



INFORME SOBRE LA VISITA REALIZADA AL PAIS POR TECNICOS
DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGIA ATOMICA
Uso de los radioisótopos en la investigación hidrológica

Introducción

El Consejo Federal de Inversiones invitó a la Dirección Nacional de Geología y Minería para que participara en los contactos científicos con los especialistas de la Agencia Internacional de la Energía Atómica, señores John Cameron y Alan E. Pekham, quienes llegaron al país para asesorar a distintos organismos nacionales y provinciales acerca de las nuevas técnicas sobre el uso de radioisótopos en las investigaciones hidrológicas. Al suscripto se le encomendó la tarea de asistir a los referidos visitantes en esos contactos y representar a esta Dirección Nacional. Para tal fin se trasladó a Mendoza, juntamente con el Dr. Alejandro Bordas, representante del C.F.I., donde los Sres. Cameron y Peckham fueron recibidos procedentes de Santiago de Chile. En la ciudad de Mendoza se consideró la posibilidad del empleo de los radioisótopos con las autoridades de la Superintendencia de Riego y el Sr. Ministro de Economía de la provincia, Dr. Alejandro Von Der Hayder. Posteriormente, en Buenos Aires, se analizaron diversos problemas hidrológicos con técnicos y profesionales de la Comisión Nacional de la Energía Atómica, Agua y Energía de la Nación, Obras Sanitarias de la Nación, Comisión Mixta Argentino-Paraguaya Saltos de Apipé, y Dirección Nacional de Geología y Minería.

En Mendoza

Superintendencia de Riego de la provincia de Mendoza

Fuente de recarga de los acuíferos en la zona del Arroyo del Carrizal

Los ingenieros de la Superintendencia de Riego presentaron a los Sres. Cameron y Peckham un problema relacionado con la localización de la fuente de recarga del área situada entre el río Mendoza y el Tunuyán, zona del Arroyo del Carrizal, donde se emplea para riego, agua



de pozos como también del referido curso de agua.

Sobre el río Mendoza, en Potrerillos, se proyecta construir un dique, el que originaría en cierta época del año una paralización de la recarga de los acuíferos, aguas abajo, al circular el agua sobre terrenos aluviales. Se sabe que existe una pérdida de 3 m³/segundo sobre una distancia de 25 km, desde el canal desviador que acusa un caudal de 35 m³/segundo.

Si el agua subterránea esta alimentada por pérdida del río Mendoza, como se sospecha, se deberá tener cuidado que el agua no sea cortada en ningún momento del año, a fin de que la zona del Arroyo del Carrizal no sufra las consecuencias de la merma en su zona de recarga. No siendo el río Mendoza la fuente de alimentación, se considera que la recarga se efectúa con los aportes de las crecientes de lluvia del área de la Precordillera.

Sabiendo que la mayor parte del agua del río Mendoza se origina en la parte alta de la Cordillera de los Andes, en alturas próximas a los 3.800 m, y que las aguas de crecientes de la Precordillera se producen por lluvias en alturas más bajas, cerca de los 1.700 m, es de esperar que la proporción de los isótopos estables de O e H sea diferente. Efectuando el análisis del agua del río Mendoza, por un lado y por el otro el de las aguas de crecientes de la Precordillera se podría determinar la proporcionalidad de los isótopos estables para cada una de ellas. Si luego se realizan análisis similares con las aguas de los pozos y del Arroyo del Carrizal, y se los compara con los anteriores, se puede colegir la procedencia del agua y por lo tanto se determinará la fuente de recarga.

Pérdida de caudal del río Grande, entre Bardas Blancas y su confluencia con el Barrancas.

El río Grande, sobre una distancia de 150 km, entre Bardas Blancas y su confluencia con el Barrancas, acusa una pérdida de caudal



estimada en 16 m³/segundo. En los dos puntos de referencia, el caudal aforado es el mismo, pero, en el recorrido especificado, el río Grande recibe desde el Oeste, el aporte de numerosos tributarios, el que se estima en unos 16 m³/segundo. Por otra parte se debe tener presente que la evapotranspiración es del orden de 10 m³/segundo en la distancia consignada. Corresponde agregar que la estimación en la pérdida por evapotranspiración y caudal aportado por los tributarios es grosera, por cuanto no se realizaron mediciones sistemáticas y exhaustivas.

La región que atraviesa el río Grande está cubierta por rocas volcánicas permeables lo cual da de pensar que la pérdida de caudal es netamente por infiltración y que no puede haber circulación hacia el nacimiento por cuanto hay barreras impermeables que no permiten el desplazamiento del agua hacia la vecina provincia de La Pampa.

La Superintendencia de Riego de Mendoza desea verificar la pérdida y trazar el movimiento del agua, porque si circula hacia La Pampa podría reducirse el caudal del río Grande en Bardas Blancas, substrayéndole agua para enviarla hacia el norte de la provincia de Mendoza, pues existe el proyecto de construcción de un canal derivador hacia las zonas de cultivo.

Los señores Cameron y Peckham no recomiendan el uso de los radioisótopos hasta que no se tenga una información completa de: 1°) estadística hidrológica de los ríos tributarios; 2°) pérdidas por evapotranspiración; y 3°) datos de la geología e hidrología de superficie y del subsuelo de la región situada al Este del río Grande.

Erosión de diques naturales

Los lagos Negra y Fea, situados en la zona limítrofe con la República de Chile, se encuentran en el área de las nacientes del río Colorado y pierden un gran caudal a través de un material volcánico que obtura sus salidas de desagüe, constituyendo diques naturales. En



1910, un lago similar, el Lauquen, rompió su dique natural y sus aguas causaron catastrófica destrucción río abajo, con pérdidas de vidas.

El problema presentado por la Superintendencia de Riego de Mendoza se refiere a cómo se puede determinar la medida de erosión de esas barreras volcánicas de contención, mediante el estudio con radioisótopos de las filtraciones que se producen a través de las mismas y con ello evaluar el peligro potencial de la rotura de esos diques naturales.

Según la opinión de los técnicos visitantes el problema se vincula más con la geología aplicada a obras de ingeniería y con la resistencia y facilidad de erosión de las rocas, que con la hidrología e hidráulica. Las mediciones de los caudales de las filtraciones de esos lagos podrían realizarse, si se notara un incremento en la descarga a través de varios años, entonces sería posible estimar el grado de erosión, pero el colapso de los diques y completo desagote de los lagos puede ser estimado únicamente por el estudio de la resistencia de la roca y no por estudios hidráulicos y aplicación hidrológica de isótopos, según lo expresado por los señores Cameron y Peckham.

En Buenos Aires

Comisión Mixta Argentino Paraguaya Saltos de Apipé

Posible pérdida por filtraciones desde el lago de embalse hacia los Esteros del Iberá

Esta comisión se encarga del estudio geotécnico para la fundación de un dique sobre el río Alto Paraná, en la zona de los Saltos de Apipé. El referido río, tiene un caudal medio de 10.000 m³/segundo y el dique que se está proyectando generará aproximadamente 200 MW. Una vez construido el dique el nivel del agua embalsada tendrá cerca de 9 m sobre el nivel normal de los Esteros de Iberá, los que están separados del río por un albardón, que en la parte más angosta tiene



4 km de ancho. El agua freática en el albardón tiene su nivel máximo 4 m sobre lo que será el nivel del futuro lago de embalse, de ahí que la filtración del agua embalsada hacia los esteros se considera casi improbable, pero una comprobación, no obstante, es necesaria.

Las perforaciones realizadas con la finalidad de determinar la profundidad del basalto, especialmente tres de ellas, situadas en la parte más estrecha del Albardón, podrían ser empleadas, según la opinión de los técnicos de la A.I. de la E.A., para medir la dirección y velocidad del agua subterránea con ensayos individuales para cada pozo.

Asimismo se consideró brevemente con los técnicos de la Comisión Mixta sobre la posibilidad de realizar mediciones de caudales del río Alto Paraná mediante el empleo de los radionúclidos. Como se sabe el río en cuestión es aforado sistemáticamente y se poseen registros completos de cerca de 50 años, empleándose para ello los métodos convencionales (contador de la velocidad de la corriente). De acuerdo con la opinión de los técnicos extranjeros el estado actual del desarrollo de la técnica de los radionúclidos y particularmente la carencia de conocimientos sobre los parámetros de dispersión hacen que el aforo de este río caudaloso sea por el momento imposible.

Agua y Energía de la Nación

Aforos de ríos

En la Argentina existen aproximadamente 300 estaciones de aforo de ríos. Casi todos los ríos son de fácil aforo mediante los métodos convencionales, pero las dificultades se presentan en los ríos turbulentos, como también en los caudalosos; así por ejemplo la media y la máxima de creciente del río Negro es de 1.000 y 6.000 m³/segundo respectivamente y 11.000 y 30.000 m³ respectivamente para el río Paraná. Agua y Energía de la Nación, conjuntamente con la Comisión Nacional de la Energía Atómica han realizado y continuarán realizando las investigaciones sobre la posibilidad del



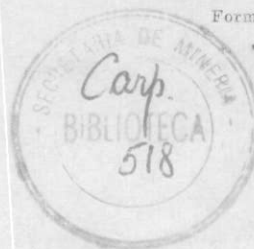
empleo de los métodos con radioisótopos.

Mediciones nivométricas

Actualmente en la Cordillera de los Andes se realizan con equipos Montrose mediciones en 25 secciones nivométricas que cubren todas las áreas nivales de la Argentina y Chile, sin embargo la mayor información es obtenida de cinco de ellas; así, por ejemplo, una sola sección nivométrica es usada para predecir las variaciones en los aportes de 5 grandes ríos mendocinos. Una sección nivométrica tiene normalmente un largo de 200 m y las mediciones se efectúan cada 20 m. Los técnicos de A. y E. están encargados de realizar estas mediciones y el traslado hasta las secciones nivométricas se efectúa mediante el uso de un helicóptero. Se predicen los aportes con bastante exactitud, con un error de menos del 20% en el 99% de las mediciones. Errores mayores se obtienen en San Juan donde se producen vientos cálidos (zonda) en forma imprevista que originan la sublimación de la nieve, no predecible.

El Sr. John Cameron manifestó que se puede emplear la técnica de los radioisótopos para determinar la densidad de la nieve instalando un contador Geiger a 4 m de una fuente de Co60 en dos puntos representativos (1) de la estación de medición permanente. Semejante disposición de instrumento y fuente serviría para mediciones del orden de 0,50-1,00 de equivalente agua. La principal dificultad para estas operaciones es encontrar con adores que puedan trabajar a bajas temperaturas. Si estos instrumentos funcionan con éxito se construirían e instalarían aparatos, completamente automáticos en otros puntos representativos de la sección nivométrica.

(1) Escogidos previamente en la sección nivométrica, después de una serie prolongada de mediciones.



Medición de los depósitos limosos

Los limos transportados por los ríos deben ser medidos cuantitativamente por numerosas razones, entre otras la determinación de la vida útil de un dique. Los limos en suspensión pueden ser medidos por los métodos convencionales, pero son difíciles las mediciones, por su naturaleza, en los depósitos limosos de los lechos de ríos o lagos. Los ingenieros de A. y E. están en conocimiento de las mediciones cualitativas llevadas a cabo con arenas dosadas con sustancias radioactivas, pero desean conocer los recientes intentos para realizar tales mediciones desde el punto de vista cuantitativo. No obstante, para este caso, se requiere un método de rutina de continuas mediciones y esto en el presente no es posible.

Pérdida por infiltración del río San Juan, cerca de Zonda

Se proyecta la construcción de un dique para la regulación de las crecientes del río San Juan en uno de los varios puntos estudiados para tal fin. Uno de los factores que influyen para tomar la decisión y llevar a cabo la obra en la quebrada de salida al valle de Tulum es la posible pérdida por infiltración en las calizas ordovicianas. La pérdida que se sospecha es de 7 m³ segundo sobre un caudal de 60 m³/segundo, por diferencias de los caudales de la corriente en dos puntos determinados, en cuanto a la evaporación y riego que intervienen en la pérdida sobre la distancia dada es difícil determinar. En un área cercana a La Puntilla existen manantiales y de la estimación del exceso de agua de riego, evaporación, etc. en el Valle de Tulum, hacen sospechar que el agua de los aludidos manantiales es la que se infiltra en Zonda y Ullún. Para verificar lo que se sospecha es necesario, según el Sr. Cameron, realizar lo siguiente: Mediciones de los isótopos estables del río y de los manantiales, hallar la edad del agua con el análisis del tritium y medición con trazadores de la dirección y velocidad del agua.



Causas de la merma en la descarga de algunos ríos alimentados por deshielos.

La descarga de ríos alimentados por nieves de la Cordillera de los Andes ha sido registrada a través de muchos años y se ha observado una gradual merma en los promedios de sus caudales. Así es, por ejemplo, que los promedios de los períodos 1910-1927, 1927-1944, y 1944-1961, son 80, 70 y 45 m³/segundo respectivamente. Esta merma no está vinculada con un decrecimiento de la precipitación nival, pues como se sabe 700 mm de nieve en el lado chileno de la cordillera produjeron 1.000 m³/segundo, en 1920, y para igual precipitación tan sólo se obtuvieron 500 m³/segundo en 1953. Se sospecha que esta merma es de bida a la retracción de los glaciales, los cuales rinden muy poca agua pero que podrían rendir mucho más. Se desea confirmar esta teoría. Los técnicos de la Comisión Internacional de la Energía Atómica sugieren lo siguiente: El agua procedente de la fusión del glacial puede tener un promedio de edad más viejo que el de la nieve, por lo cual, midiendo el contenido de tritium de un vino añejo de 30 años se sabrá que cantidades de ese elemento había en aquel entonces. Al mismo tiempo ha brá que efectuar mediciones de tritium a diferentes profundidades en los restos del glacial y en el agua de las precipitaciones nivales actuales; todo ello ayudará en la evaluación de las proporciones de las corrientes de agua resultantes de cada una de las posibles fuentes.

Obras Sanitarias de la Nación

Contaminación de agua salada en el acuífero que se explota en el Gran Buenos Aires

Agua salada con un contenido de 3.000 partes por millón de sales está invadiendo el acuífero que suple de agua potable al Gran Buenos Aires. La contaminación proviene de una fuente mineralizada que está debajo del acuífero potable.

El mapa piezométrico del área ocupada por el Gran Buenos Aires y



el de calidad de aguas no están aún completos, por lo cual es difícil, según lo expresado por los Sres. Cameron y Peckham, recomendar la técnica de los radioisótopos en el estudio de este problema hasta que no se tenga una información hidrogeológica y geoquímica disponible.

Agua subterránea en las cercanías del Lago Muster

Agua potable y en gran cantidad demandan urgentemente las crecientes poblaciones asociadas con la industria petrolera de la árida costa patagónica, en especial la ciudad de Comodoro Rivadavia. Una posible fuente de agua para esta ciudad es el Lago Muster, con una superficie de 1.650 km² y una profundidad máxima de 200 m, pero desafortunadamente el agua es turbida y una planta de purificación es sumamente costosa. Promisorios acuíferos fueron descubiertos en las proximidades del lago y para conocer su desarrollo cuantitativo en la explotación es necesario previamente encontrar la fuente de recarga. Hay dos posibles fuentes de recarga del acuífero: el lago o un brazo próximo del río Senguerr. El lago queda descartado como fuente de alimentación por cuanto hay una barrera impermeable, entre éste, y el acuífero, comprobado por perforaciones, sin agua, realizadas prácticamente en sus orillas.

Antes de usar cualquier isótopo se recomienda que se efectúen nuevas perforaciones adicionales y ensayos de bombeo. Las experiencias con los trazadores de radioisótopos podrían ser realizados para verificar la dirección y velocidad del acuífero.

Dirección Nacional de Geología y Minería

Conocimiento del área de recarga del acuífero artesiano de Bahía Blanca

El acuífero artesiano terciario de Bahía Blanca tiene una descarga artificial de grandes caudales de agua caliente. Existe el problema de conocer a ciencia cierta el área de recarga, antes de llevar a cabo el desarrollo completo del acuífero, y establecer terminantemente la



máxima descarga acorde con la recarga, para evitar su agotamiento prematuro. Es un problema que debe ser resuelto para conservar racionalmente este importante recurso natural.

Los señores Cameron y Peckham sugirieron el uso de la técnica de los radioisótopos, incluyendo el empleo de la determinación de la edad del agua, mediante el análisis del tritium en varios pozos, de Este a Oeste, es decir en Bahía Blanca, Chasicó y en cualquier nuevo pozo que se realice más Oeste, y, como también, mediciones de O^{16} / O^{18} y D/H que ayudarán a determinar si el agua original se produjo como precipitación pluvial. Los referidos técnicos han expresado también sobre la conveniencia de contar con mediciones piezométricas exactas para definir claramente los gradientes hidráulicos. El uso de la técnica de los radioisótopos en un solo pozo para determinar la dirección y velocidad de la corriente de agua subterránea también es posible, pero se esperan dificultades en estas experiencias para un acuífero con un nivel piezométrico positivo de 40 m por cuanto hay que parar la surgencia con "packers" para realizar el ensayo.

Comisión Nacional de la Energía Atómica

Aforos de las corrientes superficiales

Los caudales de las corrientes turbulentas de la provincia de Mendoza han sido medidos por técnicos de la C.N.E.A. usando el cloruro de Au^{198} , al estado coloidal y para ello se adoptó el método de la cuenta total Hull, con detectores Geiger sumergidos en la corriente. El detector previamente fué calibrado en una pileta de natación de 88 m³ y el método fué probado en el canal de la Usina Alvarez Condarco de Mendoza con un caudal de 15 m³/segundo sobre una distancia de 4 a 5 km entre el punto donde fué arrojado el Au^{198} y el punto de medición. Se obtuvieron resultados bastante satisfactorios con menos del 3% de error. Con este método fueron aforadas corrientes con caudales comprendidos entre 5 y 10 m³/segundo. En estas mediciones posiblemente se obtuvie-



/ron resultados erróneos debidos a adsorción del Au¹⁹⁸ a las partículas o sedimentos del lecho del río, según manifestaciones de los técnicos de la C.N.E.A. Se recomendó el uso de I¹³¹ y Br⁸² para estas experiencias, ya que esos radioisótopos no están afectados por el fenómeno de adsorción.

Medición de la dirección y velocidad del agua subterránea

La Comisión Nacional de la Energía Atómica realizó en la provincia de San Luis determinaciones de velocidad y dirección en el subálveo de un río seco, mediante el empleo del radioisótopo I¹³¹. Fué la primer experiencia realizada en el país y para tal fin se emplearon varios pozos de detección dispuestos transversalmente en el río y, aguas arriba, un pozo de inyección del radioisótopo.

Contaminación de la capa freática

Los laboratorios de la C.N.E.A. situados en Ezeiza arrojan las aguas con desechos nucleares en una excavación de 100 m de largo por 50 de ancho; esas aguas recargan la capa freática y ello, con el tiempo, causará nocivas consecuencias al ganado y otros animales de la zona, no tanto a la población que consume el agua de la segunda capa. Se desea saber cómo se produce la contaminación y en que medida, conforme al desplazamiento de esas aguas de recarga en la freática. Se recomienda el uso del método de un solo o varios pozos.

Movimiento de arenas

La C.N. de la E.A. estudió el movimiento de las arenas mediante el uso de los radioisótopos para resolver el problema que implica la acumulación de arenas en la entrada del puerto de Mar del Plata. Para estos estudios se empleó una tonelada de arena dosada con Ag¹¹⁰. El dosado se efectuó agregando suficiente cantidad de nitrato de plata para humedecer la arena, previamente lavada y secada al sol, mediante mezcladora de cemento. Se comprobó que de un 60 a 80% de Ag¹¹⁰ fué retenida por la arena. Este material fué colocado uniformemente en el



fondo del mar mediante sacos de polietileno de 50 kilos con un dispositivo especial de apertura en el momento oportuno. Transcurrido el tiempo que se juzgó indispensable para iniciar las determinaciones, se intentó sacar muestras del fondo del mar con una cuchara, pero se tuvieron dificultades, adoptándose finalmente realizar el ensayo directamente arrastrando en el lecho del mar un cajón con arena dentro del cual se colocó el contador Geiger. De acuerdo a la intensidad de las mediciones se comprobó el movimiento de las arenas.

CONCLUSIONES

El uso de los radioisótopos, de acuerdo al desarrollo actual de los métodos de trabajo, se vislumbra con variadas aplicaciones en la investigación de las aguas subterráneas, en el aspecto práctico y científico.

Esas aplicaciones se sintetizan en los siguientes puntos:

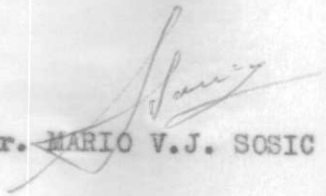
- 1º.- Se pueden emplear en la determinación de la dirección y velocidad del agua subterránea. Los radioisótopos en la forma química son usados para determinar la dirección de la corriente, los que por fenómenos de adsorción quedan adheridos en el estrato acuífero, alrededor del pozo. Después de la inyección, la distribución de la actividad del radioisótopo en torno al eje del pozo es medida con un contador de scintilación colimado y donde se registra una mayor actividad, ese punto o zona corresponde a la dirección de la corriente. Para la determinación de la velocidad también se usan radioisótopos en la forma química pero que no sean adsorbidos por el estrato acuífero; el radioisótopo es inyectado en una limitada zona, frente al estrato acuífero, y en forma circundante a un contador Geiger. De acuerdo al orden de decrecimiento de la cuenta se obtiene el grado de dilución del radioisótopo en el agua en función al tiempo, y de ahí se puede determinar la velocidad de la corriente.



- 2°.- Determinación de la edad del agua alojada en los acuíferos. Se realiza mediante la medición del contenido en el agua del Tritium (H^3) para edades del orden de los 30 años o el C^{14} para edades del orden de los 500 a 10.000 años.
- 3°.- Conección entre cuerpos de agua, como ser entre un lago y un acuífero, pueden ser establecidas o refutadas con el uso de trazadores, los cuales no deben ser apreciablemente adsorbidos por los estratos. Trazadores del fácil adsorción pueden ser utilizados para determinar puntos donde el agua superficial se infiltra en los estratos para formar acuíferos.
- 4°.- El origen del agua pueden ser determinada mediante el análisis de los isótopos estables. Debido, a la evaporación selectiva, la relación O^{16}/O^{18} y D/H depende de la altura en la cual el agua ha precipitado; de ahí que midiendo esas relaciones de precipitación se puede hallar el origen del agua.

Finalmente corresponde señalar la conveniencia de mantener contactos con la C.N. de la E.A. para todas las experiencias con radioisótopos aplicados a investigaciones hidrogeológicas que realice el referido organismo nacional. En tal sentido el suscripto manifestó a los técnicos de la C.N.E.A. el interés de esta Dirección para esta clase de experiencias.

División Hidrogeología, 22 de abril de 1963.-
elc.


Dr. MARIO V.J. SOSIC