



## LA DEFINICION DE FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ELECCIÓN DE PRÁCTICAS DE MANEJO DEL SUELO

**Margarita Alconada<sup>(1)</sup>; Juan Rayneiro. Fagundo Castillo<sup>(2)</sup> y José Joel Carrillo Rivera<sup>(3)</sup>**

(1) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, y CISAUA Centro de Investigaciones de Suelo y Agua de Uso Agropecuario (MAA.UNLP), Argentina. Calle 3 No584 (1900) La Plata. margaalconada@yahoo.com.ar

(2) Centro Nacional de medicina natural y Tradicional (La Habana, cuba). Ave. 243, No 1915, Fontanar, Boyeros  
juanrfag@infomed.sld.cu

(3) Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, joeljcr@igg.unam.mx

### RESUMEN

La teoría de los sistemas de flujo de agua subterránea, explica la vinculación entre elementos del paisaje, y permite definir tipos de flujos y zonas dentro de estos, que coexisten en un área. Las zonas de un flujo se complementan en su funcionamiento hidrológico. El manejo agropecuario conjunto de recargas-descargas de agua incide en el agua subterránea. Entre las alternativas de manejo productivo propuestas para incidir en el agua de anegamiento o inundación se destacan: biodrenaje, forestación, silvopastoreo y cultivos. Se plantea establecer estas zonas a partir del suelo, vegetación y geomorfología, y a partir de estas, las prácticas de manejo adecuadas para el noroeste de Buenos Aires, Argentina. Esta región presenta una alternancia de sequías e inundaciones registradas desde 1576 a la actualidad. Se estudian, aguas subterráneas de pozos, freáticos y lagunas, y se vinculan al suelo, vegetación, y geomorfología, conforme a la teoría de flujos. No hubo una asociación directa entre elementos del paisaje en todos los sitios. Cuando la superficie freática es afectada por un flujo intermedio, esta asociación se modifica principalmente en momentos de exceso hídrico, la carga hidráulica de flujos originados fuera del área de estudio aumenta y produce un desplazamiento de su frente de descarga. Los suelos Hapludol éntico, y Udipsament típico son característicos de las zonas de recarga, y los suelos Natracuol típico, Natracualf típico, Hapludol ácuico, y Hapludol éntico con hidromorfismo de las zonas de descarga. La implantación de árboles en silvopastoreo en áreas de descarga coadyugaría en la atenuación de anegamientos del noroeste de Buenos Aires. Las prácticas de manejo que se complementen en su funcionamiento hidrogeológico, requieren de conocer la calidad y el funcionamiento del agua freática y definir como ésta se vincula con flujos más profundos, no siendo siempre suficiente definir al suelo y ambiente superficial.

### ABSTRACT

The theory of groundwater flow systems explains the relation between landscape elements and permits to define flow types and zones coexisting in the area. The zones of a flow are complementary in their hydrological functioning. The farming and cattle ranching management of water recharge-discharge affects groundwater. Some productive management alternatives proposed to influence on waterlogging or flooding water are: biodrainage, afforestation, sylvopastoral systems and cropping. These zones are established based on soil, vegetation and geomorphology, which define the suitable management practices for northwestern Buenos Aires province, Argentina. This region presents cyclical periods of drought and flooding, which were recorded from 1576 to the present. Lagoon flooding water as well as groundwater from observation wells and production boreholes were studied and linked to soil, vegetation and geomorphology according to the flow theory. No direct association between landscape elements in all sites was found. When the phreatic surface is affected by an intermediate flow, this association is modified mainly during water surplus periods, the hydraulic head of flows originated outside the study area increases and its discharge front is shifted. *Entic Hapludolls* and *Typic Udipsaments* are the characteristic soils of the recharge areas, and *Typic Natracuols*, *Typic Natracualfs*, *Aquic Hapludolls* and *Entic Hapludolls* are hydromorphic soils of the discharge zones. Tree planting in sylvopastoral systems in discharge areas would contribute to attenuate flooding in northwestern Buenos Aires province. Quality and functioning of phreatic water and its relation to deeper flows should be known in order to implement management practices complemented with the hydrogeological functioning; the knowledge of the soils and the surface environment is not always sufficient.

## INTRODUCCIÓN

Los excesos hídricos, anegamientos e inundaciones, y déficit hídricos, generan daños productivos y socio-económicos de gran magnitud dependiendo de la intensidad y frecuencia. Diferentes alternativas de control son propuestas en la bibliografía nacional e internacional, tales como construcción de canales, forestación pura o en silvopastoreo, manejo de suelos y cultivos.

En la región del presente estudio, noroeste de la provincia de Buenos Aires, denominada Pampa Arenosa (PA) (5.500km<sup>2</sup>) (Figura 1), los excesos hídricos alternan con sequías. En el último siglo, los eventos de sequías o años normales, han superado a los años con excesos hídricos (Alconada, 2008), hecho también señalado por Ameghino (1884) para el siglo anterior. Esta alternancia entre excesos-déficit hídricos, Ameghino (1884) señalaba que muy posiblemente ocurrían desde el Terciario, indicando Moncaut (2003) que su registro data de 1576 hasta la actualidad.

En respuesta a las inundaciones de la región pampeana argentina, que incluye la región de estudio, en 1987, se inician obras de infraestructura que incluye canales en el marco del Plan Maestro Integral de la Cuenca del Río Salado (PMI, 1999), con una inversión aproximada de 1100 millones de USD (Rosa *et al.*, 2006). Los resultados son controvertidos, ya que sólo prevé excesos hídricos. Al respecto, Ameghino (1884), señalaba la necesidad de implementar prácticas que contemplen ambos fenómenos, tal como la implantación de árboles. Heuperman *et al.* (2002) y Tomar (2007), analizan con detalle la práctica del Bio-drenaje y la utilidad que la misma ha tenido en el control hídrico de cuencas. El Bio-drenaje disminuye excesos hídricos mediante plantaciones arbóreas en reemplazo o en forma complementaria de otros sistemas de drenaje.

Para la región de estudio, y provincia de Buenos Aires en general, en la bibliografía nacional se describen diferentes propuestas de control hídrico, mediante la implantación de especies vegetales herbáceas (cultivos y pasturas), y plantaciones arbóreas puras o en silvopastoreo, que tengan incidencia en la superficie freática (Esparrach, 2000; Verga, 2000;; Galetti, 2003; Galetti y Esparrach, 2003; Garnero y Bovino, 2006; Etcheverría *et al.*, 2006; Jobbágy *et al.*, 2006; autores citados en Alconada *et al.* (2009). Entre los cultivos que se destacan por tomar directamente agua subterránea y/o poseer alta transpiración se menciona el cultivo de soja (*Glycine max*) y alfalfa (*Medicago sativa*), y en menor medida trigo (*Triticum aestivum*), girasol (*Helianthus annuum*) y maíz (*Zea maiz*). En estos estudios no se considera el funcionamiento del agua subterránea por lo cual la persistencia de las prácticas y su efectividad en el control de superficies freáticas no resulta en general previsible.

Alconada *et al.* (2009) consideran los criterios planteados en la práctica de Bio-drenaje, incorporando en la elección de sitios de plantación de árboles, los principios del funcionamiento hidrogeológico propuestos por Toth (2000), y Carrillo-Rivera (2000). Asimismo, se efectúa un análisis sobre la conveniencia económica y ambiental de la implantación de especies forestales nativas o exóticas, en plantaciones puras o en sistemas de silvopastoreo (ganadería-forestación) (Alconada *et al.* 2009).

### Sistemas de flujo de agua subterránea y la integración de elementos del paisaje

Engelen y Jones (1986), introduce el concepto de sistemas de flujo y continuidad hidráulica regional. Esto significa que existe interdependencia hídrica subterránea entre zonas de una cuenca o entre cuencas vecinas, entre el agua subterránea y agua superficial, y estas, con la vegetación, suelo, relieve y unidades geológicas involucradas.. Esto es confirmado por Tóth (2000) respecto a que diferentes sistemas de flujo pueden ocupar una misma unidad acuífera; o por el contrario, que un mismo sistema de flujo puede circular por dos o más unidades acuíferas (Carrillo-Rivera, 2000).



El conocimiento de flujos y zonas, permite establecer prácticas de manejo que se complementen en su funcionamiento hidrogeológico, de modo de incidir en la profundidad de superficie freática, salinidad y alcalinidad del suelo, así como, preveer la persistencia de dichas prácticas y un ordenamiento territorial acorde con su vocación. Así por ejemplo, Richardson y Narayan (1995) estudian los cambios en la recarga-descarga de agua, y como afectan éstas en los procesos de salinización; establecen la necesidad de manejarlas conjuntamente, y de trabajar a nivel de cuenca para que tenga efectividad en la disminución de la superficie freática. Se destaca lo señalado por Pla Sentis (2005) respecto a que la degradación del suelo y agua que afecta cuencas hidrográficas, tiene su origen en incorrectas evaluaciones sobre el ambiente, por una inadecuada identificación y evaluación de los procesos, sin tener un enfoque hidrológico en la selección de prácticas de manejo del suelo. En general, los estudios sobre el funcionamiento del agua subterránea basados en la teoría de los Sistemas de Flujo ha sido muy documentada en la bibliografía internacional, su relación con los diferentes elementos del paisaje, de modo que estos puedan ser utilizados como indicador de dichos flujos y zonas (Carrillo *et al.* 2006).

En la región de estudio, el análisis de la situación planteada de excesos-déficit, en general se ha centrado en las relaciones entre ocurrencia de precipitaciones, aportes de agua superficial, fluctuaciones de la superficie freática (PMI, 1999; Krause y Laurencena, 2005) y prácticas de manejo como las indicadas en párrafos anteriores, pero no incorporar el funcionamiento del sistema hidrogeológico tal como propone Toth (2000). Consecuentemente no se establecen los procesos que ligan al agua subterránea con otros componentes del ambiente, y principalmente la interdependencia en profundidad de cuencas superficiales en apariencia independientes (Carrillo-Rivera, 2000).

El objetivo de este trabajo es establecer las relaciones entre el suelo, vegetación, geomorfología y zonas dentro de los flujos de agua subterránea que coexisten en un área, determinando la pertinencia de utilizar los elementos externos del paisaje para definir dichas zonas, y asociado a estas, las prácticas de manejo que coadyuvan en situaciones de excesos y déficit hídricos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio-** Noroeste de la provincia de Buenos Aires (PA) en el sector de Médanos Longitudinales (ML), con médanos de aproximadamente 100 km de longitud, 2-5 km de ancho y 6 m de altura, que cortan la pendiente regional y posibilita la existencia de un gran número de cuerpos de agua y de un drenaje anárquico. Se centra el estudio en los partidos de Pehuajó (Pe) y Trenque Lauquen (TL), y en menor medida en otros partidos vecinos vinculados hidrogeológicamente (Carlos Casares, CC; 9 de Julio, NJ), y en lagunas de los partidos de Guaminí (Gu), A. Alsina (AA) y Junín (Ju) (Figura 1). En Tabla I se indica el número y denominación de cada sitio, tipo de manifestación y profundidad de donde se extrajo el agua.

**Análisis fisicoquímico del agua-** Se analizó el agua de lagunas, freáticos, y pozos, en 38 sitios (Tabla I). A campo, se midió pH, temperatura ( $T^{\circ}$ ), y conductividad eléctrica (CE). En laboratorio, sólidos totales disueltos (STD), alcalinidad, cationes y aniones:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , analizados en la Universidad de Arizona, EUA, mediante ICP-MS (Espectrometría de Masas y Espectrometría de emisión atómica por plasma).

**Modelación hidrogeoquímica-** Tiene como finalidad establece el origen del agua, tipo de flujo (local, intermedio, regional), y sus respectivas zonas (recarga, tránsito y descarga) según la teoría de los sistemas de flujo (Toth, 2000). Dicha modelación en detalle, se presenta en Alconada (2008), y Alconada *et al.* (2010) siguiendo los criterios de Fagundo (1990 y 1998), y Fagundo-Sierra *et al.* (2001). En el presente trabajo para su vinculación con el suelo, se presentan los resultados que permiten agrupar muestras de agua basados en la clasificación hidroquímica de agua de Kurlov, que

considera facies, patrón hidrogeoquímico medio (PHM, relación Na+K:Ca:Mg: Cl:HCO<sub>3</sub>:SO<sub>4</sub>, ejemplo, 361-316: 30%Na+K, 60%Ca<sup>2+</sup>, 10%Mg<sup>+</sup>; 30%Cl<sup>-</sup>, 10%HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 60%SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), concentración total de iones disueltos (STD), clasificación de agua de Piper-Hill y diagrama de Stiff.

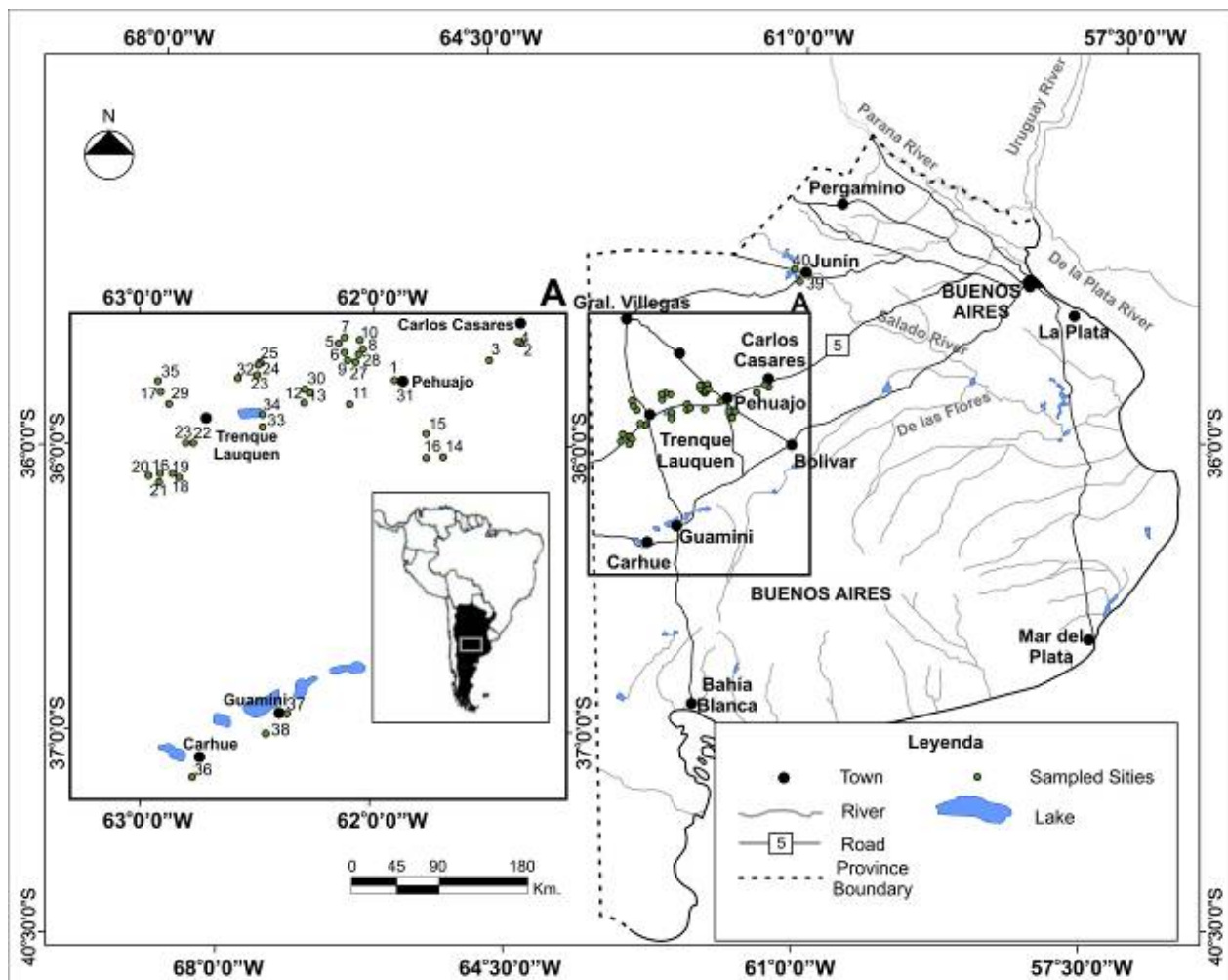


Figura 1.- Ubicación del área de estudio y sitios de muestreo de agua y suelo

**Definición de los sistemas de flujo de agua subterránea-** Los sistema de flujo subterráneo, son una unidad natural y coherente, en espacio y tiempo, consistente de agua subterránea de calidad físico-química particular, que circula por materiales geológico con expresión geomorfológica, vegetación y suelo particular (Tóth, 2000). Esta identificación es posible porque el agua tiene “memoria del recorrido en sus moléculas”: antigüedad, donde precipitó el agua que lo formo (montaña o planicie), cambio en temperatura, pH, Eh, alcalinidad, cationes, aniones, y elementos traza que se incorporan en el recorrido de cada sistema y zonas (Figura 2). Los flujos mantienen en el medio subterráneo un recorrido separado (igual que las corrientes en los océanos). Los sistemas de flujo son de tres tipos: local, intermedio y regional (Figura 3), y son definidos por la distancia y profundidad de recorrido del agua que lo forma. Así, puede ser que un sitio responda en forma hidrológica a la lluvia local (sistema local) o a la lluvia ocurrida en un sitio o cuenca distante (sistema intermedio o regional) (Figura 2). Las zonas dentro cada flujo son: recarga (flujo descendente), tránsito (flujo horizontal), y descarga (flujo ascendente). Cada zona tiene condiciones de agua completamente diferentes y contrastantes, que es



viable identificar por indicadores ambientales: suelo, geomorfología, vegetación, calidad de agua, carga hidráulica, entre otros (Figura 2).

Tabla I.- Sitios de muestreo de agua y suelo. Localidad (L): CC, Carlos Casares; Pe, Pehuajó; TL, Trenque Lauquen; ML., Mari Lauquen; B, Berutti; y manifestación (M): P, pozo; Fr, frentímetro, y profundidad de extracción del agua (m)

Nº	Sitio	L	M (m)	Nº	Sitio	L	M (m)	Nº	Lagunas	L
1	Cooperativa	NJ	P 30	14	Las Achiras	Pe	P30	27	Temporaria "El tostado"	Pe
2	Parque Industrial	CC	P 10	15	MediaNoche	Pe	P30	28	Permanente "El tostado"	Pe
3	La Elvira	CC	P 10	16	Planas	TL	P 10	29	La Vidaña	TL
4	Parque Municipal	CC	P 30	17	La Vidaña	TL	Fr 3	30	El Recado	Pe
5	El tostado 1	Pe	P 30	18	Pozo abasto 3	ML	P40	31	la Salada	Pe
6	El tostado 2	Pe	Fr 3,3	19	Pozo abasto 2	ML	P20	32	Murphy	TL
7	El tostado 3	Pe	Fr2,3	20	Pozo abasto 5	ML	P28	33	Las tunas grandes	TL
8	El tostado 4	Pe	Fr2,5	21	Pozo abasto 8	ML	P32	34	Hinojo	TL
9	El tostado 5	Pe	Fr1,5	22	Tallos V	TL	P 6	35	Cuero de Zorro	TL
10	El tostado 6	Pe	Fr3,5	23	Querencia	TL	P	36	Lago Epecuén	AA
11	Madero	Pe	P30	24	Vicente	TL	P 10	37	Cochicó	Gu
12	José Paso	Pe	P10	25	Freatímetro	TL	Fr2,9	38	del Monte	Gu
13	Magdala	Pe	P30	26	Castellaro	TL	P10	39	Gómez	Ju
								40	Mar Chiquita	Ju

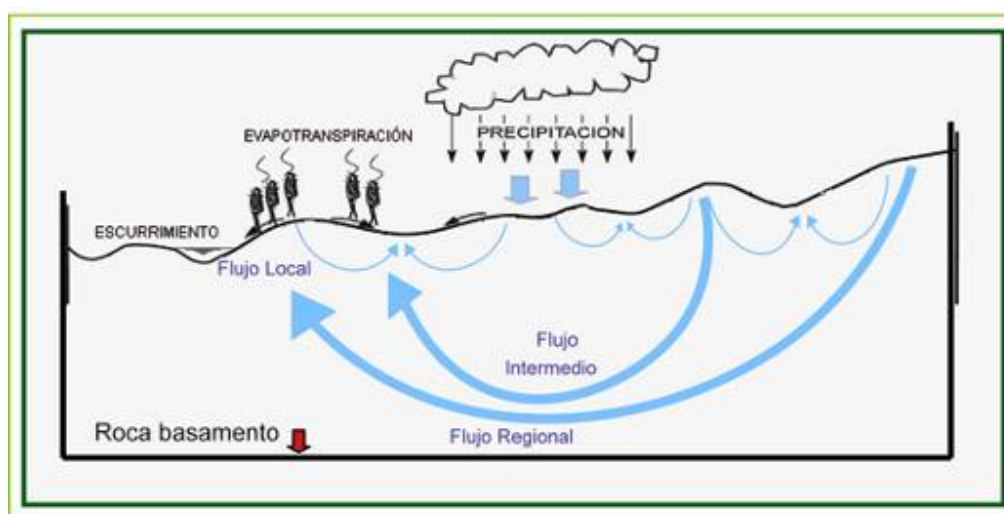


Figura 2.- Flujos subterráneos local, intermedio y regional (modificada de Tóth, 2000)

*Estudio del suelo y vegetación*-. Se clasificó el suelo por Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), estudiando el perfil edáfico hasta 2m de profundidad o superficie freática (Tabla 1). Se evalúa la presencia de rasgos hidromórficos, salinización y alcalinización. Se registró la vegetación natural e implantada.

*Mediciones en laboratorio*-. pH en pasta; conductividad eléctrica en extracto de suelo a saturación (CE,  $dS \cdot m^{-1}$ ); cationes solubles en el extracto de suelo a saturación ( $Na^+$  soluble por el método de fotometría de llama; y Ca-Mg por volumetría y EDTA; y relación de adsorción de sodio (RAS) (Page et al., 1982).

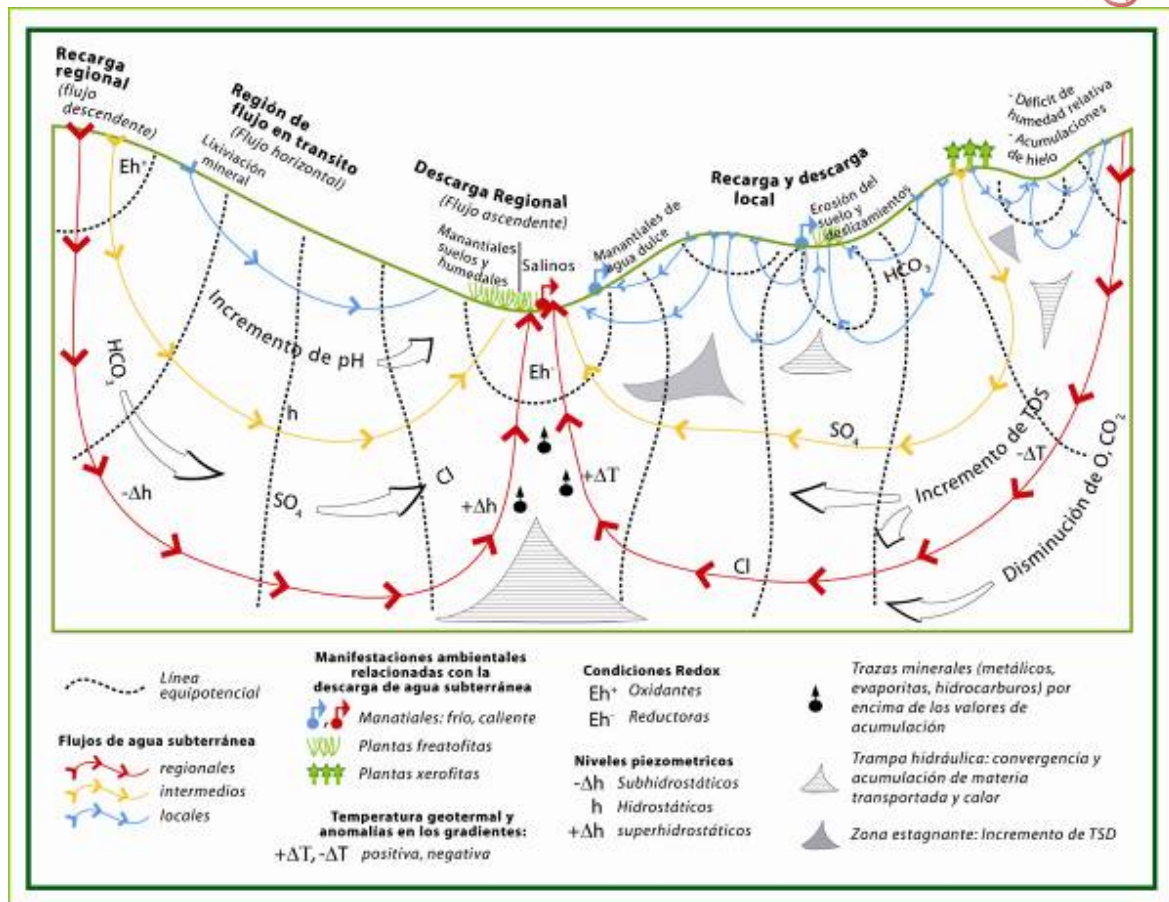


Figura 3.- Sistemas de flujo subterráneo; zonas de recarga, tránsito y descarga; e indicadores ambientales asociados (modificada de Tóth, 2000).

## RESULTADOS

### Calidad del agua, flujos y zonas

Por la clasificación hidroquímica de Kurlov se definieron 4 grupos (G) de agua en función de sus facies (Diagrama de Piper), patrón hidrogeoquímico medio (PHM), y concentración total de iones disueltos (STD), que se indican a continuación: **G1** bicarbonatada con tendencia a sulfatada, con predominio de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$ ; PHM, 451-271; STD 141  $\text{mg.l}^{-1}$ ; **G2** bicarbonatada-sódica, con tendencia a clorurada-sulfatada; PHM, 811-361; STD entre 530 y 3,897  $\text{mg.l}^{-1}$ ; **G3** clorurada bicarbonatada, principalmente sódica; PHM, 811-631; STD entre 531 y 4,201  $\text{mg.l}^{-1}$  y **G4** clorurada-sódica con tendencia a clorurada-sulfatada; PHM, 811-712; STD entre 930 y 67,356  $\text{mg.l}^{-1}$ . El G4 es el que prevalece en diferentes manifestaciones, y sigue en importancia el G3, y luego G2. En el G1 sólo en el freático N°10 (Pehuajó). Estos grupos, y las principales variables físico-químicas utilizadas para la definición de los sistemas de flujo de agua subterránea y zonas, se presentan en Tabla II.

### Asociación entre elementos del paisaje y agua extraída de diferente manifestación

Las variables hídricas se consideraron en forma conjunta, ya que una o más de dichas variables definen un flujo y zona. Asimismo, los valores son relativos a su zona hidrogeológica complementaria



(ej. recarga y descarga de flujo local). En Tabla II, se aprecia que por sus facies, PHM, prevalece agua de zonas de descarga, ya que predomina el ión  $\text{Cl}^-$  sobre el  $\text{HCO}_3^-$  (Tóth, 2000). Sin embargo, si se analizan CE, STD,  $\text{T}^\circ$ , se identifican también zonas de recarga y tránsito. Los flujos identificados son locales e intermedios, no identificándose flujos regionales. En algunas lagunas, a partir del uso del modelo hidrogeoquímico de mezcla de aguas, se estableció la existencia de mezclas de flujos local e intermedio (Alconada, 2008, Alconada et al. 2010).

En la Tabla III se presenta el suelo descrito en pozos y freáticos, variables edáficas relevantes, posición en el paisaje, flujo y zona de agua subterránea definido a partir de valores de Tabla II; y en Tabla IV, lo correspondiente a lagunas.

A continuación se indica la relación elementos de paisaje y agua, por manifestación:

**1- Agua extraída de pozo.-** *Mari Lauquen (ML)*, localidad de *Trenque Lauquen*, es un ambiente general de médanos (97 y 110m snm); con muy elevada erosión eólica, el agua extraída entre 28 y 40m de profundidad (sitios 18 a 21) (Tabla 1) se asocia con flujo local y zonas de tránsito, con excepción del sitio 19, zona de recarga (Tabla 2). Sin embargo, por su PHM los grupos son diferentes (G2 a G4). El suelo es Udipsament típico, salino con pastura de *Eragrostis cúrva* en el sitio 21; y en los restantes, Hapludol éntico, con baja materia orgánica, sin salinidad ni hidromorfismo, con *Helianthus annun*, girasol y pastizal dominado por *Cynodon dactylon* (sitios 18 y 19), y *Glycine max*, soja (sitio 20) (Tabla II). Por lo cual, en ambientes regionalmente elevados (próximo a 100 m snm), no obstante la profundidad de muestreo hubo una correspondencia general entre suelo y calidad de agua. En estos sitios, no se dispuso de freáticos, pero es factible que sean zona de recarga de un flujo local.

Por el contrario, *Berutti*, también en *Trenque Lauquen*, con una expresión morfológica general de planicie amplia con microlomas y bajos alternados (<90 m snm), con lagunas permanentes o temporarias, profundidad de muestreo a 6-10m, los flujos fueron intermedios y las zonas de descarga (sitios 16 y 22) (Tabla III). El sitio 16, presentó un pastizal natural (*Cynodon dactylon*, *Kochia scoparia*, *Rumex crispus*, *Amaranthus quitensis*), y en el sitio 22, cultivo de soja (*Glycine max*) con irregular cobertura y bajo rendimiento.

El agua de ambos sitios difiere, en el sitio 16 es G3 y mientras que en sitio 22, es G4. Esta diferencia en el agua, y en el medio, se vincula parcialmente con el suelo (Tabla III). Así, en una posición más baja, el suelo es Hapludol ácuico (sitio 22), por lo cual es zona de descarga por el hidromorfismo; sin embargo, su salinidad fue baja. Por el contrario, el sitio 16, Hapludol éntico, presenta bajo hidromorfismo, elevada salinidad y la vegetación es de ambiente de alta salinidad, e integrantes de la sucesión secundaria de suelos salinizados que comienzan el proceso de desalinización (Casas, 2003). En el sitio 26, tampoco hubo correspondencia entre el suelo Hapludol éntico y el flujo de descarga local (Tabla III).

En *Pehuajó*, los pozos del sitio 12 (10m), y sitios 11, 13, 14 y 15 (próxima a 30m), las condiciones identificadas de flujos y zonas, y los suelos Hapludol éntico y Hapludol típico, si bien revelan una correspondencia en la salinidad, no se produce taxonómicamente (Tabla III). En el sitio se desarrollan montes de *Eucalyptus sp*, *Morus sp*, *Quercus sp*, entre otras, y pastizal con *Cynodon dactylon*.

Respecto a *Carlos Casares* (pozos 10-30m) en sitios 2, 3 (*Triticum aestivum*, trigo) y sitio 4 (*Eucalyptus sp*) sin salinidad ni alcalinidad, los flujos son diferentes pero todas descargas, por lo que no se corresponde con el suelo. Se destaca el contenido en Li ( $0,100 \text{ mg.l}^{-1}$ ) del sitio 4, que sugiere que su recarga es más lejana que sitios 2 y 3 (Tabla III). El Li es conservativo, no precipita, y manifiesta el tiempo de residencia del agua (Edmunds and Smedley, 2000).



Por último, en *Nueve de Julio* (sitio 1, 30m) hubo correspondencia entre el suelo, ubicación, cultivo (*Triticum aestivum*), y el agua de flujo local y zona de recarga (Tabla III).

**2- Agua extraída en freáticos-** En *Trenque Lauquen*, en freático del sitio 17 el ambiente, cultivo (*Zea maíz*) y suelo, se vincula con el flujo y zona de agua (Tabla III) y es coincidente en el sitio 25, en una expresión morfológica más baja. En estos casos, se corresponde con lo indicado por Tóth (2000). Por el contrario, en el Establecimiento “El Tostado” de *Pehuajó*, no se aprecia tan claramente esta asociación entre superficie freática, suelo y medio. Así, el agua de freáticos próximos, fueron diferentes, desde recarga (G1) hasta descarga (G4). En los sitios 6 a 10, lomas planas extendidas, con igual suelo, y cultivo (soja), sólo en el sitio 10 el flujo es local y la zona recarga, por lo cual se corresponde con el suelo y ambiente en general. La existencia de diferentes flujos de sitios 6 y 9, explica además, la ausencia de una clara correspondencia entre la profundidad de la superficie freática con la precipitación acaecida en el lugar, tal como se aprecia en las medidas realizadas en diferentes fechas por la agencia INTA Pehuajó (Tabla IV). Así, en esta tabla se aprecia que en el 2005 que fue un año seco, habiendo ocurrido previamente, un año muy seco en el 2003, y normal en el 2004; la superficie freática se ubicó más cercana a la superficie que en el 2006 que fue un año normal de lluvias (Alconada, 2008). La variación en profundidad de la superficie freática si bien en algunos sitios responde con la lluvia local, en otros responde a la acaecida en sitios más lejanos.

Tabla IV.- Profundidad (m) de superficie freática, “El Tostado” Pehuajó (INTA, Pehuajó)

Freático	Cota m	12-03-05	27-12-05	16-03-06	13-11-06	17-01-07
Sitio 6	87.0	1.53	1.80	2.36	2.00	2.41
Sitio 7	86.8	1.42	1.79	2.44	1.74	2.20
Sitio 8	87.5	2.43	2.86	3.17	2.50	2.83
Sitio 9	86.0	1.18	2.05	2.39	1.98	2.36
Sitio 10	86.3	2.89	3.47	3.59	3.03	3.35
Sitio 11	86.0	2.01	2.55	2.81	2.24	2.53

**3- Agua de Lagunas-** En general en las expresiones morfológicas de médanos, lomas y bajos alternos que caracterizan a la región del noroeste, se alojan lagunas temporarias y permanentes. En *Trenque Lauquen*, en las lagunas permanentes, La Vidaña, Laguna Murphy, Las Tunas Grandes, y El Hinojo (sitios 29, 32, 33 y 34 ) con suelo Hapludol ácuico, el agua es de flujo intermedio y la zona de descarga. La abundancia y tipo de vegetación es variable, sitios más bajos, *Distichlis spicata*, *Sarcocornia perennis*, y *Bolboschoenus paludosus*. Se destaca la CE del agua y suelo, en Hinojo-Las Tunas (22.9dS.m<sup>-1</sup>- 54dS.m<sup>-1</sup>respectivamente).

En *Pehuajó*, todas las lagunas, presentaron agua del grupo G4, y zonas de descarga de flujo intermedio, el aporte de agua proviene de sitios alejados, y se correspondió con el suelo y vegetación. El agua de lagunas, se asocia también con el agua de freáticos y pozos próximos. Por ejemplo, el sitio 27 que es de una laguna temporaria, respecto al freático (sitio 6) y pozo (sitio 5), del Establecimiento El Tostado, poseen CE, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y composición de cationes semejantes, principalmente en Na<sup>+</sup>, difiriendo en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y pH (Tabla II). En todos los casos, el flujo es intermedio, pero las zonas son de tránsito en sitios 6 y 5, y en la laguna es descarga (Tabla II). Así, en este caso si se realizaran manejos en el ámbito del freático 6, muy posiblemente afectaría el sitio de la laguna temporaria 27.

En lagunas de los partidos de *Guaminí*, *Carhué* (*Adolfo Alsina*) y *Junín* (Figura 1), que fueron muestreadas por su posible vinculación hidrogeológica con el noroeste bonaerense (Alconada, 2008), en general prevalece el suelo Hapludol ácuico, y más alejados de sus bordes, Hapludol éntico, siendo



el flujo intermedio y las zonas de descarga. En el lago Epecuén de Carhué, el aporte de flujos intermedios es más profundo, tal como lo revela la modelación hidrogeoquímica realizada mediante el modelo de mezcla de agua (Alconada, 2008).

### **Relación entre agua de pozos, freáticos, y expresión morfológica**

La asociación existente entre el agua que circula en la superficie freática con la más profunda (>10m), y estas, con el suelo y ambiente de lomas, ha sido claramente establecida en algunos sectores de *Trenque Lauquen*. En el sitio 24 (10m) y el 25 (2,9m) a pocos metros entre sí, ambos con suelo Hapludol típico en lomas, poseen correspondencia entre la calidad del agua flujo local y zona de recarga (agua G2), y flujo local y zona de tránsito (agua G4) para sitio 24 y 25 respectivamente. También existe correspondencia entre el agua, suelo, y a su vez, entre el agua del sitio 17 (agua de freático) respecto al sitio 29 (laguna) .

En *Pehuajó*, puede indicarse la correspondencia, acorde con el esquema de Toth (2000), entre el sitio 10 (agua de freático), y el sitio 5 (agua de pozo 30 m) (flujo local e intermedio respectivamente), y suelo Hapludol éntico en ambiente de loma.

### **Relaciones regionales del agua con el ambiente**

En las cartas topográficas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar, se aprecia que los ámbitos regionales por sus cotas (m snm) se asocian con los resultados aquí obtenidos. Así, sitios que presentaron una asociación entre la calidad del agua de la freática y el agua de pozo, tal como las indicadas en punto anterior, sitio 24 con 25 en Berutti; y sitio 17 con 29 en La Vidaña (Tabla II), a su vez, se corresponden entre sí, perteneciendo a dos sectores geomorfológicamente diferentes de *Trenque Lauquen* a nivel regional, y existe entre estas áreas una correspondencia previsible conforme al esquema de Toth (2000). Así, siendo ambas zona de recarga de flujo local, el ubicado regionalmente más alto, en La Vidaña, presenta como es de esperar, mayor contenido de  $\text{HCO}_3^-$ , menor de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$ , algo más fría, y pH ligeramente neutro; aunque la CE no fue la esperable (Tabla II), lo cual podría deberse a diferencias en la litología.

Sin embargo, los ambientes de Berutti a 83-86m snm correspondiente a los sitios 26, 22, 23, y 24, respecto con sitios más elevados en Mari Lauquen, próximos a 100m snm (sitios 18, 19, 20, y 21) (Tabla I), en base a lo indicado en Figura 2 (Tóth, 2000), podrían indicar una vinculación regional. Esto es, Berutti es zona de descarga y Mari-Lauquen de recarga. Sin embargo, los flujos entre ambas subregiones dentro de *Trenque Lauquen* sólo parcialmente presentan correspondencia en este concepto de funcionamiento, y si bien, puede ser explicado por la profundidad de extracción del agua, es posible que la mejor explicación pueda darse a que esta zona de Berutti es descarga de zonas de recarga más alejadas ubicadas fuera de los límites del partido.

## **DISCUSIÓN**

La asociación entre elementos del paisaje y agua extraída de diferente manifestación ha sido confirmada en el presente estudio, y responde a los criterios de Toth (2000) respecto a la existencia de flujos subterráneos de diferente origen y composición en un sitio dado, que pueden o no pertenecer a una misma unidad acuífera. La incidencia de un agua subterránea en otros elementos del paisaje, no solo se vincula a la profundidad por donde circula el agua, sino también, a su calidad, que queda definida por el sitio donde el flujo se origina, recarga, distancia que transita y donde descarga. La asociación entre el suelo, la vegetación, expresión morfológica con el *agua de pozos* ubicados entre 6 y 30 m en el presente estudio, no siempre resultó clara. En los casos con correspondencia entre el suelo y agua muestreada profunda, muy posiblemente se deba a que



además, el agua subterránea superficial tiene características semejantes al agua profunda.

Respecto al agua extraída en freáticos, se obtuvo una clara correspondencia entre el suelo, agua y ambiente. La incidencia sobre el suelo en momentos de elevación de la superficie freática durante inundaciones generalizadas, no es igual si la zona es de recarga, tránsito o descarga, y si éstas pertenecen a flujo local o intermedio. Así, mientras en la zona de recarga el agua desciende, en la zona de tránsito circula lateralmente y en la descarga asciende, y será mayor el peligro de salinización, más aún si el flujo es intermedio, con mayor salinidad. Si bien, se encuentran profundos como para afectar directamente el suelo, en este estudio aproximadamente mayor a 10m, en momentos de inundación pueden aumentar la salinidad de una superficie freática no salina (flujo local). Esto es, el agua de un flujo intermedio puede ascender en la descarga por aumento de su carga hidráulica debido al aumento de la recarga a distancias variables (cientos de Km).

Por el contrario, en zonas de tránsito o recarga, disminuye la posibilidad de salinización del agua superficial y suelo, independientemente del aumento de la carga hidráulica. Esto explica lo observado por Lavado y Taboada (1988) y Taboada *et al.* (2006) respecto al aumento de la CE en suelos y superficie freática, y variaciones catiónicas-aniónicas, durante inundaciones. Asimismo, se vincula a lo señalado por Insausti *et al.* (2005), respecto al efecto benéfico del agua de inundación en la vegetación en suelo no salinos, esto se puede asociar al efecto de flujos locales. Lo aquí obtenido es coincidente con Chaneton (2005) respecto a la existencia y/o ausencia de asociaciones entre el suelo, comunidad vegetal, y geoforma.

Puede afirmarse para la región del presente estudio, que debido a que en muchos sitios el agua mas profunda (pozos) es relativamente poco profunda, incidirá en la calidad del agua de la superficie freática y en el suelo en momentos de exceso hídrico, así como, en las prácticas de manejo. Asimismo, la sustentabilidad de dichas prácticas en el tiempo, y posibilidad de coadyuvar en las alternantes sequía e inundación características de la región, será definida por el tipo de flujo, su calidad, y por la ubicación de las practicas de manejo en zonas que se vinculen a las zonas que se pretende incidir.

Se aprecia entonces que al analizar un ambiente en términos locales, un sitio de loma debería corresponderse con una zona de recarga, sin embargo, los resultados presentados, muestran que puede corresponder a una zona de tránsito de un flujo cuya recarga se produce regionalmente en un sitio a mayor altura y distante. Esto tiene una incidencia marcada en el manejo agropecuario y forestal.

En el caso de las lagunas, las asociaciones suelo, agua, vegetación y ambiente, se corresponden más claramente con el esquema de la Figura 1. Asimismo, se aprecia que existe vinculación entre los flujos de diferentes manifestaciones, y profundidades, y que se asocian a una expresión morfológica, conforme con Toth (2000) y se observan relaciones regionales con el ambiente, al igual que lo señalado por Carrillo-Rivera (2000).

Lo obtenido en el presente estudio, permite señalar la pertinencia de definir prácticas de manejo, conociendo el funcionamiento del paisaje. Como se indicó en Antecedentes, en la región del presente estudio, autores citados en Alconada *et al.* (2009) indican el alto consumo de agua subterránea de *Glycine max* (soja), *Helianthus annuus* (girasol), y *Medicago sativa* (alfalfa), y de especies forestales.

Respecto a la práctica del Bio-drenaje, basada en el control de excesos hídricos con plantaciones arbóreas en reemplazo o en forma complementaria de otros sistemas de drenaje (Heuperman, et al. 2002; Tomar 2007) se destaca para el noroeste bonaerense el trabajo de Alconada *et. al.* (2009) quienes señalan una factibilidad técnica, ambiental y socioeconómica, de utilizar especies forestales

nativas y exóticas, principalmente en sistemas de silvopastoreo. La elección de especies, así como los sitios donde efectivamente podrán progresar y coadyuvar en el control de una superficie freática, depende no sólo de la salinidad-alcalinidad del agua próxima al sistema radicular (Tomar, 2007), sino también, si la misma presenta flujo ascendente (descarga), y si esta a su vez, es de un flujo local o intermedio, menos y más salino respectivamente, ya que implica diferente peligro de salinización del suelo. Asimismo, como se indicó, tendrá incidencia la existencia de flujos subterráneos algo más profundos (flujos intermedios) respecto a la superficie freática, que pueden incidir sobre estos últimos en épocas de grandes excesos hídricos regionales.

En base a lo señalado por Toth (2000), Carrillo-Rivera (2000), en los flujos locales, resulta factible realizar prácticas de manejo que incidan en su zona complementaria (recarga-descarga), siendo relativamente fácil reconocer las zonas de recarga y descarga de dicho flujo, si las relaciones suelo, agua, vegetación y relieve, son complementadas con la definición de la calidad del agua subterránea. Así, los cultivos herbáceos mencionados precedentemente, deben realizarse en sitios con sistemas de flujo de agua local, realizando la implantación de cultivo en loma o media loma colindante a bajos anegables. Estos cultivos podrán efectivamente contribuir a disminuir el agua ascendente de zonas de descarga local, y garantizar su perdurabilidad.

Si bien, los suelos de zonas de descarga de flujos intermedios sólo podrán ser manejados en forma complementaria en la medida que puedan identificarse sus zonas de recarga, pueden implementarse sistemas de silvopastoreo, a partir del conocimiento de límites de salinidad del agua, resistencia de cultivos, entre otros factores (Alconada *et al.*, 2009). En zonas de flujo intermedio, el manejo de los cultivos herbáceos debe realizarse en forma combinada con especies arbóreas, las especies arbóreas permitirán disminuir la superficie freática en algunos sectores donde se podrán incorporar entonces otros cultivos herbáceos. Como se indicó, el agua más profunda puede incidir en la perdurabilidad de especies perennes, principalmente árboles.

## CONCLUSIONES

El conocimiento del funcionamiento del agua subterránea reconociendo la ubicación en el terreno de zonas de recarga y descarga de los diferentes sistemas de flujo, y como estos se vinculan entre sí, permite manejar las zonas por su complementariedad en su funcionamiento del paisaje. De este modo se pueden elegir aquellas prácticas de manejo que coadyuven al control de la inundación-sequía.

No se observó en todos los sitios una asociación directa entre geoforma, tipo de suelo, vegetación, y calidad de superficie freática. Es factible que la superficie freática sea afectada por un flujo subterráneo más profundo, más salino y alcalino, y esto incide en las propiedades del suelo.

El suelo de zonas de recarga se clasificó como Hapludol éntico, Udipsament típico, sin rasgos de hidromorfismo, ni de salinidad o alcalinidad. Los suelos de descarga fueron Hapludol ácuico, y también Hapludol éntico, pero en este caso con hidromorfismo, salinidad y alcalinidad.

Las características del suelo, vegetación y geoforma, si bien permiten identificar zonas de recarga y descarga, no siempre son suficientes para establecer si se corresponden con flujos local, intermedio o regional, como así tampoco, si es zona de tránsito, debiéndose además, definir la calidad fisicoquímica del agua para prever su evolución frente al manejo agrícola o de inundación.

## BIBLIOGRAFÍA



- Alconada M.M., 2008. Procesos de inundación en el sector de médanos longitudinales del noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, su relación con vegetación, suelo y agua, opciones de desarrollo. Tesis Doctoral, Posgrado en Geografía, UNAM, México. 585p, y Anexos.
- Alconada M.M., Bussoni, A., R. Rosa, J.J. Carrillo Rivera, 2009. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (Mexico). 68: 50-72.
- Alconada, M. M., J. R. Fagundo, J. J. Carrillo-Rivera, P. G. Hernández. 2010. Origin of flooding water through hydrogeochemical identification, the Buenos Aires plain, Argentina. Environmental Earth Sciences. <http://www.springerlink.com/content/84823rvp0173u3x8/>
- Ameghino, F., 1884. Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires. 5º Edición. Argentina: Ministerio de Asuntos Agrarios de Provincia de Buenos Aires, 62p.
- Carrillo-Rivera, J.J., 2000. Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage basins. Hydrogeology Journal, 8 (5): 503-520.
- Carrillo Rivera, J.J., M.M.Alconada L.Peñuela, D.A. Romero, A. Godoy, J.C.Carbajal Monroy Gabriel Parada Colín, 2006. Sistema de información hidrológica para el diseño de un programa de pago por servicios ambientales en un municipio con potencial para la instrumentación de un mercado de servicios hidrológicos. Informe Final, Instituto Nacional de Ecología. <http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/portada.pdf>
- Casas, R., 2003. Estrategias de recuperación post-emergencia de los suelos afectados por las inundaciones. En O. Maiola, N. Gabellone, M. Hernández (Editores). Inundaciones en la región pampeana. Argentina: Editorial Universidad Nacional La Plata: 217-229.
- Chaneton E.J., 2005. Factores que determinan la heterogeneidad de la comunidad vegetal en diferentes escalas espaciales. En M. Oesterheld, M.R. Aguiar, C.M. Ghersa, y J.M. Paruelo (Editores). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas, un homenaje a Rolando J.C. León. Argentina: Editorial Facultad de Agronomía, UBA: 19-38.
- Edmunds, W.M., P.L. Smedley, 2000. Residence time indicators in groundwater: the East Midlands Triassic sandstone aquifer. Applied Geochemistry (Lugar) , 15 (6 ):737-752.
- Engelen, G.B., G.P.Jones, 1986. Developments in the analysis of groundwater flow systems. IAHS publication, 163: 67-106.
- Fagundo, J.R., 1990. Evolución química y relaciones empíricas en aguas naturales. Efecto de los factores geológicos, hidrogeológicos y ambientales. Hidrogeología (Granada), 5: 33-46.
- Fagundo, J.R., 1998. Patrones hidrogeoquímicos y relaciones matemáticas en aguas naturales. Ingeniería Hidráulica, 19 (2): 62-78.
- Fagundo.-Sierra, J., J.R. Fagundo, P. González, M. Suárez, 2001. Modelación de las aguas naturales. Contribución a la Educación y la Protección Ambiental, Vol. VII. ISCTN, (La Habana), 959-7136-13-9.
- Heuperman, A.F., A.S. Kapoor, H.W. Denecke, 2002. Biodrainage. Principles, experiences and applications. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. Knowledge Synthesis Report 6. <http://www.iptrid.org>.
- Insausti, P., E.J. Chaneton, A.A. Grimoldi, 2005. Las inundaciones modifican la estructura y dinámica de la vegetación en los pastizales de la Pampa Deprimida. En M. Oesterheld, M.R. Aguiar, C.M. Ghersa, y J.M. Paruelo (Editores). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas, un homenaje a Rolando J.C. León. Argentina: Editorial Facultad de Agronomía, UBA: 253-266.
- Krause, E., P. Laurencena, 2005. Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento. XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata. Capitulo 19: 313-326.
- Lavado, R., M. Taboada, 1988. Water, Salt and Sodium Dynamics in Natraquols in Argentina. Catena, 15: 577-594.
- Moncaut, C.A., 2003. Inundaciones y sequías tienen raíces añejas en la pampa bonaerense (1576-2001). En O. Maiola, N. Gabellone, M. Hernández (Editores). Inundaciones en la región pampeana. Argentina: Editorial Universidad Nacional La Plata: 27-48.
- Page, A., A. Miller, D. Keeney, 1982. Methods of Soils Analysis. Part 2. 2º Edición. Madison, Wisconsin. USA. Soil Sci. Soc. Amer.: 1159 p.
- Paoli, C., R. Giacosa, 2003. Caracterización del riesgo hídrico con relación a las inundaciones y a las crecidas y lluvias de diseño. En O. Maiola, N. Gabellone, M. Hernández (Editores). Inundaciones en la región pampeana. Argentina: Editorial Universidad Nacional La Plata: 49-63.
- Pla Sentís, I., 2005. Evaluación de Parámetros y Procesos Hidrológicos en el Suelo, Programa Hidrológico Internacional, UNESCO. En Deyanira-Lobo, L., D. Gabriels y G. Soto (Editores). París: Documentos técnicos en Hidrología 71, UNESCO, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001384/138406s.pdf>



- PMI, Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado, 1999. Argentina: Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires-Halcrow-Banco Mundial. Informe técnico. 1300 p.
- Richardson, S.B., K.A. Narayan, 1995. The effectiveness of management options for dryland salinity control at Wanilla, South Australia. *Agricultural Water Management*, 29 (1): 63-83.
- Rosa, R., G. Denegri, A. González, 2006. Plan de Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Salado: impacto ambiental, económico y territorial, Informe Técnico, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook No 436. 869p.
- Taboada, M.A., F., Damiano, R.S. Lavado, 2006. Inundaciones en la región pampeana. Consecuencias sobre los suelos. [www.agro.uba.ar/carreras/agronomia/materias/taller\\_II](http://www.agro.uba.ar/carreras/agronomia/materias/taller_II)
- Tomar, O.S., 2007. Bio-drainage: performance of various tree species as effective bio-drain material: En: S.K. Ambast, S.K. Gupta, G. Singh (Ed) *Agricultural Land Drainage: Reclamation of Waterlogged Saline Lands*. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India:213-221.
- Tóth, J., 2000. Las aguas subterráneas como agente geológico: causas procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero, Instituto Tecnológico GeoMinero de España*, 8:49-26.



Tabla

36	9,53	21,40	75600	67.356	0,0001	991,3	692,9 6	293,7 5	22,66	8,72	9,92	0,75	533	5	I	D
37	9,07	21,40	10270	7.999	0,0300 <sup>1</sup>	104,3	57,46	26,04	20,89	2,06	1,63	0,80	417	5	F	D
38	9,02	21,40	13730	11,767	0,0200	175,7	127,3	35,83	20,95	3,46 <sup>1</sup>	1,68 <sup>1</sup>	0,90 <sup>1</sup>	279 <sup>11</sup>	5	I	D
1	8,18	17,2	1060	895	0,0200	9,7	1,37	0,67	8,98	0,35	0,99	0,80	90	3	L	R
39	9,89	17,20	9884	6.454	0,0200	92,6	49,65	31,88	14,49	6,69	2,83	0,85	289	5	I	B
40	9,89	17,20	3200	3.563	0,0200	48,7	26,79	14,75	8,88	4,31	3,25	0,85	298	5	I	B
4	6,98	18,3	18300	8.839	0,1000	151,5	86,39	20,83	8,12	3,08	3,13	7,70	542	5	I	D
5	7,03	19,1	5150	3.311	0,0500	32,8	35,21	9,67	8,98	1,04	11,17	6,05	861	5	I	T
6	7,65	27,0	7690	3.122	0,0400	49,1	20,31	5,52	14,11	0,99	6,28	1,60	394	4	L	T
7	7,36	27,0	1510	930	0,0160	6,1	12,45	3,67	2,14	0,49	0,73	0,70	71	5	L	T
8	7,21	19,0	1536	1.805	0,0190	21,1	23,66	4,00	2,99	1,24	2,00	1,60	180	5	L	D
9	7,25	19,5	568	531	0,0110	4,7	4,62	1,56	2,14	0,90	0,25	0,81	53	4	L	T
10	6,98	17,7	182	141	0,0040	0,4	0,40	0,17	1,37	0,20	0,16	0,79	48	2	L	R
11	6,92	16,8	8010	5.095	0,0001	43,9	74,08	7,96	7,27	1,51	20,08	16,50	1829	5	L	T
12	7,92	23,50	9350	6.274	0,0500	85,2	64,23	10,52	22,66	1,23	6,55	1,00	378	4	I	T
13	8,29	21,70	3420	2.539	0,0600	32,8	15,04	6,04	14,11	0,69	4,09	1,20	265	4	I	T
14	7,70	18,50	3660	2.958	0,0300	35,4	11,69	7,23	20,95	0,67	4,82	1,00	291	3	L	D
15	8,11	22,30	3200	2.772	0,0260	33,7	8,25	6,02	21,80	1,19	2,31	0,54	142	3	L	D
16	6,69	18,10	6510	4.201	0,0320	60,9	38,31	10,85	12,40	1,36	5,54	2,23	389	4	I	D
17	7,44	17,80	1618	1.108	0,0010	1,8	0,80	0,18	14,11	3,00	1,36	1,75	155	3	L	R
18	8,12	18,20	3010	1.928	0,0200	25,8	16,99	7,23	4,70	0,36	3,55	2,05	280	5	L	T
19	7,60	18,60	646	530	0,0120	3,5	0,70	0,44	5,56	0,18	1,72	1,86	179	3	L	R
20	7,60	18,20	4860	3.897	0,0300	51,7	18,08	8,04	26,08	0,58	3,76	1,05	240	3	L	T
21	8,04	18,10	1015	636	0,0080	6,8	4,25	1,92	2,99	0,20	1,47	1,48	147	4	L	T
22	7,23	19,10	31600	22.850	0,2000	292,6	295,7 7	73,96	9,83	3,87	79,08	18,50	4879	5	I	D
23	7,58	19,10	11850	7.543	0,0001	90,0	90,99	27,92	5,56	1,79	25,33	9,50	1742	5	I	T
24	7,63	18,60	11850	1.533	0,0170	21,5	12,37	5,46	3,85	0,44	3,89	1,90	289	5	L	T
25	7,90	18,60	868	762	0,0210	6,8	1,95	0,95	6,41	0,71	2,58	2,06	232	3	L	T
26	8,25	17,80	4.180	2.830	0,0160	40,7	23,13	6,94	10,69	1,17	2,20	0,76	148	4	L	D
27	9,02	25,20	4190	2.663	0,0200	35,2	28,73	10,94	2,99	0,89	4,18	2,10	314	5	I	D
28	9,87	21,00	10420	7.296	0,0200	97,8	74,65	34,79	8,12	2,02	10,08	1,55	582	5	I	D
29	6,69	17,80	8950	5.082	0,0200	67,8	63,10	19,29	1,28	1,49	11,08	4,30	769	5	L	D
30	9,02	20,00	36400	15.904	0,0001	358,3	329,0 1	36,25	4,70	6,59	39,17	11,50	2533	5	I	D
31	7,31	21,00	8610	5.478	0,0200	73,5	60,56	22,29	5,56	1,44	11,08	2,00	654	5	I	D
32	6,83	18,60	19800	14.133	0,0001	185,2	165,9 2	63,75	2,14	1,64	29,08	19,00	2404	5	I	D
33	8,31	23,00	22900	16.531	0,0001	237,8	190,4 2	65,00	9,83	4,72	27,25	3,50	1538	5	I	D
34	8,25	23,00	18100	12.653	0,0700	170,0	138,5 9	61,25	6,41	3,49	20,25	5,65	1295	5	I	D
35	7,60	25,50	10410	7.593	0,2400	103,0	55,49	51,04	8,12	2,01	12,92	3,70	831	5	I	D



Propiedades físico-químicas del agua: cationes, aniones, pH; temperatura; conductividad eléctrica (CE); concentración de iones disueltos (STD); grupos (G); Flujo (F) intermedio (I) y local (L); zonas (Z): recarga (R), tránsito (T) y descarga (D)

Tabla III Suelo de pozos y freáticos, posición; salinidad (CE), pH; alcalinidad (RAS); compactación e hidromorfismo del perfil edáfico. Agua, grupo (G), flujo, intermedio (I) y local (L); zonas, recarga (R), tránsito (T) y descarga (D)

	Sitio	Suelo	Posición <sup>1</sup>	CE dS.m <sup>-1</sup>	pH	RAS	C-H <sup>2</sup>	G	Flujo	Zona
1	Cooperativa	Hapludol éntico	P-L	0.53	6.1	0.88	NC-NH	3	L	R
2	Parque Industrial	Hapludol éntico	P-L	0.64	6.7	6.02	C-LH	3	L	D
3	La Elvira	Hapludol éntico	P-L	0.62	6.0	6.02	NC-NH	4	L	D
4	Parque Municipal	Miscelánea	P-B					5	I	D
5	El tostado 1	Hapludol éntico	P-LA	0.7	5.5	0.6	NC-NH	5	I	T
6	El tostado 2	Hapludol éntico	P-LPE	0.63	5.6	0.58	NC-NH	4	L	T
7	El tostado 3	Hapludol éntico	P-LPE	0.77	5.7	6.7	NC-NH	5	L	T
8	El tostado 4	Hapludol éntico	P-LPE	0.87	0.5	0.7	LC-LH	5	L	D
9	El tostado 5	Hapludol éntico	P-LPE	0.38	6	0.81	NC-NH	4	L	T
10	El tostado 6	Hapludol éntico	P-LPE	0.52	6.1	0.55	NC-NH	2	L	R
11	Madero	Hapludol éntico	P-L	3.04	5.2	1.6	NC-NH	5	L	T
12	José Paso	Hapludol éntico	P-L	0.66	6.5	0.87	NC-NH	4	I	T
13	Magdala	Hapludol éntico	P-LA	5.39	6.3	4.29	NC-NH	4	I	T
14	Las Achiras	Hapludol éntico	P-LA	0.61	5.8	5.22	NC-NH	3	L	D
15	MediaNoche	Hapludol típico	P-LA	0.61	5.8	5.22	NC-NH	3	L	D
16	Planas	Hapludol éntico	P-LPE y B	43.5	9.2	2,3	NC-LH	4	I	D
17	La Vidaña	Hapludol éntico	P-L	12.5	5,4	Nd	NC-NH	3	L	R
18	Mari L3	Udipsament y Hapludol éntico	LA	Nd	5,9	Nd	NC-NH	5	L	T
19	Mari L2	Idem anterior	LA	Nd	5,9	Nd	NC-NH	3	L	R
20	Mari L.5	Hapludol éntico	LA	6.35	6.3	0.07	LH	3	L	T
21	Mari L.8	Udipsament típico	LA	12.3	4,7	0,09	NC-LH	4	L	T
22	Tallos V	Hapludol ácuico	P-MLB	0.64	6.3	0.97	C-AH	5	I	D
23	Querencia	Hapludol éntico	P-LA	0.35	5.7	1.6		5	I	T
24	Vicente	Hapludol éntico	P-M	1.08	6.1	0,7	NC-LH	5	L	T
25	Freatímetro	Hapludol éntico	P-L	1,46	5.7	3.4		3	L	T
26	Castellaro	Hapludol éntico	P-L	1,0	6,5	0,8	NC-NH	4	L	D

<sup>1</sup> Posición en un ambiente general de **planicie P**; dentro de ésta: P-M, planicie con microdepresiones; **P-L, planicie con lomas**; P-LA, planicie con lomas altas; P- LPE, planicie con lomas planas extendidas; **P-ML, planicie en media loma**; P-MLB, planicie en media loma baja; **P-B, bajo dentro de planicie**).

<sup>2</sup> **Compactación** C, NC no compactado, LC ligera compactación; y AC alta compactación. **Hidromorfismo** H, NH no hidromórficos; LH ligero hidromorfismo; y AH alto hidromorfismo. Cuando se indican dos suelos es que varía en cortas distancias. Nd: no determinado.



Tabla IV Suelo en lagunas, posición; salinidad (CE), pH; alcalinidad (RAS); compactación e hidromorfismo del perfil edáfico. Agua, grupo (G), flujo, intermedio (I) y local (L); zonas, recarga (R), tránsito (T) y descarga (D)

Nº	Sitio	Suelo	Posición <sup>1</sup>	CE dS.m <sup>-1</sup>	pH	RAS	C-H <sup>2</sup>	G	Flujo	Zona
27	El tostado, Perm.	Natralbol	B	13	8.1	Nd	AH	5	I	D
28	El tostado, Temp.	Natralbol	B	13	8.1	Nd	AH	5	I	D
29	La Vidaña	Hapludol ácuico	P-B	Nd	6,4	Nd	AH	5	L	D
30	El Recado	Natracuol	B	1.26	6.0	6.85	AC -AH	5	I	D
31	la Salada	Natracuol	B	0.83	6.7	6.56	AC -AH	5	I	D
32	Murphy	Hapludol ácuico	B	4	7.7	Nd	NH-AH	5	I	D
33	Tunas grandes	Hapludol ácuico	B	54.3	6.2	4,5	LC-LH	5	I	D
34	Hinojo-Las Tunas	Hapludol ácuico	B	17	9.0	nd	AH	5	I	D
35	Cuero de Zorro	Hapludol ácuico	B	2.2	7.9	15	NC-NH	5	I	D
36	Lago Epecuén	Playa de arena	B	Nd	8.65	Nd		5	I	D
37	Cochicó	roca arcillosa	B	89.1	7.9	11		5	I	D
39	Del Monte	Hapludol ácuico y H. éntico	B	3.99	8.3	Nd		5	I	D

<sup>1</sup> Posición en un ambiente general de planicie: **P-B**, bajo dentro de planicie; **B** bajo definido.

<sup>2</sup> Compactación C, NC no compactado, LC ligera compactación; y AC alta compactación. Hidromorfismo H, NH no hidromorfico; LH ligero hidromorfismo; y AH alto hidromorfismo. Cuando se indican dos suelos es que varía en cortas distancias. Muestras 38 y 40 no analizadas, suelo alterado. Nd: no determinado.



