



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

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

*INTA Marcos Juárez. [bollatti.pablo@inta.gob.ar](mailto:bollatti.pablo@inta.gob.ar)*

## Introducción

El paisaje del sudeste de Córdoba se caracteriza por ser ondulado y se clasifica 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 percolando el exceso por debajo de la profundidad de enraizamiento constituyendo la recarga en tránsito hacia el manto freático, acercándolo a la superficie.

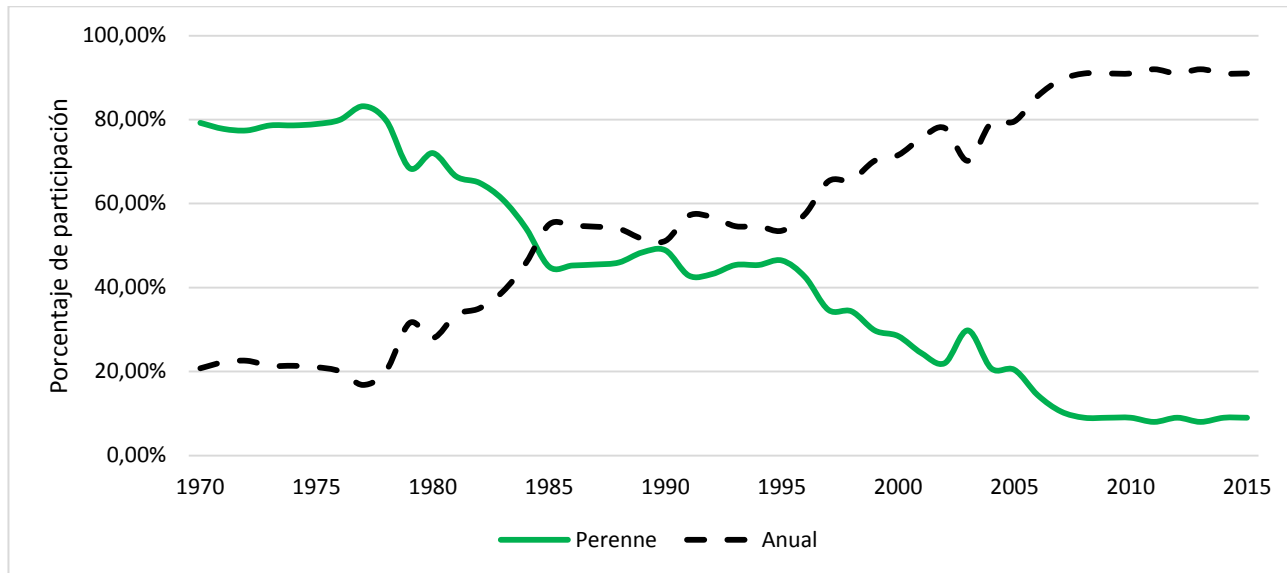
La presencia de la napa freática cercana a la superficie puede afectar especies sensibles a la falta de aireación, o bien contribuir significativamente al consumo de agua de cultivos o pasturas. Por el contrario, cuando las precipitaciones son menores a lo normal, el nivel freático desciende, más rápidamente cuando se encuentra próximo a superficie y en menor medida si está a mayor profundidad (Marano, 2005).

Los sistemas productivos del sudeste de Córdoba se caracterizan por estar bajo la modalidad de siembra directa y casi el 70% está en manos de arrendatarios que pagan una renta en quintales fijos de soja. Por cuestiones de rentabilidad y falta de fomento de los demás cultivos, en la actualidad la soja ocupa 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 la década de 1970. Este modelo desmotivó además la siembra de cultivos de cosecha fina como el trigo y otras gramíneas invernales.

El objetivo del informe fue realizar una comparación entre la situación actual de la recarga de los acuíferos libres y dos situaciones hipotéticas: la de 1970 y un sistema agrícola de rotaciones sustentable, en función del uso de agua de los cultivos.

Según los datos en la Consulta de Estimaciones Agrícolas SIIA del Ministerio de Agroindustria (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.

## Metodología

Con los registros históricos de precipitaciones (mm) y profundidad freática (cm) aportados por la estación agrometeorológica de la EEA INTA Marcos Juárez y sumado a los datos de 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 éste 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.

Las situaciones evaluadas fueron:

Situación actual: 90% de cultivos agrícolas (69% Soja 1°, 13% Maíz 1°, 6% Trigo/Soja 2°, 2% Trigo/Maíz 2°), 9% Pasturas, 1% áreas no cultivadas.

Situación 1970 - 80% de cultivos perenne (alfalfa) y solo el 20% de agricultura (Trigo y Maíz 1°) desde 1970 a la fecha

Situación sustentable – Trigo/soja 33%, Maíz de primera 33% y soja de primera 33%.

Para cada una de las situaciones se calculó el balance hídrico anual (mm) simplificado (Sokolob, 1981) según fórmula

En el presente trabajo se plantea realizar una comparación entre la situación actual (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 propuestas. 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 situación 3 comprende una evolución de los sistemas productivos hacia la rotación que sugería

AAPRESID para la región cuando se incorporó la siembra directa, 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 de cálculo el balance hídrico simplificado (Sokolob, 1981) según fórmula:

$$\text{Balance hídrico anual (BHA)} = \text{Precipitaciones (PP)} - \text{Consumo hídrico anual (CHN)}$$

$$\text{Donde CHN} = (\% \text{ ocupación}_1 * \text{Rto}_1 / \text{UC}_1) + (\% \text{ ocupación}_2 * \text{Rto}_2 / \text{UC}_2) + (\% \text{ ocupación}_n * \text{Rto}_n / \text{UC}_n)$$

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

Rto: rendimiento de los cultivos (kg/ha).

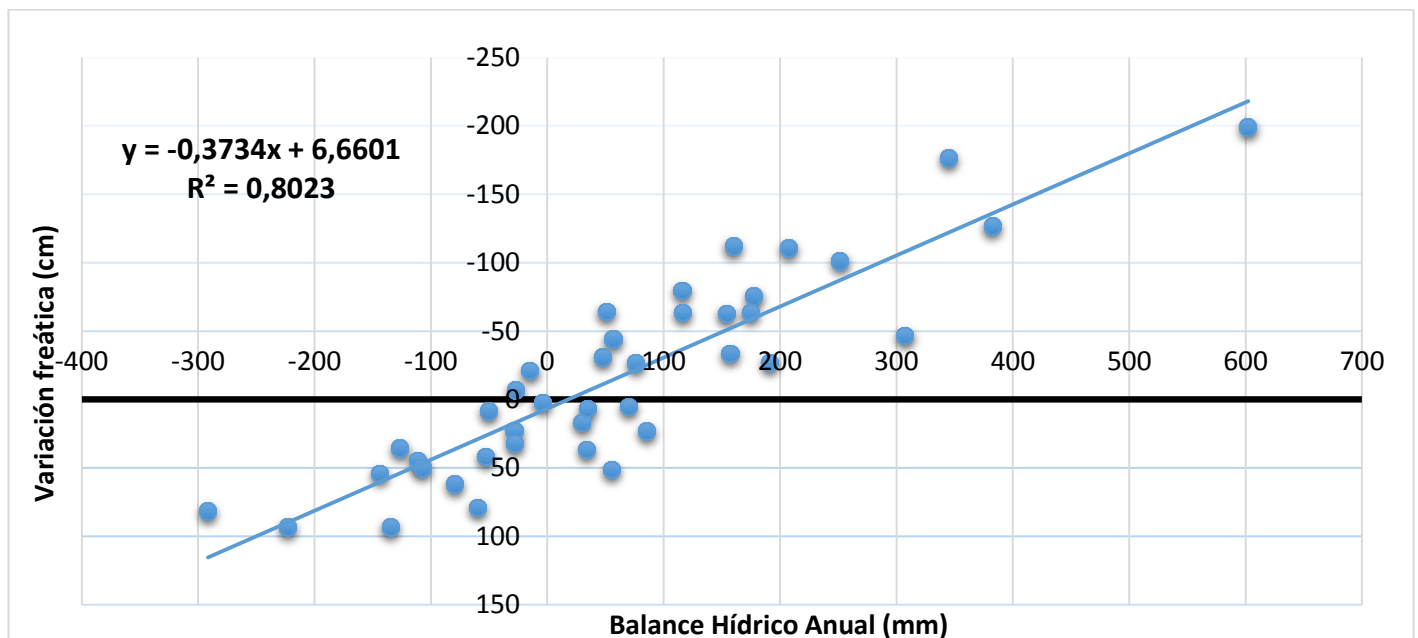
UC: uso consuntivo (kg de grano/mm de agua).

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

En el gráfico 1 Se presenta la correlación entre el balance hídrico anual y la variación de la napa freática ocurrida para la serie considerada. Se evidencia 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. Correlación entre el balance hídrico anual y variación de la napa freática.



Elaboración del autor con datos de la estación meteorológica de la EEA INTA Marcos Juárez.

En el cuadro 1 se detalla la participación de cada uno de los cultivos en la situación actual y el consumo hídrico de cada uno de ellos, para calcular el consumo hídrico representativo de una hectárea en la zona de Marcos Juárez, el cual al ser restado de las precipitaciones promedio anuales, se obtiene el excedente hídrico promedio anual en milímetros de lámina.

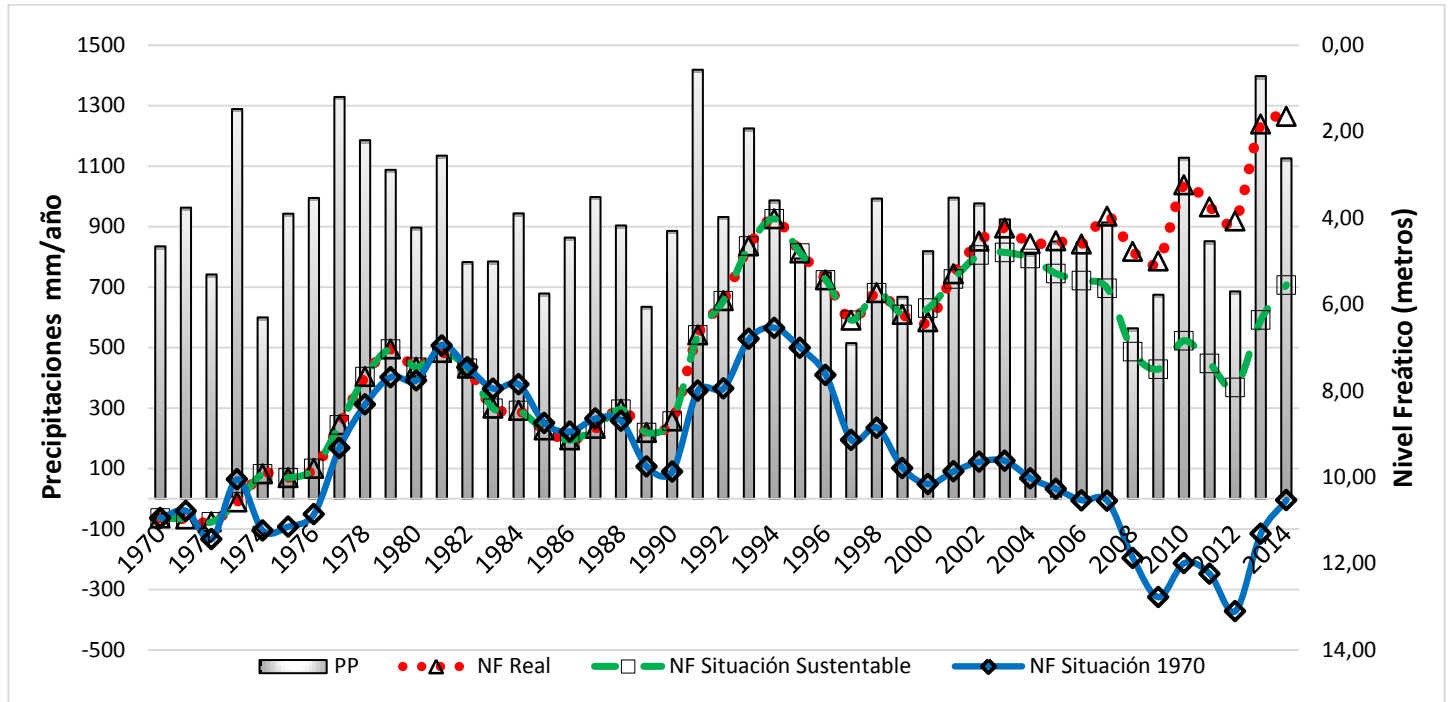
Cuadro N°1. Determinación del consumo hídrico del sistema productivo actual (mm)

	<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%	9%
<i>Consumo anual</i>	161 (barbecho invernol) + 500 (soja) <b>661mm/año</b>	161 (barbecho invernol) + 700 (maíz) <b>861mm/año</b>	380 (trigo) + 437 (soja 2°) <b>817mm/año</b>	380 (trigo) + 567 (maíz 2°) <b>947mm/año</b>	1300 (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>117mm/año</b>
<i>Consumo total anual del sistema productivo actual.</i>	<b>753mm/año</b>				
<i>Excedente hídrico promedio anual</i>	<b>908 – 753 = 155mm/año</b>				

Según lo calculado en el cuadro, con el sistema de producción actual se está generando un excedente promedio de 142 mm/año, con valores de precipitaciones promedio (908mm/anuales). En aquellos años en los que las precipitaciones son mayores a lo normal como por ejemplo 2015 en el que llovieron 1121 mm, el excedente anual calculado sería de 314mm, siendo ésta la cantidad de agua que alimenta el nivel freático y genera complicaciones.

En el grafico N°3 se detallan las diferencias de trayectoria que hubiese tenido la napa freática calculada en base a las precipitaciones ocurridas en cada año menos el consumo anual de cada una de las tres situaciones analizadas. Se destaca que aquellas rotaciones de mayor intensificación o consumo hídrico, generaron menores excedentes hídricos y la alimentación del nivel freático fue menor.

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



Partiendo de 1970, se observa un marcado ascenso del nivel freático (Gráfico N°1) que responde 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, se observa 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 m de profundidad en la situación AAPRESID y a 10,54 m de profundidad en la situación original de rotación de 1970, a diferencia de la profundidad real actual de 1,65 m la cual acarrea grandes riesgos de anegamiento.

En estos ambientes con influencia de napa freática a menos de 4 m se observa 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.

### Consideración final

Con lo analizado no se pretende volver a producir como se hacía en la década del 70, sino incentivar la producción agroalimentaria pampeana para ajustar los consumos hídricos a la oferta hídrica, reconvirtiendo los excesos hídricos que tantos problemas generan a nivel productivo y ambiental nos genera, priorizando la sustentabilidad del recurso suelo.

### **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. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>
- 
- Sokolov, A.; Chapman, T. 1981. Métodos de calculo del balance hídrico. Guia internacional de investigación y métodos. Versión española: Rafael Heras. Instituto de Hidrología de España/Unesco. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>
- INTA Marcos Juárez. 2015. Informe de la Estación Agrometeorológica.
- Consulta de Estimaciones Agrícolas SIIA del Ministerio de Agroindustria: <http://www.sii.gov.ar/>
- SIGA Sistema de información y gestión agroclimático - <http://siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos/>