

# **SÍNTESIS DE LA SEMANA TÉCNICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTA DE INGENIERÍA  
HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL

MANUEL ANDRES NIÑO

*Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.*

[mnicos@unal.edu.co](mailto:mnicos@unal.edu.co)

## **1. INTRODUCCIÓN**

La semana técnica del agua subterránea fue un evento realizado entre el 18 y 20 de marzo en la ciudad de Bogotá, teniendo como sedes la Universidad de Los Andes, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad Nacional de Colombia y organizado por la Asociación Colombiana de Hidrogeólogos (ACH).

Para este año la National Groundwater Association (NGWA) otorgó la Cátedra Darcy a las universidades Nacional y de los Andes, la cual fue dictada por Matthew “Matt” W. Becker, profesor de Ciencias de la tierra en California State University.

Dentro de los conferencistas invitados encontramos funcionarios del Servicio Geológico Colombiano, la Empresa de Acueducto de Bogotá, la secretaria de Ambiente de Bogotá y miembros de los semilleros de cada una de las universidades.

Durante las ponencias fueron abordados temas que van desde la gestión y los desafíos que tiene el acueducto de Bogotá, pasando por el uso de información satelital para conocer el almacenamiento de agua subterránea en el país, la caracterización isotópica de la precipitación en la cuenca de río Bogotá y su interacción con el agua subterránea de la zona hasta incluso abordar la respuesta de nutrientes presentes en el agua al

paso de los huracanes Irma y María por la isla de Puerto Rico.

A continuación, se realizará una síntesis que destacará los principales aportes de cada una de las ponencias presentadas durante los 3 días del evento, resaltando los aportes de la presentación principal, es decir, la Cátedra Darcy.

## **2. APORTES DE CADA UNO DE LOS EXPOSITORES**

### **Análisis de problemas complejos en hidrogeología mediante el uso de hojas de cálculo**

El principal aporte del profesor Carlos Molano durante su presentación fue la ilustración del funcionamiento de las hojas de cálculo elaboradas por él mismo para la solución y modelación de diferentes problemas relacionados con la hidrogeología, tales como el transporte de contaminantes en el suelo o el rastreo de partículas en el suelo, permitiendo variar parámetros como la permeabilidad y ver sus efectos a lo largo del tiempo y el espacio considerado, dando además una muestra gráfica de los efectos de variar diferentes parámetros en tiempo real y de forma sencilla. Adicionalmente

se destaca que estas hojas de cálculo son de libre acceso.

### **Agua para todos: Gestión y Desafíos del Acueducto de Bogotá desde la Perspectiva de la Hidrología Aplicada**

Se aporta una visión general del acueducto de Bogotá mostrando su capacidad, las diferentes fuentes de abastecimiento y sistemas, las estructuras de transporte y control, redes y estaciones de monitoreo la demanda que tiene y los desafíos que se presentan para garantizar el abastecimiento de agua para todos, se ilustra la importancia de estudiar el agua subterránea para la correcta gestión del sistema de acueducto, ya que, la disponibilidad per cápita de agua en Bogotá está muy justa.

Se hace énfasis en la encrucijada en la que se encuentra la ciudad, ya que, el acueducto de Bogotá es un sistema que se encuentra super optimizado, creando la necesidad de una ampliación, que se ha contemplado construyendo el embalse Chuza de La Playa en el páramo de Chingaza, pero, se ha dificultado esta gestión debido a problemas ambientales debido a la inundación de zonas de paramo. Esto hace que sea urgente un análisis de las consecuencias que traería este proyecto y si vale la pena posponerlo o descartarlo.

### **Exploración de agua subterránea a partir de la interpretación de datos de conductividad / resistividad eléctrica obtenidos mediante la implementación del método electromagnético aerotransportado**

El mayor aporte de esta ponencia fue explicar la implementación de una tecnología que permite el mapeo de grandes zonas en un tiempo relativamente corto, creando mapas de conductividad que permiten estimar los suministros de agua subterránea en la región estudiada o mapear la salinidad de tierras secas para la gestión ambiental. Presentación de casos

de aplicación de esta tecnología en exploración de agua subterránea en Texas y en la cuenca de San Pedro en Arizona.

### **Desde el drenaje ácido de rocas hasta las características hidrogeológicas poco profundas en dominios de lutitas marinas. vinculando geósfera e hidrósfera en un contexto urbano, sobre los andes colombianos**

Se destaca el estudio de la susceptibilidad hidrogeológica del casco urbano del municipio de Vélez, Santander. Para esto se basaron en el estudio del flujo de 6 quebradas que discurren por el municipio, las características de las rocas allí existentes y la profundidad del nivel freático, encontrando que la mayor susceptibilidad se halla cerca de los arroyos mencionados. Todo esto teniendo en cuenta que la mayor fuente de agua del municipio son los pozos y se ha encontrado ocurrencia natural de Zeolita debido a una formación de lutitas de la formación Paja.

### **Herramienta para el análisis a nivel de prefactibilidad de los procesos fisicoquímicos multifase en el recobro mejorado de yacimientos utilizando CO<sub>2</sub> producido mediante combustión in situ**

En esta exposición se aborda un tema muy importante en materia económica para el país, como lo es la extracción de hidrocarburos, se presenta la técnica de recuperación mejorada de petróleo a través de la inyección de CO<sub>2</sub> en el suelo para el desplazamiento del crudo a los pozos de producción y se presenta un modelo matemático que permite entender y predecir el comportamiento del fluido inyectado en el suelo. Esto puede ser utilizado para evitar la contaminación de aguas subterráneas como consecuencia de la extracción de petróleo al tiempo que se mejora la eficiencia en la

producción llegando a porcentajes de recuperación de hasta el 60%.

### **Uso de información satelital para obtener un acercamiento al almacenamiento de agua subterránea en las cinco principales cuencas del país.**

Se presenta una metodología de estimación del agua subterránea disponible en cada región de Colombia, obtenida a partir del equivalente de agua continental (LWE) y el equivalente de agua superficial (TWS), esto con el fin de hacer una gestión adecuada del recurso.

A partir de los datos satelitales, se hace un proceso estadístico para encontrar el grado de incertidumbre (anomalías) en la estimación del agua subterránea y de esta manera modelar y relacionar la precipitación y el cambio de almacenamiento de agua subsuperficial.

Finalmente, a partir de los resultados se evalúa la confiabilidad, la resiliencia y la vulnerabilidad de las reservas de agua subterránea del país, para finalmente evaluar si se está haciendo un uso sustentable del recurso.

### **Estudio hidrogeológico para determinar la relación entre el impacto del agua subterránea y las afectaciones a la infraestructura de Solanda (Quito)**

Se hace un aporte en la evaluación de la afectación que sufre el agua subterránea debido a la construcción de grandes obras civiles (como una línea de metro) y como estos cambios en el régimen de agua subterránea, generan cambios y daños en la infraestructura que existía previamente. Este análisis se ejemplifica con la construcción de una línea de metro en la ciudad de Quito, la cual produjo un abatimiento en el nivel de agua subterránea de la zona de Solanda,

provocando una aceleración considerable en los asentamientos del suelo allí presente.

### **ENTRE POROS: Un semillero al conocimiento de las aguas subterráneas**

Se presenta al semillero entre poros, que se destaca por la inclusión de la comunidad, las instituciones, el sector educativo y la industria en el análisis e identificación de problemáticas basadas en el plan de manejo ambiental de acuíferos de Cártama Antioquia.

Entre las amenazas encontradas esta la contaminación por minería, ganadería, plantas de benéfico, etc. Las amenazas por desabastecimiento debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana y la ganadería, las amenazas naturales y antrópicas como el cambio climático y las amenazas por uso del suelo y el agua, que involucra la falta de legalización de puntos de agua, el cambio de uso del suelo y la minería ilegal.

Este semillero se destaca por su trabajo de campo e investigativo, que involucra también la difusión de información en actividades comunitarias, presentando una visión a futura que considera el plano nacional.

### **Análisis de la influencia del régimen de flujo turbulento en una prueba de bombeo**

Se destaca la inclusión del régimen de flujo dentro de la modelación matemática para estimar el caudal y el abatimiento generado en un pozo de agua subterránea, obteniendo resultados muy acordes con las mediciones de campo al usar un modelo no lineal, esto es de gran ayuda a la hora de estimar la capacidad de extracción de un pozo y no agotar el recurso.

### **Geochemical analysis of silica and travertine hydrothermal precipitates at the Cerro Machin volcanic system**

Se destaca la utilización de diversas metodologías de análisis de muestras de agua provenientes de

manantiales en la zona circundante del volcán Cerro Machín, que permitió encontrar correlaciones entre los elementos disueltos y la concentración de estos en diferentes puntos de la zona, para así caracterizar el proceso de formación de Sílice y Travertino.

### **Análisis Fisicoquímico y Microbiológico del Agua Subterránea en el Valle Medio del Magdalena: Posibles implicaciones en la Salud Pública**

Se destaca el enfoque de esta investigación, es decir, la salud pública, presentando de forma concisa los resultados de una extensa investigación que involucró la toma de cientos de muestras de agua (provenientes principalmente de pozos, pero, también de lluvia, ríos, manantiales y ciénagas) en un área de aproximadamente 8750 km<sup>2</sup> entre los departamentos de Antioquia, Santander, Bolívar y Cesar.

Se destaca el análisis de diferentes parámetros utilizados para el cálculo del IRCA y la determinación del riesgo de tomar el agua de esta región. Arrojando resultados muy negativos que muestran el riesgo que sufren las comunidades de la zona al no tener acceso a agua con una calidad adecuada.

### **Herramienta de modelación sintética de recobro mejorado con CO<sub>2</sub> para la toma de decisiones a nivel de prefactibilidad**

En esta presentación se aborda nuevamente la temática de extracción de hidrocarburos en el país, complementando la información con cifras de las emisiones generadas por Ecopetrol. Explicando de manera más detallada el proceso de inyección de CO<sub>2</sub> en el suelo para mejorar las características físicas del medio y poder realizar la extracción del petróleo remanente luego de los procesos de extracción primario y secundario del crudo, mostrando que otro beneficio de esta

práctica es el almacenamiento de carbono en el suelo.

### **Simplificación y versatilidad en el entendimiento de sitios contaminados por medio del uso de los MCS. Caso de estudio: transición de uso del suelo industrial a residencial**

Esta presentación ilustra y explica como a través de los modelos conceptuales de sitio (MCS) es posible representar procesos químicos, biológicos o geológicos de origen natural o antrópico que dan lugar a la contaminación y el transporte de contaminantes a través del medio físico hacia las fuentes de agua subterránea. Para a partir de esta modelación generar una serie de soluciones en sitios con sospecha de contaminación.

### **Avances en la comprensión hidrogeoquímica, isotópica y microbiológica del agua subterránea en la media y alta Guajira**

Se destaca el enfoque del estudio realizado en la zona de la alta Guajira que tiene como objetivo mejorar la capacidad productiva e incrementar los ingresos para los habitantes del departamento. Esto a partir de la caracterización y el conocimiento de los diferentes recursos del suelo, incluyendo el agua.

Para esto se hicieron estudios fisicoquímicos, isotópicos y microbiológicos en agua de pozos, aljibes, agua tratada y agua de tanques, mostrando como resultado que la mayoría del agua presenta altos contenidos de cloro y sodio que implican intrusión marina, adicionalmente algunas de las muestras presentan presencia de altos contenidos de metales y se evidenció también un aumento en la cantidad de coliformes presentes en los tanques

de almacenamiento con respecto al punto de origen de esta agua.

Es importante resaltar el completo estudio que se le hizo al agua de la zona para así poder evaluar su potencial en usos industriales y de consumo.

### **Caracterización de la composición isotópica de la precipitación e interacción con el agua subterránea en la cuenca del río Bogotá**

#### **Respuesta de los Nutrientes Inorgánicos Disueltos a los Huracanes Irma y María en el Observatorio de la Zona Crítica de Luquillo, Puerto Rico**

Se destaca el estudio detallado de la zona crítica en donde confluyen e interactúan la atmósfera, la litosfera, la hidrosfera y la biosfera, y como fenómenos ocurridos en alguna de estas afecta el régimen de las demás. Para ilustrar esto se evaluaron los efectos de fenómenos atmosféricos como los son los huracanes, más exactamente Irma y María, un par de huracanes que causaron una gran perturbación debido a su paso por la isla de Puerto Rico.

Al final del estudio se logró evidenciar como debido a que, por la fuerza del huracán, mucha de la vegetación de la isla se vino al piso, se generaron flujos de diferentes nutrientes y elementos como azufre, magnesio, calcio, potasio, entre otros, que generaron un gran cambio en la concentración de estos en las aguas de diferentes ríos y quebradas de la isla, generando cambios significativos en la zona crítica.

#### **Guía para la evaluación de riesgo de sitios contaminados y los índices genéricos basados en riesgo-igbr para Bogotá**

Entre los aportes más destacados de esta presentación encontramos el esquema básico del análisis de riesgo relacionado con la exposición a agentes contaminantes presentes en el agua, los suelos, el aire y los alimentos, brindándonos un

paso a paso que incluye la identificación y caracterización del peligro, la caracterización de la exposición a este peligro, la evaluación de dicha exposición, la caracterización del riesgo y finalmente la gestión de este último.

Se expone una metodología analítica para la caracterización del riesgo, la cual incluye el análisis de fuentes de contaminación como industrias y usos inadecuados del suelo, los mecanismos primarios de contaminación como derrames y enterramientos, los medios a los que llegan, que incluyen el suelo, las aguas subterráneas y los sedimentos, en donde se activan mecanismos secundarios de contaminación como la dispersión y la infiltración que llegan a contaminar el aire, generando que las personas se vean expuestas por vía inhalatoria, dérmica u oral a estos contaminantes, para luego evaluar la gravedad de la exposición y estimar el riesgo que esta representa.

#### **Geomorfología y Dinámica Fluvial en el Valle Medio del Magdalena**

En esta presentación se presenta el comportamiento de los sedimentos que son llevados por el río Magdalena, las llanuras de inundación y se cómo se forman pequeños canales debido a la dinámica del río que pueden ser simulados para ver si a futuro se pueden convertir en canales principales del río. Esta evaluación se hace en diferentes zonas del valle medio del río Magdalena.

Se presenta el concepto de sistema anastomosado, que es un tipo de patrón de drenaje fluvial en el que varios canales de un río o arroyo se entrelazan y se dividen en múltiples canales más pequeños y separados que luego se vuelven a unir. En este caso esta configuración representa un riesgo al

favorecer el desborde de los diques del río Magdalena.

### **Litogeoquímica en el Valle Medio del Magdalena**

Uno de los enfoques destacados de la investigación presentada en esta presentación fue tratar de unir de manera lógica las condiciones geológicas recientes de la zona del valle del río Magdalena con modelos dimensionales de esta gran área, ya que, estas primeras capas son las que albergan la mayoría del agua subterránea de la región.

El objetivo de la litogeoquímica en este proyecto es integrar información de múltiples disciplinas como la geología de superficie, el levantamiento de perfiles estratigráficos, geoquímica, geofísica y análisis de laboratorio para asociar características químicas a las propiedades del subsuelo evaluado desde el punto de vista geológico. En otras palabras, un gran aporte de este proyecto es la multidisciplinariedad que se ve reflejada en los resultados expuestos.

Otro de los aportes de este estudio fue la simplificación del sistema de capas en las formaciones de la zona, pero que a su vez representa el tipo de formación incluso a varios kilómetros de profundidad.

### **Modelo Geológico-Geofísico Regional del Valle Medio del Magdalena**

A partir del estudio aquí presentado, se obtuvo un modelo tridimensional de la geología de esta región, un gran insumo y complemento para el análisis de agua subterránea y los demás estudios que allí se llevan a cabo.

Se presentan 3 distintas partes desarrolladas que incluyen la información sísmica 2D de la región, las propiedades petrofísicas y una estructura resistiva que permitió establecer la salinidad del agua de la zona. Esto presenta un nuevo enfoque y utilización de información de interés que no

había sido evaluada anteriormente en otras ponencias.

La sísmica evaluada durante el proyecto se enfoca en encontrar hidrocarburos. A partir de esta información se realizó una clasificación de capas y desarrollar un modelo tridimensional de la región.

Los parámetros petrofísicos como la porosidad total efectiva fueron calculados a partir de información de los más de 6000 pozos disponibles y fueron usados en el proyecto para comprender contenidos de agua en el suelo y su salinidad.

### **Modelo Hidrogeológico Regional del Valle Medio del Magdalena**

De esta presentación es destacable la integración que se quiere llevar a cabo entre los datos hidrogeoquímicos e isotópicos obtenidos del agua subterránea presente en el valle medio del Río Magdalena, con datos hidráulicos como los niveles piezométricos y contantes de extracción.

Y una vez integrado y caracterizado el medio estático, la idea de este proyecto es realizar un modelo matemático que permita realizar estimaciones, pronósticos y evaluar distintos escenarios para tener mayor control sobre este recurso. Asimismo, este proyecto busca integrar la información del agua subterránea con el agua superficial, completando un sistema mucho más complejo en el que también participa el agua lluvia y el caudal del Magdalena.

Uno de los enfoques importantes que se le da a la investigación se basa en tener en cuenta toda la información de los proyectos anteriores hechos en la zona, que como ya se mencionó, contemplan información geológica y también se tienen en cuenta las diferentes actividades económicas de la zona para ver como estas afectan el agua subterránea. Otro aspecto destacable de este proyecto es la toma de muestras en época seca y en época de lluvias, ya que, como sabemos, el

régimen de lluvias afecta la composición isotópica del agua.

Junto a lo anterior, la toma de muestras de diferentes fuentes como pozos y aljibes que permiten obtener agua a diferentes profundidades hace que el análisis hecho en este estudio tenga en cuenta muchas variables y permita una mejor caracterización del agua subterránea de la zona y de esta forma un modelo más preciso. Finalmente, cabe mencionar el uso de técnicas estadísticas para el procesamiento de datos que permiten limpiar los datos y disminuir la incertidumbre del modelo.

### 3. CÁTEDRA DARCY

Para el año 2024 la Cátedra Darcy se dividió en 2 conferencias. La primera habla de los avances en la tecnología de la fibra óptica y como estos han permitido evaluar de manera profunda la hidráulica y la geomecánica del flujo subsuperficial. Estos sistemas utilizan luz láser para medir temperatura, vibración o deformación a lo largo de kilómetros de cable, con gran precisión temporal y espacial. Han mejorado nuestra comprensión del flujo subsuperficial en diversas áreas, como la gestión del agua y la energía. A medida que estos instrumentos se vuelven más fiables y económicos, se esperan avances significativos en la observación de sistemas de aguas subterráneas en las próximas décadas.

La segunda conferencia habló del impacto que tiene el agua subterránea en la gente y los ecosistemas de las islas del pacífico sur. El océano Pacífico alberga más de 30,000 islas, muchas de las cuales son pequeñas, remotas y vulnerables al cambio climático. El agua subterránea es crucial para la resiliencia de estos entornos aislados, como se ve en la historia de Rapanui y la importancia del agua para los arrecifes de coral. Sin embargo, entender estas interacciones es complicado debido a la complejidad del flujo de agua subterránea en

entornos costeros. Investigaciones recientes están arrojando luz sobre estos procesos, pero el cambio climático y el aumento del nivel del mar representan una amenaza para estos ecosistemas. Una comprensión mejorada de los sistemas hidrogeológicos y su relación con la vida marina será crucial para adaptarse estratégicamente a las tensiones ambientales.

Dentro de los aportes más importantes que deja la cátedra Darcy está el estudio de ambientes remotos, heterogéneos e influenciados por la intrusión de agua, que llevó al descubrimiento de comportamientos muy interesantes del agua subterránea y su influencia con el medio y las personas que habitan estas zonas, comenzando con el contexto histórico para entender más a profundidad estas interacciones, teniendo en cuenta los estudios realizados en las islas de la Polinesia Francesa y Rapanui.

Se expone un comportamiento muy interesante del agua dulce en la isla de Rapanui, en donde esta aflora en la superficie a lo largo de la costa, haciendo que muchos de los primeros exploradores que llegaron a la isla creyeran que los animales bebían agua salada allí, pero realmente es agua subterránea. Asimismo, en combinación con estudios arqueológicos, se ha encontrado una correlación entre la ubicación entre los moais construidos por los antiguos pobladores de la isla y los pozos y zonas con disponibilidad de agua dulce. Esto abre la posibilidad de pensar en el alto nivel de significancia que tenía el agua dulce para los pobladores dando un nuevo sentido a la construcción de estas estatuas monolíticas que siempre han sido tan enigmáticas.

Otro aporte importante fue el estudio de diferentes islas teniendo en cuenta su origen y formación, como en el caso de las islas de Mo'orea de origen volcánico y de Tetiaroa que es un atolón. En el caso de la primera isla, se tiene una alta precipitación con hasta 3 metros anuales, que en su mayoría se infiltran en el terreno debido a la

naturaleza volcánica del suelo, evitando la formación de importantes fuentes de agua superficial. A partir de este comportamiento, los investigadores quisieron determinar si en esta isla ocurría lo mismo que en Rapanui y podrían encontrar agua dulce a lo largo de la costa. Para esto se midieron parámetros como salinidad, temperatura y su uso radón 222 como trazador. Pero no se encontraron infiltraciones de agua dulce cerca de la costa.

El siguiente paso fue explorar el fondo marino, midiendo la conductividad eléctrica del medio y crear un perfil. Esto llevó a hallar lentes de agua dulce dentro del agua salada, se encontró también que el agua dulce se encuentra confinada bajo una delgada capa impermeable de carbonato que nunca había sido encontrada en arrecifes periféricos como el de Mo'orea.

Estos descubrimientos también llevaron a estudiar una cuestión muy importante que es saber si la alcalinidad que suele llevar el agua subterránea contribuye a la acidificación del océano que es una preocupación actualmente en materia medioambiental, pero, se encontró que el agua subterránea realmente es una gran fuente de nutrientes para el coral de los arrecifes principalmente es islas volcánicas, ya que, esta agua puede contener hasta 10 veces más nutrientes que el agua superficial.

En cuanto a los estudios realizados en el atolón Tetiaroa algunos de los aportes destacados están en el entendimiento del ciclo de nutrientes en la isla que permite que muchas especies prosperen al igual que el arrecife. Esto se da gracias a que el agua subterránea que escapa de la isla provee estos nutrientes al igual que el guano de las aves, el cual aporta nitrato y fósforo. Este proceso se ha visto afectado debido a la instrucción de ratas en la isla que se comen los huevos de las aves, pero, de acuerdo con los investigadores esto ha sido positivo, ya que, una gran población de aves podría llevar los niveles de NO<sub>3</sub> a niveles tóxicos en el agua. También se estudiaron las diferentes

especies vegetales de la zona y como estas hacen uso del agua de la isla, encontrando que la especie nativa, *Pisonia*, genera una acidificación del suelo, pero, por otra parte, las plantaciones de palma de coco, que fueron introducidas a la isla, consumen mucha más agua, causando un cambio no solo en el ecosistema sino en la propia geología del lugar. La intrusión de palmas de cocos también ha afectado la anidación de las aves y a su vez al arrecife, mostrando la conexión y los grandes impactos que tienen las alteraciones terrestres en el ecosistema marino.

Por otro lado, otro gran aporte de la Cátedra Darcy fue la introducción a la tecnología de la fibra óptica y como esta se está siendo utilizada para monitorear el agua subterránea. Entre las ventajas que ofrece esta tecnología encontramos el gran rango que tiene para mediciones en espacio y tiempo, lo cual es fundamental para mediciones de precipitación, de flujos, piezómetros, muestras de agua, mapeo e imágenes geofísicas.

La fibra óptica permite medir diferentes propiedades del agua dependiendo del método, usando diferentes longitudes de onda, estas propiedades incluyen la temperatura (DTS), acústica (DAS) y deformación (DSS). Como ejemplo del uso de esta tecnología se presenta un pequeño arroyo en Trento, Italia. Allí se estudia la interacción entre el agua superficial y subterránea, ya que, a diario este arroyo es usado para liberar agua de una presa hidroeléctrica. En este caso se usó DTS.

Otras de las aplicaciones que tiene el DTS son por ejemplo el estudio de la recarga artificial de acuíferos y la intrusión de agua de mar. Por el lado de la tecnología DAS, su aplicación principal es conocer la hidrología en la roca fracturada y medir la permeabilidad por ejemplo en pozos. Finalmente, la tecnología DSS se usa para monitorear el almacenamiento de los acuíferos.

Esto lleva a pensar que esta es una tecnología que está en auge y se hace cada vez más sofisticada, pero, que no mide lo que realmente se necesita en



hidrogeología, sino que es necesario buscar como se relacionan los parámetros que se miden con el agua subterránea.

En conclusión, los aportes más importantes de la Cátedra Darcy, fue la introducción de una nueva tecnología que está en auge y que permite analizar a diferentes escalas el agua subterránea buscando correlaciones entre los parámetros medidos y las características más importantes del agua. Asimismo, la cátedra mostró comportamientos muy interesantes y relaciones importantes del agua subterránea y el agua de mar en un ambiente poco estudiado como el que ofrecen las islas del pacífico sur, llegando a concluir que incluso dentro de estas islas hay diferencias sustanciales en el comportamiento y la influencia del agua del subsuelo, involucrando disciplinas como la arqueología y la biología y relacionando el agua con comportamientos de antiguos habitantes de la zona y la fauna allí presente.

#### 4. PANELES DEL MARTES 19 DE MARZO

Durante la mañana del día 18 de marzo se realizó el panel de política pública del agua subterránea con la participación de representantes del ministerio de ambiente (Dirección de Gestión de Recurso Hídrico), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (Coordinador de Regionalización y Centro de Monitoreo), el IDEAM (Subdirector de Hidrología) y el Servicio Geológico Colombiano (Director General). Cada uno de los representantes hizo una ponencia relacionada con el agua subterránea y luego se realizó un foro de preguntas y discusión con todos ellos. A partir de este proceso se obtuvieron una serie de valiosas conclusiones referentes al tema de la hidrogeología.

#### **Relaciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas (Servicio Geológico Colombiano)**

Se concluye que la interacción entre los cuerpos de agua superficial y subterránea es vital para la

preservación de cada uno de estos y que se deben formular modelos hidrogeológicos a la hora de tomar decisiones sobre los cuerpos superficiales, decisiones como canalizar un río, ya que, siempre se han ejecutado este tipo de proyectos sin considerar las consecuencias sobre los cuerpos de agua subterránea.

Se entiende como necesaria la implementación de modelos hidrogeológicos conceptuales de las diferentes regiones del país, así como los estudios geoquímicos, microbiológicos e isotópicos para lograr un total entendimiento del recurso hídrico. Para esto es necesaria la renovación tecnológica de los equipos disponibles en el país.

En esta presentación también se deja por sentado el papel del SGC a la hora de caracterizar el agua subterránea en diferentes regiones, teniendo entre sus funciones la generación de información que sirva como base para la toma de decisiones referentes al abastecimiento, el ordenamiento territorial, la preservación de zonas de recarga, etc. Asimismo, se delega al SGC funciones como el estudio de ecosistemas estratégicos y el entendimiento del ciclo del agua.

#### **Instrumentos para la gestión del agua subterránea en Colombia (MinAmbiente)**

De esta presentación es posible establecer que el gobierno nacional cuenta con 4 instrumentos de gestión del agua (aunque no se enfocan solamente en agua subterránea, en este caso se hará énfasis solo en esta), estos mecanismos son:

- Política Nacional para la Gestión de Recurso Hídrico: Tiene como objetivo garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico teniendo en cuenta la oferta, la demanda, la calidad, la gobernabilidad (Cultura alrededor del agua y el manejo de conflictos), el fortalecimiento (Gestión, formación, investigación y normativa) y el riesgo.
- El programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB): Este tiene

como objetivo el diseño e implementación de estrategias que permitan la gestión y evaluación del agua subterránea del país.

- Consejo Nacional del Agua: Este consejo es se creo para garantizar el cumplimiento del PNASUB a través de la coordinación de políticas, planes y programas con las entidades públicas involucradas.
- Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos: Son instrumentos de planificación y administración alrededor del agua subterránea, ejecutando proyectos que promuevan la conservación, protección y uso adecuado de este recurso.

El estado actual de estos mecanismos de gestión muestra que la mayoría de los acuíferos del país no se encuentran monitoreados y/o gestionados presentándose como una gran oportunidad de desarrollar proyectos en diferentes regiones del país e incluso evaluando la posibilidad de realizar una gestión a una mayor escala con los acuíferos transfronterizos. Esto último puede llegar a ser muy importante teniendo en cuenta la variabilidad climática y la influencia de la cuenca del Río Amazonas en los recursos hídricos de la región andina de nuestro país.

### **Las aguas subterráneas en Colombia, perspectivas en el contexto nacional de la evaluación de la oferta hídrica (IDEAM)**

Se cuanta en el país con la red de monitoreo de aguas subterráneas que se subdivide en la Red Básica Nacional de Aguas Subterráneas y la Red Nacional de Isotopía.

La Red Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas en Colombia tiene como objetivo principal recopilar datos sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas en sistemas acuíferos prioritarios, tanto en su estado natural

como intervenido. Su alcance va más allá de la simple recopilación de datos, ya que busca ser un respaldo para la definición de estrategias y políticas que protejan y conserven este recurso hídrico en todo el país. Además, la red se integra con las redes regionales de las Corporaciones Autónomas Regionales y otras entidades responsables del manejo del agua en Colombia, lo que garantiza una visión integral y coordinada del recurso.

Este enfoque interdisciplinario implica un trabajo conjunto y continuo en monitoreo, seguimiento, fortalecimiento y cooperación, con el objetivo de compartir información hidrogeológica relevante y contribuir así a la Red Básica Nacional de Aguas Subterráneas. En resumen, la red tiene como objetivo primordial la protección y gestión sostenible de las aguas subterráneas en Colombia, a través de la recolección y análisis de datos para informar políticas y decisiones estratégicas.

Dentro de las conclusiones que deja la charla del IDEAM tenemos que es fundamental aumentar las actividades de acompañamiento técnico a las Autoridades Ambientales para fortalecer el conocimiento y el monitoreo del agua, adaptándolas a las necesidades específicas de cada región. Esto permitirá una gestión más efectiva y enfocada del recurso hídrico subterráneo.

Continuar brindando apoyo en la formulación del Plan Integral de Recursos Hídricos y Medio Ambiente (PIRMA) en las Autoridades Ambientales es esencial para garantizar una gestión integral y sostenible del agua en Colombia.

La divulgación del conocimiento a través de publicaciones como el Estudio Nacional del Agua es clave para compartir información relevante sobre las aguas subterráneas y promover su gestión sostenible.

La publicación de guías y lineamientos para la evaluación y monitoreo del agua, como los Lineamientos conceptuales y metodológicos de

las Evaluaciones del Agua y el Protocolo del Agua, facilita la estandarización de los procesos de evaluación y monitoreo, asegurando la calidad y consistencia de los datos recopilados.

### **Regionalización y centro de monitoreo: Manejo de datos hídricos subterráneos en el licenciamiento ambiental (ANLA)**

Se presentan los diferentes informes del estado del monitoreo de recursos naturales en diferentes regiones del país, en donde, se hace énfasis en las zonas de Alto Vichada, Valle Medio del Magdalena, Valle Superior del Magdalena, Yopal-Tauramena, Zona minera del Cesar y la Zona Norte del departamento del Meta, en donde se llevan a cabo proyectos con el componente subterráneo.

En estas zonas mencionadas se realiza un monitoreo de pozos de captación de agua subterránea y piezómetros. Teniendo en cuenta las unidades geológicas presentes y que son de interés, considerando también la estacionalidad de cada región para definir el momento de la toma de muestras.

Dentro de los aportes que brinda la regionalización para el monitoreo ambiental encontramos la mejora en la recolección de datos de calidad hídrica, la recepción de datos acordes a la variabilidad climática de cada región para generar posibles alertas tempranas de acuerdo con las condiciones de cada región. Adicionalmente, esta metodología permite crear una red nacional de monitoreo dando lugar a la posibilidad de implementar nuevas medidas de manejo ambiental.

## **5. CONCLUSIONES**

La identificación y caracterización del agua subterránea involucra una gran cantidad de disciplinas afines que como vimos anteriormente incluyen geólogos, arqueólogos, biólogos, ingenieros estructurales, etc. Permitiendo dar diferentes enfoques a los estudios de aguas subterráneas, incluyendo la extracción de

hidrocarburos, el abastecimiento de agua potable, la evaluación de la afectación generada por una obra de infraestructura en las edificaciones de una zona o incluso dar sentido a comportamientos y rituales de una comunidad antigua en una remota isla del pacífico.

El conocimiento del agua del subsuelo tiene implicaciones sociales, ambientales y económicas en la región en donde se haga la caracterización, ya que, representa posibilidades de uso para el consumo humano, la evaluación de presencia de hidrocarburos, la salud pública etc. Hoy en día se trabaja en la caracterización del agua subterránea de La Guajira como una posibilidad de aumento del ingreso de recursos al departamento y por ende mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.

Es tan importante la caracterización y el conocimiento alrededor del agua subterránea, que muchas entidades del estado trabajan alrededor de esta, incluyendo el SGC, el IDEAM, el Ministerio de Ambiente, la Empresa de Acueducto de Bogotá y la ANLA, además de que existen diversas organizaciones de carácter nacional e internacional enfocadas en la hidrogeología y es tan amplio el campo de acción alrededor de los recursos hídricos del subsuelo que se formulan un sinnúmero de proyectos en semilleros de las mejores universidades del país.