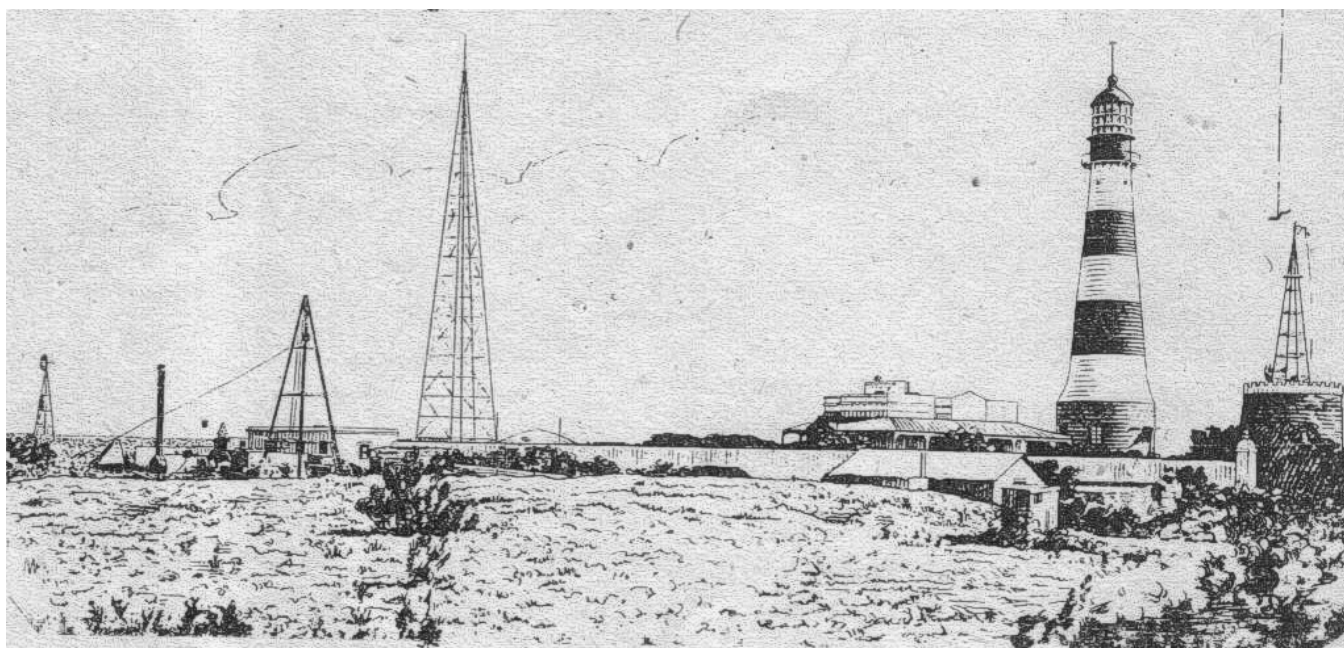




## **Síntesis Histórica de la Hidrogeología en Argentina**



**Documento de divulgación**

**2013**

**Autor: Dr. Adrián Ángel Silva Busso**

*"Diez días emplearon los misioneros desde el Volcán hasta la Reducción de la Concepción. La causa de tanta demora, caminando de día y de noche, fueron las grandes lluvias que hubo aquel año. Las cañadas o pampas parecían un océano de someras aguas, que terreno meramente, en parajes inundados."*

*Padres Cardiel, Falconer y Strobel  
Misión Jesuita Ntra. Sra. del Pilar, Sierras del Volcán, 1751.*

## **ÍNDICE**

- 1.- EL AGUA EN TIEMPOS PRECOLOMBINOS Y COLONIALES
- 2.- AGUA, ILUSTRACIÓN, NATURALISTAS Y LA REVOLUCION DE LAS IDEAS
- 3.- AGUA SUBTERRÁNEA PARA EL MODELO AGROEXPORTADOR
- 4.- LOS ALBORES DE LA HIDROGEOLOGIA COMO DISCIPLINA
- 5.- EL CONOCIMIENTO DE NUESTROS RECURSOS HIDRICOS
6. EL AGUA DESDE EL PARADIGMA DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL
7. BIBLIOGRAFÍA

*\* Dibujo en tinta de la perforación Punta Mogote obra 710, SMN (1934)*

## **PREFACIO**

Esta breve y sintética historia sobre el agua subterránea y el desarrollo de la hidrogeología en Argentina no constituye un estudio formal sobre ambos aspectos, solo resulta en una obra de divulgación imperfecta de los principales sucesos sobre la base de la bibliografía existente o, al menos, alcance de su autor. Digo imperfecta, porque es muy difícil abarcar todos los aspectos, los detalles y por menores de las diferentes etapas que signaron el desarrollo de la hidrogeología (y los recursos hídricos en general) en nuestro país. Eso lo dejo para más adelante, o mejor, para aquellos que compartan esta motivación y quieran hacer de ese tema un verdadero horizonte de estudio e investigación.

Dicho esto, surge la pregunta de ¿a quién está dedicada este texto?. La respuesta es, en general a cualquier persona que desee introducirse en el tema, pero en particular a los alumnos de la materia de hidrogeología del Departamento de Geología de la Universidad Buenos Aires (por ello se incluyeron algunas referencias de esta actividad en nuestra casa de estudios). El texto no ha sido escrito con una finalidad evaluativa, sino con un objetivo formativo que complementa el estudio formal de la hidrogeología, un disciplina dentro de la geología fuertemente signada por las ciencias exactas.

El agua, de más sabido es, ha tenido una notoria intervención en el desarrollo de la humanidad y, como objeto de estudio un profundo arraigo en el pensamiento filosófico-científico a lo largo de la historia documentada del hombre. Sin embargo, solo a fines del siglo XIX parece encontrar su rumbo y despegar con un fuerte desarrollo interpretativo y cuantitativo a lo largo del siglo XX. A juicio del autor de este texto, y en esto pueden disentir plenamente con él, ocurre esto porque se trata de una rama del conocimiento de características multidisciplinarias que ha necesitado del desarrollo y maduración de otras disciplinas más modernas; e incluso de medios tecnológicos modernos para cimentar sus bases y fundamentos conceptuales. Esto, a pesar de la larga experiencia empírica de los seres humanos en el manejo del agua en las muy diversas civilizaciones de nuestro planeta.

Por otro lado, espero encuentren en el texto un relato ameno pero conciso de esta historia y que cumpla el objetivo de acercarlos a la disciplina desde otra percepción, si se me permite, la percepción de la experiencia humana como aventura del conocimiento a través de los hombres y hechos que la forjaron.

*Buenos Aires, Febrero 2014*

## 1.- EL AGUA EN TIEMPOS PRECOLOMBINOS Y COLONIALES

Al igual que las civilizaciones primitivas en otras partes del mundo, los pobladores prehistóricos que ocupaban el actual territorio de la Argentina obtenían el agua necesaria para su subsistencia y desarrollo de las fuentes de agua superficial (ríos, arroyos, lagos, etc.) y eventualmente vertientes. Pero esta era una tarea "tecnológica" compleja y en general solo la grandes civilizaciones americanas (Aztecas e Incas) dominaron productivamente estos aspectos. En la región Pampeano no existía un desarrollo elaborado de la agricultura, por ende tampoco de sistemas de regadío o captación. Frente a las contingencias hídricas los asentamientos, en su mayoría nómades, se trasladaban hacia regiones más favorecidas.



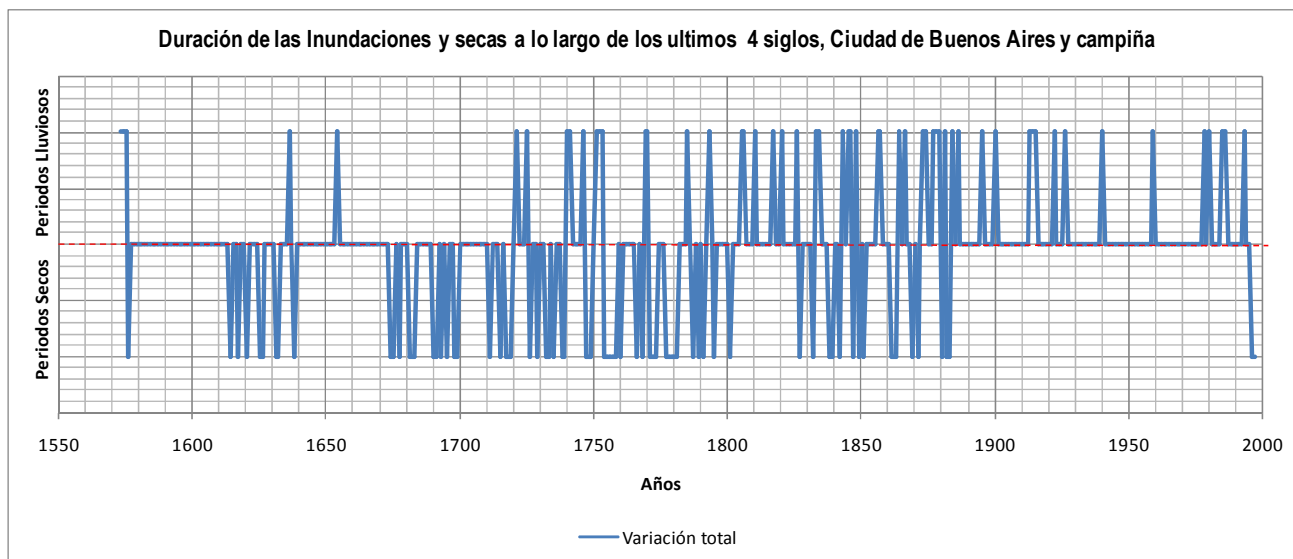
Foto 1. Acequia o canal del riego inca.

La llegada de los Europeos y en particular Españoles al nuevo mundo trajo a la región una importante experiencia en el manejo del agua heredada de los Romanos primero y continuada por los Musulmanes Omeyas, Almóhades y Almorávides en la Península Ibérica.

No obstante, la región Pampeana tiene sus características particulares diferentes a la península. Una importante es que la región pampeana se caracteriza por ciclos climáticos húmedos y secos (Ameghino, 1871), y por lo tanto la ciudad de Buenos Aires y su campaña históricamente han condicionado el uso del agua superficial y subterránea a esta contingencia. Desde los tiempos de su fundación, a fines del siglo XVI, el aprovisionamiento de agua para consumo humano y particularmente la ganadería ha sido un tema de constante preocupación de los habitantes y las autoridades. La información proviene de varias fuentes desde relatos de conquistadores como Ortiz de Zárate, las crónicas jesuíticas y los registros del cabildo y la iglesia de Buenos Aires. Estos documentos detallan una sucesión de sequías y lluvias a lo largo de los siglos XVI- y principios del XIX para los cuales se implementaban medidas fundamentalmente de tipo económicas (excepciones impositivas) y religiosas (solicitudes de Tedeum o rogativas), pero no se tiene noticias claras de cuál sería el aspecto "tecnológico" con la que se abordaban estas contingencias climáticas (Moncaut, 2001).

Estos registros proviene de las acatas del cabildo de Buenos Aires y la Catedral (figura 1) y fueron recolectados por (Moncaut, 2001). En este casos solo se ha asignado valores

lógicos de 1,0-1 cuando la situación era inundación, típico y sequía graficándolo en el tiempo. No son estrictamente fiables, solo indican la preocupación de la población frente a fenómenos climáticos extremos (sequía vs. inundación) so se puede saber la magnitud relativa entre ellas, ni si la percepción humana de "años anómalos" es la misma a lo largo de los siglos (lo esperable es que no lo sea).



**Figura 1.** Secuencia de momentos de sequía vs. inundación en la región pampeana

Tampoco es posible saber cuáles eran las situaciones "típicas" ni en qué momento y para quienes, estas dejaban de serlo para convertirse en una preocupación comunal. Esta última percepción sin duda cambió a lo largo de los siglos, dado que una explotación ganadera extensiva durante los primeros siglos presenta características diferentes que las obras civiles del siglo XIX y XX. Por ejemplo, las sequías tienen un impacto devastador sobre la explotación agropecuaria y las inundaciones sobre las obras civiles.

No obstante y aun con las objeciones del caso no deja de ser interesante prestar atención a la distribución en el tiempo de esta información. Un aspecto importante es que del total de años (424) el 33.96% de los años fueron considerados "anómalos" de estos el 13.21% del total son considerados años de inundados y un 20.75% de sequía. Del total de años anómalos (144) la relación entre inundación vs. sequía toma un valor de 0.64, o sea predominan las sequías. Suelen ser situaciones de 2 o 3 años de duración raramente mayores a ese tiempo o consecutivas (dos casos así son los periodos 1751-1759; 1877-1884). Este breve análisis indica a menos que la sucesión de periodos húmedos/secos no era desconocida en la región pampeana cuando Ameghino (1871) la describe más claramente en su libro. Modernamente, se ha propuesto a los fenómenos de "El Niño" y "La Niña" como responsables de esta repetición (nombres también tomados de relatos coloniales).

La historia de la explotación del agua superficial y subterránea en la región del Gran Buenos Aires se relaciona, en principio, con la actividad pecuaria. La explotación ganadera durante los siglos XVI, XVII y primera mitad del XVIII constituía principalmente en el sistema de "vaquerías" que consiste en la búsqueda de ganado salvaje en la pradera con el objeto de obtener su cuero, único artículo de valor comercial durante aquel tiempo, ya que la agricultura solo se practicaba en pequeñas plantaciones y no fue considerada una posibilidad económica a gran escala hasta fines del siglo XIX (Giberti, 1974).

El sistema de "vaquerías" implicaba reunir una gran cantidad de cabezas de ganado en áreas cercanas a la ciudad de Buenos Aires que permitan abreviar a los animales. El ganado bovino en pie consume, en la región pampeana, alrededor de 40 litros/día de agua (20



litros/día el ovino y equino respectivamente) y un número entre 50000 - 100000 cabezas por temporada constituye una demanda de agua importante, sobre todo en tiempos de sequía.

A este respecto, ya desde el señalamiento de las tierras durante la fundación de la ciudad; Don Juan de Garay (su segundo fundador en 1580) distribuye las "suertes de estancia" perpendiculares a los ríos afluentes del Estuario del Plata (no en el) de unas 3000 varas (2100 metros) sobre su cauce para permitir abrevar al ganado.



Foto 2. Jagüeles, rinconadas y vaquerías del Siglo XVI a la actualidad

Además se aprovechaban los meandros naturales de los ríos donde se reunía al ganado, conociéndolo con el nombre de rinconadas (Sbarra, 1973). El consumo humano se suplía a partir de dos fuentes: la primera es el empleo del agua tomada del Estuario del Plata, que si bien es dulce, su calidad depende de las condiciones climáticas y mareas y posee una turbidez elevada para ser empleada directamente como agua de bebida. La segunda era el uso de aljibes que retenían el agua de lluvia y lo almacenaban en cisternas durante gran parte del año, un método típico de regiones áridas empleado en una zona húmeda con déficit estacionales.

## 2.- AGUA, ILUSTRACIÓN, NATURALISTAS Y LA REVOLUCION DE LAS IDEAS

El uso ganadero del agua superficial no fue suficiente durante los periodos de sequía que se fueron sucediendo a lo largo de los siglos XVII y XVIII. Las repetidas secas y mortandad de animales de la región determinaron que el cabildo de Buenos Aires obligara en 1788 a los hacendados a realizar aguadas artificiales en las estancias perimetrales (área que en gran medida es actualmente el Gran Buenos Aires). Esta es la primera referencia al uso de agua subterránea y en particular al acuífero freático en la región, y el propósito de su uso pecuario bovino, ya que la planta urbana se abastecía en aquellos días con el agua del Estuario o bien la acumulada por precipitaciones. Es evidente que la creación de aguadas artificiales con conexión a la freática no fueron suficientes para sostener el consumo de agua del ganado, para lo cual se construyeron mecanismos de extracción muy rudimentarios. La primer mención de dichos métodos la realiza Félix de Azara, (1794) diciendo textualmente "Carecen estos campos de agua, que aún para los animales se saca de pozos haciendo tirar la vasija o balde de cuero por un caballo" hace referencia al más primitivo de los dispositivos llamado "pelota" y consiste simplemente en un balde semiesférico de cuero de vacuno con un extremo abierto por un aro de madera dura. El mismo se sumergía en la excavación y permitía, con el auxilio de dos hombres y un caballo, extraer un volumen de agua cercano a 1 – 1,5 m<sup>3</sup> (Sbarra, 1973). Una modificación posterior a este dispositivo se denominaba "balde sin fondo", diseñando por Lanusa en 1827, estaba inspirado en el balde y se fabricaba

una manga de cuero de potro de 4 metros de largo que se sumergía en los pozos y volcaba el agua en una canaleta. Su volumen era mayor que el balde y se ha medido un caudal cercano a los 122 pies 3 en 45 minutos (Romero, 1827) o sea entre 3 y 5 m<sup>3</sup>/h. También llamado "manga" cuando se fijaba uno de sus extremos al brocal del pozo permitía extraer agua de captaciones de 5 o 6 metros de profundidad. Frecuentemente las excavaciones de extracción de agua aprovechaban las depresiones naturales llamadas "jagüeles" que naturalmente y sobre todo en las zonas bajas tenían conexión con los niveles freáticos. En las mismas se instalaba un dispositivo que recibía el nombre de "cigüeña" que consistía en un larguero de madera que con un balde en un extremo y un contrapeso en la otra levantaba el agua del jagüel de no más de 2 metros de profundidad. Este dispositivo permitía abastecer entre 2500 y 4000 bovinos en 12 horas (Newton y Jurado, 1878) o sea una extracción entre 8 – 14 m<sup>3</sup>/h.



Foto 3. Don Félix de Azara, retratado durante sus viajes en Paraguay. (1742-1821)

Es importante mencionar que estos dispositivos (en particular la manga) estuvieron en uso hasta fines de siglo XIX y fueron los métodos frecuentes de extracción de agua; funcionando todo el día extraían entre 3- 5 m<sup>3</sup>/h de las captaciones. Sin embargo estos rudimentarios métodos no eran del todo eficaces en su cometido, Darwin, (1833) menciona que las pérdidas de ganado en la provincia de Buenos Aires alcanzaron el millón de cabezas durante la seca de 1826-27. No solo el ganado bovino se ve perjudicado por la seca Azara, (1794) describe que durante la seca de 1791 lo siguiente "Estando en Paraguay supe que, sin que hubieran reinado ningún viento de estos (del oeste) el agua bajo de tal manera que dejó al descubierto tres leguas (cerca de 15km) de playa en Buenos Aires, que se mantuvo en este estado durante un día, y que ganó de nuevo su nivel ordinario, pero poco a poco" Esto dificultó el acarreo de agua ya que las carretas debían adentrarse varios kilómetros demorándose y provocando el desabastecimiento.

Estos acontecimientos fueron motivo de permanentes búsquedas para dar una solución más definitiva al problema de abastecimiento urbano y pecuario. El primer intento



de perforación de “pozos artesianos” en la Ciudad de Buenos Aires fue realizado en 1824 por Bevans, alcanzando los 12,5 metros hasta desmoronarse sin llegar al nivel freático probablemente debido a que se realizó en una de las zonas más altas de la ciudad a 25 m.s.n.m durante un año seco. Luego del ocasional intento de Bevans y hacia mediados del siglo XIX, la manga y el balde seguían siendo los mecanismos de extracción comunes en la ciudad y la campaña, si bien se habían realizado algunas mejoras reemplazando el cuero por el hierro, el abastecimiento urbano era todavía muy diverso compuesto por pozos excavados, aljibes y agua que se acarrea del Estuario trasportándola en carretas hasta los hogares. A tal punto que las primeras propuestas de una red de suministro de agua y planta de clarificación fueron formuladas en 1859 (Sbarra, 1973) las cuales fracasaron dada la precariedad de los métodos de extracción.

Hasta mediados del siglo pasado los naturalistas viajeros han dejado sus descripciones sobre diversos eventos hídricos extremos. Así pues Darwin alude a las inundaciones y sequías en la Provincia de Buenos Aires y realiza observaciones concretas de agua subterránea tal como la existencia de fuentes de agua potable en los médanos del sur de Bahía Blanca (Darwin en 1832). Bravard (1857) hace alusión a manantiales como agua subterránea aflorante, y también en esos años se registrarían las primeras observaciones meteorológicas puntuales.

### **3.- AGUA SUBTERRÁNEA PARA EL MODELO AGROEXPORTADOR**

A partir de 1865 comenzó, con la creciente incorporación de inmigrantes europeos, la gran ocupación del territorio argentino y paralelamente comienza la rápida expansión del ferrocarril (nacido en 1854). Todo ello trae aparejado la utilización empírica de los acuíferos más superficiales en la llanura y acuíferos más profundos en otras regiones más áridas alcanzados mediante pozos cavados a cielo abierto.

Para el ingeniero Sourdeaux, (1862), la forma de garantizar una buena provisión de agua clara y segura era a partir del aprovechamiento de los “pozos artesianos” que hasta el momento no constaban de alumbramiento en el país. Para tal fin realizó una serie de sondeos, con herramientas modernas para su época, en distintas zonas del Gran Buenos Aires. Luego de un primer retraso en la propia ciudad de Buenos Aires (pozo La Piedad como dio en llamarse), perfora con éxito en la vecina localidad de Avellaneda, en la cuenca baja del Río Matanza Riachuelo y a 300 metros de su cauce. Este realiza un pozo de 92 varas de profundidad (aprox. 65 mbbp.) alumbrando las buscadas y controvertidas “aguas surgentes”. El Acuífero Puelches, naturalmente y en zonas bajas, posee semisurgencia o surgencia topográfica de poca presión como ocurre actualmente en la planicie de inundación del Río Luján; estas fueron las características del alumbramiento de la perforación de Sourdeaux, donde además el agua era salobre, pero constituía la primera posibilidad real de aprovechamiento sistemático del agua subterránea.

Debe tenerse en cuenta que la expansión de ferrocarril dependía en gran medida de la provisión de agua clara y dulce para las locomotoras y fue en verdad gracias a este que se realizó el primer servicio de aguas corrientes en Buenos Aires abastecido por un “pozo artesiano” transportando agua a través de una modesta red de 8 km a la cual se conectaron las viviendas cercanas a su traza.

A pesar de ello, en la ciudad de Buenos Aires la provisión de agua era tan irregular como la eliminación de excretas humanas. Del censo de 1870 y luego de la epidemia de fiebre amarilla (1870-71) se conoce que de las 30313 viviendas existentes en la ciudad contaba con 8000 que ya tenían servicio de agua corriente de red, a partir de los “pozos artesianos” de la ciudad, 3346 poseían aljibe, pozo excavado y aljibe 1668 y pozo excavado solamente 14685 y sin provisión de agua 2517 (Sbarra, 1973). Estos últimos dependían del

acarreo de agua del estuario, por lo tanto a fines del siglo XIX solo el 8,3% se abastecía de agua superficial solamente, un 5,5% combinaba el abastecimientos de pozos y aguas de lluvia y el 86.2% se abastecía de aguas subterráneas. La ciudad con 400000 habitantes no poseía servicio de cloacas para eliminación de excretas, lo que favoreció la propagación de la epidemia de 1870-71, dado que la primera cloaca máxima data de 1871-85. Esta demanda era solamente urbana y sin contar el abastecimiento de ganado que se concentraba en el perímetro urbano hoy Gran Buenos Aires.

Las perforaciones se sucedieron rápidamente en Buenos Aires ciudad y la campaña. Sourdeaux, (1864) detalla valores de producción de sus pozos surgentes citando en la ciudad de Buenos Aires, en planicie de inundación del Riachuelo-Matanza, caudales surgentes entre 12-14 m<sup>3</sup>/h sin variación y en la localidad del Tuyú, 100 kilómetros al sur de Buenos Aires hasta 20 m<sup>3</sup>/h. Hacia 1882 una perforación en la ciudad de Buenos Aires, cercana al cauce del Arroyo Maldonado hoy entubado en su totalidad, hace referencia a un caudal de 200m<sup>3</sup>/h (Sbarra, 1973) aunque no se menciona sin duda se empleo algún mecanismo de bombeo artificial, sin embargo si menciona una "inagotable corriente de agua" entre 45 – 60 metros de profundidad, que corresponde a las cotas del Acuífero Puelches.



Foto 4. Ingeniero Adolfo Sourdeaux, una de sus escasas fotografías (1819 - 1883)

Evidentemente, los albores y avances del conocimiento hidrogeológico de nuestro territorio, fueron comunes con el de la geología. La creación de la Facultad de Ciencias Exactas, Matemáticas y Físicas de Córdoba en 1869, y la inmediata contratación de valiosos geólogos extranjeros, significó virtualmente el comienzo de la investigación institucional sistemática de la geología en la Argentina. Stelzner, Brackebuch y Bodembender iniciaron las investigaciones y observación que abarcaron también algunos aspectos hidrogeológicos. Se pueden mencionar además, entre otros, a G. Ave-Lallemant, G. Burmeister, A. Doering, E. Zeballos, F. Ameghino, E. Aguirre y E. Godoy. También el año 1869 marca un hito hídrico-social pues es cuando, con la habilitación de los primeros servicios de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Buenos Aires, comienza prácticamente la historia del saneamiento urbano del país. Un hecho institucional importante también lo constituye la creación, a iniciativa de D.F. Sarmiento en 1872, de la oficina meteorológica.

La perforación El Balde -Provincia de San Luis- de 600 metros de profundidad en 1883 es la primera investigación hidrogeológica formal profunda de subsuelo en la República Argentina. Por otro lado, también es importante mencionar que la Provincia de Mendoza ha sido el primer estado argentino que dictara su Ley de Aguas -en el año 1884-, existiendo en ella seis artículos que tratan específicamente el agua subterránea.

Recién a comienzos del Siglo XX, se dan las condiciones legales e institucionales para el despegue definitivo de la actividad hidrogeológica y la transferencia de conocimientos a la sociedad. En efecto, por Decreto del 25 de octubre de 1904 se crea la División de Minas, Geología e Hidrología, bajo la dirección del Ing. E.M. Hermitte y dependiente del Ministerio de Agricultura de la Nación. Entre sus objetivos se encontraba la realización de los mapas geológicos e hidrogeológicos del país, confeccionándose un plan de perforaciones profundas de exploración. Esa División fue en 1912 ascendida a la categoría de Dirección General. En 1909 se sanciona la Ley Nº 6816 por la cual se asigna a esta repartición la confección del Mapa Hidrogeológico de la República y dentro de cuyo marco se efectúan, a partir de ahí, los estudios hidrogeológicos y perforaciones de exploración de diversas provincias y territorios nacionales. Son numerosas las contribuciones y estudios realizados, entre otros por H. Álvarez, Artaza, R. Beder, L. Catalano, A. Castellanos, M. Corti, E. Gerth, P. Groeber, J. Keidel, J. Nágera, S. Roth, J. Rasmuss, M. Thierry, R. Wichmann, A. Windhausen.



Foto 5. Clásico molino de viento de fines del siglo XIX, Sierra del Los Padres, Bs As

El trabajo más destacado fue el de Stappenbeck quien en 1926 publicó sus investigaciones sobre el agua subterránea de "La Pampa", que abarca casi todo el territorio argentino al norte del Río Negro y se constituyó en un tratado básico de hidrología subterránea de esa parte de la República Argentina (SEGEMAR, 2007).

La existencia o alumbramiento de agua subterránea fue una condición necesaria en el desarrollo del abastecimiento urbano y pecuario pero hacia el final de siglo XIX la llegada del sistema de bombeo empleando un molino eólico de tipo americano fue indispensable para

hacer a la extracción de agua subterránea económicamente rentable en las áreas ganaderas y la expansión ferroviaria.

La labor de Stapembeck uno de los pioneros de la hidrogeología argentina se desarrolló entre 1909 y 1943, a través de la Dirección de Geología y Minería y el Gobierno de la Provincia de Tucumán, extendiéndose específicamente a la Cordillera y Precordillera de San Juan y Mendoza, sudeste de Mendoza, Sierras Sudandinas de Salta y Tucumán, sudeste de Chubut y Provincias de La Pampa y Tucumán, especialmente.

Es a la actividad hidrogeológica de principio de siglo a la que se le debe el primer hallazgo de petróleo en el país. Así pues, el estudio hidrogeológico de Comodoro Rivadavia se inicia en 1903 con la ejecución de una perforación con un equipo rotativo y que fue abandonada a los 170 metros de profundidad a raíz de inconvenientes técnicos. Se insiste nuevamente en el año 1907 con un moderno equipo de perforación bautizado con el nombre de Wenceslao Escalante, descubriéndose el 13 de diciembre, y a los 535 metros de profundidad un horizonte petrolífero. La responsabilidad de la obra estuvo a cargo de José Fuchs y Humberto Beghim, siendo J. Krause el Jefe de la Sección Geología e Hidrología. Posteriormente la misma Repartición ejecutó 4 perforaciones más de estudios en el yacimiento, hasta que se constituyó la Comisión Administradora del Petróleo de Comodoro Rivadavia (antecesora de Yacimientos Petrolíferos Fiscales), organismo autárquico que prosiguió con las investigaciones y explotación del yacimiento.



Foto 6. Dr. Richard Stappenbeck (1880-1963)

En 1912, la perforación Argerich permitió descubrir el acuífero termal profundo de la cuenca artesiana de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. Por esa época también, se exploran cuencas profundas en Mendoza, Salta, Santiago del Estero y Tucumán, entre otras. En efecto, por ejemplo, en 1908 se ejecuta por la Dirección Nacional de Geología y Minería la primera perforación en Santiago del Estero (capital); en 1913 se registra también en Mendoza (Tunuyán) el inicio de las perforaciones profundas; entre 1906 y 1917 se perforan en distintas localidades de la provincia de Tucumán más de 20 pozos profundos. También en 1912 se consolida el Organismo Obras Sanitarias de la Nación al concedérsele facultades destinadas a la provisión de agua potable en todos los núcleos urbanos del país, utilizándose en muchos casos agua subterránea.

Merece destacarse los estudios que realizara la Comisión de Estudios Hidrológicos del Ministerio de Obras Públicas entre 1911 y 1914 en las áreas de Valcheta, Nahuel Huapi y Junín de los Andes especialmente. Dicha Comisión, a cargo del Dr. Bailey Willis de los EE.UU., tenía como objetivo principal la evaluación del agua subterránea de la región para el desarrollo de la misma, y sus resultados fueron publicados parcialmente en California recién en 1941, conociéndose dos años después la versión en castellano publicada por la Dirección de Parques Nacionales y Turismo de nuestro país.

En las zonas urbanas el abastecimiento con agua subterránea siguió siendo porcentualmente importante al menos hasta 1928 cuando se inaugura la primera planta de clarificación de agua del Estuario del Plata y el suministro con agua superficial fue ocupando un porcentaje creciente en el servicio público.

Durante estas primeras décadas del siglo XX el Servicio Meteorológico Nacional comienza a aportar valiosos datos de los componentes del ciclo hidrológico -incluyendo niveles freáticos- medios en las estaciones sinópticas en simultaneo con los parámetros meteorológicos

#### **4.- LOS ALBORES DE LA HIDROGEOLOGIA COMO DISCIPLINA**

Durante varias décadas después de su creación, la Dirección de Minería y Geología realizó una encomiable tarea geológica e hidrogeológica, y también de acción social, mediante el aprovisionamiento de agua a estaciones ferroviarias y centenares de ciudades y pueblos en los valles intermontanos, meseta patagónica y la llanura.

Entre 1936 y 1948 la Comisión Nacional de Climatología y Aguas Minerales, a través de prestigiosos investigadores (M. Sussini, E. Herrero Ducloux, R. Brandam, H. Isnardi, A. Galmarini, M. Castillo y F. Pastore) realizó el estudio de todas las fuentes de aguas minerales del país, abarcando su origen, clasificación físico-química, geología y aplicaciones terapéuticas. En 1941 A. Tapia confeccionó el primer Mapa Hidrogeológico de la República Argentina, en escala 1:5.000.000. Hacia 1946, la entonces Dirección General de Minas y Geología había ejecutado 1.688 perforaciones en el territorio nacional que significaban 144.457 metros perforados y 2.860 "capas de agua" descubiertas, de las cuales 1.201 eran aptas. A partir de 1947 el Ejército Argentino, a través del "Batallón de Aguas" comienza a perforar en sectores militares y en 1952 encara la realización de cartas geológicas militares y de agua escala 1:100.000 en la región del litoral.

El aporte valioso -a través de la Dirección de Minería y Geología- de las Hojas Geológicas escala 1:200.000, y la ejecución de perforaciones continúa durante la década del cincuenta. varias provincias tenían Reparticiones encargadas de estudios y manejo del agua subterránea. Cabe mencionar, por ejemplo, en la Provincia de Buenos Aires: Obras Sanitarias, el LEMIT (Laboratorio de Ensayos de Materiales y Tecnologías), y el Ministerio de Obras Públicas (División Aguas Subterráneas) y A.G.A.S.(Administración General de Aguas Subterráneas) en la Provincia de Salta, creada a fines de la década del cuarenta. También dio comienzo en el interior del país la implementación de parques de equipos de perforaciones y la profesionalización creciente de la actividad a través, principalmente, de las Direcciones de Hidráulica provinciales. Además, habíase producido entre los profesionales del quehacer geológico-hidrogeológico una importante difusión de los avances en el mundo, y especialmente de los EE.UU. a través del U.S. Geological Survey-, con respecto a la ciencia hidrogeológica (O.C. Meinzer, entre otros) y el desarrollo de ecuaciones hidráulicas subterráneas (C.V. Theis, C.E. Jacob, M. Muskat y M. Hubbert, entre otros).

También adquiere gran significación el avance tecnológico en la prospección, diseño de pozos y explotación, para los cuales mucho contribuyeron, a su vez, los avances en la industria petrolera, y la difusión de la bomba hidráulica de profundidad que permitió ampliar



significativamente las superficies regadas, especialmente en la región árida y semiárida del país. En la Argentina ya se estaba tomando conciencia de la necesidad de pasar de una etapa de conocimiento cualitativo puntual de identificación, a otra más moderna de cuantificación del Recurso dentro del marco de cuencas subterráneas definidas.

En 1958 se crea, dentro de la Dirección Nacional de Geología y Minería, el Servicio de Aguas Subterráneas, bajo la dirección del Dr. Oscar Ruiz Huidobro, y contando con la experiencia de calificados geólogos regionalistas que habían ejecutado hojas geológicas en escala 1:200.000. Se realizó a partir de ahí una especialización sistemática de sus integrantes, en Estados Unidos de América y Francia especialmente, y la incorporación de jóvenes profesionales y técnicos. Se inicia una etapa de investigaciones con metodologías modernas y la difusión a través de publicaciones de: mapas, hojas hidrogeológicas y perfiles de perforaciones, y la unificación del sistema de recopilación de antecedentes hidrogeológicos y conformación del Archivo Hidrogeológico Nacional.

Por otro lado, el Dr. Oscar Ruiz Huidobro ha sido el primer profesor de Hidrogeología como materia de grado en la formación de geólogos en la Universidad de Buenos Aires. Primera Universidad del país en dictar esta disciplina. Ocupó distintos cargos regulares e interinos, ascendiendo a Profesor Titular Ordinario Dedicación Exclusiva el 12 de febrero de 1970. Su incansable actividad académica continuó luego de su jubilación, ya que la Universidad de Buenos Aires lo nombró Profesor Consulto el 1 de marzo de 1983, cargo que conservó hasta el 28 de febrero de 1992. Su labor no se restringió al dictado de clases, sino que dirigió Tesis Doctorales, Trabajos Finales de Licenciatura, fue director de varios proyectos de investigación, Jurado de Tesis y de concursos de Profesores y Docentes Auxiliares, árbitro de revistas científicas, congresos y reuniones, referente imprescindible en todo tema vinculado con la hidrogeología (Tófaló, 2004).

Por otro lado, ya comienzan y se fortalecen las actividades docentes hidrogeológicas en algunas Universidades Nacionales, tales como en Córdoba y Bahía Blanca. Por último, en el año 1959, fue creado el Consejo Federal de Inversiones, y una de sus primeras actividades fue el comienzo de la redacción de la obra: "Evaluación de los Recursos Naturales de la República Argentina" que incluyó diversos aspectos geológicos e hidrogeológicos. Por esta época se publica el primer mapa de pozos y aguas subterráneas del país (1962).

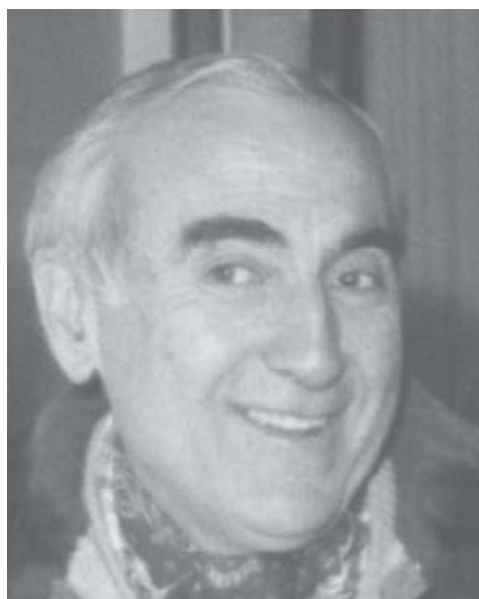


Foto 7. Prof. Dr. Oscar Ruiz Huidobro (1917-2004)

Por otra parte, el desarrollo de la industria en la Argentina, al menos en sus orígenes, se localizó en las zonas de mayor densidad demográfica ya que ello ofrecía una adecuada concentración de población activa a emplear, y ésta se encontraba próxima a la ciudad de Buenos Aires. El efecto superpuesto del aumento de la urbanización, que redujo severamente la superficie de infiltración regional, conjuntamente con el aumento del consumo requerido por las industrias y al consumo humano, produjo que la demanda de agua superase las reservas. Particularmente desde 1940 hasta el año 1991 aproximadamente, se explotó el agua subterránea de gran parte del Conurbano Bonaerense en forma muy intensa, explotándose más agua que la que podía reponer el ciclo hidrológico en forma natural. Así, se formaron grandes conos de depresión evidenciados por la gran profundidad a la que se encontraba el techo de la capa freática en muchos lugares. Dicha sobreexplotación de los acuíferos provocó, además, el avance de la intrusión salina desde las áreas bajas del estuario, en la zona costera. Particularmente entre 1947 y 1991 la población creció de 4,7 a 11,5 millones de habitantes, lo que significó un incremento de 240%. Simultáneamente, se desarrollaron en la región todo tipo de industrias, sin que mediara una planificación adecuada del uso del territorio, y sin contar con servicios sanitarios básicos tales como agua potable y cloacas. Esto generó una explotación intensiva del agua subterránea que se utilizó tanto para el consumo humano como para el industrial, la que se suministró a través de pozos domiciliarios así como de la red pública. (, 2006). La suma de estas circunstancias así como la falta de desagües cloacales y la eliminación de efluentes industriales sin tratar, sometió a los acuíferos y en particular el acuífero libre, a un fuerte deterioro químico producido por contaminantes industriales y de macroorganismos patógenos, contaminación por nitratos, hidrocarburos, etc.

## **5.- EL CONOCIMIENTO DE NUESTROS RECURSOS HIDRICOS**

A partir de la década del sesenta se observa un despegue institucional de la actividad hidrogeológica en el país que ya se iniciara en la periodos anteriores. En la Provincia de Buenos Aires, y con la adhesión al CFI (Consejo Federal de Inversiones), se crea el CIAS (Comité de Investigaciones de Aguas Subterráneas) (estudios en el oeste de la provincia) mediante un programa confeccionado por A. Bordas y J.M. Sala y el EASNE (Estudios de Aguas Subterráneas en el NE de la Provincia de Buenos Aires), dirigido por este último investigador y que constituyó una obra básica para el conocimiento geohidrológico de la región mencionada y de la hidrogeología de la llanura en general.

Otro antecedente de importancia para el conocimiento hidrogeológico del país lo constituye, en el año 1964, la creación y desarrollo del SNAPS (Servicio Nacional de Agua Potable y Saneamiento), originalmente para abastecimiento de agua potable y saneamiento en localidades rurales de hasta 3.000 habitantes y actualmente denominado ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento).

En el año 1965 se suscribió entre el Gobierno Argentino -representado por el Consejo Federal de Inversiones- y las Naciones Unidas, un acuerdo que dio origen al Proyecto "Investigación de las Aguas Subterráneas en el NO Argentino" y específicamente al "Plan de Aguas Subterránea de San Juan y Mendoza" concebido como estudios integrales e interdisciplinarios para la evaluación cuali-cuantitativa del recurso subterráneo en áreas determinadas, y aplicándose por primera vez en el país modernas metodologías y tecnologías incorporadas por expertos de Naciones Unidas y continuada por los profesionales argentinos.

También cabe mencionar el inicio del Convenio Argentino-Alemán sobre Aguas Subterráneas (años 1969 a 1973) que se gestó y comenzó a funcionar en la Dirección Nacional de Geología y Minería abarcando el Valle de Conlara (San Luis) y un sector de llanura pampeana de Córdoba y Santa Fé. Se inició también una moderna y completa

investigación del agua subterránea y la formación y especialización de recursos humanos durante el transcurso del mismo.

En los inicios de la década del sesenta comienza a dictarse hidrogeología como materia específica en la Universidad Nacional de Buenos Aires y la Universidad Nacional de La Plata. Es de destacar, por la implicancia que tuvo en la Argentina en la formación de muchos profesionales, el inicio de los siguientes cursos dictados en España, y que continúan en la actualidad: Curso de Postgrado de Hidrogeología "Noel Llopis" Universidad de Complutense de Madrid y Curso de Postgrado de Hidrología Subterránea de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

En las provincias continúa el desarrollo institucional de la actividad, especialmente a través de planes que abarcan grandes sectores, regiones o cuencas, muchos con convenios con Organismos Nacionales, especialmente Dirección Nacional de Geología y Minería y Consejo Federal de Inversiones.

En esta época, en resumen, se constituyeron en diversas provincias los grupos iniciales de profesionales y técnicos dedicados exclusivamente a la especialidad. Por otro lado, corresponde también a esta década el comienzo de la obtención de un gran volumen de valiosa información sobre la distribución, calidad y potencial de las aguas subterráneas y su aplicación práctica en gran parte del territorio nacional. Además se inician líneas novedosas de estudios, tales como aplicación de métodos geofísicos modernos, modelación matemática de acuíferos e investigación sobre la composición isotópica del agua subterránea. A fines de la década del sesenta, por último, se crea la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

En la década del setenta hay una continuación y consolidación de muchas de las actividades descriptas anteriormente. Se inicia con un hecho promisorio cual es el de la aparición del primer libro de hidrogeología editado en el país. En efecto, la Universidad Nacional de Tucumán y la Fundación Miguel Lillo editan "Hidrogeología" escrito por el Dr. C. Vilela. También en esta década se concreta el citado de la materia específica hidrogeología dentro de las carreras geológicas de Universidades Nacionales como Tucumán, San Luis, Río Cuarto, San Juan, Salta, La Pampa y Patagonia San Juan Bosco, y dentro de la carrera de Ingeniería en Recursos Hídricos en la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fé). También la Universidad Nacional de Santiago del Estero crea la carrera de Técnico en Hidrología Subterránea.

A nivel nacional se destaca la creación en 1973, del INCYTH (Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas), dentro del ámbito de la Secretaría de Recursos Hídricos, bajo las Presidencias inicialmente del Ing. A. Federico y el Dr. H. Pérez. Dentro de sus funciones, se le otorgó la del conocimiento hidrológico superficial y subterráneo del país. Le fueron transferidos la mayor parte de los recursos materiales y humanos del entonces Departamento de Aguas Subterráneas de la Dirección de Geología y Minería de la Nación y por ende el Convenio Argentino-Alemán de Aguas Subterráneas. Las actividades hidrogeológicas fueron dirigidas inicialmente por el Dr. José García, llevándose a cabo, estudios de envergadura en provincias como: Formosa, La Pampa, Tucumán, San Luis, Chaco, Catamarca, Salta y Santa Cruz.

En los primeros años de la década del setenta se concreta la creación del CRAS (Centro Regional de Agua Subterránea) como organismo interjurisdiccional con sedes en San Juan y Mendoza y dependiente del Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Nación. Su primer director fue el Dr. A.R. Bridge. Es por esta época que se construyeron en la provincia de Mendoza más de 7.000 perforaciones como respuesta a una disminución de la oferta hídrica superficial y que permitió consolidar el conocimiento hidrogeológico de esa provincia a través de los organismos locales.



Foto 8. Dr. Herminio Pérez y primeras autoridades del INA (Ex-INCITH) 1973

Por otro lado, de mediados a fines de la década del setenta se encaró en el INGEIS (Instituto de Geocronología y Geología Isotópica) dependiente del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas), la determinación de isótopos ambientales en agua.

También se desarrolla por estos años a través de la Subsecretaría de Recursos Hídricos -INCYTH- y CFI el proyecto NOA Hídrico con el apoyo del PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo), abarcando estudios en áreas de las Provincias de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. En varias áreas se formularon soluciones con fuentes de agua subterránea.

El CFI continúa apoyando estudios en la Provincia de Buenos Aires (DYMAS, SASBA y otros) que permitieron el conocimiento regional hidrogeológico y la identificación de numerosas fuentes de agua subterránea.

Desde los comienzos de la década del setenta se inician en la provincia del Chaco estudios hidrogeológicos sistemáticos que permitieron consolidar, a partir de 1976, el estudio denominado Programa Pico del Chaco con la ejecución de más de 180 perforaciones (algunas de 300 metros de profundidad), estudios geoeléctricos regionales, geología del subsuelo e hidroquímica y la intervención de nutridos grupos interdisciplinarios que sentaron las bases para un futuro aprovechamiento integral de los recursos hídricos de la región.

Otro proyecto que significó un considerable avance en el conocimiento hidrogeológico y geohidrológico en una región fue el Proyecto Paraná Medio llevado a cabo por la Empresa Agua y Energía Eléctrica S.E. en el territorio de las Provincias de Santa Fé, Entre Ríos y Corrientes -área de influencia del valle del Río Paraná- con asistencia técnica de la U.R.S.S. Este proyecto hidráulico multipropósito generó una serie de estudios, entre ellos los conducentes a conocer el comportamiento hidrogeológico tanto local como regional, significando además la formación y capacitación de recursos humanos en la materia.

Hacia mediados y fines de la década del 70 del pasado siglo se realizan los primeros Congresos Nacionales del Agua, que aunque no específicamente son de la especialidad, constituyeron el primer evento de estas características.

## **6. EL AGUA DESDE EL PARADIGMA DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

Las controversiales situaciones que el país atravesó en su pasado reciente y presente comenzaron dejar su huella en el desarrollo de la hidrogeología como ciencia y como actividad profesional. En la primera parte de la década de los ochenta aún pueden contarse algunos logros; por ejemplo, se incrementan los estudios en organismos como INCYTH

(estudios principalmente en cuencas de las Provincias de Catamarca, Jujuy, Santiago del Estero y Corrientes y publicaciones de cartografía escala 1:1.000.000 y el Mapa Hidrogeológico de la República Argentina realizado dentro del Proyecto "Mapa Hidrogeológico de Sudamérica" escala 1:5.000.000 de la UNESCO).

En 1983 se realiza en Olavarría (Prov. Buenos Aires), también dentro del Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, y organizado por el Comité Nacional Argentino, el Coloquio Internacional sobre Hidrología de las Grandes Llanuras. El mismo permitió, entre otros, refirmar y desarrollar los conceptos hidrológicos particulares de las mismas, donde los movimientos verticales del agua juegan un papel fundamental -por ende la estrecha interrelación entre el agua superficial y subterránea- y la necesidad de encarar los estudios interdisciplinariamente.

Durante esta época el CRAS continúa desarrollando sus estudios -incluyendo los de impacto de la actividad petrolera sobre el agua subterránea- en la región de Cuyo y otros sectores del país, y el CFI a través de estudios para la elaboración de proyectos específicos y una apreciable difusión. Para esta época el Servicio Meteorológico Nacional cesa casi por completo el valioso aporte de datos de los componentes del ciclo hidrológico -incluyendo niveles freáticos.

No obstante, en las provincias se afianza la temática, fortalecida en muchos casos por el desarrollo de recursos humanos propios en las universidades y la transferencia de los servicios de agua potable que prestaba la Nación a través de Obras Sanitarias y la necesidad de explotaciones racionales y preservación del Recurso. En la Provincia de Buenos Aires, por ejemplo, la descentralización se realiza a nivel de municipios en su gran mayoría.

Así es como se advierte un paulatino crecimiento de las cátedras de Hidrogeología en las Universidades Nacionales, destacándose al respecto las de La Plata, Sur, Tucumán, Litoral, Río Cuarto y Salta. Esta última, mediante el apoyo del D.A.A.D (Servicio de Intercambio Académico Alemán) y la G.T.Z. (Compañía de Cooperación Técnica Alemana) realiza una importante actividad de intercambio académico con la Universidad de Tübingen de la República Federal Alemana, previéndose la creación de un Instituto específico de aguas subterráneas. Paulatinamente, en mayor o menor medida, las Universidades van contribuyendo sustancialmente al conocimiento hidrogeológico de cuencas y regiones.

Merece destacarse también, y ya dentro del campo de la hidrología subterránea, el afianzamiento en la Provincia de Buenos Aires de grupos de investigación en Mar del Plata (Universidad Nacional de Mar del Plata con investigadores propios y de la CIC (Comisión de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Provincia de Buenos Aires) y en Azul (Universidad Nacional del Centro y CIC). No obstante esto el CONICET mostro una retracción en estos temas de investigación aplicada, sobre todo a fines de la década del 90 del pasado siglo XX. Prácticamente solo el INGEIS incrementa sus aportes en la temática de la hidrología isotópica y mantiene una red regional de colectores de agua de lluvias para la determinación de isótopos ambientales.

Es de destacar, también, en la formación de muchos profesionales argentinos el Curso de Hidrogeología Noel Llopis de la Universidad Complutense (Madrid) cuya capacitación de profesionales Iberoamericanos se extendió por 42 años consecutivos y el Curso de Hidrología Subterránea de la Universidad Politécnica de Catalunya (Barcelona). En particular la labor "apostólica" del docente e investigador Dr. Ing. E. Custodio de la Universidad Politécnica de Catalunya y sus permanentes lazos fraternales de colaboración a través de diversos proyectos en la República Argentina marcaron un hito es la difusión y crecimiento de la actividad. Localmente, es importante mencionar la contribución específica del Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada con énfasis en Agua Subterránea -y actualmente con aspectos ambientales- que se viene desarrollando desde 1980 por iniciativa del Ing. M. Fuschini Mejía y organizado por el Comité Nacional para el Programa Hidrológico



Internacional de UNESCO. La cátedra de Hidrogeología de la FCEN, UBA estuvo a cargo del Dr (por resolución) Miguel Auge entre 1987-2007. Colaboraron durante este periodo en el dictado de los prácticos la Lic. Cristina López (primeros años) y la Dra- Mirta Fresina. Esta última a lo largo de todo el periodo mencionado participó de diversos proyectos hidrogeológicos en convenio con diversas instituciones (INA, IAA, etc.) concentrando la productividad científica y académica del sector.

Por último, en cuanto a la difusión de los estudios e investigaciones hidrogeológicas, los mismos tradicionalmente están centrados, en gran medida, en los Congresos Geológicos Argentinos. Estos se desarrollan cada dos años desde 1997 y constituyen una fuente de actualización e intercambio permanente. Estos en coincidencia con los Seminarios y Congresos Nacionales de Hidrogeología organizados por el Grupo Argentino de la IAH-AIH activo desde 1997 aproximadamente (International Association of Hidrologist-Asociación Internacional de Hidrogeólogos) y ALSHUD (Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea entre otros eventos a nivel latinoamericano y nacional de destacada relevancia.

El INCYTH cambia de nombre por INA (Instituto Nacional del Agua) ampliando la cosmovisión del recurso hacia medio ambiente y con más participación internacional. El primer proyecto internacional de relevancia sobre acuíferos fronterizos en el marco del Merco Sur se planifica y ejecuta para esta época en el llamado Proyecto Acuífero Guaraní bajo ejecución presupuestaria de la OEA. El mismo, a excepción del aporte desde la geología regional y estructural del Dr. Cesar Fernández Garrasino, tuvo una escasa relevancia en investigación (las Universidades casi no participaron el mismo a pesar sus reiterados intentos) pero elevada importancia relativa desde las gestión del recurso compartido.

En la zona metropolitana de Buenos Aires entre 1980 y 1991 los servicios de agua corriente de red en el Gran Buenos Aires fueron aumentando hasta abastecer a la mitad de la población, mientras que la red cloacal aumentó ligeramente hasta alcanzar un 30%. Hasta principios de la década del noventa, casi un 15% del suministro de la red domiciliaria en el Conurbano Bonaerense provenía del bombeo de agua subterránea. Los campos de bombeo para agua de red se encontraban en diferentes localizaciones donde se formaban conos de depresión de menor magnitud que a veces coincidían realmente con los conos de depresión industrial y urbano. Durante los siguientes diez años casi todos los campos de bombeo fueron eliminados de la red de suministro domiciliar y ese déficit de agua subterránea fue cubierto a partir de la toma de aguas del Río de la Plata. De esta forma, junto con el cese o disminución de la extracción de agua, el volumen total en el acuífero se incrementó por la incorporación de aguas provenientes del Río de la Plata. Por otra parte, la falta de una red cloacal extensa, contribuyó a que localmente, a través de los "pozos ciegos", se infiltre agua hacia el acuífero, aumentando su volumen. El aumento del volumen provocado por los cambios en el suministro de la red domiciliar se vieron potenciados por el cierre o la caída de la producción de una gran parte de las industrias a consecuencia de la crisis económica de fines de los noventa y comienzos del 2000. El resultado de esto fue la limitación o abandono de explotaciones de agua subterránea con grandes volúmenes de agua (que alcanzaban a varios cientos m<sup>3</sup>/h) donde históricamente los conos de depresión regional tenían su ápice. Debe considerarse que la explotación del acuífero más profundo (Acuífero Puelches), también va a repercutir bajando el nivel en la capa freática o "arrastrando" la depresión de la misma. A la inversa, si se extrae agua de la freática va a llegar un momento en que un acuífero más profundo va a aportar agua hacia arriba disminuyendo su nivel piezométrico, o sea la presión. A partir de 1992, aproximadamente, se comenzó a evidenciar la recuperación de esos conos, o sea que ascendían los niveles del agua subterránea, hasta que a fines de la década del 90 la recuperación era total en casi todas las áreas y el agua subterránea se encontraba a pocos centímetros del nivel del suelo en muchos barrios y sectores, afectando sótanos y construcciones bajas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AMEGHINO, F., 1884. Las secas y las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagüe, M. A. A. de la Provincia de Buenos Aires, 1884-1984.
- AZARA, F, 1797. Viajes por la América Meridional, Editorial Blanco, Buenos Aires, Argentina
- BRAVARD, A., 1858. Monografía de los terrenos marinos terciarios del Paraná. Diario Oficial de Gobierno "El Nacional Argentino", reimpresión 1884 Museo Nacional de Buenos Aires Anales 3: 45-94, Buenos Aires
- DARWIN C, 1833. Viaje de un naturalista alrededor del mundo, Editorial le Ateneo, Buenos Aires, Argentina
- GIBERTI, O. Historia Económica de la Ganadería Argentina, Editorial Solar/Hachette, Buenos Aires, Argentina
- MONCAUT, C., 2001. Inundaciones y Sequías en la Pampa Bonaerense (1576-2001). Editorial El Aljibe, La Plata, Buenos Aires, Argentina. 108 pp.
- NEWTON, R. Y JURADO J.M., 1878. informe sobre la estancia "El parrillar", Anales de la Sociedad Rural Argentina, T XII, pag. 495.
- ROMERO J.M, 1827. informe de la Comisión de Evaluación de la Solicitud del Sr. Lanuza *de patente para dos maquinas de extraer el agua en tre ellas el balde sin fondo*, Archivo General de la Nación (Inédito).
- SBARRA N., 1973. Historia de las Aguadas y Molinos. EUDEBA, Universidad Buenos Aires, Argentina.
- SOURDEAUX, A. 1862. Apuntes sobre la Industria Artesiana, Buenos Aires (gacetilla)
- SOURDEAUX, A. 1864. La guía de los Forasteros, Buenos Aires (gacetilla)
- SILVA BUSSO A. Y GATTI, D, FALCZUK B. 2006. Título: Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Atlas Ambiental de Buenos Aires (Nabel Paulina y Kullock David compiladores y editores), ISBN: 978-987-96408-4-5. Centro de Investigaciones Geoambientales (CONICET) 42-48 (110) (en pag Webb y CD)
- SANTA CRUZ, J., 1997. La hidrogeología en la República Argentina. Evolución de la actividad, Revista ASAGAI, Actas XI, pp:203-215.
- SANTA CRUZ, J.; SILVA BUSSO, A. 2002. Evolución Hidrodinámica del Agua Subterránea en el Conurbano de Buenos Aires, Boletín Geológico Minero, IGME, AIH, UNESCO, Madrid España 113 (3) pag:269-272.
- INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA (INGM), 1970. Perfiles de Perforaciones, Periodo 1936-1945. Ministerio de Economía de la Nación, Secretaria de Industria y Minería, Subsecretaría de Minería. Instituto Nacional de Geología y Minería. Publicación Obra 710.

SEGEMAR, 2007. 100 AÑOS AL SERVICIO DEL DESARROLLO NACIONAL. Publicación del SEGEMAR, Buenos Aires, Argentina. pp: 104.

TÓFALO R.O, 2004. NOTAS NECROLÓGICAS † Oscar Ruiz Huidobro (1917-2004). Revista de la Asociación Geológica Argentina RAGA (ISSN 0004-4822), Vol: 59 N°3.