

Tipificación de la dinámica del nivel freático en áreas medanosas del noreste de La Pampa, Argentina

Eduardo E. Mariño

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- Universidad Nacional de La Pampa. Av. Uruguay 151, (6300) Santa Rosa, La Pampa, R. Argentina

Mail de contacto: emariño@exactas.unlpam.edu.ar

RESUMEN

El trabajo aborda la tipificación de la dinámica del nivel freático en los acuíferos denominados "General Pico-Dorila" y "Speluzzi", a partir de la discriminación de patrones de fluctuación y su relación con índices pluviométricos. Se recopilaron registros freáticos, correspondientes a redes de medición ubicadas en la zona de recarga de ambos acuíferos, y se graficaron para intervalos entre junio de un año y mayo del siguiente, para el período 1978-2001, descartando los que no contaban con un mínimo de seis mediciones y al menos una en cada estación climática. De acuerdo a la tendencia observada, cada intervalo se asignó a unos de los siguientes tipos: A (ascendente), D (descendente) y A1/D1 (ascendente o descendente con recuperación). El análisis concluyó en la identificación y sistematización de un conjunto de índices pluviométricos que configuran un criterio de tipificación. Este análisis permite explicar el comportamiento freático observado en 17 de los casos analizados.

Palabras clave: dinámica del nivel freático – tipificación- índices pluviométricos

ABSTRACT

Present paper focused on the analysis of the water-table dynamics in two aquifers called "General Pico-Dorila" and "Speluzzi", in the province of La Pampa. The characterization is based on the identification of patterns of fluctuations and their relationship with pluviometric indexes.

Measures of water-table deep from both aquifers were plotted for intervals from June to May for the period 1978-2001. According to observed tendency, the intervals were classified in the following types: A (ascending); D (descending) and A1/D1 (ascending or descending with seasonal recovery). Finally, a set of criteria was developed taking annual and seasonal pluviometric indexes as discriminant variables. This proposal is adequate to explain the piezometric behavior in 17 of the analyzed cases and it represent an attempt to generate a tool that improves the interpretation of data and provide relevant information for aquifers management.

Keywords: water-table fluctuations – characterization criteria – pluviometric indexes

Introducción

La gestión del acuífero que abastece a la ciudad de General Pico se ve comprometida por la necesidad de atender una demanda gradualmente creciente, con el agravante que durante la temporada estival se registran consumos excesivos que a veces llegan a provocar colapsos temporarios del sistema de provisión de agua potable (Mariño y Dalmaso, 2003). Esta explotación intensiva tiene consecuencias sobre el estado cuantitativo y cualitativo del recurso, como surge de los trabajos de Medus et al. (2005) y Abt et al. (2010 y 2011).

En ese marco, resultan importantes los controles periódicos que realizan la Administración Provincial del Agua y el

concesionario del servicio, consistentes en la medición de la profundidad del nivel freático en una red de piezómetros y la colección y análisis de muestras de agua de los pozos de abastecimiento. Estas tareas generan valiosas series de datos que no siempre son adecuadamente aprovechadas para la toma de decisiones.

En tal sentido, este trabajo propone una tipificación de la dinámica del nivel freático en los acuíferos denominados "General Pico-Dorila" y "Speluzzi", a partir de la discriminación de patrones de fluctuación, y establece su relación con índices pluviométricos. De esta manera se pretende aportar una herramienta de análisis que brinde información relevante para la gestión del recurso.

Caracterización del área de estudio

El área de estudio está situada en el noreste de la provincia de La Pampa, donde se asienta General Pico que, por su número de habitantes, es la segunda ciudad de la provincia. Al SE y NO de ésta, se sitúan, respectivamente, las pequeñas localidades de Dorila y Speluzzi (Figura 1). El agua subterránea es la fuente exclusiva de abastecimiento para consumo humano de las poblaciones radicadas en el área y también para uso rural e industrial. En el caso de General Pico, de acuerdo con datos del año 2009, las conexiones ascendían a 22.200, con un consumo medio de 12.800 m³/d (Abt et al., 2011).

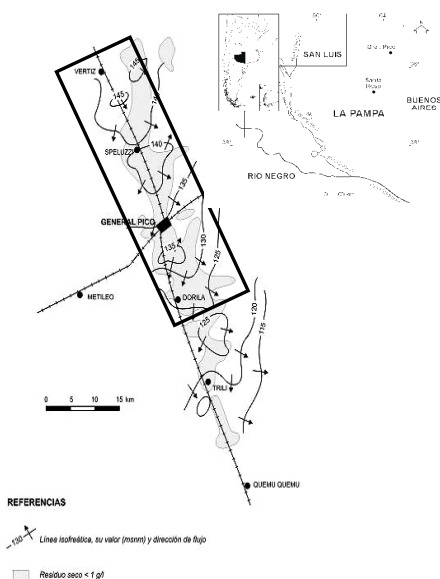


Figura 1. Ubicación y delimitación del área de estudio (modificado de Giai y Tullio, 1998)

Desde el punto de vista climático, el área está comprendida en la denominada “Región Hídrica Subhúmeda Seca” (Cano et al., 1980). De acuerdo con datos de General Pico, suministrados por la Administración Provincial del Agua, la precipitación media anual para el período 1921-2011 es de 729,4 mm (Fuente: www.apa.lapampa.gov.ar). La distribución mensual determina que la mayor pluviosidad estacional corresponde al verano, que acumula el 36% del total anual, mientras que el invierno es la estación menos lluviosa, con sólo el 8%. El 56% restante se distribuye equitativamente entre la primavera y el otoño.

Las características geomorfológicas de la zona permiten incluirla en la “Llanura Pampeana de Modelado Eólico Superimpuesto” (Calmels, 1996), cuyas geoformas resultaron de la acción de un proceso eólico, que depositó y modeló una cubierta arenosa de espesor variable. El relieve ondulado está dado por la alternancia de planicies arenosas y depresiones suaves, donde se destacan dos geoformas medanosas que se desarrollan hacia el NNO y SSE de General Pico.

Los aspectos geológicos del área de estudio fueron sintetizados por Giai y Gatto Cáceres (1996), en base a datos de perforaciones profundas realizadas por obras Sanitarias de la Nación. La secuencia sedimentaria está conformada por areniscas cuarzosas triásicas (265 a 235 mbbp) y continúa con unos 100 metros de arcillas verdes y grises oscuras atribuibles al Mioceno. Luego siguen 135 metros de limolitas y areniscas, con intercalaciones de arcilitas en los estratos basales, que hacia el techo presentan calcretes (Visconti et al., 2010). Esta sucesión se atribuye a la Formación Cerro Azul (Linares et al., 1980) de edad Mioceno Superior (Goin et al., 2000). En superficie, se encuentra una capa arenosa de espesor variable, de unos 10 metros en los cordones medanosos, constituida por arenas gruesas a medianas que hacia arriba pasan a arenas más finas con abundante vidrio volcánico (Malán, 1983).

Desde el punto de vista hidrogeológico, las areniscas triásicas se comportan como acuíferas y las arcilitas miocenas son acuícludas (Giai y Gatto Cáceres, 1996). Los sedimentos loésicos de la Formación Cerro Azul y las arenas eólicas superiores constituyen un acuífero de tipo multicapa, que puede caracterizarse como libre con drenaje diferido. Según los ensayos de bombeo realizados en la zona por Malán (1980), para el acuífero alojado en el nivel arenoso superior la permeabilidad promedio es de 20 m/día, el rendimiento específico va de 0,11 a 0,17 y el espesor saturado oscila entre los 3 y 6,50 metros. En tanto que el acuitardo desarrollado en los sedimentos loésicos posee una permeabilidad promedio de 2 m/día y un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-3} .

El área de recarga preferencial coincide con los sectores medanosos, donde una divisoria de aguas subterráneas determina dos direcciones principales de flujo, E-SE y W-SW. La estimación de la recarga fue abordada en varios trabajos que la calcularon por diferentes metodologías y los resultados medios anuales

obtenidos variaron entre 60,8 y 138,5 mm (Mariño y Dalmaso, 2003).

Dentro del área descripta, Malán (1983) y Miglianelli (1984) delimitaron sectores donde las características hidroquímicas (principalmente residuo seco y concentraciones de fluoruro y arsénico) determinan la presencia de agua subterránea aceptable para consumo humano, hasta 25 m de profundidad. Estas "lentes" (Figura 1), asociadas a las geoformas medanosas, componen el acuífero denominado "Speluzzi - General Pico – Dorila - Trilí" (Giai y Tullio, 1998).

Metodología

Se recopilaron los registros piezométricos correspondientes a redes de medición ubicadas en la zona de recarga de ambos acuíferos, construidas y operadas por la Administración Provincial del Agua de La Pampa. Se seleccionaron intervalos entre junio de un año y mayo del siguiente, que contaran con un mínimo de seis mediciones y al menos una en cada estación climática.

En el acuífero "General Pico-Dorila" se analizaron 7 intervalos del período 1978-85, previo al comienzo de la explotación, mientras que en el acuífero "Speluzzi", que no está sometido a bombeos intensivos, se consideraron 11 intervalos del período 1985-2001 y se descartaron 5 por insuficiencia de datos. En ambos casos, se seleccionó el registro de uno de los pozos, atendiendo que no estuviera afectado por extracciones y resultara representativo del comportamiento del intervalo.

Las mediciones de la profundidad del nivel freático correspondientes a cada intervalo se representaron gráficamente y se probó su ajuste a una tendencia lineal. Los casos que pudieron ajustarse a una función creciente o decreciente, con un valor de R^2 mayor a 0,70, se clasificaron como A (ascendente) o D (descendente), respectivamente. Los intervalos que no lograron dicho ajuste se asignaron al tipo A1/D1 (ascendente o descendente con recuperación). Este último tipo representa intervalos que muestran una tendencia inicial descendente o fluctuante seguida de una recuperación, generalmente en otoño, que según su magnitud puede dar lugar a un ascenso (Tipo A1) o a un descenso neto (Tipo D1).

Para cada intervalo se calcularon un índice pluviométrico total (IPT) y los respectivos índices pluviométricos estacionales (IPE), tomando como referencia la serie 1921/2011 y se probó si operaban como discriminantes del

comportamiento identificado gráficamente. Estos índices tienen la siguiente formulación:

$$IPTz = PTz / PM$$

donde:

IPTz es el índice pluviométrico total del intervalo z

PTz es la precipitación total del intervalo z (mm)

PM es la precipitación media de la serie considerada (mm)

$$IPExz = Pxz / PMx$$

Donde:

IPEx: es el índice pluviométrico estacional x en el intervalo z

Px es la precipitación de la estación x en el intervalo z (mm)

PMx es la precipitación media de la estación x en la serie considerada (mm)

Siendo x igual a:

i (invierno): comprende los meses de junio, julio y agosto

p (primavera): comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre

v (verano): comprende los meses de diciembre, enero y febrero

o (otoño): comprende los meses de marzo abril y mayo

Resultados y discusión

En la tabla 1 se detalla el tipo correspondiente a cada intervalo según la tendencia de variación de la profundidad del nivel freático, identificada gráficamente (Figura 2). La distribución resultante para los 18 intervalos analizados es la siguiente: 2 son de tipo A; 6 son de tipo A1, 2 son de tipo D1 y los 8 restantes son de tipo D.

Si se analiza la relación entre el tipo asignado y los índices pluviométricos calculados, surge que:

a) El índice invernal no operaría como discriminante del comportamiento del nivel freático, ya que se registran intervalos con valores elevados de IP_i que resultan tanto ascendentes (1985-86) como descendente (1979-80).

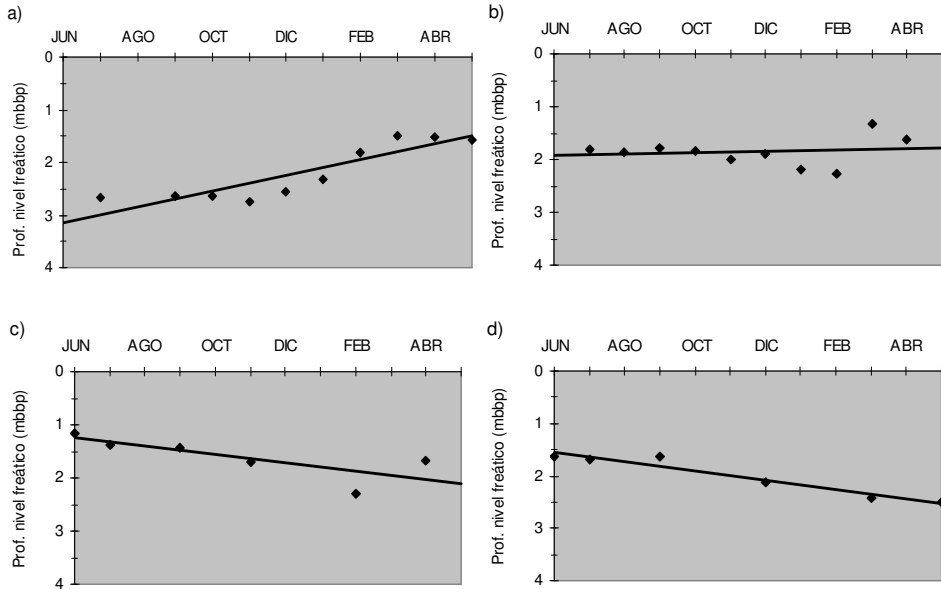


Figura 2. Intervalos representativos de los 4 tipos asignados: a) tipo A (1983/84), b) Tipo A1 (1986/87), c) tipo D1 (2000/01) y d) tipo D (1984/85)

Tabla 1. Tipificación de los intervalos de análisis y su relación con el índice pluviométrico anual y los respectivos índices estacionales. Δh es la fluctuación neta del nivel freático (m) y P es la precipitación total (mm)

Sitio	Intervalo	Tipo	Δh	P	IPT	IPEi	IPEp	IPEv	IPEo
General Pico	1978-79	A1	0,26	793,0	1,1	0,5	1,3	1,1	1,0
	1979-80	D	-0,49	783,7	1,1	1,9	0,8	1,1	1,1
	1980-81	A1	0,55	782,8	1,1	0,3	1,0	1,1	1,3
	1981-82	A1	0,26	902,7	1,2	0,5	1,2	1,0	1,8
	1982-83	D1	-0,35	766,3	1,1	0,6	1,0	1,2	0,9
	1983-84	A	1,11	937,2	1,3	1,4	0,9	2,3	0,4
	1984-85	D	-0,89	728,7	1,0	0,7	1,4	1,0	0,6
Speluzzi	1985-86	A	0,80	1290,1	1,8	3,0	1,7	1,8	1,5
	1986-87	A1	0,19	929,8	1,3	0,9	1,3	1,1	1,6
	1987-88	D	-0,55	782,1	1,1	1,6	1,1	1,0	1,0
	1988-89	D	-0,46	691,4	0,9	0,4	1,1	0,5	1,5
	1989-90	A1	0,31	816,0	1,1	1,8	0,5	0,8	2,0
	1990-91	D	-0,30	603,0	0,8	0,3	1,2	0,8	0,7
	1993-94	D	-0,84	739,5	1,0	0,6	1,5	1,0	0,7
	1994-95	D	-0,31	715,6	1,0	1,7	0,5	0,9	1,4
	1995-96	D	-0,42	736,3	1,0	0,2	0,7	1,2	1,3
	1998-99	A1	0,73	1090,2	1,5	0,7	1,3	1,3	2,2
	2000-01	D1	-0,53	914,5	1,3	0,6	1,3	0,6	2,3

- b) Los intervalos con IPT menor o igual a 1, resultan descendentes mientras que son ascendentes si el valor supera 1,3. Sin embargo, este último valor umbral podría ser menor cuando el verano es muy lluvioso (IPv mayor o igual a 1,50), como ocurre en el intervalo 1983-84, cuando se registra el mayor ascenso neto de la serie (1,11 m).
- c) Los intervalos con veranos secos respecto al promedio histórico (IPV menor o igual a 1,1) son descendentes, excepto cuando se registran otoños y/o primaveras con precipitaciones superiores, en más del 20%, a la media histórica estacional (IPp y/o IPo mayor o igual a 1,2), en cuyo caso resultan de tipo A1/D1.
- d) Los intervalos con una condición estival intermedia entre los escenarios anteriores (IPv entre 1,1 y 1,5) son de tipo A cuando IPp y/o IPo son mayores o iguales a 1,2. En caso contrario corresponden al tipo A1/D1.

Los criterios anteriores, que se sistematizan en la tabla 2, permiten explicar, en 17 de los casos analizados, el tipo de comportamiento determinado gráficamente. El intervalo 1998-99 constituye la excepción, ya que la tendencia observada es de tipo A1, aunque registra índices pluviométricos propios del tipo A (IPT=1,5).

Tabla 2. Criterios para la tipificación de intervalos según su comportamiento freaticométrico.

IPT > 1,3			Tipo A
1,0 < IPT ≤ 1,3	IPv ≥ 1,5		Tipo A
	1,1 < IPv < 1,5	IPp y/o IPo ≥ 1,20	Tipo A
		IPp y IPo < 1,20	Tipo A1/D1
	IPv ≤ 1,1	IPp y/o IPo ≥ 1,20	Tipo A1/D1
IPp y IPo < 1,20		Tipo D	
IPT ≤ 1,0			Tipo D

Dado que el análisis se apoya en un razonamiento inductivo, su validez quedaría restringida al período y sitio de proveniencia de los datos utilizados. Sin embargo, podría llegar a extrapolarse a un área más extensa, ya que Giambelli et al. (2008) concluyeron que para el sector NE de la provincia de La Pampa se verifica una conducta regional en las fluctuaciones del nivel freático

Los valores extremos del IPT se aproximan a los umbrales de precipitación propuestos por Mariño y Dalmaso (2003) para construir tres escenarios de comportamiento del nivel freático, aunque en este trabajo se logra una mejor resolución para los intervalos con una situación intermedia.

Conclusiones

Se identificó y sistematizó un conjunto de índices pluviométricos que configuran un criterio para la tipificación de intervalos según su comportamiento freaticométrico. De esta manera, se pretende aportar una herramienta de análisis que suministre información relevante para la gestión de acuíferos.

Agradecimientos

El autor expresa su reconocimiento a la Administración Provincial del Agua de La Pampa por la valiosa información suministrada para la elaboración de este trabajo.

Referencias

- Abt, J.; Mariño E. E. y Mecca, J. C. 2010. Formulación de un indicador del estado de un sistema hidrogeológico. Su aplicación al acuífero de General Pico, La Pampa, Argentina. En Varni, M., I. Entraigas y L. Vives (Eds): *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. II: 695-699.
- Abt, J.; Mariño E. E. y Mecca, J. C. 2011. Determinación de la variación del almacenamiento en el acuífero de General Pico, La Pampa, Argentina. *VII Congreso Argentino de Hidrogeología. Taller Hidrogeología Regional y Exploración Hidrogeológica*, 143-150, Salta.
- Cano, E., Casagrande, G., Conti, H. A., Fernández, B., Hevia, R., Lea Plaza, J. C., Maldonado Pinedo, D., Martínez, H., Montes, M. A. y Peña Zubiato, C.A. 1980. *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa-Clima, geomorfología, suelo y vegetación*. INTA-Gobierno de La Pampa-UNLPam, 493 p.
- Calmels, A. P., 1996. *Bosquejo geomorfológico de la provincia de La Pampa*. Universidad Nacional de La Pampa, 110 p, Santa Rosa.
- Giambelli, G., Mariño, E. E. y Martín, M. C. 2008. Dinámica del nivel freático en el noreste de La Pampa, Argentina. *IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. Quito, Ecuador.
- Gial, S. B. y Gatto Cáceres, R. O. 1996. Ajuste de un modelo para registros freaticométricos mensuales en General Pico-La Pampa. *IV*

- Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Actas 2: 221-227, La Plata.
- Giai, S. B. y Tullio, J. O. 1998. Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 12:51-68.
- Goin, F., Montalvo, C. I. y Visconti, G. 2000. Los marsupiales (Mammalia) del Mioceno Superior de la Formación Cerro Azul (provincia de La Pampa, Argentina). *Estudios Geológicos*, 56(1-2): 101-126.
- Linares, E., Llambías, E. J. y Latorre, C. O. 1980. Geología de la Provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35(1): 87-146.
- Malán, J. M. 1980. Resumen sobre los principales aspectos geohidrológicos en el área Pico-Dorila y sus adyacencias, con determinación de las posibilidades de explotación de sus acuíferos para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de General Pico. Administración Provincial del Agua, Santa Rosa (inédito).
- Malán, J. M. 1983. Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua potable a la localidad de General Pico, departamento Maracó, provincia de La Pampa. Informe preliminar. *Coloquio de Hidrología de Grandes Llanuras*, Actas III: 1449-1457, Olavarría.
- Mariño, E. E. y Dalmaso, M. G. 2003. Análisis de la información básica para la gestión del acuífero que abastece a General Pico, La Pampa, Argentina. *Memorias del III Congreso Argentino de Hidrogeología y I Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales en Hidrología Subterránea*, Tomo 1: 209-218, Rosario.
- Medus, M., Mariño E. E. y Schulz, C. J. 2005. Variación temporal de los contenidos de arsénico en la batería de pozos que abastece a General Pico, La Pampa, Argentina. *Taller sobre arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*, Actas: 73-81. Río Cuarto.
- Miglianelli, C. H. 1984. Estudio hidrogeológico especial para la localidad de Speluzzi. Administración Provincial del Agua, 19 p., Santa Rosa (inédito).
- Visconti, G., Melchor, R. N., Montalvo, C. I., Umazano, A. M. y de Elorriaga, E. E. 2010. Análisis litoestratigráfico de la Formación Cerro Azul (Mioceno Superior) en la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(2):257-265.