

# MODELO LOCAL DE SIMULACION DE NIVEL DE NAPA FREÁTICA EN LA DEPRESION DEL SALADO

E.M. SIERRA, MARIA E. FERNANDEZ LONG y C. BUSTOS

Recibido: 14/08/95

Aceptado: 25/09/96

## RESUMEN

A partir del esquema clásico del balance hidrológico seriado se elaboró un modelo que estima la variación mensual del nivel de napa freática a partir de las características físicas del suelo y de la precipitación y la evapotranspiración potencial mensuales. El modelo se ajustó tomando como referencia las series mensuales de las localidades de Dolores (1942-1977) y Chascomús (1945-1951). Pudo comprobarse que, tomando como partida los datos observados, el modelo reproduce ajustadamente el comportamiento de la napa durante 7 años, apartándose luego gradualmente. Por lo que posee capacidad para interpolar largos períodos faltantes en las series de observaciones, problema que se presenta frecuentemente con los registros de napa freática.

El estudio se realizó para localidades situadas en la Depresión del Salado, lo que determina que el modelo sea de validez local ya que no se consideró el aporte de agua desde otras localidades debido a la escasa pendiente de la zona y a las características de drenaje de los suelos, las cuales determinan un movimiento vertical lento del agua debido a la presencia de horizontes de escasa permeabilidad.

## A LOCAL MODEL OF THE VARIATION OF THE WATER TABLE LEVEL IN THE SALADO DEPRESSION

### SUMMARY

A model derived from the classical water balance method was elaborated to estimate the monthly variation of the water table level, by introducing monthly rainfall and potential evapotranspiration data and soil physical constant. The model was calibrated taking as reference monthly data records from Dolores (1942-1977) and Chascomus (1945-51). It was observed that it variable to reproduce the water table variations for as long as seven years with enough accuracy as to be suited to fill gaps in long term records. Since it does not take into account water impute from neighbouring basins, the model was found suited for closed basins with small slopes and slow drainage as the Salado River Basin in Buenos Aires Province.

### INTRODUCCION

En estos momentos en que el interés de climatólogos, meteorólogos, ecólogos y de la comunidad científica en general está centrado en la estabilidad, variabilidad y capacidad de cambio del clima, las observaciones de altura de napa freática revisten un gran atractivo, dado que esta variable tiene la capacidad de integrar y filtrar la

interacción del sistema climático con la topografía, brindando una respuesta mensurable en la que buena parte de la variabilidad de corto período, que tanto afecta la validación estadística de los fenómenos atmosféricos, se encuentra filtrada en una considerable medida. Lamentablemente, las observaciones de napa freática son escasas, difíciles de obtener y a menudo se encuentran interrumpi-

<sup>1</sup>Cátedra de climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía U.B.A. Av. San Martín 4453 (1417) Bs. As.

das durante lapsos considerables imposibilitando su uso para los fines expuestos.

Por esta causa se juzgó que un modelo que permitiera el rellenado de series de observaciones de napa freática sería de gran utilidad, al tiempo que brindaría una aproximación a la comprensión de la interacción antes referida.

Las observaciones efectuadas en dos localidades de la Depresión del Salado proporcionaron el material para un primer ensayo en este tema, ya que presentan la ventaja de corresponder a una cuenca con una escasa pendiente del terreno, por lo que pueden despreciarse los efectos advectivos, elaborando un modelo local.

### MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron datos mensuales de nivel de napa freática para las localidades de Dolores y Chascomús, situadas en la Depresión del Salado (Prov. de Buenos Aires), suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional.

Para Chascomús (altura s.n.m. 10 m; LAT: 35° 50'S; LONG: 58° 10' W) la serie utilizada fue de 7 años (1945-1951) y para Dolores (altura s.n.m. 7,59 m; LAT: 36° 21'S; LONG: 57° 44' W) aunque se contó con un registro de 12 años se utilizaron la serie 1942-1948 y 1972-1977 por separado debido a grandes períodos de datos faltantes que dificultaban de lo contrario su análisis.

La evapotranspiración potencial se calculó por el método de Thornthwaite - Mather en función de la temperatura media mensual, y fue supuesta constante para todos los años de la serie.

#### Descripción del modelo

Para la elaboración del modelo se empleó como base el Balance Hidrológico Seriado (B.H.S) de Thornthwaite y Mather (1948), con las modificaciones realizadas por Pascale y Damario (1977) y Sierra (1983, 1991).

Partiendo de un valor inicial de altura de napa freática observado y en función de la situación hídrica provista por el B.H.S. se calculó la serie de altura de napa freática según las alternativas mensuales que ofrecen la precipitación y evapotranspiración potencial.

#### - Estimación de altura de napa para un mes en que la evapotranspiración potencial supera a la precipitación (mes seco):

En los meses secos, cuando la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial se considera que no existe un aporte de agua hacia la napa y que solamente un porcentaje se escurre hacia el mar; esta escorrentía

profunda es función de la altura de la napa del mes anterior y de la cota de referencia (altura de la estación sobre el nivel del mar), este valor se multiplica por el valor de la napa del mes anterior; obteniéndose así el valor para ese mes.

$$\text{napa} = \text{napa}_0 \times c$$

$$c = \frac{100 - \text{esc}_p \times \frac{\text{napa}_0}{\text{cot}}}{100}$$

donde:

napa<sub>0</sub>: valor de altura de napa del mes anterior  
 esc<sub>p</sub>: escorrentía profunda  
 cot: cota de referencia

#### - Estimación de altura de napa para un mes en que la precipitación supera a la evapotranspiración potencial (mes húmedo):

En los meses húmedos también se considera el cálculo de la escorrentía profunda de la misma manera que antes pero además existe un aporte de agua de los excesos arrojados por el balance. Los mismos resultan de tener en cuenta el almacenaje del mes anterior más la diferencia entre la precipitación y evapotranspiración potencial, debiendo esta suma ser positiva para que sea un mes húmedo; cuando esta excede la capacidad de campo utilizada entonces se considera que ese sobrante es el exceso. Estos, divididos por el coeficiente de porosidad del suelo se suman al valor de napa anterior filtrándose así también la escorrentía superficial.

En este estudio se utilizó para Chascomús y para la primer serie de Dolores (1942-1948) 5 % de escorrentía profunda y 0,7 de coeficiente de porosidad, pues luego de numerosas pruebas se encontró que estos valores eran los que mejor se adaptaban. En cambio, para la serie de Dolores (1972-1977) se encontró una menor pérdida de agua hacia el mar y una mayor compactación de los suelos en este período denotados por la mejor aproximación a los datos observados con el 2,7 % de escorrentía profunda y 0,4 de coeficiente de porosidad respectivamente. Estos valores concuerdan con las tasas de infiltración muy bajas (2 y 5 mm.h<sup>-1</sup> respectivamente) calculadas por Del Barrio (1984) en la Depresión del Salado debido, en especial, a la textura fina de los componentes del perfil asentado por la presencia de sodio, que ejerce una influencia negativa en la tasa de infiltración de estos suelos.

$$\text{napa} = \text{napa}_0 \times c + \frac{\text{exc}}{c_{\text{por}}}$$

$$\text{exc} = \text{alm}_0 + \text{dif} - \text{ccc}$$

$$\text{dif} = \text{pp} - \text{ep}$$

donde:

alm<sub>o</sub>[mm]: almacenaje del mes anterior  
 pp[mm]: precipitación del mes  
 ep[mm]: evapotranspiración potencial del mes  
 C<sub>por</sub>: coeficiente de porosidad

O: valor observado  
 c: valor calculado  
 n: número de datos

### Evaluación del modelo

Para evaluar la bondad del modelo se calculó el porcentaje de varianza explicada en cada localidad y período considerado:

$$\% \sigma_{\text{exp}} = \frac{\sigma^2 - s^2}{\sigma^2} \times 100$$

donde:

$\sigma^2$  es la varianza de la serie observada  
 $s^2$  es el error cuadrático medio:

$$s^2 = \sum \frac{(O - c)^2}{n - 1}$$

### RESULTADOS Y DISCUSION

Se calculó la correlación mensual entre los datos observados y estimados para cada localidad confeccionándose el cuadro N° 1 del cual se puede observar la alta correlación existente. También se expusieron los valores medios mostrando que no existe un desfase entre series, hecho demostrado también al calcular el porcentaje de varianza explicada.

Las figuras 1, 2 y 3 muestran gráficamente la correlación ente el modelo y la serie original, con lo que se puede concluir que el modelo tiene validez local debiendo incluirse estimadores del flujo advectivo para su aplicación a otras áreas donde dicho proceso es importante.

Cuadro N° 1: Correlación entre valores observados y calculados

| MESES | Chascomús<br>1945 - 1951 |               |               | Dolores<br>1942 - 1948 |               |               | Dolores<br>1972-1977 |               |               |
|-------|--------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
|       | Corr.                    | $\bar{X}$ obs | $\bar{X}$ est | Corr.                  | $\bar{X}$ obs | $\bar{X}$ est | Corr.                | $\bar{X}$ obs | $\bar{X}$ est |
| ENR   | <b>0,95</b>              | 645,9         | 664,6         | <b>0,84</b>            | 507,6         | 504,1         | <b>0,89</b>          | 508,3         | 489,5         |
| FEB   | <b>0,71</b>              | 647,0         | 644,6         | <b>0,90</b>            | 490,4         | 469,1         | <b>0,80</b>          | 491,3         | 486,2         |
| MAR   | <b>0,94</b>              | 604,7         | 623,1         | <b>0,74</b>            | 474,3         | 450,7         | <b>0,91</b>          | 490,3         | 489,8         |
| ABR   | <b>0,89</b>              | 601,6         | 630,4         | <b>0,95</b>            | 479,1         | 450,6         | <b>0,88</b>          | 476,2         | 481,2         |
| MAY   | <b>0,91</b>              | 626,3         | 635,7         | <b>0,97</b>            | 468,1         | 460,3         | <b>0,87</b>          | 481,5         | 473,7         |
| JUN   | <b>0,90</b>              | 648,3         | 660,0         | <b>0,89</b>            | 524,3         | 502,1         | <b>0,86</b>          | 497,2         | 476,5         |
| JUL   | <b>0,92</b>              | 666,4         | 661,7         | <b>0,94</b>            | 531,7         | 541,7         | <b>0,89</b>          | 518,5         | 485,7         |
| AGO   | <b>0,89</b>              | 689,7         | 683,3         | <b>0,94</b>            | 562,9         | 565,7         | <b>0,91</b>          | 534,8         | 500,7         |
| SEP   | <b>0,84</b>              | 730,6         | 752,7         | <b>0,77</b>            | 581,7         | 595,0         | <b>0,83</b>          | 544,8         | 502,8         |
| OCT   | <b>0,61</b>              | 778,4         | 745,3         | <b>0,74</b>            | 564,4         | 599,6         | <b>0,83</b>          | 564,7         | 540,8         |
| NOV   | <b>0,51</b>              | 749,3         | 755,4         | <b>0,78</b>            | 543,1         | 574,6         | <b>0,93</b>          | 554,0         | 542,5         |
| DIC   | <b>0,93</b>              | 706,6         | 732,6         | <b>0,85</b>            | 523,1         | 584,2         | <b>0,86</b>          | 530,3         | 553,3         |
| TOTAL | <b>0,86</b>              | 674,6         | 682,5         | <b>0,85</b>            | 520,9         | 521,8         | <b>0,77</b>          | 516,1         | 501,9         |

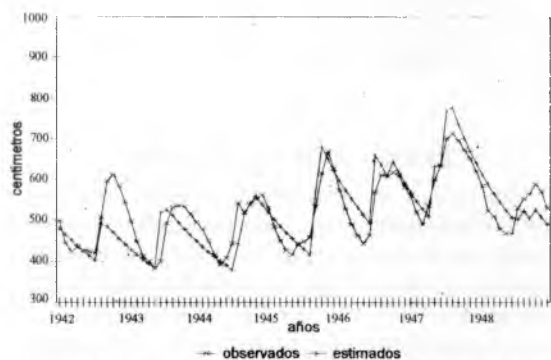


Figura 1. Valores observados y estimados de nivel de napa freática Dolores 1942-1948

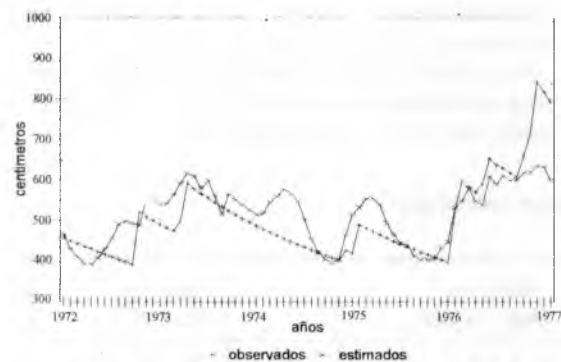


Figura 2. Valores observados y estimados de nivel de napa freática Dolores 1972-1977

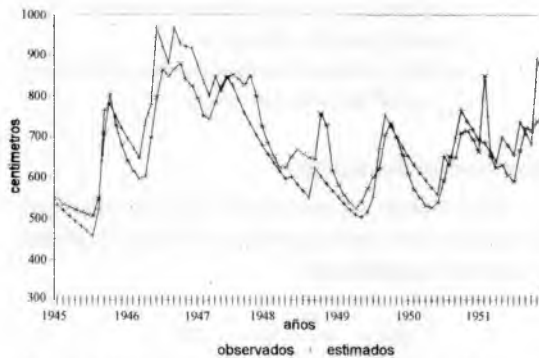


Figura 3. Valores observados y estimados de nivel de napa freática Chascomús 1945-1951

Para Chascomús se obtuvo un porcentaje de varianza explicada de 58,8 %; 62,9 % para Dolores (primera serie) y 58,9 % para Dolores (segunda serie).

La eficacia del modelo como elemento predictor podría mejorarse si se hacen estudios detallados del coeficiente de porosidad del suelo.

Analizando los datos de correlación total que muestra el cuadro N°1, puede afirmarse que el modelo puede ser utilizado para el rellenado de series con largos periodos de datos faltantes. Estos resultados demuestran que a pesar de tratarse de un modelo simple que requiere poca cantidad de datos de entrada, el mismo es altamente confiable y de utilidad práctica.

#### BIBLIOGRAFIA

- PASCALÉ, A.J. and E.A. DAMARIO. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. *Rev. Facultad de Agronomía de la Plata*, 53(1-2):15-34
- THORNTHWAITE, C.W. and R.V. MATHER. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel institute for technology, *Publication in Climatology*, 10(3): 158-311.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geo. Review*, 38:55-94.
- SIERRA, E.M. 1983. Procesamiento automático del balance hidrológico seriado mensual. *Revista Facultad de Agronomía (UBA)*, 5(1-2):115-124.
- SIERRA, E.M. y E.R. MONTECINOS. 1990. Cronología de inundaciones y sequías en la depresión del Salado. *Rev. Facultad de Agronomía (UBA)*, 11(1):35-45
- DEL BARRIO, R. A. 1984. Infiltración de agua en suelos de la Región Pampeana. *Rev. Facultad de Agronomía (UBA)*, 5(3):183-190