

DE LA GEOLOGÍA REGIONAL A BUSCAR AGUA EN LA ARGENTINA: una odisea con importantes logros para el país¹

Santa Cruz convirtió la hidrogeología en una herramienta clave para impulsar la producción agropecuaria y el desarrollo sustentable en la Argentina, desde las tierras semiáridas hasta el acuífero Guaraní, una de las mayores reservas de agua dulce de América Latina.

■ Jorge Néstor Santa Cruz

Asesor en Hidrogeología

jorgenestorsantacruz@gmail.com

¹ Editor asignado: Víctor A. Ramos

Cuando, a los 80 años, recibí la invitación a preparar esta historia de mi vida profesional, me pareció muy interesante y valiosa, pero no comprendí de inmediato la importancia de recordar y evaluar muchos pasos dados, viajes, acontecimientos, amigos y compañeros de trabajo, y de contar una verdadera historia de vida. Con el texto ya finalizado, estimo que el tiempo dedicado a su preparación ha sido una de mis mejores inversiones en estos últimos años de mi vida. Considero simplemente que ejercer esta profesión de hidrogeólogo, con importantes frutos, ha significado un tiempo de dedicación completo más allá de lo habitual. ¡Las ciencias naturales nos desafían constantemente!

■ LOS PRIMEROS AÑOS

Yo tenía alrededor de tres años cuando, en 1946, me llevaron de visita al campo en la provincia de Entre Ríos, en la zona del río Uruguay, de donde

eran mis padres y mi familia. Quedé muy impactado por esos paisajes y, para mí, nuevas costumbres: grandes campos, "cuchillas", arroyos, caballos, etc., imágenes que me acompañaron con su recuerdo toda la vida.

Poder ver y tocar en pleno campo el fruto de los maíces fue una experiencia que después de muchos años recordé cuando trabajaba en la prospección de agua subterránea para riego complementario en la



A caballo entre los maizales, mis primeros contactos con la naturaleza.

región pampeana. Ya de adolescente visité la zona de Justo Daract en la provincia de San Luis, área con grandes campos de dunas que enriquecieron mi temprana experiencia con la naturaleza.

En el colegio secundario, durante mi bachillerato, pude madurar mi posible vocación. Jugó un papel muy importante en cuarto año la materia Geografía Argentina con temas como la formación de la cordillera de los Andes, las distintas regiones del país, los recursos hídricos, y la relación de lo físico con la economía y el desarrollo. Allí conocí a Carlos Iglesias, un gran amigo del colegio del que fui compañero de banco del primero al quinto año. Carlos estudiaba paralelamente la tecnicatura en minería en un colegio nocturno y con él hablábamos mucho de minería, cristalografía, geología, etc. e incluso habíamos realizado viajes a yacimientos en provincias: oro, uranio, canteras de materiales para la construcción, etc. Recuerdo mucho a Carlos, quien falleció tempranamente trabajando ambos en el Instituto Nacional del Agua y del Ambiente.

Ya en el quinto año del colegio tenía claro que quería estudiar Geología dentro de las Ciencias Naturales. Por lo tanto, y con gran apoyo familiar, fui a cursar la carrera en la sede del entonces Museo de Ciencias Naturales de La Plata. La facultad fortaleció definitivamente mi vocación naturalista-geológica.

A un año de terminar de cursar la carrera, me presenté a una beca del Servicio Geológico Nacional para alumnos de quinto año. Fui uno de los seleccionados y mi padrino de beca fue el Dr. Emilio González Díaz (<http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/Resenas/R-tomo2-4/GonzalezDiazT2N4.pdf>), eximio geomorfólogo y profesor de la Facul-

tad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, con el que realicé dos campañas en verano e invierno, en la zona del Velasco, provincia de La Rioja.

■ YA COMO GEÓLOGO

Cuando me recibí de Licenciado en Geología en 1966, ingresé en el departamento de Geología Regional del Servicio Geológico. Inmediatamente efectué mi primer trabajo geológico de campo controlando la interpretación de fotos aéreas de la zona de Sañogasta-Vilgo en La Rioja realizadas por los doctores Enrique de Alba y Horacio Methol. Esta campaña de varios meses consolidó totalmente mi vocación y gusto por la geología de campo con sus trabajos de exploración, viajes en mula y acceso a cumbres altas y difíciles.

Paralelamente ya había comenzado a realizar mi tesis de doctorado para presentar en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, bajo la dirección del Dr. Mario E. Teruggi, reconocido sedimentólogo de la Argentina y eximio profesor en esta facultad, con quien tenía una muy buena relación personal. La tesis tenía como fin definir y significar el origen geológico y sedimentológico de la Formación Puelches del subsuelo de la provincia de Buenos Aires, parte de Santa Fe y Córdoba, en sectores de la pampa húmeda de Argentina. El origen de esta formación es fluvial y sus arenas proceden de Brasil. Esta unidad geológica aloja el agua subterránea especialmente dulce, por debajo del acuífero freático, y se utiliza ampliamente en esa región. Para las determinaciones analíticas de laboratorio



En mi época de estudiante impresionado por el río Paraná en la costa entrerriense.

se utilizó el gabinete de sedimentología del Servicio Geológico y el apoyo muy valioso y constante del Dr. Renato Andreis, docente de la Universidad de La Plata, de quien tengo muy gratos recuerdos por su generosidad y amplios conocimientos. La tesis fue finalizada en 1971 y se defendió ante un jurado presidido por el Dr. José Salas, profesor titular de la materia Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de La Plata. Este trabajo para obtener el título de Doctor Ciencias Naturales orientación geológica me valió recibir el Primer Premio de la provincia de Buenos Aires a la mejor Tesis de Doctorado en Ciencias Exactas y Naturales.

En esa época también fui seleccionado por el Servicio Geológico para que, mediante una beca de estudio del Consejo Hídrico Federal Argentino, pudiera asistir por tres meses a un entrenamiento y formación del Instituto Regional de Aguas Subterráneas de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación con apoyo científico-técnico de las Naciones Unidas, en la ciudad de San Juan. Esta fue mi primera experiencia concreta y completa en hidrogeología, para la que recibí capacitación de campo y gabinete por parte de especialistas argentinos y extranjeros de hidrogeología regional, geoelectrónica, hidroquímica y especialmente de perforaciones. También tuve la oportunidad de ver el primer modelo matemático de acuíferos que se realizó en la Argentina por un integrante del Instituto de San Juan en formación, y llevado a cabo en el *U.S. Geological Survey*.

■ MIS INICIOS COMO HIDROGEÓLOGO

El territorio argentino presenta aproximadamente un 70% de su superficie ubicada dentro de la región árida o semiárida, en la cual las disponibilidades de los recursos hídricos

superficiales generalmente son escasas y se encuentran en gran parte comprometidas. Fue especialmente en estas vastas regiones, en donde el agua subterránea juega un papel de primordial importancia, el espacio donde encontré mi vocación. Allí hice viables los más diversos proyectos encarados para la provisión de agua potable, fundamental para el progreso nacional y el desarrollo de economías regionales.

Fue a partir de 1965, por medio de un Convenio del Gobierno Nacional con las Naciones Unidas, cuando se iniciaron los estudios integrales e interdisciplinarios de investigación de agua subterránea en nuestro país. Posteriormente, y siguiendo una metodología similar a la expuesta, se realizó, dentro de un convenio con la República Federal de Alemania (denominado CAAAS), el estudio del agua subterránea en el valle del Conlara, provincia de San Luis, y en otras zonas en la llanura cordobesa y santafesina. Se seleccionó el Valle de Conlara por sus características climáticas semidesérticas en un ambiente continental subtropical. La precipitación media anual en su parte central es de alrededor de 500 mm, pero existen fuertes variaciones. Las precipitaciones se concentran entre los meses de noviembre y marzo.

Comencé a desarrollar esta primera experiencia geológica hidrogeológica en la Dirección Nacional de Geología y Minería, y posteriormente en el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH) recientemente creado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos. El instrumental y los vehículos fueron aportados por la Misión Hidrogeológica Alemana. También Alemania aportó especialistas durante el tiempo de ejecución del estudio, tales como hidrogeólogos, geofísicos y modelistas matemáticos de gran experiencia, quienes nos

brindaron generosamente su experiencia y conocimiento. Además, el proyecto cubrió varias becas de dos años cada una en Alemania para entrenar profesionales argentinos del INCYTH.

El Valle de Conlara, desde el punto de vista hidrogeológico, cubre una superficie de 8.800 km², de los cuales aproximadamente 4.400 km² corresponden al área rellenada por sedimentos. La finalidad de este gran proyecto fue conocer los recursos hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e hidrológicos como base de planificación para la explotación de reservas de agua subterránea. Fue necesario desarrollar modelos matemáticos tendientes a lograr un manejo adecuado y global de los recursos hídricos disponibles. Fue fundamental para estos fines realizar estudios geológico-sedimentológicos y sus respectivos mapas geológicos en especial del Valle de Conlara, y áreas de influencia. Esos estudios a mi cargo fueron oportunamente publicados donde di a conocer sus características geológicas y sedimentológicas con los primeros mapas detallados de la región.

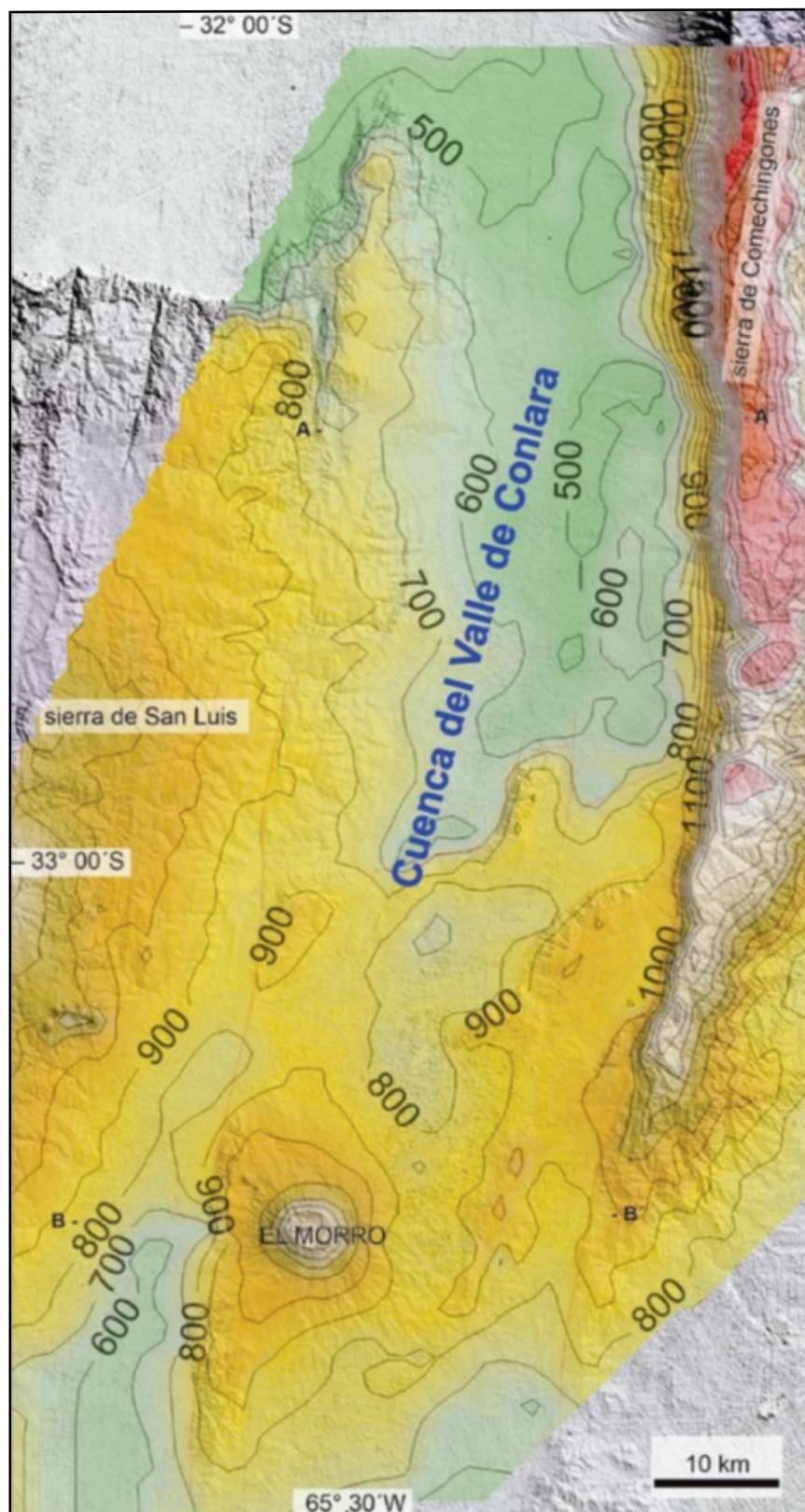
La integración de estos estudios con levantamientos geofísicos y una serie de perforaciones nos permitió establecer el relieve en profundidad del basamento cristalino y así identificar los depocentros controlados por fracturas escalonadas en profundidad. Estas fallas determinan abruptos cambios en el espesor de la cuneta sedimentaria. Pudimos establecer un fuerte gradiente hacia el norte, con salida al noroeste, a los llanos de la provincia de La Rioja. Su relleno sedimentario tiene dos secuencias, una inferior con sedimentos gruesos y una superior con limos. Los estudios geoelectrónicos nos permitieron identificar la mejor zona para captación de agua subterránea.

Cuando empezamos los estudios, la superficie de riego con agua superficial era de unas 14.560 hectáreas, mientras que la de agua subterránea era solo de unas 3.600. El volumen de extracción para consumo humano y ganadero no superaba 1 hm³/año, y para riego y suministro a poblaciones alrededor de 14 hm³/año. Sin embargo, nuestro modelo indicaba para un volumen promedio de agua caída en el área, considerando la isoyeta media de 500 mm/año, un valor general de 1.484 hm³/año. Si se asume una recarga aproximada del 11,7 %, porcentaje que caracteriza a las cuencas intermontanas de clima semiárido, pudimos estimar un valor de recarga promedio anual de 174 hm³, más de diez veces superior al que se extraía en la cuenca del Conlara. Es así que los estudios hidrogeológicos realizados permitieron poner en valor el potencial hídrico del Valle de Conlara y así programar aprovechamientos futuros de su agua subterránea.

Los resultados finales fueron publicados en seis voluminosos tomos en 1973, bajo el título *Recursos de aguas subterráneas y su aprovechamiento en la llanura pampeana y en el valle del Conlara, Provincias de Córdoba, Santa Fe y San Luis, República Argentina*, Convenio Argentino Alemán de Aguas Subterráneas. Servicio Geológico de la República Federal de Alemania y Servicio Geológico de Argentina.

■ EL INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA (INA)

Este Instituto, originalmente denominado Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH), había sido creado en 1973, y dependía de la Secretaría Nacional de Recursos Hídricos, con sede en la localidad de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Posteriormente, en el año 2001, cambió su denominación a Instituto



El estudio realizado en la Cuenca del Valle de Conlara, ubicada en el sector nordeste de la provincia de San Luis, que limita con las provincias de La Rioja y Córdoba, permitió conocer el espesor de su relleno sedimentario, sus características hidrogeológicas, así como establecer un muy buen potencial de irrigación mediante el uso de su agua subterránea sobre la base de nuestras investigaciones (CAAS, 1973).

denominado "impenetrable" de la provincia chaqueña. Estos estudios fueron importantes porque permitieron conocer la estratigrafía más profunda de esa región del Impenetrable chaqueño, que dio lugar a la posterior evaluación del agua subterránea existente por parte de la provincia.

■ ESTUDIOS DE POSGRADO EN EL EXTERIOR

En 1979 interrumpí mis trabajos en el INA para cursar en Madrid, España, la diplomatura del Curso Internacional de Hidrología Continental (actual CEDEX) apoyado por la UNESCO y con una duración de seis meses. El mismo contaba con reconocidos docentes tales como los ingenieros Rafael Heras, Emilio Custodio, Bartolomé Anguita entre otros, abarcando todos los tópicos de la hidrología superficial y subterránea. En esos años España era un centro destacado en el continente europeo por su amplia experiencia en la prospección y evaluación de las aguas en una región que se ca-

racteriza por su fuerte estrés hídrico dadas sus características áridas que forjaron toda una tradición en ese tipo de estudios.

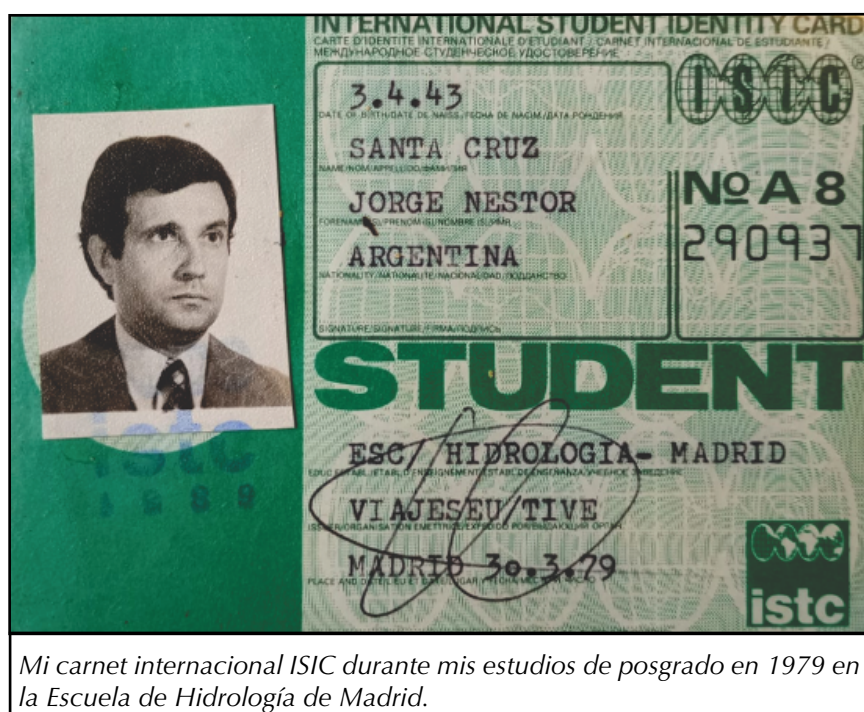
La importancia que tuvieron en mi carrera posterior estos estudios fue el poder tener un enfoque total de la hidrología en relativamente corto tiempo, abarcando también especialidades nuevas de esa época, tales como modelos analógicos eléctricos, isótopos aplicados, tecnología de obtención y análisis de datos diversos del agua, manejo integrado del agua y muchos otros. Durante todo el curso cada alumno realizó un trabajo concreto aplicado a una cuenca. Quiero recordar especialmente al Ing. Emilio Custodio, importante profesional e investigador de España muy dedicado a las aguas subterráneas y autor de la bibliografía más importante y leída en el habla hispana. Tuvo en vida una dedicación especial para la Argentina en el ámbito hidrogeológico, tanto de difusión, como en la formación de recursos humanos.

Estos estudios fueron complementados con otros cursos y pasantías sobre contaminación de acuíferos e hidrología ambiental en 1998 en Madrid; isótopos en hidrogeología en la Agencia Internacional de Energía Atómica en Viena en 2005 y sustentabilidad en proyectos de agua subterránea en el *United States Geological Survey* en diferentes lugares de Estados Unidos en 2007.

■ CONTINUACIÓN DE TRABAJOS EN EL INA

A mi regreso de Madrid en 1979, después de trabajar varios años, y con el apoyo del Ing. Eduardo Bustamante -un hidrólogo, reconocido investigador del CONICET y especializado en modelación matemática en el INCYTH-, fui designado Director Interino del Departamento de Hidrología. En esa oportunidad creé un laboratorio de sedimentología, sabiendo la importancia que tiene para los estudios hidrogeológicos. Estuve a cargo, además de la Sede Central en Ezeiza, de cuatro proyectos con infraestructura y personal en las provincias de Jujuy, Catamarca, Santiago del Estero y Corrientes. El Departamento de Hidrología poseía perforadoras, equipos de geofísica, instrumental hidrológico y electrónico, entre otros, llegando a tener un total de alrededor de 120 personas en los distintos sectores.

A comienzo de la década del ochenta comencé a trabajar en el estudio de factibilidad de riego complementario en un millón de hectáreas de la zona agronómica núcleo de la Pampa Húmeda. Este importante estudio realizado con base en el INTA Pergamino en la provincia de Buenos Aires, estaba siendo desarrollado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Mi intervención fue cuantificar y ca-



Mi carnet internacional ISIC durante mis estudios de posgrado en 1979 en la Escuela de Hidrología de Madrid.

lificar el agua subterránea para riego existente en el subsuelo en la zona mencionada, aplicando perforaciones de estudio, geofísica, hidroquímica y aspectos meteorológicos de la región. Este estudio pionero, que duró varios años, fue todo un éxito y sus resultados fueron publicados por el IICA. Estos trabajos dieron lugar a una actividad creciente de esta especialidad tecnológico-agrícola, que permitía obtener un aumento de productividad de cereales, oleaginosas y forrajeras con la aplicación de agua subterránea a través de grandes equipos de aspersión, donde la cantidad y oportunidad del agua utilizada adquirían una importancia clave. También trabajé con la ingeniera Elvira Suero del INTA-Balcarce en esta temática de agua subterránea para riego en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Cuando a través de los años veo la importancia que han tenido y tienen estos estudios y evaluaciones en el incremento de la producción actual, siento una profunda satisfacción por el trabajo realizado.

Esos resultados motivaron que en 1985 fuera designado por el INCYTH para participar dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en un proyecto de planificación hídrica para el manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas en México y Colombia. Esos meses fueron llenos de nuevas experiencias y enriquecedores para mi actividad futura.

■ ACTIVIDADES POSTERIORES NO RELACIONADAS AL INA

En 1987 fui designado director provincial de Minería del Ministerio de Obras Públicas de la provincia de Buenos Aires, cargo que ejercí hasta 1989. En esa época Buenos Aires era la primera provincia minera del país, producía minerales de segunda y tercera categoría, especialmente

para la construcción. Abarcaba también el conocimiento de minerales de titanio existentes en la playa del Mar Argentino de la provincia. También tenía importancia la explotación del granito para fines ornamentales y otros. La explotación de las arenas de playa requería un control especial para su habilitación evitando alcanzar los médanos y los sectores que no eran repuestos, así como evitar la intrusión de agua salina en los acuíferos costaneros.

Esta experiencia me llevó a trabajar entre 1989 y 1991 en el Honorable Congreso de la Nación como profesional de la vicepresidencia de la Comisión de Minería y con el objetivo especial de asistencia a la preparación de la nueva Ley de Minería, donde tuve un estrecho contacto con las provincias.

También realicé una corta experiencia en 1993, en una misión dentro del Programa de Cooperación Horizontal de la OEA al Gobierno de la República Dominicana, en Santo Domingo. El tema consistió en producir un diagnóstico del estado de situación de los recursos hídricos subterráneos del país. Años más tarde, en 1995, realicé una nueva misión donde pude completar el mapa hidrogeológico del país.

■ EL REGRESO AL INA

Cumplí mi segunda etapa en el INA como Gerente de Asuntos Institucionales dentro de la nueva estructura administrativa del instituto en Ezeiza. En esa etapa pudimos llevar adelante una serie de trabajos hídricos, en los cuales estuve a cargo de la negociación y gestión con diferentes organismos públicos y de organizar su ejecución a través de los sectores correspondientes del INA. Un trabajo importante fue el comienzo del Proyecto Arroyo Maldonado para la municipalidad de la ciudad de Bue-

nos Aires, donde sentamos las bases para su exitosa ejecución. En esos años mantuvimos la Red Hidrológica de mediciones del río Paraná e iniciamos los posibles acuerdos con Yacyretá para la participación hidrológica e hidráulica de la obra.

Una tarea importante en esos años fue haber estado a cargo del Plan Nacional de Aguas Subterráneas, donde tuve la oportunidad de desarrollar numerosos proyectos, muchos de ellos exitosos desde 1993 hasta mi jubilación en el 2003.

■ EL ACUÍFERO GUARANÍ

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) se encuentra en Latinoamérica y abarca parte de los territorios de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Este acuífero transfronterizo de agua dulce es uno de los más grandes del mundo y fue estudiado principalmente por el denominado Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní entre 2003 y 2009.

En el año 2003 fue concursado el cargo de coordinador técnico del proyecto Guaraní para el período 2003-2009, patrocinado por el Banco Mundial, la Organización de Estados Americanos y los cuatro países miembros del Mercosur. Fue una gran alegría haber sido seleccionado, pero también una alta responsabilidad el haber ganado ese concurso y hacerme cargo del desarrollo de las investigaciones.

Aprendimos que el Acuífero Guaraní se distribuye en toda la región a distintas profundidades constituyendo un "manto" geológico casi continuo de areniscas principalmente eólicas de edad jurásica, que es el principal reservorio donde se alojan las aguas subterráneas del sistema.

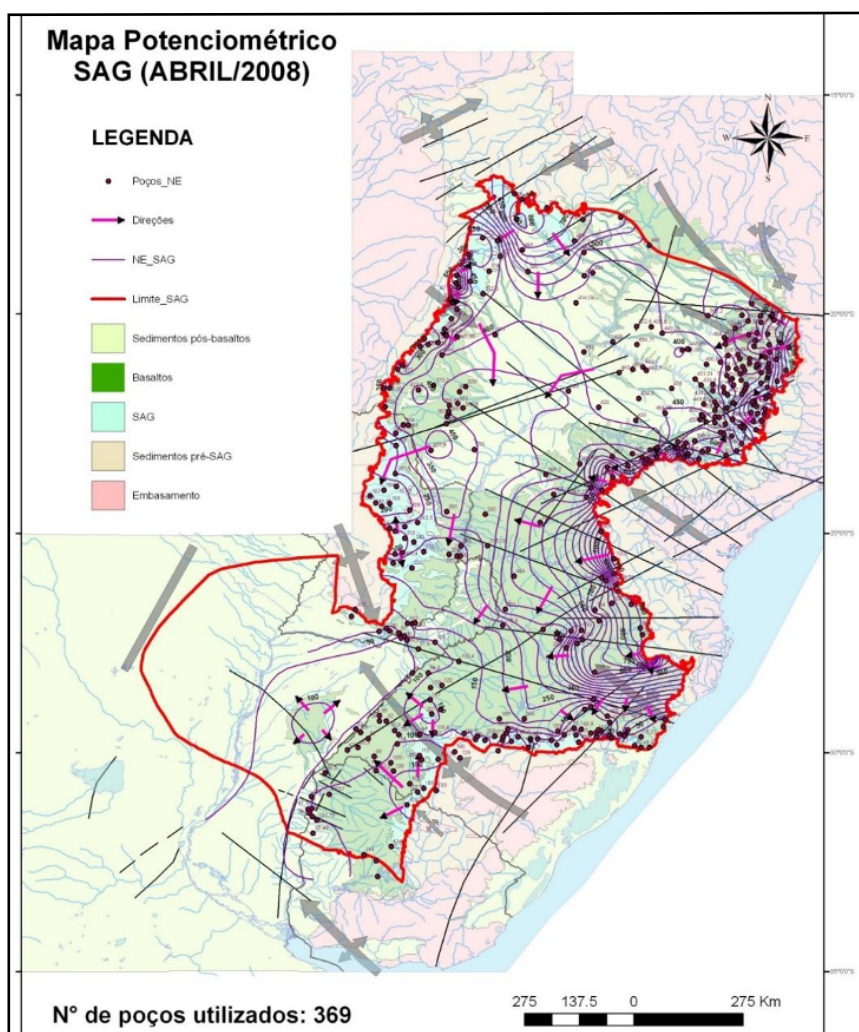
Bajo una superficie de alrededor de un millón doscientos mil kilómetros cuadrados y profundidades de hasta unos 1.500 metros, se calcula una reserva total de agua dulce subterránea de 30.000 km³, aunque las reservas realmente explotables están dentro de los 2.000 km³ con edades de muchos miles de años. A título comparativo para comprender su importancia es necesario tener presente que el módulo anual aproximado del río Paraná es de unos 50 km³/año.

En muchos sectores presenta temperaturas geotérmicas entre 32 y 70 °C. La recarga general del Acuífero Guaraní se realiza en los sectores aflorantes del acuífero de los cuatro países, y es del orden de 5 km³/año.

Por sobre el área abarcada por el Acuífero Guaraní se ubican alrededor de 1.500 municipios de los cuatro países, con una población total de 23.500.000 habitantes, de los cuales se abastecen de él alrededor de 9.000.000. El agua es utilizada principalmente para la provisión humana y de industrias, y en menor grado para explotación como recurso termal. El país que más lo utiliza es Brasil, donde se abastecen de agua subterránea a partir de este acuífero, total o parcialmente, entre 300 y 500 ciudades, con miles de pozos de explotación, la gran mayoría alcanzando alrededor de los 200 metros de profundidad. Brasil explota el 93% del volumen extraído del acuífero por año, consumiendo casi 1 km³/año. Téngase presente que un kilómetro cúbico equivale a mil millones de metros cúbicos, o sea, un billón de litros. En Argentina, se encuentra en el sector noreste de la provincia de Entre Ríos y en la provincia de Misiones, con posibilidades en Corrientes. El agua es utilizada principalmente para la provisión humana y de industrias, y en menor grado para explotación como termas, especialmente en Argentina y Uruguay.



El sistema transfronterizo del Acuífero Guaraní, una de las reservas mundiales más grandes de agua potable que estudiamos entre 2003 y 2009.



Este mapa potenciométrico del Acuífero Guaraní realizado durante el proyecto nos muestra la elevación en el subsuelo del acuífero que permite visualizar la dirección del flujo en las áreas de carga y descarga.

Las reservas explotables se han calculado con respecto a niveles estáticos, o sea niveles de agua subterránea sin explotación, lo que representa una disponibilidad total de 2.000 km³ de agua, que corresponden a solo 6,5% de la reserva total. Estos valores permitirían, por ejemplo, una extracción general continua pero distribuida, no concentrada, de alrededor de 200 km³ por año durante diez años. Hipotéticamente, en ese sentido se tendrían que utilizar más de 60.000 grandes pozos operando simultáneamente con altos caudales y distribuidos homogéneamente, no concentrados, en toda la región.

En cuanto a las amenazas de contaminación, depende de los espesores de basaltos que lo confinan. O sea, los sectores más profundos están muy protegidos naturalmente. Los que se hallan a mucha menor profundidad tienen mayor posibi-

lidad de contaminarse como cualquier otro acuífero. Inciden en esto las actividades contaminantes en la superficie y las perforaciones no correctamente realizadas.

El proyecto ha logrado que los cuatro países tengan un acuerdo legalizado para explotación, manejo y sustentabilidad del Sistema Acuífero Guaraní. Sobre la base de los resultados alcanzados y de acuerdo con la propuesta realizada en el 2008, los países involucrados se comprometieron ante la Comisión de Derecho Internacional de la Organización de Naciones Unidas a evitar "perjuicio sensible" entre las partes, uso "equitativo y razonable" del agua subterránea, permitir un "funcionamiento efectivo", e intercambio de información, entre otros compromisos.

Quedó establecido que una correcta gestión integrada del agua

(incluyendo el agua subterránea), así como en los niveles de los Estados de cada país (ya que es un bien público), es condición fundamental para evitar acciones espurias de cualquier origen y naturaleza, e incluso la explotación no sustentable del Sistema Acuífero Guaraní.

■ EN LA SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA NACIÓN

Desde febrero del 2009 hasta el 2015 me desempeñé en esta subsecretaría, pero dependiendo administrativamente del INCYTH. Continué al frente del Programa Nacional de Agua Subterránea dentro del Consejo Hídrico Nacional constituido por las provincias y la Subsecretaría de Recursos Hídricos. El programa permitió continuar con algunas acciones nacionales tales como la continuidad del Proyecto Piloto Concordia-Salto entre Argentina y



Equipo de hidrogeólogos de los cuatro países del Mercosur que coordiné para el proyecto Sistema Acuífero Guaraní en Sao Paulo en 2008.

Uruguay, tal como se había desarrollado durante la ejecución del proyecto Acuífero Guaraní y midiendo los caudales de las perforaciones termales dulces existentes en los dos países del área piloto.

Por otro lado, bajo mi dirección se comenzó a realizar un estudio de arsénico en agua subterránea en las provincias de Buenos Aires y La Pampa con la participación de investigadores de las Universidades Nacionales del Centro y La Pampa. Este estudio se constituyó a partir de un proyecto de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, siendo continuado después de mi retiro de la administración pública a raíz de mi jubilación por el Dr. Carlos Schultz de la Universidad de La Pampa.

■ ACTIVIDAD ACADÉMICA Y DOCENTE

Si bien mi intensa actividad profesional no me ha permitido dedicarme a la enseñanza a tiempo completo, he dado un sinnúmero de cursos de grado, posgrado y especialización en temas de agua, contaminación y desarrollo sustentable en diferentes instituciones. Fui docente en la Universidad de Buenos Aires en las carreras de Agronomía y Geografía, en la Universidad Tecnológica Nacional, en las universidades de San Juan, Entre Ríos, La Matanza, y otras instituciones a lo largo del país y de Paraguay, Brasil y Uruguay. Dirigí numerosas becas y pasantías técnicas, he dirigido y codirigido tesis de grado y posgrado en diversas instituciones, siempre con proyectos específicos dedicados a diferentes aspectos de las aguas subterráneas, entre los que destaco los doctorados de Adrián Silva y Mirta Fresina en la Universidad de Buenos Aires. El Dr. Adrián Silva es el actual profesor de Hidrogeología de esa universidad.

■ DIFUSIÓN EN LA SOCIEDAD DE NUESTRAS ACTIVIDADES

Siempre he tenido presente la importancia de comunicar a la sociedad tanto las actividades que realizábamos, como los resultados obtenidos. He realizado numerosos artículos sobre la relevancia de las perforaciones de agua subterránea en la Pampa Húmeda y los procesos que nos permiten la captación de aguas subterráneas y su utilización para riego en forma sustentable. Entre ellos ha tenido un fuerte impacto mi trabajo sobre "El Sistema Acuífero Guarní" publicado en *Ciencia Hoy* y numerosas contribuciones

en diferentes revistas regionales y del exterior. En esas publicaciones han tenido un rol relevante los artículos sobre los aspectos transfronterizos de la gestión y conocimiento del agua subterránea en el desarrollo sustentable del Acuífero Guaraní en la región del Mercosur. Estas consideraciones publicadas en diarios como *Tiempo Argentino*, *La Nación*, *Clarín*, *Le Monde Diplomatique*, además de numerosos diarios locales del interior y numerosos artículos en diarios brasileros y uruguayos, junto con videos y películas, han permitido que la sociedad tome conciencia de la importancia de las aguas subterráneas y en especial de



El autor en ocasión de recibir el Premio Hidrogeología 2004 a la trayectoria otorgado por la Asociación Geológica Argentina.

lo extraordinario que es el Acuífero Guaraní como gran reserva de agua dulce para nuestro continente.

■ CONSIDERACIONES FINALES

En este breve resumen de casi 55 años de actividades, dedicadas en su mayor parte al estudio de las características hidrogeológicas de los principales acuíferos de la región central y noreste de la Argentina y regiones circundantes, me llena de satisfacción la labor cumplida.

Mis estudios y los resultados obtenidos no han pasado desapercibidos y han tenido un fuerte impacto en la sociedad. He recibido menciones y distinciones varias, como la del Congreso Nacional del Agua en 2002. Sin embargo, me llena de un legítimo orgullo el reconocimiento recibido por parte de mis pares de Ciencias de la Tierra. Es así que en el año 2004 la Asociación Geológica Argentina otorgó por primera vez un premio en Hidrogeología, distinción que reconoció mi trayectoria en la investigación y desarrollo de las aguas subterráneas. Este reconocimiento que se realiza cada cinco años lo comparto con dos referentes de la Hidrogeología Argentina, el Dr. Mario Hernández (2009) y el Dr. Eduardo Kruse (2014), cuyos logros genuinos admiro y son ampliamente aceptados por la comunidad. Otro hito que considero importante es haber sido honrado por la invitación de la Universidad de Buenos Aires para dar la XII Clase Magistral de la Cátedra Libre Pellegrino Strobel en 2005. En esa oportunidad hablé sobre *"El Acuífero Guaraní: su conocimiento y gestión"*, en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, presidida por el rector de la Universidad de Buenos Aires,

Dr. Guillermo Jaim Etcheverry, ante un numeroso público compuesto de docentes y estudiantes.

A su vez, el estudio de cuencas como las del Valle del Conlara, el acuífero Puelches y los de las arenas fluviales de Ituzaingó, y en especial el sistema del Acuífero Guaraní, me ha permitido colaborar en la identificación de importantes reservas de agua subterránea que ponen a nuestro país en una situación privilegiada en el contexto mundial de estos días y los por venir, dominados por un fuerte estrés hídrico. Este sector de América del Sur ha sido bendecido por sus recursos naturales, a los que se agrega un importante potencial de agua subterránea.

En estos últimos meses sigo trabajando mediante un contrato con la UNESCO en la elaboración de un proyecto que permita un desarro-

llo sustentable a medio término del Acuífero Guaraní. Es necesario tener presente que, a diferencia de un flujo de agua superficial que se mide en metros por segundo, un acuífero se expresa en metros por día, lo que muestra que su recarga es lenta y que son procesos que abarcan un gran lapso de años. Esto pone de manifiesto la necesidad de una precisa evaluación y un adecuado control y monitoreo de la extracción de agua, para que a través de una gestión correcta se logre su conservación para las generaciones futuras y, a la vez, un desarrollo sustentable de tan importante recurso de agua subterránea.

Por último y no por ello menos importante, mucho de lo que he logrado ha sido con el apoyo incondicional de mi familia, mis seres queridos que me han acompañado con su cariño a lo largo de todos estos años.



Mis tres hijos, mis dos primeros nietos y el recuerdo inolvidable de su madre que ya no está con nosotros.