ecosistemas y comunidades asociados al mismo.

En tanto, los objetivos específicos a:

- Disminuir el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero Holguín mediante el control

de las fuentes de contaminación originadas por el desarrollo urbano y actividades económicas.

- Fortalecer la gestión institucional y social del recurso hídrico subterráneo.

- Caracterizar, cuantificar y gestionar la demanda como acciones encaminadas a prevenir efectos del cambio global.

En total se formularon 17 proyectos, asociados a 9 programas que conforman el plan de manejo diseñado, de acuerdo a las problemáticas y prioridades establecidas en el diagnóstico y en un horizonte de planeación largo (10 años), mediano (5 años) y corto plazo (2 años).

Para la regulación y control a los vertimientos y uso del agua en las actividades económicas.

I. Programa: Saneamiento básico urbano.

Proyecto: Aprobación, seguimiento y control a los vertimientos residuales.

II. Programa: Saneamiento básico rural.

Proyecto: Estudio de vulnerabilidad en la zona de recarga del acuífero.

Para el apoyo, cooperación y acompañamiento del municipio Holguín en el saneamiento ambiental de sus asentamientos.

III. Programa: Control y seguimiento a las fuentes contaminantes identificadas.

Proyecto: Creación del Comité de calidad para el control y seguimiento a las fuentes contaminantes.

IV. Programa: Control de fuentes de abasto activas y abandonadas.

Proyecto: Inventario, seguimiento a las construcciones y control de las fuentes de abasto.

Para el fomento de producción más limpia.

V. Programa: Inclusión de prácticas sostenibles en los procesos productivos.

Proyecto: Diseño y ejecución de un programa de incentivos en las actividades agropecuarias, comerciales, servicios y otras ramas de la economía.

Para la generación de instrumentos para el fortalecimiento institucional

VI. Programa: Articulación del plan de manejo ambiental con los instrumentos de planificación de carácter municipal que contribuyen a la protección de las aguas subterráneas.

Proyecto: Identificación, definición, zonificación y reglamentación de los usos de las áreas de recarga del acuífero.

Proyecto: Incorporación de las áreas de recarga definidas en el plan de manejo ambiental en los planes de ordenamiento territorial del municipio y demás planes de manejo ambiental que incluyan estas áreas.

VII. Programa: Investigación para la gestión del recurso.

Proyecto: Red de monitoreo de la calidad del agua.

Proyecto: Red de monitoreo de los niveles del agua subterránea.

Proyecto: Evaluación de riesgo por cambio ambiental.

Para la gestión de la demanda del recurso hídrico subterráneo.

VIII. Programa: Estudio de la relación oferta-demanda.

Proyecto: Caracterización e inventario de la demanda.

Proyecto: Determinación de volúmenes disponibles (cuota máxima).

Proyecto: Balance hídrico (oferta-demanda).

IX. Programa: Manejo integral de la demanda.

Proyecto: Reglamentación de los usos del agua.

Proyecto: Sistema de seguimiento a los consumos del agua en los diferentes usos.

Proyecto: Plan de uso eficiente y ahorro del agua.

- Fase de Control: comprende la evaluación y la corrección de las acciones que se ejecuten con vistas a garantizar el cumplimiento del plan de acción. El control es un elemento clave, a través del cual el organismo rector supervisará tanto el cumplimiento del

plan de manejo, así como los resultados alcanzados, en correspondencia con los objetivos propuestos y propondrán acciones correctivas en caso necesario

En esta fase se realizó el seguimiento y la evaluación a tres de los proyectos propuestos, que ya se implementan, con el objeto de definir los ajustes necesarios, para los periodos que se han determinado en su ejecución.

Proyecto 1.IV (Programa IV): Inventario, seguimiento a las construcciones y control de las fuentes de abasto. Ejecución: 2 años.

Proyecto 2. VI (Programa VI): Incorporación de las áreas de recarga definidas en el Plan de Manejo Ambiental en los Planes de ordenamiento territorial del municipio. Ejecución: 3 años.

Proyecto 1.VII (Programa VII): Red de Monitoreo de la calidad del agua. Ejecución: 10 años.

Resultados de la validación del plan de manejo ambiental para el acuífero Holguín

Valoración del criterio de especialistas

Al realizar los análisis correspondientes y procesar los datos T (Factor de Comparación) tiene un valor de 69 y W (Coeficiente de Concordancia de Kendall) de 0.63, como el coeficiente de concordancia entre los expertos ($W > 0.5$), la opinión de los expertos es confiable y concordante. Las características con mayor peso en el plan de manejo propuesto según la valoración de los especialistas y el factor de comparación que se muestra en la Fig.1, es la aplicabilidad y la pertinencia, en tanto la eficiencia y la coherencia ocupan un segundo orden en la jerarquía.

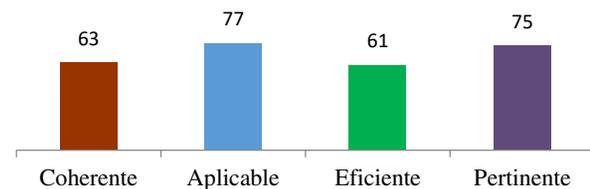


Fig. 1. Gráfico del resultado del criterio de especialistas.

Valoración de la implementación parcial

Este aspecto se valoró a partir del Porcentaje de cumplimiento en la ejecución de proyecto (PCEP) y que cuentan con resultados. Se tomaron como referencia tres de los proyectos del plan de manejo ambiental para el acuífero Holguín que ya se

encuentran en ejecución, el Proyecto 1 del Programa IV (1.IV), el Proyecto 2 del Programa VI (2.VI) y el Proyecto 1 del Programa VII (1.VII). Los resultados de la evaluación pueden verificarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del PCEP, para los proyectos de ejecución.

| Proyectos | PCEP (%) | Evaluación |
|----------------|----------|-------------------|
| Proyecto 1.IV | 96 | Excelente |
| Proyecto 2.VI | 81 | Buen cumplimiento |
| Proyecto 1.VII | 100 | Excelente |

Conclusiones

La propuesta del plan de manejo ambiental para el acuífero Holguín, se diseñó en correspondencia con la problemática identificada y al analizar los resultados de la validación mediante el criterio de especialistas y la implementación parcial, se evidencia que es una buena herramienta para mejorar la protección de las fuentes de abasto y mitigar los efectos negativos sobre la calidad del agua subterránea.

Recomendaciones

Dado los resultados obtenidos en la validación, se recomienda a las autoridades pertinentes la implementación completa del Plan de manejo ambiental para el acuífero Holguín, con vistas a aprovechar los beneficios que el mismo aporta en cuanto a la protección de las fuentes de abasto del acuífero y mantener un monitoreo sistemático del estado evolutivo de la problemática ambiental identificada.

Financiamiento de la investigación

La investigación fue financiada por la Delegación Territorial de Holguín del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Contribución de los autores

Bosch Ortiz: Concepción y diseño de la investigación. Revisión documental. Determinación y análisis de resultados. Redacción del artículo y revisión final.

Fernández Cruz: Diseño de la investigación. Revisión documental. Validación de la propuesta. Análisis de los resultados. Redacción del artículo y revisión final.

Conflictos de intereses

No se expresan conflictos de intereses.

Referencias

Barboza Guzmán, R. (2013). Diagnóstico de la percepción ambiental de las comunidades vecinas del parque metropolitano La Libertad, San José, Costa Rica. *Biocenosis*, 27 (1-2), 28-36.

Cordero Pérez, P., Córdova Muñoz, R., Vásquez, A., Windevoxel Lora, N.J. (1999). *¿Qué es un Plan de Manejo? El caso del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro Costa Rica*. Costa Rica: UICN-ORMA. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/node/7632>

Fernández Cruz, S. (2014). *Tecnología para la gestión ambiental de las aguas subterráneas*. (Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas). Instituto Superior de Ciencia y Tecnologías Aplicadas, La Habana, Cuba.

Gaceta Oficial de la República de Cuba. GORC. (2017). No. 51 Extraordinaria. Ley No. 124 de las Aguas Terrestres

Herrera Masó JR, Calero Ricardo JL, González Rangel MA, Collazo Ramos MI, Travieso González Y. (2022). El método de consulta a expertos en tres niveles de validación. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 21(1), e4711. Recuperado de <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4711>

Jiménez Madrid, A. (2015). *La protección del agua subterránea destinada al consumo humano*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/alberto-jimenez-madrid/proteccion-agua-subterranea-destinada-al-consumo-humano>

NC 1021: 2014 *Higiene comunal — Fuentes de abastecimiento de agua — Calidad y Protección sanitaria*

ONU. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Pino Santiesteban, M. (2019). *Estudio de vulnerabilidad de acuíferos Ciudad de*

Holguín. Informe Técnico. Archivo Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín, Raudal.

Red de Observación de la calidad de las aguas. (2019). *Informe Técnico del Monitoreo de las aguas subterráneas, cuenca Holguín*. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Holguín. EAHH. INRH.

SuaadHadi Hassan Al-Taai. (2021). Ground water: A study of its importance, its sources, and the causes of its pollution. *Materials Today. Proceedings*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.557>

UNESCO. (2003). *Agua para todos, agua para la Vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. Recuperado de <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>