

# **Influencia de los excedentes hídricos en la recarga de los acuíferos libres del sudeste de la provincia de Córdoba.**

*Pablo A. Bollatti; Alvaro Andreucci; Fernando Escolá.*

*INTA Marcos Juárez (Enero 2016) bollatti.pablo@inta.gob.ar*

## **Introducción**

El paisaje del sudeste de Córdoba se caracteriza por ser ondulado dividiendo al paisaje en loma, media loma y bajos. En estos ambientes los acuíferos libres cercanos a la superficie se encuentran en equilibrio con la atmósfera y por lo tanto su nivel oscila en relación directa con el aporte de agua por precipitaciones y el consumo por evapotranspiración. Estas oscilaciones ocurren a lo largo del año y también de manera interanual. El agua que ingresa al suelo puede ser consumida en su mayor parte por evapotranspiración regresando a la atmósfera, retenida en las capas superficiales del suelo o bien, el exceso, percola por debajo de la profundidad de enraizamiento constituyendo la recarga en tránsito hacia el manto freático. Estos excesos van aumentando el nivel del manto freático que va acercándose a la superficie.

La presencia de la napa freática cercana a la superficie puede afectar especies sensibles a la falta de aireación, o bien contribuir significativamente al consumo de agua de cultivos o pasturas.

Por el contrario, cuando las precipitaciones son menores a lo normal, el nivel freático desciende, más rápidamente cuando se encuentra próximo a superficie y en menor medida si está a mayor profundidad (Marano R. 2004).

Los sistemas productivos de la región se caracterizan por estar bajo la modalidad de siembra directa y casi el 70% está en manos de arrendatarios que pagan una renta por este en quintales fijos de soja, cultivo que por cuestiones de renta y des fomento de los demás cultivos, ha llevado a que en la actualidad ocupe casi el 80% de la superficie sembrada desplazando a las gramíneas de verano que no superan el 15% del área y a las pasturas perennes que llegaron a ocupar el 80% de la superficie en los años 1970. Este modelo desmotivó además la siembra de cultivos de fina como es el caso del trigo y otras gramíneas invernales.

## **Materiales y Métodos**

Con los datos históricos de la EEA INTA Marcos Juárez de precipitaciones, profundidad freática, porcentaje de participación de los cultivos y el consumo de agua de cada uno de estos, se elaboró el balance hídrico anual de la serie 1970-2014 en el cual evidencia una relación entre este y la dinámica de la napa freática, lo cual permite predecir el comportamiento de la dinámica freática ante el resultado del balance hídrico de cada año en particular con un coeficiente de repetitividad  $R^2$  de 0,8023.

Se plantea en el presente trabajo realizar una comparación entre la situación real ocurrida (situación 1) en cuanto a la variación de la napa, explicada por el uso del agua de los cultivos tal como ocurrieron, con dos situaciones hipotéticas planteadas. En una de esas situaciones se plantea que desde 1970 a la fecha no se hubieran realizado cambios en los

sistemas productivos (situación 2), permaneciendo 80% de cultivos perenne (alfalfa) y solo el 20% de agricultura (Trigo y Maíz 1°). La otra situación que se plantea comprende una evolución de los sistemas productivos hacia la rotación que se sugería AAPRESID para la región cuando se incorporó la siembra directa (situación 3), con lo cual se calcula la evolución real hasta el año 1999 y a partir de allí se tomó la rotación en la que el 33% de la superficie debía ser ocupada por Trigo/Soja, 33% Maíz de primera y 33% de Soja de primera. Para cada una de las situaciones se calculó el balance hídrico simplificado (Sokolob 1981) según fórmula:

$$BHA = PP - CHN$$

*Balance Hídrico Anual (mm).*

*Precipitaciones (mm).*

*Consumo Hídrico Anual (mm).*

$$CHN = (\% \text{ ocupación } 1 * Rto_1 / UC_1) + (\% \text{ ocupación } 2 * Rto_2 / UC_2) + (\% \text{ ocupación } n * Rto_n / UC_n)$$

*% de ocupación en el año de cada uno de los cultivos*

*Rendimiento de los cultivos (Kg/ha).*

*Uso Consuntivo (kg de grano/mm de agua).*

Con los datos de BHA y en función a la fórmula resultante del comportamiento de la Variación de la Napa Freática VNF en función del BHA de la serie 1970-2014  $y = -0,3734x + 6,6601$   $R^2 = 0,8023$  se calculó la dinámica de la napa freática en cada una de las situaciones planteadas, siendo x el valor de BHA.

## **Resultados y Discusión**

Se presenta la correlación entre el balance hídrico anual y la variación de la napa freática ocurrida para la serie considerada (gráfico N° 1). Como puede observarse la función entre ambas variables presenta un R2 de 0.8023. Puede entenderse de esta manera que la variación de la profundidad de la napa freática es explicada en un 80,23% por la variación del balance hídrico anual.

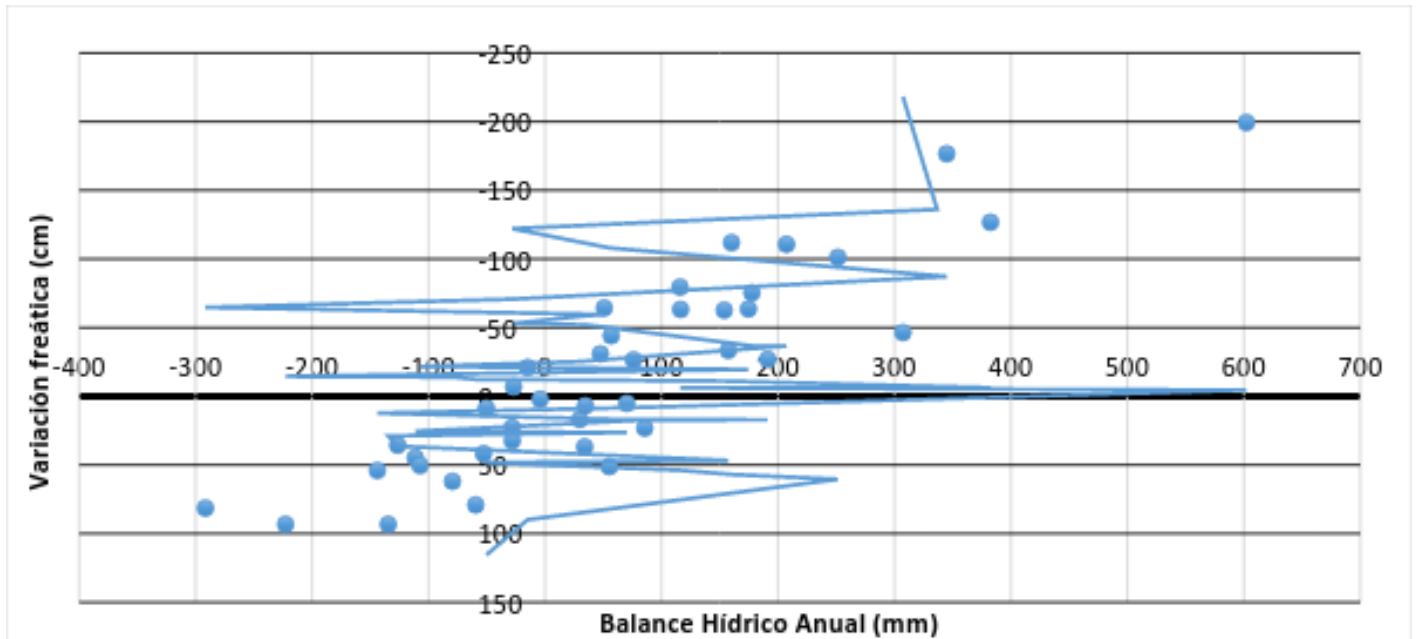


Gráfico N°1: Elaboración del autor con datos del Observatorio Meteorológico de la EEA INTA Marcos Juárez.

Según lo calculado en la tabla n°1, con el sistema de producción actual tal como se detalla, se está generando un excedente promedio de 142mm/año, con valores de precipitaciones promedio (908mm/anuales). En aquellos años en los que las precipitaciones son mayores a lo normal como por ejemplo el 2015 en el que llovieron 1082mm, el excedente anual calculado sería de 314mm, siendo esta la cantidad de agua que alimenta el nivel freático y generando grandes complicaciones.

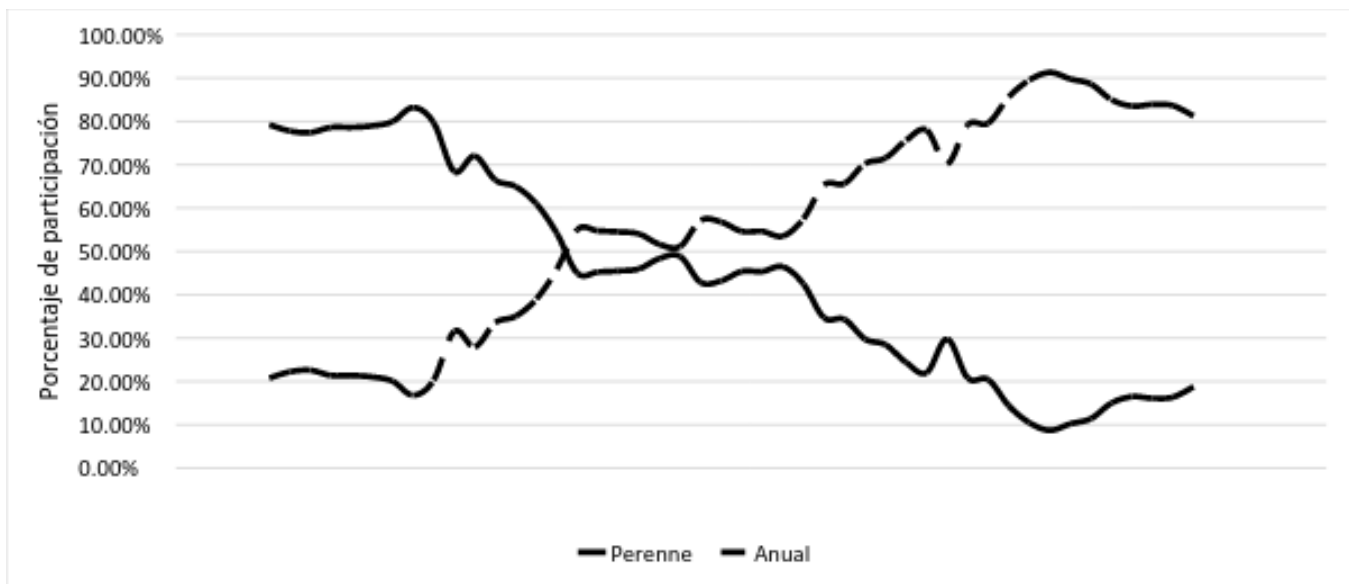
Tabla N°1: Determinación del consumo hídrico del sistema productivo actual.

	<b>Soja 1</b>	<b>Maíz 1</b>	<b>Trigo/Soja 2</b>	<b>Trigo/Maíz 2</b>	<b>Pasturas</b>
<i>% de Participación</i>	69%	13%	6%	2%	10%
<i>Consumo anual</i>	161mm (Barbecho Invernal) + 500mm (Soja) <b>661mm/año</b>	161mm (Barbecho Invernal) + 700mm(Maíz) <b>861mm/año</b>	380mm (Trigo) + 437mm (soja 2°) <b>817mm/año</b>	380mm (Trigo) + 567mm (Maíz 2°) <b>947mm/año</b>	1300mm (Alfalfa)
<i>Consumo Hídrico de cada cultivo en su proporción mm/año</i>	<b>456 mm/año</b>	<b>112 mm/año</b>	<b>49 mm/año</b>	<b>19 mm/año</b>	<b>130mm/año</b>
<b>Consumo Total Anual del Sistema Productivo Actual.</b>	<b>766mm/año</b>				

**Excedente Hídrico  
Promedio Anual**

$$908 - 766 = 142\text{mm/año}$$

Según los datos del SIIA MA Grafico N°2, en el departamento Marcos Juárez se ha generado un cambio de uso del suelo en el cual los cultivos perennes han perdido participación siendo reemplazado por los cultivos agrícolas con escasa participación de dobles cultivos anuales (trigo/soja, Trigo/Maíz).



*Grafico N°2: Evolución de la participación de los cultivos anuales y perennes en el departamento Marcos Juárez, elaboración del autor con datos de Sistema Integrado de Información Agropecuaria, Ministerio de Agroindustria.*

En el Grafico N°3 vemos las diferencias de trayectoria que hubiese tenido la napa freática en cada una de las situaciones planteadas (Real u ocurrida, Original 1970 y AAPRESID 33%) calculado en base a las precipitaciones ocurridas en cada año menos el consumo anual de cada una de las situaciones antes descriptas. Evidentemente aquellas rotaciones de mayor intensificación o consumo hídrico, generaron menores excedentes hídricos y la alimentación del nivel freático fue menor. Las barras indican las precipitaciones ocurridas en cada año.

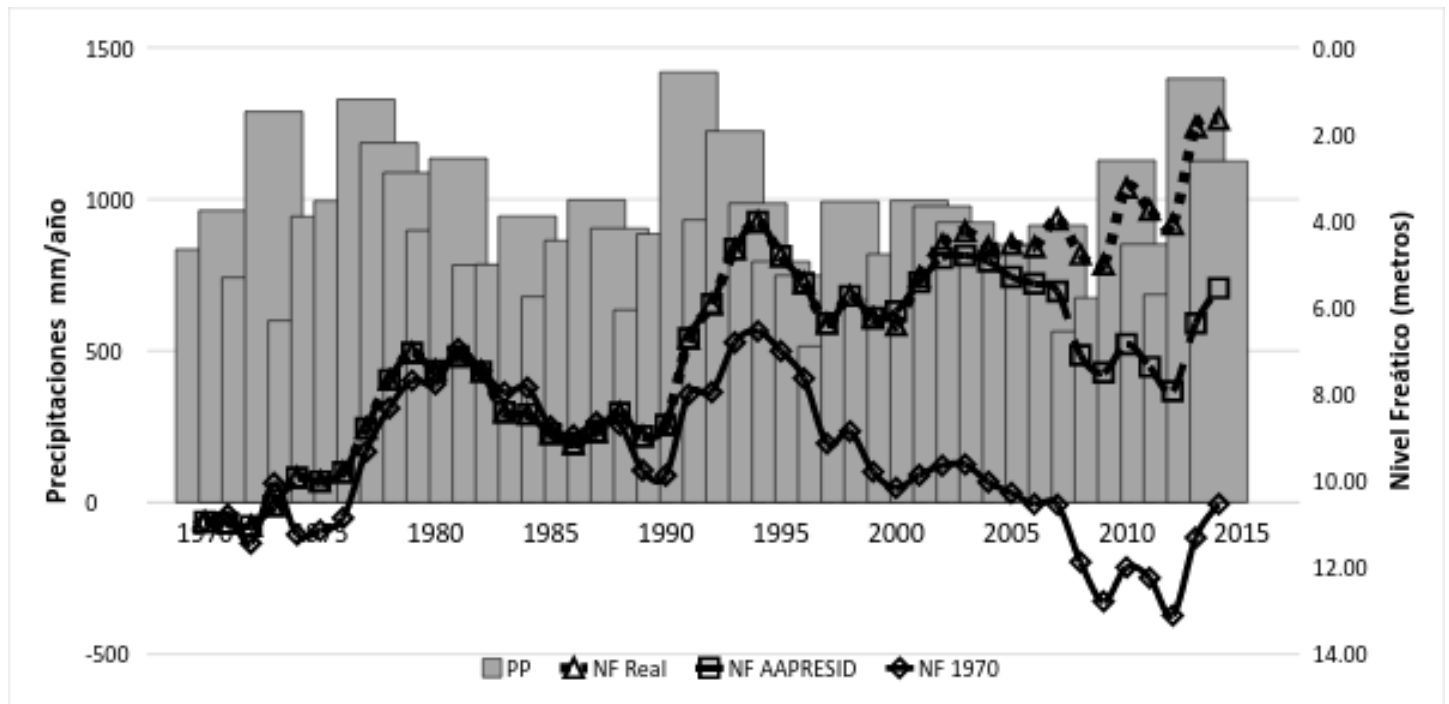


Gráfico N°3: Trayectoria de los niveles freáticos en cada uno de los supuestos, complementado con las precipitaciones anuales.

**Conclusiones:**

Partiendo de los años 1970, se observa un marcado ascenso del nivel freático que como quedó demostrado en el Grafico N°1, responden en un 80% a los resultados de los balances hídricos anuales. Al dejar constantes los aportes que hacen las precipitaciones en cada año y modificando únicamente los consumos, vemos que la evolución del nivel freático simulado por el modelo hubiese seguido otro camino, conduciéndonos a la actualidad con una napa freática a 5,55 metros de profundidad en la situación AAPRESID y a 10,54 metros de profundidad en la situación original de rotación de 1970, a diferencia de la profundidad real actual de 1,65 metros la cual nos trae grandes riesgos de anegamiento.

En estos ambientes con influencia de napa freática a menos de 4 metros, vemos que los balances hídricos negativos ajustan extrayendo agua de la napa freática alejado su nivel de la superficie y viceversa en los años que los balances hídricos son positivos esos excedentes alimentan el nivel de la napa freática.

Con lo analizado no se pretende volver a producir como se hacía en los años 1970, sino que se pretende incentivar la producción agroalimentaria pampeana para ajustar los consumos hídricos a la oferta hídrica, convirtiendo los excesos hídricos que tantos problemas productivos/ambientales nos generan, en producción. Priorizando la sustentabilidad del recurso suelo y todo lo que ellos conlleva.

**Agradecimientos:**

A los Ingenieros Agrónomos Cristian Cazorla y Bethania Aimetta por su revisión y aportes en la construcción del manuscrito.

**Fuentes de consulta:**

- MARANO 2005: Evolución de niveles freáticos del área de Esperanza.
- SOKOLOB 1981: Métodos de cálculo del balance hídricos. Guía Internacional de investigación y métodos. Instituto de hidrología de España/Unesco.
- Datos climáticos del Observatorio Meteorológico de la EEA INTA Marcos Juárez
- SIIA MAGYP: <http://www.sija.gov.ar/> Sistema de Información agropecuario del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Presidencia de la Nación.
- Bollatti P. 2015: Balance hidrológico de los cultivos agrícolas del Sudeste de Córdoba. INTA-GRUPO NAPAS Marcos Juárez.
- Bollatti P. 2015: Análisis de datos de profundidad de Napa freática y precipitaciones anuales en la EEA INTA Marcos Juárez.
- AAPRESID