

LOS AMBIENTES HIDROGEOLÓGICOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Nilda González

CISAUA-UNLP. Calle 3 N° 584 (1900) La Plata. E-mail igs2unlp@speedy.com.ar; nilda_h@sinectis.com.ar

Palabras clave: Hidrogeología - Ambientes - Buenos Aires

I. ANTECEDENTES

Existen numerosos antecedentes acerca de la sistematización regional del territorio provincial desde el punto de vista de la hidrogeología, algunos de ellos de carácter geológico, hidrológico o morfológico con implicancias en el régimen subterráneo. Otros son de alcance suprarregional o nacional, incluyendo a Buenos Aires y los más recientes, atendiendo específicamente a este territorio y la distinción regional.

A partir de las contribuciones de índole general que exceden el marco bonaerense o enfocan un sector en particular (Stappenbek, 1926; Tapia, 1941; Frenguelli, 1950; Salso y García, 1958; Victoria y Bordas, 1962; ex-DNGM, 1963; Arigós, 1969; EASNE, 1967, 1972; Sala, 1972), el ex ente DYMÁS (Desarrollo y Manejo de Aguas Subterráneas Convenio CFI-PBA) produce en el año 1974 la primera sectorización específica en un mapa geohidrológico a escala 1:500.000, reconociendo las regiones Noreste, Noroeste, Central-Oriental, Interserrana, Bahía Blanca y Norpatagónica.

Sala (1975) en el Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires (VI Congreso Geológico Argentino), plantea la primera división de cierto detalle, con mención a catorce subambientes, como el autor los denomina. En ese mismo evento, Hernández et al. (1975) ofrecen la regionalización de los acuíferos profundos en Buenos Aires, distinguiendo seis ambientes hidrogeológicos (Norte, Central, Macachín, Costero, Bahía Blanca y Nordpatagónico). Se proponen en dicha contribución los criterios sistemáticos para la definición de unidades hidrogeológicas en base a la conjunción de la dimensión areal (ambientes) y vertical (secciones).

Recurriendo a una óptica hidrológica, Sala et al. (1983), Saravia et al. (1987) y Benavídez et al. (1993) trazan también una regionalización que comprende a las aguas subterráneas. El ex-INCYTH (actual INA) incluye una diferenciación de unidades dentro de su Mapa Hidrogeológico escala 1:2.500.000 para todo el país (1991). Santa Cruz y Silva Busso (1999) realizan una caracterización por regiones, en el contexto de la llanura pampeana y Mesopotamia meridional. El último aporte a la fecha es el producido por Auge (2003), donde distingue ocho regiones hidrogeológicas con su correspondiente descripción.

No pueden omitirse los trabajos que abordan la caracterización de grandes entidades acuíferas, como los producidos por Bonorino para la cuenca de Bahía Blanca (1988), el Consejo Federal de Inversiones (1990) en parte de la región costera atlántica, Auge y Hernández (1983) y Auge et al. (2002) sobre el acuífero Puelche, Agua y Energía Eléctrica (1990) para el ámbito del Noroeste y González et al. (1990) en la cuenca de las Lagunas Encadenadas del Oeste.

Un número importante de valiosos aportes proviene de investigadores de las Universidades Nacionales de Buenos Aires, de La Plata, del Sur, de Mar del Plata y del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

También es necesario mencionar a los trabajos de consultoría, entre los cuales el más abarcativo fue realizado por la consultora Hallcrow (1999), que involucra buena parte del territorio, en un contexto más amplio.

II. CRITERIOS UTILIZADOS

Para emprender la tarea de sistematización hidrogeológica en un vasto territorio de 307.571 km², con diferentes regímenes climáticos, rasgos geomórficos que van desde

cordones serranos a llanura terminal, edades geológicas desde el Precámbrico al Reciente, configuraciones geohidrológicas diversas, todos los comportamientos hidrolitológicos, sello hidroquímico de distinta génesis e intervenciones antrópicas con impacto dispar en el medio natural, fue imprescindible inicialmente acudir a la fijación de los criterios distintivos.

El primero de ellos consistió en tomar en cuenta exclusivamente los factores naturales, al momento de discretizar las regiones, ya que las distorsiones introducidas por la actividad antrópica son variables en el tiempo y consecuentemente los límites atribuibles en cada momento. Tal el caso del conurbano metropolitano, que pese al alto grado de intervención en el medio hidrogeológico es mantenido como parte de la Región Noreste, aún cuando se particularice en la descripción.

Los condicionantes climáticos existen cuando se analizan los extremos sub-húmedos húmedos y semiáridos, afectando a la tasa de recarga, pero su manifestación es gradual y los accidentes orográficos no configuran una barrera respecto a los aportes pluviales.

Son básicos los criterios emanados de la geomorfología, especialmente en un ámbito donde prevalece la llanura y la relación de los fenómenos exógenos con el régimen subterráneo es sumamente estrecha. Sobre la base de este criterio se ha definido por ejemplo la Región Llanura Costera y se han agrupado los ambientes de llanura interserrana y periserranos en una única región. La geología, condicionante fundamental en lo que se refiere al medio físico, es asumida para este caso bajo una visión eminentemente hidrolitológica. Tanto una roca granítica como una cuarcita no fisuradas tienen, pese a su evidente diferenciación litológica, un mismo comportamiento acuífugo. Otro tanto vale para las asignaciones puramente estratigráficas: no influye la asignación temporal ni el nombre formacional en el comportamiento de los materiales geológicos, desde el punto de vista hidrogeológico.

Un caso especial se plantea para la Región de la Cuenca de Bahía Blanca, donde la existencia de un sistema termal profundo con aguas de bajo tenor salino amerita su distinción, como lo propone Bonorino (1988).

Más delicados de tratamiento son los aspectos hidrodinámicos e hidroquímicos dentro de los sistemas geohidrológicos. Como verdaderas variables, admiten cambios temporales a veces importantes. Se ha privilegiado por lo tanto la ocurrencia de las etapas fundamentales del circuito geohidrológico (recarga-circulación-descarga) en cada región, desde el punto de vista de los mecanismos actuantes y del desarrollo del circuito, inclusive para componentes diferentes dentro de un mismo sistema. Un razonamiento similar vale para las características hidrogeoquímicas, prefiriéndose acudir a los criterios de zonalidad por resultar más compatibles con la atribución de pertenencia regional.

III. REGIONES HIDROGEOLOGICAS

Sobre la base de la exposición de criterios precedente y a título de introducción a la regionalización, se traza un panorama general en el cual están incluidas.

El clima varía gradualmente desde un tipo sub-húmedo-húmedo en el Noreste, donde las precipitaciones medias anuales superan los 1000 mm y los excesos hídricos los 250 mm/año, a semi-árido con lluvias medias de 370 mm/año y déficit hídrico, en el Sur-Suroeste. Dentro de los rasgos morfológicos mayores, domina la llanura en sus distintas expresiones (ondulada, alta, deprimida, marginal costera, delta), por sobre los alineamientos serranos (Tandilia y Ventania) y sus bajadas, y la comarca Norpatagónica como planicie diferenciable. Existen amplias comarcas naturalmente arreicas (Noroeste, Norpatagónica), cuencas endorreicas (Lagunas Encadenas del Oeste, Chasicó) y exorreicas con distinta facilidad para el escurrimiento superficial.

Los caracteres geológicos son los típicos de las grandes llanuras: monotonía superficial, falta de afloramientos (excepto las sierras, barrancas costeras y valles de algunos cursos de agua), escasa deformación tectónica, predominancia de fracciones pelíticas y arenosas finas sobre las gruesas, continuidad y extensión areal considerable de las entidades geológicas. Solamente los depósitos modernos y recientes de origen fluvial, marino y eólico se circunscriben a ámbitos reducidos (Auge y Hernández, 1983). En cambio, la secuencia vertical es distintiva para casi todas las regiones, permitiendo la existencia de diferentes conformaciones hidrolitológicas.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las unidades acuíferas se desarrollan fundamentalmente en medio poroso y sólo en los ámbitos serranos se manifiestan probadamente acuíferos en medio fisurado.

Las características hidrodinámicas e hidroquímicas por su especificidad, son tratadas para cada región en particular. Como características generales pueden mencionarse la lentitud del flujo subterráneo y la importancia de la transferencia vertical del agua y la presencia de diferentes zonalidades hidroquímicas (vertical normal e invertida, geológica, antrópica).

En el tratamiento de cada una de las regiones (Figura 1) que se sucede, dado que en este mismo Relatorio se incluyen contribuciones que hacen a la descripción litológica, estratigrafía y contexto estructural, solamente se hará referencia a cada una de las unidades formacionales involucradas y adoptando la denominación más arraigada y/o pertinente a la finalidad hidrogeológica, inclusive genérica en algunos casos.

La presencia de oligoelementos tóxicos de origen natural, como arsénico y flúor, es tratada en otra contribución a este Relatorio (Hernández, M. A.) por su implicancia ambiental.

Para mayor claridad, se acompañan cuadros sintéticos de la conformación física de los sistemas geohidrológicos en cada caso. No se hace referencia a los espesores involucrados, dada la dispar densidad de información en el territorio que impide hacerlo representativamente.

III.1. REGIÓN NORESTE

Con una extensión de 31.900 km², está bordeada por el Arroyo del Medio, ríos Paraná y de la Plata y la divisoria con la cuenca de los ríos Salado y Samborombón. De relieve ondulado en el sector noroccidental, se pasa transicionalmente a otro suavemente ondulado hasta llano en dirección NW-SE. La red de drenaje es tributaria de los ríos Paraná-de la Plata, con cuencas más pequeñas y álveos de menor recorrido en aquel sentido.

Se sintetiza en el Cuadro 1 la configuración física del sistema geohidrológico local. La Zona No-Saturada (ZNS) posee un espesor variable entre pocos centímetros y 10 m, llegando a aflorar la superficie freática en el sector de la planicie aluvial del río de la Plata. El acuífero freático está contenido en depósitos del Pampeano (ocasionalmente también Pospampeanos en las zonas más bajas) y configura una unidad desde el punto de vista hidráulico con un semi-libre también allí alojado, más productivo.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrogeológico
Pospampeano + Pampeano	Limos, arenas limosas, limos arcillosos. Conchillas	Zona No-Saturada Acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides, limos finamente arenosos, calcáreos	Acuífero (freático) Acuífero (semilibre)
Pampeano (inferior)	Limos arcillosos. Arcillas limosas	Acuitardo
F. Arenas Puelches	Arenas medianas a finas, ocasionalmente gruesas	Acuífero (semiconfinado)
F. Paraná (superior) F. Paraná (inferior)	Arcillas verdes, verde-azuladas Arenas medianas a finas, marinas	Acuífero Acuífero (confinado)
F. Olivos (superior) F. Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales	Acuífero Acuífero (confinado)
Basamento hidrogeológico	Basaltos Granitos y gneisses	Acuífero

Cuadro 1

En la base del Pampeano se localiza un acuitardo (limos arcillosos, arcilla limosa), coincidente en general con la Formación Ensenada o equivalentes, que sirve de techo al acuífero Puelche (Formación Arenas Puelches) con un reducido desarrollo, entre 2 y 12 m. El acuífero Puelche yace en toda la región, extendiéndose hacia el Sur y penetrando en las vecinas provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Córdoba. Es el más explotado del país en volumen en la actualidad (Augé et al., 2002). La secuencia continúa con un espesor de arcillas marinas verde-azuladas correspondiente a la sección superior de la Formación Paraná, de comportamiento acuífero, por sobre arenas verdes a grisáceas también marinas, acuíferas, que conforman la base de dicha formación. Por debajo se hallan arcillas pardo-rojizas continentales muy plásticas, acuíferas y pertenecientes a la Formación Olivos (sección

superior), techo de una unidad acuífera confinada localizada en las arenas basales de esta Formación.

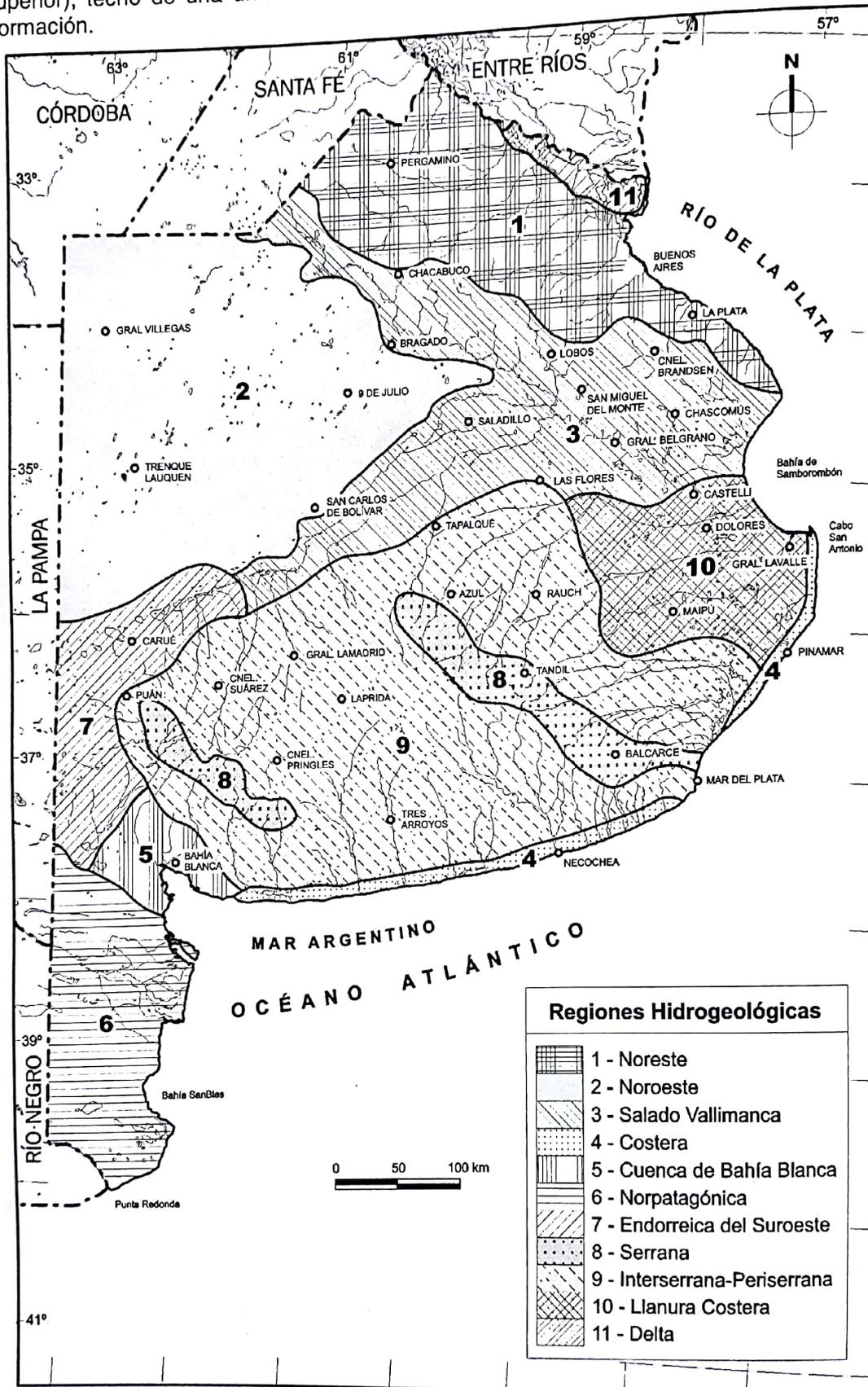


Figura 1. Regiones hidrogeológicas de la provincia de Buenos Aires.

El hidroapoyo del sistema acuífero está constituido por rocas del Basamento (plutonitas y metamorfitas del *Complejo Martín García*) y en ciertos sectores, por rocas basálticas asignables a la Formación Serra Geral (Jurásico superior-Cretácico inferior), sobrepuestas en discordancia a la anterior y halladas en perforaciones practicadas en el sector de San Nicolás-Pergamino y en la Bahía de Samborombón (Hernández et al., 1975; Auge et al., 2002). Es considerado acuífugo al no poderse comprobar la existencia de acuíferos de fisuras.

La recarga del acuífero freático y semilibre Pampeano es autóctona directa, a expensas de excedentes hídricos que superan los 250 mm/año. En el acuífero Puelche es autóctona indirecta por filtración vertical desde la unidad superior a través del acuitardo, en aquellas posiciones donde su nivel piezométrico resulta negativo. Los acuíferos Paraná y Olivos reconocen recarga alóctona, habiéndose demostrado recientemente la inexistencia de filtración vertical a través de las arcillas de la Formación Paraná.

Puede situarse la descarga regional del sistema hacia la ribera de los ríos Paraná y de la Plata y la local, en los cursos de agua superficial, de comportamiento efluente o ganador (EASNE, 1972). En el caso del acuífero Puelche, la intensa explotación introdujo una fuerte distorsión de la red equipotencial, evidenciando la existencia de extensos conos de depresión regional emplazados en el área metropolitana (conurbano) y Gran La Plata. Estas hidroformas antrópicas forzaron un cambio en el sentido de flujo y en el comportamiento en parte de los ríos y arroyos del área, acompañado de intrusión salina desde la planicie aluvial del río de la Plata y depleción del conjunto freático-semilibre Pampeano (Auge et al., 2002). Desde la década de los '80, el desuso de perforaciones de servicio y la importación de agua fluvial produjo la recuperación de los niveles piezométricos y consecuentemente de los freáticos, con efectos de anegamiento en construcciones subsuperficiales y sectores bajos (Hernández y González, 1997 y 2000).

El acuífero freático y semilibre Pampeano ofrecen en general aguas de buena calidad, con baja salinidad entre 500 y 2000 mg/l, excepto en la planicie aluvial del río de la Plata y valles inferiores de los ríos y arroyos principales donde puede alcanzar los 10000 mg/l. Para el acuífero Puelche normalmente no se superan los 2000 mg/l, desmejorando como en el caso anterior hacia la planicie del río de la Plata y cuenca del río Salado. Los acuíferos confinados infrapuestos albergan aguas salobres a salinas, con extremos de 3000 mg/l y > 10000 mg/l.

III. 2. REGIÓN NOROESTE

Se corresponde con la comarca arreica conocida genéricamente como "pampa arenosa", lindante con la cuenca superior del río Salado, cuenca del Arroyo Vallimanca y la de las Lagunas Encadenadas del Oeste (Región Endorreica del Suroeste), completando su contorno los límites interprovinciales con La Pampa, Córdoba y Santa Fe e involucrando 75.800 km².

La secuencia geológica, que comprende a la componente física del sistema (Cuadro 2), comienza con los términos arenosos y limo-arenosos eólicos representados por la Formación Junín y equivalentes, en los cuales se desarrolla la ZNS y generalmente también el acuífero freático, principal proveedor de aguas de baja salinidad, cubriendo aproximadamente el 72% del área.

Continúan los característicos limos loessoides del Pampeano alojando a un acuífero semilibre, con limos arcillosos a arcillas limosas en su base que sirven de techo acuitardo a la siguiente unidad acuífera. En la mayor parte de la región se trata de la Formación Araucano, portadora de aguas salobres y de escaso rendimiento. En el sector Norte, de la Formación Arenas Puelches que penetra desde la región Noreste con aguas en general de baja salinidad en un acuífero semiconfinado.

El esquema en profundidad es similar el planteado para las regiones Noreste y Salado-Vallimanca hasta la profundidad de yacencia de la Formación Las Chilcas, con alternancia de relativamente importantes espesores acuícludos y acuíferos terciarios, estos últimos con agua de mala calidad. Se añade en el sector meridional un elemento perteneciente a la cuenca de Macachín (Hernández et al., 1975), cual es la Formación Abramo (Cretácico).

La base del sistema está dada por el Basamento (asumido como acuífugo), representado por rocas pertenecientes al zócalo de ambos sistemas serranos (granitos, metamorfitas, calizas y cuarcitas).

La recarga en la fase activa del sistema (por encima de la Formación Paraná) es autóctona directa, con presencia del fenómeno ya mencionado de recarga rechazada desde la década de los '80, inicialmente en áreas bajas intermedanas. Las zonas principales de recarga a favor de la permeabilidad de los sedimentos arenosos, determinan la ocurrencia de lentes de agua dulce en relación interfacial con un marco regional de aguas salobre. Las más notables se localizan en Nueve de Julio, Moctezuma, Pasteur-Diego de Alvear, Henderson, Mari Lauquen, Salliqueló, Coronel Granada y son la fuente casi excluyente de provisión de agua doméstica en la región. Los acuíferos confinados más profundos reconocen una recarga alóctona y suelen presentar surgencia.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrológico
Pospampeano (F. Junín y otras)	Arenas finas, limos, limos arcillosos	Zona No-Saturada / acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides, calcáreos. Limos arenosos Limos arcillosos	Acuífero (freát.+semilibre) Acuitardo
F. Araucano / F. Arenas Puelches	Arenas limosas yesíferas, limos Arenas medianas a finas	Acuífero (semiconfinado)
F. Paraná (superior) F. Paraná (inferior)	Arcillas verdes, verde-azuladas Arenas medianas a finas, marinas	Acuícludo Acuífero (confinado)
F. Olivos (superior) F. Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales	Acuícludo Acuífero (confinado)
F. Las Chilcas	Limolitas, arcillas	Acuícludo
F. Abramo	Areniscas consolidadas, limolitas arenosas	Acuícludo Acuífero (confinado)
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, calizas. Granitos, gneisses	Acuífugo

Cuadro 2

La descarga se ha reconocido para la porción activa del sistema (flujo local), hacia los bordes representados por los álveos del río Salado y Arroyo Vallimanca. No existe una densidad suficiente de información profunda como para advertir con cierto detalle la que ocurre en los acuíferos profundos, admitiéndose que debería ocurrir hacia el Océano Atlántico tal como lo plantean Hernández et al. (1975).

Como se anticipara, las aguas de menor tenor salino se corresponden con el acuífero freático cuando yace en cuerpos medianos (lentes de agua dulce), Total de Sólidos Disueltos (TSD) entre 400 mg/l a 2000 mg/l y con el acuífero Pampeano en el sector septentrional del área. En el resto el panorama es de aguas con contenido de sales elevado (hasta 30000 mg/l) excepto las mencionadas lentes. El Acuífero Puelche contiene aguas dulces en el extremo norte y salobres en el resto de su ámbito, condición cualitativa que predomina en su coetáneo Araucano. Son salinas las alojadas en los acuíferos confinados profundos al superar los 10000 mg/l, alcanzando puntualmente hasta 60000 mg/l.

III.3. REGIÓN SALADO-VALLIMANCA

Incluye a las cuencas homónimas en su tránsito bonaerense (la primera nace en la Provincia de Santa Fe), no involucrándose en esta contribución la de las lagunas Encadenadas del Oeste por estar naturalmente desconectada y ser de comportamiento endorreico. Tampoco comprende la aquí denominada Región Llanura Costera por las razones apuntadas en su caracterización. Tal como fue delimitada, reúne unos 52.700 km².

En el Cuadro 3 se sintetiza la conformación física del sistema geohidrológico que se describe, cuya zona superior donde se emplaza la ZNS y parte superior del acuífero freático admite una amplia variación litológica, que va desde arenas eólicas en los médanos occidentales y dunas costeras, limos, arcillas y limos arcillosos, hasta arenas fluviales y conchillas en el borde litoral.

Subyacen los sedimentos del Pampeano, contenedores del acuífero freático y otro semilibre hidráulicamente asociado. En su base se identifica un variable espesor pelítico (limos arcillosos, arcillas limosas a limoarenosas), que actúa como acuitardo, techo de los acuíferos subyacentes.

Sobre margen izquierda del río Salado y trasgrediéndolo hacia el Sur, se halla en esa posición el acuífero semiconfinado contenido en la Formación Arenas Puelches, que más al Sur pasa lateralmente a su sincrónica Formación Araucano, también semiconfinada pero de menor cualidad acuífera y con aguas salobres (Auge et al., 2002). Por debajo se prolonga una sucesión de acuíferos confinados con agua salobre-salina y acuicludos (Formaciones Paraná y Olivos), sobre arcillas, arcillas arenosas y areniscas de las Formaciones Río Salado, General Belgrano y Las Chilcas, alumbradas por perforaciones de exploración petrolífera que constataron el carácter acuífero de algunos intervalos, con agua muy salina (Hernández et al., 1975). Siguen basaltos atribuibles a la Formación Serra Geral también mencionados para la región Noreste, primariamente acuífugos sin conocerse si poseen permeabilidad secundaria. El basamento hidrogeológico está representado por rocas graníticas, gneisses y cuarcitas (Auge, 2003).

La recarga, autóctona directa, es de tipo areal con manifestaciones localizadas en sectores donde adquieren expresión las geofomas medanosas. También aquí ocurre recarga rechazada en las zonas bajas (planicies aluviales, bajos endorreicos, planicies marginales de cuerpos lagunares) cuando acaecen períodos de generosidad pluvial. Como ocurre en las regiones tratadas precedentemente, las unidades acuíferas más profundas se recargan alóctonamente.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrolitológico
Pospampeano	Arenas finas, limos, limos arcillosos, arenas, conchillas	Zona No-Saturada / acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos, arenas muy finas. Coquinas.	Acuífero (freático) Acuífero (semilibre)
Pampeano (inferior)	Limos arcillosos. Arcillas limosas	Acuitardo
F. Arenas Puelches F. Araucano	Arenas fluviales, medianas y finas Arenas limosas yesíferas, limos	Acuífero (semiconfinado)
F. Paraná (superior) F. Paraná (inferior)	Arcillas verdes, verde-azuladas Arenas medianas a finas, verdes, marinas	Acuicludo Acuífero (confinado)
F. Olivos (superior) F. Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales	Acuicludo Acuífero (confinado)
F. Las Chilcas, Gral. Belgrano, Río Salado	Arcillas, arcillas arenosas Areniscas	Acuicludo Acuífero (confinado)
F. Serra Geral	Basaltos	Acuífugo Acuífero (fisurado?)
Basamento hidrogeológico	Granitos, gneisses	Acuífugo

Cuadro 3

La descarga prevalente es consuntiva y la local, localizada en los cursos fluviales y lagunas, de neto carácter ganador o efluente, proceso al cual debe su nombre el río Salado, receptor de caudal básico con moderadamente alta salinidad. La regional ocurre hacia la Bahía de Samborombón. La circulación subterránea sucede a muy baja velocidad, con gradientes del orden de centímetros por kilómetro.

Hidroquímicamente, existe una amplitud muy marcada en los acuíferos superiores. En el freático va desde menos de 500 mg/l a 1500 mg/l en los cordones arenosos y conchiles litorales y médanos mediterráneos, mientras que en el Pampeano se registran tenores salinos entre 500 mg/l y 20000 mg/l, con una tendencia general al incremento de sales disueltas hacia el eje del Salado. El acuífero Puelche ofrece concentraciones entre 2000 mg/l y 10000 mg/l.

Los acuíferos profundos son de carácter salobre a salino, prevaleciendo esta última calificación con extremos que superan los 60000 mg/l.

III. 4. REGIÓN COSTERA

Extendida como una delgada faja coincidente con los alineamientos de dunas costeras, desde la Punta Norte del Cabo San Antonio hasta Santa Clara del Mar y desde Chapadmalal hasta prácticamente Punta Alta, únicamente interrumpida por la región Serrana (Tandilia) en su contacto con el océano a la altura de Mar del Plata, completando unos 2660 km².

Los términos más superficiales de la secuencia corresponden precisamente a las arenas eólicas que conforman el alineamiento de dunas. La base arcillosa o limo-arcillosa de

estos depósitos contenedores del acuífero freático, lo separan de otro semiconfinado también alojado en arenas finas a medianas que en el sector Norte reciben la denominación de Formación San Clemente.

El agua subterránea contenida en las cadenas de dunas es de baja salinidad y guarda relación interfacial con la marina del Atlántico y particularmente en el sector septentrional, también con agua salina continental yacente en la margen Oeste de las dunas, de descarga impedida o retardada por el efecto barrera que estas producen (Sala et al., 1977).

Infrayacen sedimentos del Pampeano (sector Norte) o Formación Belén/Formación Chasicó en el Sur, portadores de acuíferos semilibres/semiconfinados, con un acuitado basal. Esta unidad los separa de las formaciones Arenas Puelches o Araucano, según la posición, en ambos casos con acuíferos de aguas salobres a salinas como todos los infrayacentes.

En el sector septentrional la secuencia se completa con las Formaciones Paraná, Olivos, Río Salado, Gral. Belgrano, Las Chilcas con el mismo comportamiento ya descrito para la región Salado-Vallimanca y en el meridional con sus homólogas Formaciones Barranca Final, Ombucta, Pedro Luro y Colorado, para la de Bahía Blanca (Cuadro 4).

El hidroapoyo general (Basamento hidrogeológico) está representado por cuarcitas, lutitas, arcilitas, dolomitas, granitos, gneisses y milonitas (Norte) y cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados y granitos (Sur). El conocimiento de los términos más profundos procede de la exploración petrolífera "offshore" en las cuencas denominadas Marina I y Colorado.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrológico
Pospampeano	Arenas finas, limos	Zona No-Saturada / acuífero (freático)
Pospampeano (F. La Postrera, P. Médanos, equiv.) equivalentes	Arenas finas, arenas medianas. Conchillas. Limos, limos arcillosos	Acuífero (freático) Acuitado
F. San Clemente, F. Pozo N 10 y equivalentes.	Arenas medianas a finas, interc. arcillosas, conchillas	Acuífero (semiconfinado)
Pampeano	Limos loessoides, calcáreos. Limos arenosos. Limos arcillosos	Acuífero (semiconfinado) Acuitado
F. Arenas Puelches / F. Araucano	Arenas medianas a finas Arenas limosas yesíferas, limos	Acuífero (semiconfinado)
F. Paraná (Norte)/Barranca Final (Sur)	Arcillas verdes Arenas medianas-finas, marinas	Acuícluido Acuífero (confinado)
F. Olivos (Norte)/Ombucta (Sur)	Arcillas rojas Arenas medianas a gruesas, gravas	Acuícluido Acuífero (confinado)
F. Las Chilcas, Gral. Belgrano, Río Salado (Norte)	Arcillas, arcillas arenosas Areniscas	Acuícluido Acuífero (confinado)
F. Pedro Luro F. Colorado (Sur)	Arcilitas, limolitas, arenas Arenas gruesas, areniscas	Acuícluido Acuífero (confinado)
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, lutitas, arcilitas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas (Norte)	Acuífugo Acuífero (fisurado)
	Cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados, granitos (Sur)	Acuífugo Acuífero (fisurado)

Cuadro 4

El tipo de recarga es local y lineal (González et al., 2004), focalizada en el alineamiento de dunas donde se alojan las únicas reservas utilizables. Conforman estas la mencionada "barrera" (Sala et al., 1977) que obstaculiza el flujo regional hacia el océano, dejando al occidente aguas enriquecidas en sales. La descarga se produce hacia ambos flancos de los alineamientos, la llanura terminal y el océano con sendas interfases agua dulce-agua salada.

La existencia de aguas dulces está limitada en este ambiente a los cordones medianos, tanto en su acuífero libre como en el semiconfinado asociado, con tenores entre 5000 y 2000 mg/l. Las contenidas en el resto del sistema son calificables desde salobres a salinas, llegando a superar los 50000 mg/l.

III. 5. REGION CUENCA DE BAHIA BLANCA

Tal como se ha mencionado más arriba a propósito de los criterios utilizados para la regionalización, este ámbito está definido por la existencia de un sistema hidrotermal profundo

con aguas de baja salinidad, diferenciable por lo tanto de la cuenca geológica continente (Cuenca del río Colorado). Cubriría un área de 3000 km² (Bonorino, 1988)

El cuadro 5 reproduce el esquema de conformación física del sistema geohidrológico, cuya descripción se remite a la contribución presentada por Bonorino (2005) en este mismo Relatorio, al igual que las características hidrodinámicas e hidroquímicas.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrológico
Médanos	Arenas eólicas	Zona No-Saturada/ acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides	Acuífero (freático)
F. Chasicó	Arcillas y areniscas yesíferas Arenas finas	Acuitardo Acuífero (semiconfinado)
F. Barranca Final	Arcillas marinas c/intercalaciones de arenas	Acuícludo Acuíferos subordinados
F. Ombucta	Arcillas, arcillas arenosas Arenas, arenas gruesas	Acuícludo Acuífero (confinado)
F. Pedro Luro	Arcilitas, limolitas, arenas Arcilitas, limolitas	Acuífero (confinado) Acuícludo
F. Colorado	Arenas gruesas, conglomerádicas (sup.) Areniscas (inferior)	Acuífero (confinado) Acuífugo
Basamento hidrogeológico (F. Fortín + rocas paleozoicas)	Areniscas	Acuífugo
	Areniscas cuarcíticas, cuarcitas, granitos	

Cuadro 5

Cabe destacar que esta región ofrece un ejemplo único, al menos en el país, de un sistema hidrotermal profundo con recarga alóctona próxima, elevada carga potenciométrica (con surgencia original de 100 m sobre la superficie) y zonación hidroquímica geológica.

Esta última está dada por la existencia de agua dulce en términos profundos (Formación Ombucta) de 1000 a 2000 mg/l, por debajo de acuíferos de mayor contenido salino que llegan al orden de 100000 mg/l en el confinado alojado en la Formación Barranca Final. Factores estructurales (espesor de los acuícludos) y litológicos (muy baja permeabilidad de las arcillas) tipifican claramente a este tipo de zonalidad. Existen escasas manifestaciones de agua poco salina en cuerpos medanosos, a modo de pequeñas lentes.

III.6. REGIÓN NORPATAGÓNICA

Se desarrolla desde los aproximadamente 39° de latitud Sur hasta el río Negro, incluyendo la mayor parte del Partido de Villarino y totalmente al de Patagones, con una extensión de 22.350 km². Pertenece al dominio patagónico extrandino desarrollado al Sur del río Colorado, tanto fisiográficamente como por el tipo de suelos, contenido florístico y régimen climático.

El desarrollo vertical (Cuadro 6) es de cierta manera similar al mostrado para la región de Bahía Blanca, con algunas diferencias como la presencia de un manto de gravas (Rodados patagónicos) cubriendo el relieve mesetiforme, la escasa presencia del Pampeano limitada al extremo Norte, cuyo rol es cubierto por la Formación Belén, y el predominio areal de la F. Elvira, de origen marino y acuífero salino, por sobre la sincrónica Formación Ombucta portadora del principal acuífero de agua dulce, en la región de Bahía Blanca (Hernández et al., 1975; Bonorino 1988, 2005).

El acuífero freático constituye prácticamente la única posibilidad de provisión de agua de baja salinidad, cuando se lo halla en formaciones medanosas o las terrazas aluviales del río Colorado.

La recarga ocurre de forma autóctona directa, a partir de la infiltración rápida de los reducidos aportes pluviales en los materiales más permeables y Formación Belén, y por aporte a partir de los ríos Negro y Colorado, ambos de comportamiento influente o perdedor. En este último caso, la recarga está difundida por el propio diseño deltaico del drenaje natural en el tramo inferior y la presencia de canales de riego (Unificador I y II, Villalonga, Juliá-Echarren y secundarios) que se comportan también como perdedores.

En las proximidades de las localidades de Villalonga y Stroeder y en la faja medanosa costera se sitúan las principales áreas naturales de recarga, en forma de lentes de agua dulce (Albouy et al., 1997).

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrológico
Medanos Rodados patagónicos	Arenas eólicas Gravas parcialmente cementadas	Zona No-Saturada
Medanos/Aluvio R Colorado Pampeano (restringido)	Arenas eólicas/limos, arenas Limos	Acuífero (freático)
F. Belén	Areniscas c/intercalaciones arcillosas	
F. Chasicó	Arcillas y areniscas yesíferas	Acuífero (semiconfinado)
F. Barranca Final	Arcillas marinas c/intercalaciones de arenas	Acuícludo Acuíferos subordinados
F. Elvira F.Ombucta (restringida)	Arcillas, lutitas y tobas (sup). Areniscas en parte conglomerádicas (inf.)	Acuífero (confinado)
F. Pedro Luro	Arcilitas, limolitas, arenas Arcilitas, limolitas	Acuífero (confinado) Acuícludo
F. Colorado	Areniscas gruesas, conglomerádicas (superior) Areniscas (inferior)	Acuífero (confinado) Acuífugo
Basamento hidrogeológico (F. Fortín + formaciones paleozoicas)	Areniscas c/arcillas y limolitas	Acuífugo
	Areniscas cuarcíticas, cuarcitas, granitos	

Cuadro 6

Puede advertirse la descarga local en los principales bajos salinos de la comarca (salinas del Algarrobo, del Inglés, de Piedra, Salitral Grande, Salitral del Barrancoso) y la regional, en dirección al mar.

Muy restringida es en la región la presencia de agua de baja salinidad, limitada al acuífero freático en cuerpos medanosos, dunas próximas a la Bahía de San Blas y adyacencias del valle del Colorado y canales de riego, en estos últimos casos por influencia del régimen superficial perdedor. El resto del acuífero contiene aguas salobres a salinas, con concentraciones próximas a los 18000 mg/l que se incrementan en profundidad hasta adquirir el carácter de verdaderas salmueras subterráneas (Formación Barranca Final).

III. 7. REGIÓN ENDORREICA DEL SUROESTE

Coincidente con las cuencas endorreicas de las Lagunas Encadenadas del Oeste y Chasicó, incluye una superficie de aproximadamente 26.300 km² (Saravia et al., 1987). Albergan importantes cuerpos lacunares: lago Epecuén y lagunas Alpataco, La Paraguaya, del Venado, del Monte, Cochicó, Alsina, Inchauspe en la primera y Cochicó la segunda.

La síntesis de la configuración física del sistema geohidrológico (Cuadro 7) muestra el emplazamiento de la ZNS en terrenos pospampeanos o aluviales modernos, desde pocos centímetros hasta su inexistencia en las partes bajas del relieve, llegando a interesar el Pampeano con un desarrollo de metros en lugares más elevados.

El acuífero freático está incluido en sectores medanosos pospampeanos y/o en el Pampeano (incluida la Formación Epecuén) y reconoce hasta un comportamiento semilibre en profundidad. Contiene agua dulce en coincidencia con los cuerpos medanosos, hasta salina en la proximidad de las lagunas. Por debajo yacen las arcillas acucludas de la Formación Paraná sobre un paquete arenoso basal de la misma Formación, con aguas salinas y niveles potenciométricos positivos. El hidroapoyo está conformado por rocas del basamento y de los Grupos Curamalal, Ventana y Pillahuincó (Paleozoico), aún cuando estos últimos incluyan acuíferos en fisuras (González et al., 1990).

La recarga del sistema es autóctona directa, a expensas de la buena permeabilidad de los depósitos aflorantes (arenas), a excepción del acuífero alojado en la Formación Paraná, de tipo alóctono, sin que pueda precisarse su localización espacial (Hernández et al., 1975).

El flujo subterráneo tiene un comportamiento centrípeto hacia los puntos más bajos (Lago Epecuén y Laguna Chasicó, esta última con cota de lecho -40 m s/OIGM) siendo la

descarga del sistema exclusivamente consuntiva (evapotranspiración, evaporación) según González et al., (1990).

El agua dulce freática alojada en las lentes medanosas contiene entre 1000 y 1500 mg/l de sales totales, desmejorando ostensiblemente hacia el ámbito de los cuerpos lagunares, especialmente hacia el más bajo (Lago Epecuén) donde llega al extremo de salmuera subterránea en su contorno. No es habitual que el Pampeano contenga agua de baja salinidad y en los acuíferos profundos es salina en todas las unidades.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrolitológico
Pospampeano (F. Venado) + aluvio + Pampeano.	Arenas finas, limos arenosos, limos Evaporitas	Zona No-Saturada
Pospampeano + Pampeano + F. Epecuén.	Arenas eólicas, limos, limos arenosos, bancos calcáreos	Acuífero (freático + semilibre)
F. Paraná (superior)	Arcillas verdes	Acuícludo
F. Paraná (inferior)	Arenas medianas a finas, verdes, marinas	Acuífero (confinado)
Basamento hidrogeológico	Granitos, lutitas, cuarcitas y areniscas	Acuífero (fisurado) Acuífugo

Cuadro 7

III. 8. REGIÓN SERRANA

Se corresponde con los dos sistemas serranos bonaerenses (Tandilia y Ventania), que en su conjunto ocupan unos 15.430 km².

El Cuadro 8 reproduce esquemáticamente la secuencia hidrolitológica que alberga al sistema geohidrológico. La ZNS posee un desarrollo importante, de hasta decenas de metros sobre el límite con la región Interserrana-Periserrana (vertiente nororiental de Tandilia), ocupando tanto el espacio de los sedimentos eólicos Pospampeanos (Formaciones Las Animas y La Milagrosa) como de los Pampeanos (Formaciones Vela, Barker, Saavedra y otras). Estos últimos albergan al acuífero freático en ambos sistemas serranos, que cuando adquiere cierto desarrollo suele pasar a un comportamiento semilibre, merced a su anisotropía vertical.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrolitológico
Pospampeano + Pampeano	Arenas eólicas, arenas fluviales, limos. Limos loessoides	Zona No-Saturada / acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos	Acuífero (freático) Acuífero (semilibre)
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, lutitas, arcillitas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas (Tandilia)	Acuífugo Acuífero (fisurado - Grus)
	Cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados (Ventania)	Acuífugo Acuífero (fisurado)

Cuadro 8

En el sistema de Ventania suelen aparecer espesores sefíticos y arenas, de características acuíferas. También se ha citado la presencia de un espesor de granitos meteorizados (Auge, 2003) y hasta un verdadero grus de comportamiento aparentemente acuífero, que no es incluido en el Cuadro 8 al desconocerse su extensión.

El Basamento hidrogeológico está conformado por cuarcitas, lutitas, arcillitas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas en Tandilia y cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados en Ventania. El carácter acuífugo atribuido a estas rocas se basa en su comportamiento regional, aunque puede observarse en ambos sistemas serranos la trasmisión de agua por fisuras (diaclasas, planos de esquistosidad y de estratificación), que inclusive dan lugar a la existencia de manantiales.

A la recarga autóctona directa, se agrega en esta región la concentración del escurrimiento superficial desde el frente montañoso hacia las depresiones intraserranas, donde

se produce infiltración preferencial en coincidencia con la existencia de materiales permeables. También la circulación por fisuras contribuye a la recarga en estos lugares (Auge, 2003).

Los cursos de agua son mayoritariamente ganadores y por lo tanto, zonas de descarga local, mientras que la regional se produce hacia la contigua región Interserrana-Periserrana y directamente al océano en Tandilia, en la zona de Mar del Plata.

Los acuíferos freático y semilibre cuentan con agua de muy baja salinidad, generalmente entre 300 y 1200 mg/litro (extremo de 150 mg/l en Tandilia, Hernández et al., 2002) con valor más frecuente 500 mg/l, incluyendo manifestaciones de agua en fisuras.

III. 9. REGIÓN INTERSERRANA - PERISERRANA

En esta región se han agrupado los sectores periserranos que rodean a la región anterior, la llanura alta interserrana y sus pendientes noroccidental y suroriental (46.300 km²). Está bordeada por ambientes llanos a excepción de su límite con la región Costera. La llanura alta interserrana puede, por sus características morfológicas, hidrológicas y geohidrológicas, ser considerada como una sub-región.

La secuencia hidrolitológica (Cuadro 9) se compone de un reducido espesor de sedimentos eólicos, arenas fluviales y limos que conforman la ZNS. El acuífero freático está contenido en terrenos del Pampeano, adquiriendo en profundidad un carácter semilibre cuando el espesor es considerable, como ocurre en el ámbito interserrano, en función de la anisotropía vertical.

En el flanco nororiental de Tandilia, se cita la presencia de la Formación Araucano (Auge y Hernández, 1983; Auge et al., 2002), que incluye un acuífero semiconfinado de pobre rendimiento y aguas salobres.

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrolitológico
Pospampeano	Arenas eólicas, arenas fluviales, limos	Zona No-Saturada
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos	Acuífero (freático) Acuífero (semilibre)
F. Araucano	Arenas limosas yesíferas, limos	Acuífero (semiconfinado)
Basamento hidrogeológico	Cuarcitas, lutitas, arcillas, dolomitas, granitos, gneisses, milonitas (Tandilia)	Acuífugo Acuífero (fisurado)
	Cuarcitas, pizarras, lutitas, areniscas, conglomerados, granitos (Ventania)	Acuífugo Acuífero (fisurado)

Cuadro 9

Si bien la región recibe el tributo subterráneo desde la Serrana, en el ámbito periserrano se produce una circulación manifiesta hacia sus bordes externos (regiones Salado-Vallimanca, Llanura Costera y Endorreica del Suroeste, Océano Atlántico), mientras que en la llanura alta central de la comarca periserrana tiende a acumularse, como ocurre en la distante región Llanura Costera, contribuyendo luego a la organización del drenaje superficial y subterráneo hacia el Noroeste y Sudeste (García, 1969).

Puede entonces reconocerse un tipo de recarga autóctona directa y otro concurrente, por afluencia subterránea desde la región Serrana, no descartándose en este proceso la influencia de las fisuras en el material rocoso.

Localmente la descarga ocurre hacia los sistemas fluviales, de comportamiento ganador, y regionalmente hacia las regiones de borde mencionadas y hacia el mar, principalmente a través del caudal básico de los cursos de agua por el obstáculo que representa la región Costera como barrera hidráulica.

En el ámbito periserrano, tanto el acuífero freático como el Pampeano son contenedores de agua de contenido salino generalmente bajo (< 2000 mg/l), incrementado en las proximidades de la región costera por la reconocida dificultad para el drenaje.

En el sector interserrano y en razón de la muy lenta circulación, se hallan también amplias zonas donde se superan los 2000 mg/l. En la pendiente NE de Tandilia, el acuífero semiconfinado de la Formación Araucano posee agua con TSD del orden de los 5000 mg/l.

III.10. REGIÓN LLANURA COSTERA

Incluida por algunos autores dentro de la comarca deprimida del Salado-Vallimanca (Auge, 2003) se ha preferido en este caso separarla por poseer caracteres distintivos, como la falta total de drenaje natural integrado y la exigüedad de la pendiente, de incidencia en la fase terrestre subterránea del ciclo hidrológico.

Queda delimitada por la cuenca inferior del río Salado, la llanura adosada a la vertiente nororiental de Tandilia, las dunas de la Región Costera septentrional y la Bahía de Samborombón. La superficie involucrada es de 28.200 km².

El esquema del sistema geohidrológico es similar al mostrado en el Cuadro 3, al cual se lo remite.

Las particularidades más arriba apuntadas, hacen de esta región la de mayor acumulación relativa de agua en el sistema, situación reflejada en la alta densidad de pequeños cuerpos lagunares y bajos endorreicos y mínima expresión de la ZNS. Concurren a esta situación además del aporte de los excedentes hídricos locales, la afluencia subterránea desde la región Interserrana-Periserrana, el impedimento de una franca salida al mar por la barrera hidráulica emplazada en las dunas costeras y la carencia de un avenamiento natural (a diferencia de la cuenca del Salado, exorreica aún cuando drena con dificultad).

Como consecuencia, predomina ampliamente la descarga consuntiva por sobre la lenta y dificultosa hacia la Bahía de Samborombón, complicada por la dinámica del río de la Plata exterior.

El resultado es un gradiente hídrico sumamente bajo y extrema anegabilidad (Saravia et al., 1987; Benavídez et al., 1993), reflejada hidroquímicamente en aguas subterráneas (acuíferos freático y Pampeano) predominantemente salinas que suelen alcanzar concentraciones por encima de los 20000 mg/l.

Esta deficiente calidad ocasiona la importación de agua desde la ciudad de Ayacucho (región Periserrana-Interserrana) para la dotación a las ciudades de Maipú, Dolores y General Guido y el empleo de agua del Canal 12 para Gral. Lavalle (Hernández, 2005). En lo que se refiere a la calidad química de los acuíferos profundos, corresponden las mismas consideraciones realizadas para la región Salado-Vallimanca.

III.11. REGIÓN DELTA

Con una extensión de 2900 km² en jurisdicción bonaerense, esta región forma parte del Delta del Paraná desarrollado desde Diamante (Entre Ríos) hasta el río de la Plata a lo largo de 320 km. Se extiende desde el pie de la barranca principal del río Paraná hasta la línea oriental o barranca "muerta" en los departamentos entrerrianos de Victoria, Gualeguay y Gualeguaychú (Dangavs et al., 1983).

Está conformada por un sector litoral de bajos ribereños de filiación pampeana y otro mayor correspondiente al bajo delta, de carácter insular. Este último, en crecimiento continuo hacia el río de la Plata, ofrece un relieve plano cóncavo, con islas de bordes elevados (albardones) y la parte central sub-anegada que alberga a los "pajonales".

Una síntesis del sistema geohidrológico local, relativamente similar al de la región Noreste, es dada en el Cuadro 10.

A la ZNS de reducido espesor a inexistente, sigue un acuífero freático poco potente alojado en términos del Pospampeano y Pampeano, habitualmente aflorante. Posee agua de baja a media salinidad con **frecuente** presencia de gas Metano.

La unidad acuífera que le sucede se corresponde con los acuíferos Puelche y Paraná, faltando en general el miembro arcilloso de esta última (acuicludo), con características semiconfinadas, nivel potenciométrico positivo-surgente y aguas de cierta salinidad (Groeber, 1961).

Unidad geológica	Litología	Comportamiento hidrológico
Pospampeano	Arenas finas, limos, limos arcillosos	Zona No-Saturada
Pospampeano + Pampeano (F.Ensenada)	Limos arenosos, arenas finas. Limos arcillosos basales	Acuífero (freático)
F. Arenas Puelches + Fm Paraná (inferior)	Arenas medianas a finas, con mica en la parte superior y gravas basales	Acuífero (semilibre a semiconfinado)
F. Olivos (superior) F. Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas con intercalaciones pelíticas	Acuícludo Acuífero (confinado)
Basamento hidrogeológico	Granitos y gneisses	Acuífugo

Cuadro 10

Por debajo yace el término superior de la Formación Olivos que obra a modo de techo acuícludo de las arenas inferiores de la misma Formación, portadoras de aguas salinas. El hidroapoyo acuífugo está representado por las rocas plutónicas y metamorfitas del Basamento aflorante en la Isla Martín García. La región constituye la zona de descarga de la porción activa del sistema en la región Noreste. Los acuíferos profundos, de recarga alóctona, buscan su descarga hacia el río de la Plata (Hernández et al., 1975).

No abunda la información hidroquímica para esta región, salvo que los términos superiores (acuíferos freático, Pampeano y Puelche) alojan agua dulce, con la habitual presencia ya mencionada de Metano en el freático. El confinado de la Formación Olivos ofrece según la información histórica, valores de TSD mayores a 10000 mg/l.

IV. COMENTARIO FINAL

La imprescindible actualización y perfeccionamiento de la síntesis aquí esbozada va a requerir superar ciertas limitaciones que hacen a la precisión de los bordes, detalle del contenido, mejor conocimiento subregional y mayor densidad de datos en ciertas áreas.

Dentro de las limitaciones puede mencionarse al déficit en información de subsuelo, al interrumpirse la actividad de exploración que brillara en las primeras décadas del siglo XX. La ulterior proviene de perforaciones vinculadas a proyectos utilitarios, como los sondeos para protección catódica del gasoducto Neuba I, estudios para almacenaje de gas natural en la región Noreste, de exploración petrolífera en las cuencas Salado y Colorado (offshore y onshore) y energéticos (Genelba I y II) en la región Noreste, entre otros.

Influye también en la falencia mencionada la falta de normativas suficientes que exijan documentar las perforaciones a escala municipal y cuando existen, problemas para su aplicación. La actividad agrícola es una de las que muestran mayor necesidad de estas regulaciones.

También la información hidroquímica ofrece vacíos importantes en sectores donde la calidad inferior del agua subterránea no motiva la ejecución de pozos y los consiguientes análisis químicos, restringiéndose los datos analíticos a escasos proyectos de investigación a nivel de las Universidades.

La ausencia aún no superada de la hidrología subterránea en el planeamiento físico regional, priva también de mayores conocimientos acerca de la hidrodinámica y sus variaciones temporales.

Pero así como estos defectos no permiten un mejor conocimiento de los ambientes hidrogeológicos, es menester rescatar el advenimiento de nuevas herramientas que concurren al objetivo.

Entre ellas se destacan la mayor disponibilidad de imágenes satelitales de buena definición y resolución y del software adecuado para su tratamiento; la difusión de los Sistemas de Información Geográfica, particularmente útiles para la convergencia de los criterios esbozados en el ítem II, a nivel gráfico; la posibilidad de generar rápida y eficazmente Bases de Datos, incluso asociables al GIS; mejores programas para la ejecución de cartografía de calidad.

De la conjunción entre las acciones que permitan superar las limitaciones precitadas y las nuevas herramientas, puede surgir el progreso necesario en el conocimiento de los ambientes hidrogeológicos naturales y su difusión a todo nivel de usuarios, públicos y privados.

REFERENCIAS

- Agua y Energía Eléctrica, 1990. Plan de manejo de los excedentes hídricos del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Convenio Provincia de Buenos Aires-AYEE. Tomo I-VI. La Plata. Inédito.
- Albouy, R., Bonorino, G., González, N. y Carrica, J., 1997. Caracterización hidrogeológica regional del Partido de Patagones, Provincia de Buenos Aires. I Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas: 37-52. Bahía Blanca.
- Arigós, L. E., 1969. El agua subterránea en el Oeste de la Provincia de Buenos Aires. En : Reunión sobre la Geología del Agua Subterránea de la provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas. Relatorios: 51-78. La Plata.
- Auge, M., 2003. Regiones Hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza, Santa Fé. Ebbok. Edición Propia. La Plata.
- Auge, M. P. y Hernández, M. A., 1983. Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la llanura Bonaerense. Su implicancia en el ciclo hidrológico de llanuras dilatadas. En Hidrología de las Grandes Llanuras. UNESCO, Actas II: 1019-1041. París-Buenos Aires.
- Auge, M. P., Hernández, M. A. y Hernández, L., 2002. Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, Argentina. En Aguas subterráneas y desarrollo humano. XXXII IAH & VI ALHSUD, Edición CD Rom. Mar del Plata.
- Benavidez, R. A., Canziani, O. F., Ferreiro, V. J., Hernández, M. A. y Saravia, J., 1993. Las inundaciones del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires y el Río Salado. Aporte para su conocimiento. Asociación Argentina Geología Aplicada a la Ingeniería, Actas VII: 102-152.
- Bonorino, A. G., 1988. Geohidrología del sistema hidrotermal profundo de la región de Bahía Blanca. Tesis Doctoral. U.N.S., 268pp. Bahía Blanca. Inédito.
- Bonorino, A. G., 2005. Acuíferos profundos e hidrotermalismo. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino (este volumen). La Plata.
- Consejo Federal de Inversiones, 1990. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica, región I: Punta Rasa-Punta Médanos. Informe Final. CFI- Provincia de Buenos Aires. Inédito.
- Dangavs, N. V., Bozzo, A. A. y Strelzik, A. M. 1983 Conocimiento y manejo agrohidrológico de las llanuras bonaerenses de baja pendiente. En Hidrología de las Grandes Llanuras. UNESCO, Actas II: 1140-1171. París-Buenos Aires.
- DNGM, 1963. Mapa hidrogeológico de la República Argentina. Escala 1:5.000.000. Buenos Aires.
- DYMAS, 1974. Contribución al mapa geohidrológico de la provincia de Buenos Aires. Escala 1: 500.000. DYMAS (CFI-PBA), La Plata. Inédito.
- EASNE, 1967. Estado del conocimiento actual de la geohidrología del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. EASNE. CFI. La Plata. Inédito.
- EASNE, 1972. Contribución al Estudio Geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. CFI, Serie Técnica N° 24. La Plata.
- Frenquelli, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y geología de la provincia de Buenos Aires. Lemit. Serie II(33): 1-72. La Plata.
- García, J., 1969. El agua subterránea en la cuenca del Quequén. En: Reunión sobre la geología del agua subterránea de la provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas. Relatorios: 91-97. La Plata.
- González, N., Auge, M. P., Hernández, M. A. y Roselli, J., 1990. Investigación hidrológica en la cuenca de las Lagunas Encadenadas del Oeste, Provincia de Buenos Aires. Fiscalía de Estado de la Pcia de Buenos Aires, Vol. 1 a 4. Inédito.
- González, N., Hernández, M. A. y Trovatto, M. M., 2004. Flujo local en sistemas de dunas costeras. Buenos Aires. Argentina. XXXIII IAH Congress and 7^o Congreso ALHSUD. Actas. Zacatecas, México.
- Groeber, P., 1961. Contribuciones al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. Anales Comisión de Investigaciones Científicas, CIC, 2: 9-53. La Plata.
- Hallcrow Consult, 1999. Plan Maestro Integral. Cuenca del Río Salado. Gobernación de la Provincia de Buenos Aires-MOSP-Unidad Proyecto Río Salado. Edición CD Rom. La Plata.
- Hernández, M. A., 2005. Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos en la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino (este volumen). La Plata.
- Hernández, M. A., Filí, M. F., Auge, M. P. y Ceci, J. H., 1975. Geohidrología de los acuíferos profundos de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino, Actas II: pp. 479-500. Buenos Aires.

- Hernández, M. A. y González, N., 1997. Impact of rising piezometric levels on Greater Buenos Aires due to partial changing of water services infrastructure. Groundwater in the Urban Environment, 1:237-242. J. Chilton et al. (Ed.), A. A. Balkema, Rotterdam.
- Hernández, M. A. y González, N., 2000. Hydrogeological disarrays in Argentina: Overexploitation and effects of rising piezometric levels in Buenos Aires and its surroundings areas. International Conference The Fragile Territory Proceedings. CNDG, pp 373-378. Rome (Italy).
- Hernández, M. A., Giaconi, L. M. y González, N., 2002. Línea de base ambiental para las aguas subterráneas y superficiales en el área minera de Tandilia. Buenos Aires. XXXII IAH Congress - VI Congreso ALHSUD. Edición CD Rom. Mar del Plata.
- INCYTH, 1991. Mapa hidrogeológico de la República Argentina. Escala 1: 2.500.000. Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas, OSP, PHI-UNESCO. Buenos Aires.
- Sala, J. M., 1972. Aspectos hidrogeológicos salientes del territorio bonaerense. En: Reunión sobre la hidrogeología de la ciudad de Mar del Plata. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata.
- Sala, J.M., 1975. Recursos Hídricos (Especial mención de las aguas subterráneas). En Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino, pp 169-193.
- Sala, J. M., González, N. y Hernández, M. A., 1977. Efectos de una barrera hidráulica natural en las aguas subterráneas del litoral de la Bahía de Samborombón. Obra del Centenario del Museo de La Plata, IV: 153-166.
- Sala, J. M., González, N. y Kruse, E., 1983. Generalización hidrológica de la Provincia de Buenos Aires. En Hidrología de las Grandes Llanuras. UNESCO, Actas II: 973-1009. Paris-Bs. Aires.
- Salso, J. H. y García, J., 1958. Estado actual del conocimiento hidrogeológico de la cuenca artesiana de Bahía Blanca. Bol. Inf. D.N.G.M., Año 2 N° 9. Buenos Aires.
- Santa Cruz, J. N. y Silva Busso, A., 1999. Escenario hidrogeológico general de los principales acuíferos de la llanura pampeana y Mesopotamia meridional argentina. Serie de Correlación Geológica N° 13: 461-471.
- Saravia, J. R., Benavidez, R., Canziani, O., Ferreiro, V. y Hernández, M. A., 1987. Lineamientos generales y regionales para un Plan Maestro de Ordenamiento Hídrico del Territorio Bonaerense. Convenio M.O.S.P. Nación-Provincia de Buenos Aires. 323pp.
- Stappenbeck, R., 1926. Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. 409pp. Stuttgart.
- Tapia, A., 1941. Mapa hidrogeológico de la República Argentina. Escala 1:5.000.000
- Victoria, J. y Bordas, A. F., 1962. Recursos hidráulicos subterráneos. En: Serie Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina. CFI, V (1 y 2): 843pp. Buenos Aires.