

El aprendizaje de la hidrogeología, una contribución al conocimiento y preservación de las aguas subterráneas

Dayra Yessenia Blandón Sandino¹

Desde el inicio de la civilización, el ser humano ha dependido de los recursos naturales para cubrir necesidades básicas tales como alimentación, vivienda, vestimenta y transporte. Uno de los recursos que merece especial atención, es el recurso agua, dado su importancia para la sobrevivencia de toda forma de vida en el planeta Tierra, evidenciado en el establecimiento de asentamientos humanos en zonas cercanas a ríos y lagos.

El estudio de los recursos naturales, en especial la problemática actual que pone en riesgo la calidad y cantidad de éstos, es abordado desde las ciencias ambientales, sin embargo, es un tema de interés común a la humanidad, considerando que todos somos habitantes del mismo planeta, y que la degradación de los recursos naturales, disminuye la calidad de vida de la población en general.

De esta manera, el presente ensayo pretende analizar la problemática actual del recurso agua, así como describir el proceso de enseñanza de la asignatura Hidrogeología y su aporte en la formación de licenciados e ingenieros en Ciencias Ambientales, que puedan contribuir a la restauración de sistemas hídricos degradados. Esta carrera es ofrecida en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, en su Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí.

¹ Docente del Departamento de Ciencia Tecnología y Salud, UNAN-Managua, FAREM/Estelí Correo Electrónico: dayra.blandon@gmail.com

Antes de entrar a describir la problemática actual del recurso agua, es necesario definir el concepto de agua, una palabra utilizada a diario, y que probablemente no ha sido analizada en profundidad. Según la Real Academia Española el Agua es una sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

Aunque más de las tres cuartas partes de la superficie terrestre están cubiertas de agua, solo es dulce una cantidad inferior al 3%, y de ésta, más de sus tres cuartas partes se encuentran heladas en los polos y glaciares. De la restante, el 99% se localiza bajo tierra (aguas subterráneas) y solo un 1% en la superficie (escorrentía superficial). (Gavidia Catalán & Rueda Sevilla, 2006)

El agua dulce disponible para el consumo humano, así como para el desarrollo de actividades agrícolas e industriales es muy reducido; esta situación se agrava dado la escases experimentada por efectos del cambio climático, o por los niveles de contaminación que han alcanzado las fuentes hídricas. A manera de ejemplo, es relevante destacar la sequía experimentada por Nicaragua en el año 2014, que según datos oficiales ofrecidos por el INETER, ha sido la peor sequía en 32 años en éste país centroamericano.

Pero, ¿cómo se manifiesta la sequía en el país?, esto se manifiesta en la reducción de las precipitaciones, y por tanto, en la reducción de la producción de alimentos disponibles para la población. Por otro lado, en las cuencas hidrográficas, es evidente la reducción de los caudales en las fuentes hídricas superficiales, así como disminución de los niveles freáticos en las fuentes hídricas subterráneas.

En relación a la contaminación del agua, según cifras del inventario de fuentes de contaminación realizado por MARENA, se generan alrededor de 60 millones de metros cúbicos de aguas residuales urbanas que se descargan sin tratamiento en la zona del Pacífico. Fuentes de agua, como el Río Acome, en Chinandega y el Río Chiquito en León, se encuentran en condiciones de degradación que las hacen inutilizables para cualquier uso. Otras fuentes de agua tales como las Lagunas de Masaya, Tiscapa y Nejapa, manifiestan un alto grado de contaminación y corren riesgo de ser inutilizables a mediano plazo. La calidad del agua presenta mayores amenazas en la región del Pacífico, por la alta concentración de población y de la industria, y la fuerte actividad agropecuaria que se registra en esta zona. (ENACAL & OPS-OMS, 2004 citado por (Blandón Sandino, 2012))

En otro aspecto, vinculado a la importancia de agua para el ser humano, es necesario destacar que alrededor del 60% del agua del cuerpo de un hombre adulto es agua y el 40% restante está formado por grasas, proteínas, hidratos de carbono y minerales. Las mujeres tienen una mayor proporción de grasa corporal, de manera que el total de agua corporal representa alrededor del 50% de su peso. (Pocock & Richards, 2005)

Sin embargo, no toda la población tiene acceso a este vital líquido dado la escasez de agua por efectos del cambio climático y el problema de contaminación, incumpliendo de esta manera una necesidad humana fundamental, un derecho humano básico. Sumado a esto, a nivel mundial el agua está distribuida de manera desigual, la mayor parte de estos recursos se ubican en Asia y Sudamérica (13,500 y 12,000 km³ por año, respectivamente). (Toledo, 2002)

La mayor cantidad de agua dulce disponible para el consumo humano, se localiza en depósitos subterráneos, denominados acuíferos; para comprender el origen de los acuíferos, distribución y movilización del agua por el subsuelo, surgió la hidrogeología.

La ciencia de las aguas subterráneas comprendida en las ciencias de la tierra que persigue el conocimiento de las condiciones geológicas e hidrogeológicas y de las leyes físicas que rigen el origen, la presencia, los movimientos y las propiedades de las aguas subterráneas. Se ocupa también de las aplicaciones de estos conocimientos a las acciones humanas sobre las aguas subterráneas, sobre todo a su prospección, captación y protección. Castany y Margat (1977) citado por (Pulido Bosch, 2014)

Los acuíferos se forman a partir de la precipitación que cae en la superficie terrestre, donde cada gota de agua tendrá la posibilidad de infiltrarse y almacenarse según las condiciones geológicas y geomorfológicas del terreno. A partir de aquí, una gota de agua puede permanecer almacenada hasta 10 000 años en acuíferos muy profundos, o hasta dos siglos en acuíferos superficiales. El problema es la sobreexplotación de los acuíferos, es decir, hay un consumo excesivo de agua en actividades humanas, que sobrepasan su capacidad de almacenamiento.

La sobreexplotación de agua subterránea trae como consecuencia el descenso del nivel freático (que puede provocar intrusión salina en zonas costeras), disminución del volumen de agua subterránea, deterioro de la calidad del agua, incremento en el costo de extracción, daños ecológicos e ineficiencia en el manejo del agua subterránea y subsidencia del terreno. (Dávila Pórcel & de León Gómez, 2011)

Por tanto, son necesarios estudios hidrogeológicos que posibiliten la realización de balances hídricos en cuencas hidrográficas, logrando un inventario de

entradas y salidas de agua superficial y subterránea; definiendo así, la falta y excesos de agua para una adecuada planificación hidráulica, que garantice la satisfacción de la demanda de la población en relación a este vital líquido.

La hidrogeología aporta valioso conocimiento sobre las aguas subterráneas, un conocimiento que debiera ser difundido a la población en general, como vehículo que conduce a la toma de conciencia sobre la necesidad de protección del agua, para satisfacer las necesidades humanas actuales y futuras.

En este sentido, se ha abordado la Hidrogeología como una asignatura en la carrera de Ciencias Ambientales, ofrecida por la UNAN Managua, FAREM Estelí, la cual trata elementos y herramientas para analizar aspectos básicos de la hidrogeología, cuencas hidrográficas, balance hídrico, movimiento del agua en el suelo, comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas, formación de acuíferos y exploración de aguas subterráneas.

Esta asignatura es ofrecida en el sexto semestre de la carrera, y a través del estudio de ésta, el futuro profesional está en la posibilidad de aportar a la solución de problemas relacionados a la contaminación del recurso agua, así como a la búsqueda y explotación racional de éste. Al respecto, el profesional graduado en Ciencias Ambientales puede formular y evaluar proyectos que involucren o comprometan recursos naturales, en especial el recurso agua; asimismo, puede ejecutar planes para la gestión de cuencas hidrográficas, áreas protegidas y gestión integral de riesgos.

En la práctica, los estudiantes de Ciencias Ambientales han logrado difundir conocimientos científicos adquiridos en la asignatura de Hidrogeología, a estudiantes de primaria y secundaria, aportando en la sensibilización sobre la protección de este recurso. Esto ha sido posible dado la vinculación de la asignatura Hidrogeología y Educación ambiental, trabajada de manera colegiada.

Por otro lado, considerando que la asignatura Hidrogeología es teórica-práctica, es preciso la implementación de estrategias de enseñanza-aprendizaje que conduzcan a una mejor apropiación del contenido científico. Pero, ¿qué significa estrategia de enseñanza y estrategia de aprendizaje?. Las estrategias de enseñanza se conciben como los procedimientos utilizados por el docente para promover aprendizajes significativos, implican actividades conscientes y orientadas a un fin; mientras que las estrategias de aprendizaje constituyen actividades conscientes e intencionales que guían las acciones a seguir para alcanzar determinadas metas de aprendizaje por parte del estudiante. Son procedimientos que se aplican de un modo intencional y deliberado de una tarea y que no puede reducirse a rutinas automatizadas, es decir, son más que simples secuencias o aglomeraciones de habilidades. (Parra Pineda, 2003)

En relación a esto, como medio de enseñanza esencial para la comprensión de la teoría, se recurre a la realización de giras de campo, y en el marco de esta asignatura, se han desarrollado tres giras colegiadas a los siguientes sitios: Ribera del Río Estelí, con el objetivo de fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos sobre cuencas hidrográficas, en especial el riesgo por inundación; Reserva Natural El Tisey-La Estanzuela, con el objetivo de evaluar el nivel de contaminación del agua en base a la identificación de macro-invertebrados; El Naranjo, Managua y El Crucero, con el objetivo de identificar los tipos de pozos de abastecimiento de agua y los riesgos de contaminación, así como los efectos de la lluvia ácida en la zona El Crucero.

Al ser giras de campo colegiadas, se ha combinado con las asignaturas: Manejo de flora y fauna, Química ambiental, Educación ambiental y Economía ambiental. Esto, ha permitido que los estudiantes comprendan la necesidad de realizar trabajos interdisciplinarios, que permita a profesionales de diferentes disciplinas, aportar en la reducción de problemas ambientales vinculados al recurso agua.

Estas giras son desarrolladas a lo largo de un semestre, y han sido muy bien evaluadas por los estudiantes, quienes consideran que el aprendizaje obtenido mediante éstas es mejor afianzado y que propicia el manejo de herramientas metodológicas que posteriormente serán de utilidad en su vida profesional.

Al igual que las giras de campo, en el aula de clase se utilizan estrategias de enseñanza aprendizaje activas participativas, tales como: conferencias dialogadas, seminario debate, seminario ponencia, videoforo, investigaciones, lluvia de ideas, ejercicios prácticos, lecturas analíticas, críticas y comprensivas, multimedias, estudios de caso, entre otras.

En el caso de video foro, se ha utilizado un documental de la BBC, que muestra el ciclo del agua a través de la tierra, así como su evolución e influencia en la vida de todos los seres vivos. A partir del video, se pide a los estudiantes la elaboración de un ensayo crítico y reflexivo, donde puedan manifestar su opinión sobre el ciclo del agua, analizando la importancia de mantener el equilibrio del ciclo hidrológico, y las posibles repercusiones que ocasionaría romper este equilibrio.

En relación a seminarios debates, los estudiantes han discutido sobre el estado del recurso agua en el país, analizando si es un recurso renovable o no renovable. Al respecto, han señalado que el agua al estar comprendida en un ciclo, es renovable; sin embargo, debido a las actividades humanas y el crecimiento de la población mundial, la explotación de este recurso es cada vez mayor, llegando a sobrepasar la capacidad de los sistemas acuáticos de recuperar los niveles de agua que son extraídos. Por otro lado, los niveles de contaminación en las fuentes de agua se han incrementado a un punto donde no es posible ser utilizadas para el consumo humano y ganadería.

Por otro lado, ha sido importante el debate relacionado a la sobreexplotación de los acuíferos y su efecto en la subsidencia de los suelos, donde se brindaron

ejemplos de España, México y Guatemala. La subsidencia implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido al impacto de la extracción excesiva de agua subterránea, aunque también pueden haber otras causas, e incluso originarse de manera natural. La subsidencia causada por extracción de agua desde el subsuelo afecta a importantes ciudades como México D.F., Venecia, Valle de San Joaquín (EE.UU.), Taipei (Taiwán), Tokio (Japón), Pekín (China) y Murcia (España). (Tomás, Herrera, Delgado, & Peña, 2009)

Los estudiantes consideran que las estrategias aplicadas en esta asignatura facilitaron su aprendizaje, en especial, las giras de campo, el uso de multimedias, los seminarios ponencia y las tareas de investigación. Por otro lado, el uso de un dossier de la asignatura, permitió orientar el contenido teórico; los estudiantes consideran que a pesar de la cantidad de información que podían encontrar en internet sobre Hidrogeología, no tenían la seguridad que fuera científico, lo que podían verificar con el dossier de la asignatura.

Al inicio de la asignatura, los estudiantes no tenían un concepto preciso sobre la hidrogeología; un estudiante manifestó saber que era el estudio de las aguas subterráneas, pero no dimensionó la amplitud que tiene esta ciencia que estudia desde el origen, distribución, circulación, calidad y explotación del agua subterránea.

A partir de esta clase, los estudiantes se introducen en el estudio de las aguas, cuyo aprendizaje continúa en semestres posteriores a través de la asignatura Manejo de Cuencas Hidrográficas, en la cual manifestaron el interés de continuar fortaleciendo sus conocimientos en relación a los acuíferos, contaminación del agua, ciclo hidrológico, entre otros aspectos.

La enseñanza de la Hidrogeología en la carrera de Ciencias Ambientales ha permitido reflexionar sobre la situación de vulnerabilidad de las aguas

subterráneas debido a los altos niveles de explotación por actividades humanas, el cambio climático global que acontece en la actualidad, así como por una distribución desigual en el mundo. Por otro lado, el aprendizaje de los temas ha sido facilitado por estrategias activas participativas implementadas por la docente, tales como: lluvia de ideas, conferencias dialogadas, giras de campo, ensayos, video foros, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Blandón Sandino, D. (2012). *Dossier de la Asignatura: Hidrogeología* (Primera ed.). Estelí: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN Managua).
- Dávila Pórcel, R., & de León Gómez, H. (2011). Importancia de la hidrogeología urbana; ciencia clave para el desarrollo urbano sostenible. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 463-477. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222011000300008&script=sci_arttext
- Gavidia Catalán, V., & Rueda Sevilla, J. (2006). *¡¡Agua!!* (Vol. 3). España: Ministerio de Educación.
- Parra Pineda, D. (2003). *Manual de estrategias de enseñanza/aprendizaje*. Medellín. Obtenido de <http://www.cepefsena.org/documentos/METODOLOGIAS%20ACTIVAS.pdf>
- Pocock, G., & Richards, C. (2005). *Fisiología humana: la base de la medicina*. España: Elsevier.
- Pulido Bosch, A. (2014). *Nociones de hidrogeología para ambientólogos*. Universidad Almería.
- Toledo, A. (julio-septiembre de 2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*(64), 9-18. Obtenido de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906402.pdf>
- Tomás, R., Herrera, G., Delgado, J., & Peña, F. (2009). Subsistencia del terreno. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(3), 295-302.