

INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA RECARGA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN COSTERA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Carretero S^(*), Kruse E.

^(*) Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Cátedra de Hidrología General. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de La Plata. Calle 64 n° 3. La Plata. Buenos Aires. Argentina. Teléfono (54-0221) 4249049. scarretero@fcnym.unlp.edu.ar.

Durante el siglo XX las precipitaciones medias anuales aumentaron sobre el territorio argentino con importantes efectos en la hidrología. Esto es de particular importancia en el Partido de la Costa donde las lluvias alimentan y mantienen las reservas de agua dulce en el acuífero freático de escaso desarrollo que representa el único recurso para abastecimiento a la población. Se analizaron datos de precipitaciones mensuales de Dolores, Punta Indio y Mar del Plata (1961-2007) con el objetivo de estudiar las tendencias de las lluvias y su relación con la recarga a las aguas subterráneas. Si bien los valores anuales muestran un aumento, al analizar por separado el semestre seco (frío) y el húmedo (cálido), se reconoce una disminución de las precipitaciones en el invierno. De esta forma existe una menor recarga al acuífero, dado que es la época en que se producen los mayores excesos con posibilidad de infiltración. En cambio la tendencia positiva en las precipitaciones durante el verano no necesariamente implica un aumento en la recarga ya que se mantiene una elevada evapotranspiración. Este fenómeno podría incrementarse en el futuro asociado al ascenso de las temperaturas. Un manejo sustentable de las aguas subterráneas requiere considerar estas posibles variaciones.

Introducción

Está aceptado que durante el siglo XX, las precipitaciones medias anuales aumentaron sobre el territorio argentino, con algunas excepciones aisladas (Barros et al, 2006). Este cambio trajo consecuencias en la hidrología de distintas regiones. El mayor exceso de precipitación sobre la evaporación ha dado lugar a un aumento sostenido de los niveles freáticos que a principios de los años 2000 han llegado al afloramiento en casos tales como la ciudad santafesina de Rafaela y el área metropolitana de Buenos Aires. En el oeste de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sur de Corrientes, muchos campos se han transformado en lagunas permanentes y otros como las lagunas de Mar Chiquita en Córdoba y de la Picasa en Santa Fe aumentaron considerablemente su superficie (República de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008).

Otro cambio que se ha estado observando es la prolongación de las condiciones térmicas del verano en el otoño temprano y, claramente, la reducción de la diferencia entre invierno y verano por las mayores temperaturas en el primero (Bejarán y Barros, 1998).

Si bien la situación de ascensos de los niveles del agua subterránea es la que más ha llamado la atención en los últimos años, existen regiones, como es el caso de la costa arenosa bonaerense, en donde las tendencias muestran características particulares, especialmente si son analizadas en función de las variaciones estacionales. Debido a esto, el objetivo del presente trabajo es el estudio de las tendencias de las precipitaciones y su relación con la recarga a las aguas subterráneas en el Partido de la Costa

Ubicación y características generales

El área de estudio comprende el Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Argentina, donde se reconocen dos ambientes geomorfológicos: cordón costero y llanura continental que condicionan el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de las aguas subterráneas. (Figura 1).

El cordón costero se extiende desde Punta Rasa hacia el sur con un ancho de 2 a 4 Km. Presenta sedimentos compuestos por arenas finas que disminuyen el tamaño de grano de sur a norte. La llanura continental se desarrolla al oeste del cordón costero, (cotas inferiores a 5 m.s.n.m) presentando geofomas menores de relieve negativo, en las cuales predominan los materiales limosos y arcillosos. (Consejo Federal de Inversiones, 1989).

El clima de la región es templado húmedo. Según la clasificación de Thornthwaite es $B1B'2ra'$, donde $B1$ es húmedo, $B'2$ es mesotermal (templado), r representa un nulo a pequeño déficit de agua, y a una concentración estival de la eficiencia térmica menor del 48 % (CFI, 1990). La precipitación media anual está en el orden de 1000 mm, donde el 60% ocurre de octubre a marzo. La temperatura media anual es de 14.5 °C, la humedad relativa promedio es del 85 %. La frecuencia de vientos es muy variable, aunque predomina la dirección este (Carretero y Kruse, 2009a)

El acuífero principal, de agua dulce (acuífero freático somero) está constituido por arenas de médanos, superpuestas a arenas de barrera de 5-15 m de espesor según la altura del médano. Se encuentran limitadas al oeste y se apoyan sobre arcillas de albufera que aumentan de espesor hacia el norte, donde alcanzan

hasta 20 m. La secuencia termina con los suelos actuales que son incipientes y poco evolucionados. En el caso particular del cordón costero no tienen desarrollo, son arenosos, excesivamente drenados e inestables. En el esquema general el acuífero de agua dulce está limitado por dos interfases, hacia el continente agua dulce-agua salobre y hacia el mar, agua dulce-agua salada. (Carretero y Kruse, 2009b)



Figura. 1.
Mapa de ubicación y geomorfológico

Metodología

Se han seleccionado las precipitaciones mensuales pertenecientes a las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional de Dolores, Punta Indio y Mar del Plata en el periodo 1961-2007 (Figura 2).

Se han calculado las medias anuales, valores máximos y mínimos para cada una. A su vez, se han separado en los semestres correspondientes a la estación seca (abril - septiembre) y a la húmeda (octubre - marzo).

Estos datos fueron graficados observando las tendencias generales y obteniendo las correspondientes rectas y ecuaciones.

Se analizaron datos de precipitaciones diarias de San Clemente del Tuyú (2002-2010) de un pluviómetro ubicado al sur de la localidad, junto a la variación de los niveles freáticos correspondientes a 43 pozos de una red de monitoreo.



Figura 2.
Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis climático

Análisis de las precipitaciones

La precipitación media anual en el periodo estudiado (1961 – 2007) es 954 mm en Dolores, 975 mm en Punta Indio y 932 mm para Mar del Plata. Estos valores confirman la homogeneidad en la precipitación anual a una escala regional.

Los valores máximos para cada estación son 1446 mm en 1963 para Dolores, 1735 mm en 1993 para Punta Indio y 1224 mm en 2001 para Mar del Plata. Las precipitaciones mínimas se dieron en 1979 con 563 mm en Dolores, 1976 con 498 mm en Punta Indio y 1979 con 579 mm en Mar del Plata. Como se puede observar en la Figura 3 existe una tendencia general al incremento de las precipitaciones anuales en el área.

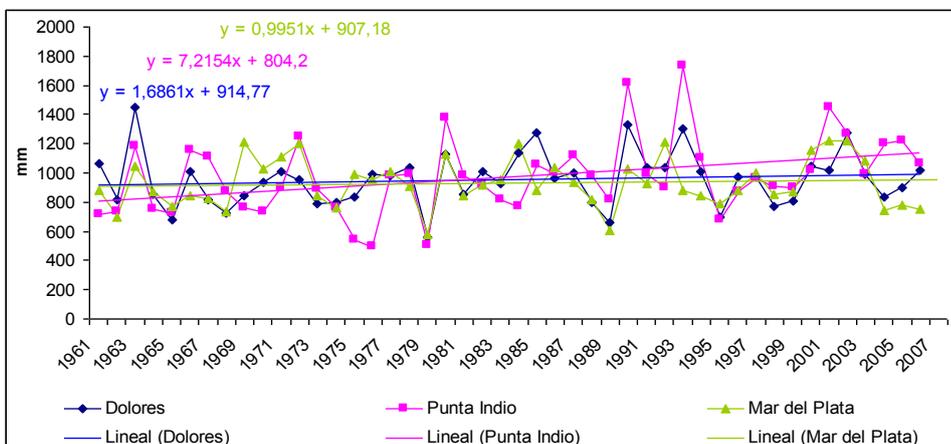


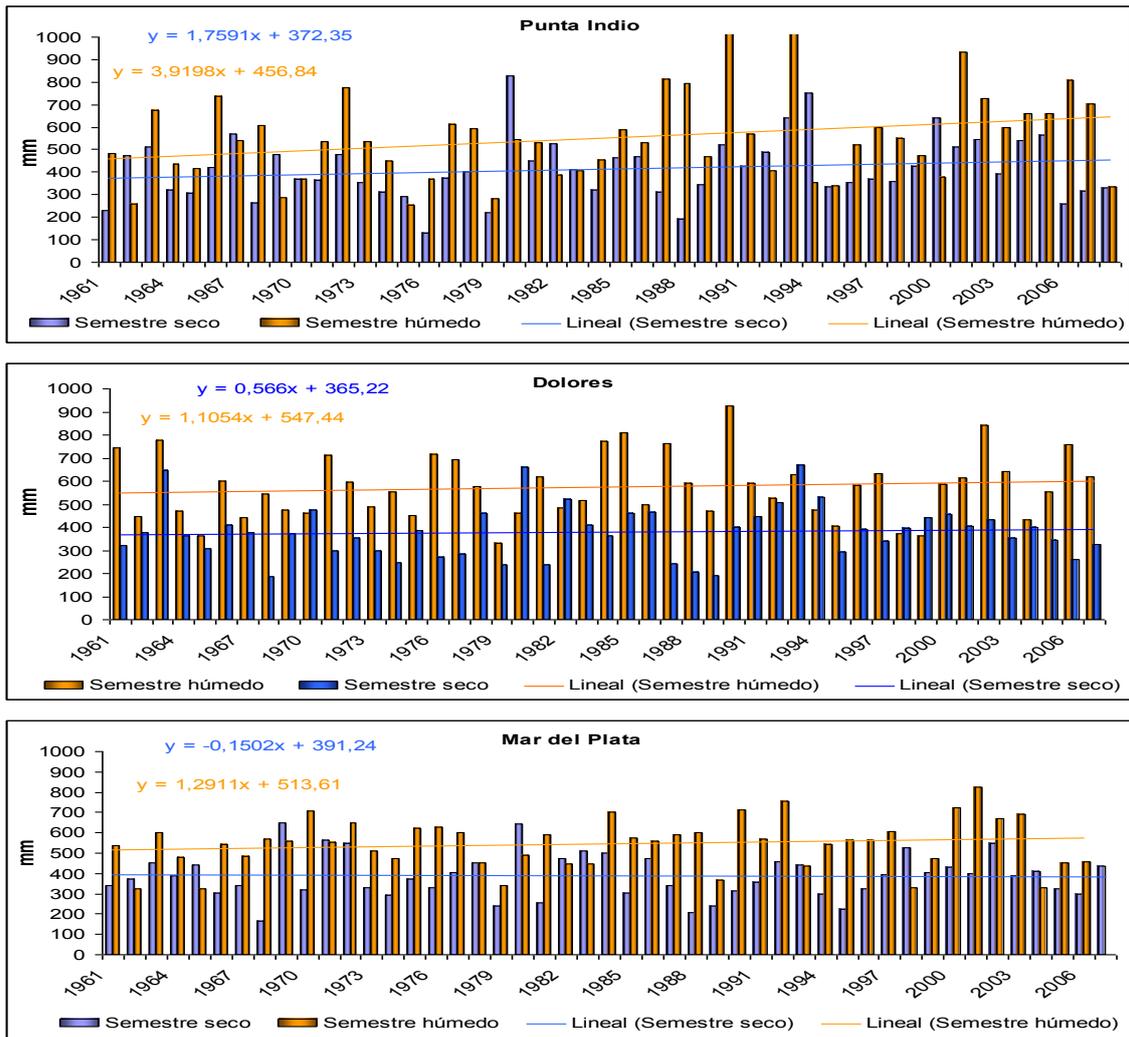
Figura 3.
Serie histórica de precipitaciones anuales para las estaciones del SMN de la región (1961-2007)

En cuanto a la distribución de las lluvias, el 30,6% ocurren en vera-no, el 21,4% en otoño, el 18,7% en invierno y el 29,4% en primavera. La distribución es relativamente homogénea, sin embargo el verano resulta la estación más lluviosa y el invierno la menor. Considerando una división en semestres, el húmedo (octubre - marzo) contiene el 60% de las precipitaciones y el seco (abril - septiembre) el 40%.

Además de la comparación anual se han analizado las precipitaciones a través del tiempo de acuerdo a los semestres húmedos y secos.

El semestre húmedo muestra una tendencia al aumento de las lluvias en las tres estaciones estudiadas mientras que en el semestre seco los valores no presentan gran variabilidad detectándose, incluso, tendencias negativas como en el caso de Mar del Plata (Figura 4)

Figura 4. Precipitaciones para las estaciones Punta Indio, Dolores y Mar del Plata junto a las tendencias semestrales.



Implicancias en el sistema hidrológico

Carretero (2011) ha estudiado la relación entre las precipitaciones y la recarga al acuífero para San Clemente del Tuyú. Dado que esta localidad se encuentra dentro del Partido de la Costa y presenta características hidrogeológicas generales y climáticas similares, se postula que pueden extrapolarse los resultados obtenidos localmente para el resto de la región, carente de información de variaciones secuenciales de los niveles freáticos.

Se ha calculado la media mensual de los niveles freáticos a partir de 43 pozos de control que se han graficado junto a las precipitaciones medias para el mismo periodo (Figura 5). Durante los meses del semestre húmedo se observa una tendencia general a la profundización de la capa freática, mientras que en el se-

mestre correspondiente a la estación seca los niveles se recuperan, produciéndose un ascenso de los mismos.

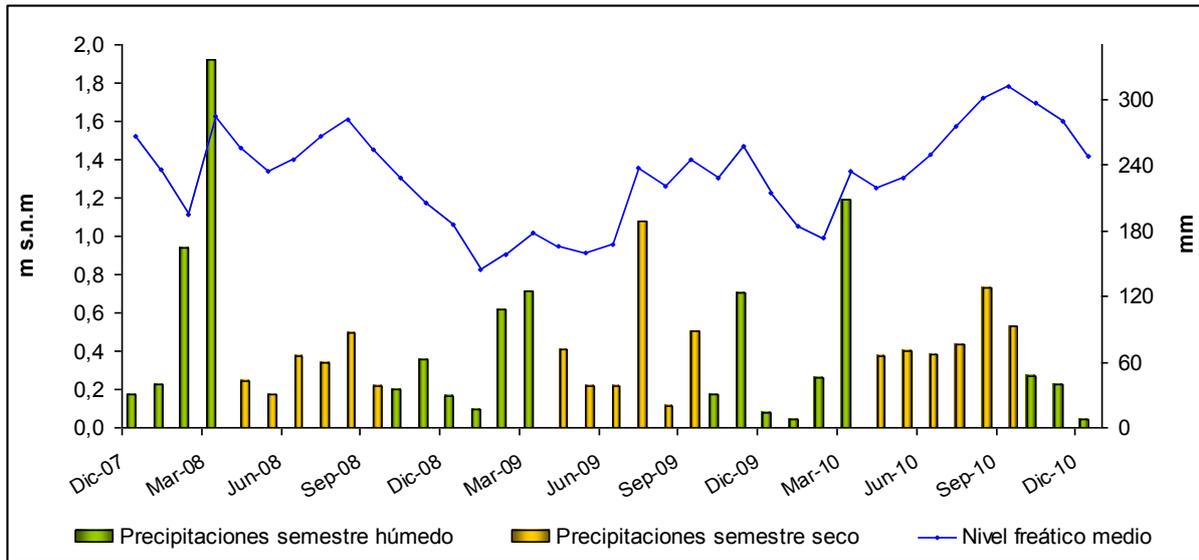


Figura 5. Nivel freático medio y precipitaciones medias mensuales para San Clemente del Tuyú.

En términos generales lluvias superiores a 60 mm se manifiestan en variaciones positivas (ascenso de los niveles) mientras que las menores producen variaciones negativas (descenso) en el periodo entre mediciones (Figura 6). Si se consideran las variaciones en semestre frío y semestre húmedo, se observa que en el primero se cumple esta relación en todos los casos, mientras que en la estación húmeda, el valor límite es de 75 mm. El 64% de las precipitaciones diarias superiores a 60 mm ocurren en el semestre frío. Esta situación es favorable para la recarga ya que en estos meses la evapotranspiración es menor, existen mayores excesos de agua y se produce la recuperación de los niveles freáticos.

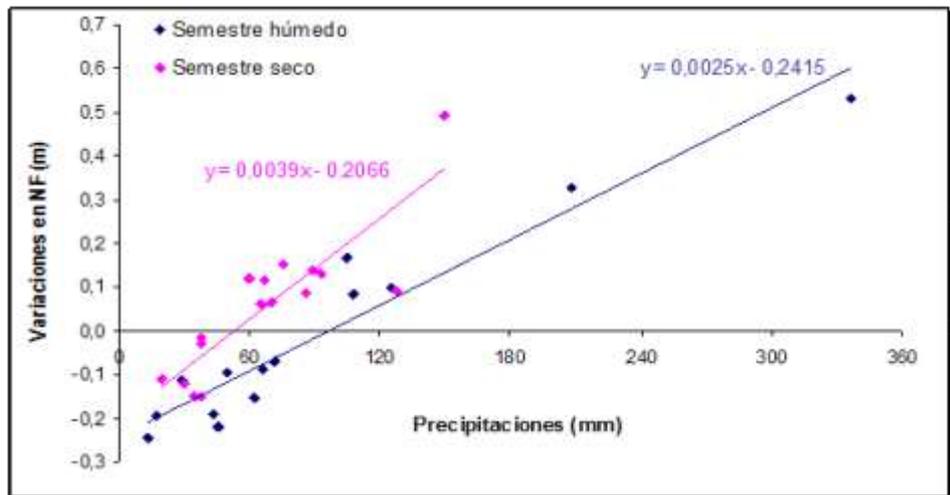


Figura 6. Relación variaciones de nivel freático y precipitaciones

Se reconoce que la mayor recarga al acuífero, reflejada en las variaciones freáticas, se produce en el semestre seco. Dado que la tendencia positiva de incremento en las precipitaciones se manifiesta en el verano, cuando es mayor la evapotranspiración y menor la alimentación al sistema subterráneo, la influencia no resulta significativa en la recuperación de las reservas de agua dulce.

El sistema es más sensible a las variaciones de la precipitación en el semestre seco. En el caso de producirse una disminución de las lluvias durante esta estación, la recarga al acuífero se verá condicionada redu-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

ciendo las reservas disponibles, lo cual requerirá de un manejo más detallado del abastecimiento de agua a las poblaciones.

Conclusiones

De acuerdo a lo analizado, la precipitación media anual para la región es del orden de los 950 mm con una distribución relativamente homogénea a lo largo del año. Las máximas anuales varían entre 1200 y 1730 mm mientras que las mínimas oscilan entre 500 y 580 mm. Los valores calculados representan años de extrema sequía o humedad que afectan de manera directa a la recarga del agua subterránea.

Climáticamente la región presenta un semestre seco que se corresponde con los meses fríos (abril - septiembre) y otro húmedo que incluye a los meses cálidos (octubre - marzo). La mayor recarga se produce durante la estación seca, lo cual está directamente relacionado con la variación de la evapotranspiración y las características propias del acuífero (arenoso y somero). En los meses con elevadas temperaturas la evapotranspiración es más elevada, al igual que la necesidad de humedad en el suelo que debe satisfacerse. Los meses con bajas temperaturas y baja tasa de evapotranspiración proporcionan las condiciones favorables para que una mayor cantidad de agua alcance la capa freática a pesar de precipitaciones de menor magnitud.

La disminución de las precipitaciones en el invierno puede dar lugar a una menor recarga al acuífero, dado que es la época en que se producen los mayores excesos con posibilidad de infiltración. En cambio la tendencia positiva en las precipitaciones durante el verano no necesariamente implicaría un incremento en la recarga al acuífero, que de por sí es de menor importancia, ya que se mantiene una elevada evapotranspiración. Este fenómeno podría incrementarse en el futuro asociado al ascenso de las temperaturas.

Estos aspectos deben ser considerados a la hora de la planificación y uso del recurso hídrico de la región, especialmente en los meses de verano cuando se produce un aumento de la población a consecuencia de las actividades turísticas. Esta situación conduce a una mayor demanda de agua para consumo, la cual debe ser satisfecha a partir del manejo sustentable del acuífero.

Referencias

- Bejarán R. y V. Barros, 1998: "Sobre el aumento de la temperatura en los meses de otoño en Argentina Subtropical". *Meteorológica*, vol. 23, pp 15-25.
- Barros V., Doyle M. y Camilloni I. 2006. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and the low-level circulation. 2006. *Theoretical and Appl. Climatology* 93: 19–33. DOI 10.1007/s00704-007-0329-x
- Carretero S. y Kruse E. 2009a. Respuesta del nivel freático a un evento de precipitaciones extremas en médanos costeros. En: Jorge Carrica, Mario Hernández y Eduardo Mariño (editores) *Recarga de acuíferos: Aspectos generales y particularidades en regiones áridas*. Buenos Aires: Asociación Civil Grupo Argentino de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Santa Rosa, Amerindia Nexa di Nápoli. ISBN 978-987-1082-39-1. La Pampa, pp 13-22
- Carretero S. y Kruse E. 2009b. Evaluación espacio-temporal de la calidad química del agua subterránea en el sector norte del Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires. XXII Congreso Nacional del Agua, Trelew, Chubut. Resumen pp 47. Trabajo completo en CD
- Carretero Silvina. 2011. Comportamiento hidrológico de las dunas costeras en el sector nororiental de la provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. La Plata.
- Consejo Federal de Inversiones. 1989. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Regiones I y II Punta Rasa-Punta Médanos. Provincia de Buenos Aires Informe Final. Tomo II. Geología y Geomorfología.
- Consejo Federal de Inversiones. 1990. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Región I Punta Rasa-Punta Médanos. Informe Final Tomo IV Caracterización climática y Balance Hidrológico.
- República de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2008). Segunda comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Buenos Aires. 201 p