



Revista Industrial  
y Agrícola de  
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea  
1851-3018

Tomo 100 (1):  
29-36; 2023



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150  
T4101XAC - Las Talitas.  
Tucumán, Argentina.

# Comportamiento del nivel freático en distintos ambientes edáficos a nivel de lote en llanura deprimida salina, Tucumán<sup>1</sup>

Francisco A. Sosa\*, Orlando R. Correa\*, Gerardo A. Sanzano\*, José L. Costa\*\* y José Terán\*\*\*.

\*\*Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. William Cross 3150. C.P. T4101XAC. Las Talitas. Tucumán. fasosa@eeaac.org.ar; \*\*\* EEA-INTA Balcarce; \*\*\*\*Agropecuaria del Pilar SA.

## RESUMEN

La llanura deprimida de Tucumán presenta una capa freática próxima a la superficie cuyo comportamiento general está determinado por el clima, la topografía del terreno, las características del perfil edáfico y el uso de la tierra. Los estudios realizados hasta ahora en la zona fueron mayoritariamente exploratorios en superficies relativamente grandes, no encontrándose localmente estudios intensivos a nivel de lote con similares condiciones meteorológicas y topográficas, que permitan arribar a conclusiones sobre el comportamiento freático en pequeñas superficies con vistas a encarar un manejo sitio específico. Es por ello que se realizó un relevamiento del nivel freático (NF) durante tres años (2016-2019) en ocho freáticos ubicados en suelos agrupados, por su característica textural, en lotes colindantes en una finca ubicada en la localidad El Chilcal, departamento Leales, provincia de Tucumán, Argentina. Se estudió el efecto de los factores textura del suelo, año y periodos intra-anales sobre el NF y las tasas de cambio del nivel freático ( $\Delta NF$ ). NF se vio afectado por los factores año, textura y trimestre. Para textura más fina, año más lluvioso y trimestre febrero-marzo-abril, NF fue menor; para textura más gruesa, años más secos y trimestre agosto-setiembre-octubre, NF fue mayor. Las diferencias de nivel se mantuvieron entre puntos próximos.  $\Delta NF$  estuvo influenciado por NF, siendo mayor a menor profundidad de la napa y textura moderadamente gruesa. Los factores año y periodo afectaron significativamente  $\Delta NF$ . En el año más lluvioso los cambios fueron mayores. El descenso promedio de la napa freática para el periodo mayo a octubre varió entre 0,5 y 0,81  $\text{cm}^3\text{día}^{-1}$ , significativamente menor que el periodo noviembre a abril, cuyos promedios variaron entre 1,47 y 2,51  $\text{cm}^3\text{día}^{-1}$ . Los mayores  $\Delta NF$  ocurrieron en suelo de textura media bajo vegetación de bosque degradado. La cobertura vegetal es un factor que no se estudió en el presente trabajo y podría tener un marcado efecto sobre la dinámica freática.

**Palabras clave:** nivel freático, textura, acuífero libre

## ABSTRACT

### Water table dynamics in different edaphic environments at farm level in The saline depressed plain of Tucumán

The depressed plain of Tucumán has a water table close to the surface whose level variations are determined by climate, topography, soil properties and land use. Previous investigations carried out in the area were mostly exploratory in relatively large areas; there are no intensive studies at farm level with similar meteorological and topographical conditions that allow us to reach conclusions about the phreatic dynamics aiming at site-specific management. Data on the level of the water table (NF) were collected during three years (2016-2019) by a set of eight observation wells installed in four types of soils, grouped by their texture, in adjacent fields on a farm located in El Chilcal, Leales, province of Tucumán, Argentina. The effects of soil texture, year and intra-annual periods on NF and rates of change of the phreatic level ( $\Delta NF$ ) were studied. NF was affected by year, texture and annual quarter. For finer texture, wetter year and quarter February-March-April NF was lower; for coarser texture, drier year and quarter August-September-October NF was higher. The level differences remained between nearby points.  $\Delta NF$  was influenced by NF being higher at lower phreatic level and moderately coarse texture. Year and period significantly influenced  $\Delta NF$ , in the rainiest year the changes were greater. The average decrease in water table for period B (May to October) ranged from 0.5 to 0.81  $\text{cm}^3\text{day}^{-1}$ , significantly less than period A (November to April) whose averages ranged from 1.47 to 2.51  $\text{cm}^3\text{day}^{-1}$ . The largest  $\Delta NF$  occurred on medium-textured soil under degraded forest.

<sup>1</sup>Trabajo subsidiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. PICTO EEAOC 0118/2016.

Fecha de recepción:  
12/05/2020

Fecha de aceptación:  
30/01/2023

Vegetation cover is a factor that was not studied in the present work and could have some effect on the phreatic dynamics.

**Key words:** water table, texture, free aquifer.

## INTRODUCCIÓN

La llanura deprimida de la provincia de Tucumán ocupa una superficie aproximada de 400.000 ha y en ella se concentra aproximadamente el 50% de la producción provincial de caña de azúcar (Zuccardi y Fadda, 1985; Fandos *et al.*, 2019).

Se trata de una llanura con ondulaciones muy suaves marcada por una fuerte heterogeneidad textural, como consecuencia del material aluvial sobre el que desarrollan sus suelos. Esta región se caracteriza por la presencia de una capa freática de profundidad variable de entre 30 y 100 cm en la época de mayor ascenso, y de entre 60 y 200 cm en el pico de descarga. El nivel de la napa freática fluctúa durante el año con una diferencia promedio entre niveles máximos y mínimos de 1-1,8 m. Las entradas de agua al sistema (recarga del acuífero) se producen principalmente a través de las precipitaciones, y en menor medida por desbordes de cauces fluviales, escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos desde puntos más elevados. Las descargas están dadas por evapotranspiración, evaporación y escurrimientos. La recarga del acuífero freático generalmente se produce entre noviembre y abril, y la descarga ocurre durante las mayores sequías en la región, es decir, de mayo a octubre. Si bien las recargas acontecen en forma sincrónica en toda la región, los valores absolutos pueden ser muy variables en relación a la cantidad y distribución de las precipitaciones en el punto considerado. Sin embargo, la descarga de la freática se produce más uniformemente en respuesta a la demanda evapotranspiratoria estacional; y en menor medida, a escurrimientos sub-superficiales (Zuccardi y Fadda, 1985; Figueroa *et al.*, 1996; Puchulu, 2011).

La topografía del terreno produce un claro efecto sobre la dinámica freática. En zonas bajas o cóncavas, el nivel freático se encuentra más cercano a la superficie, llegando incluso a aflorar, mientras que en terrenos un poco más altos se encuentra a mayor profundidad y es menos influenciada por las variaciones locales de las precipitaciones. Otro factor que interviene en los descensos y ascensos de la napa es la gran variedad de sedimentos y su distribución espacial, determinando que la recarga por lluvia no sea uniforme. Las fluctuaciones están condicionadas por los ascensos capilares e infiltraciones que dependen, entre otras propiedades, de la textura del suelo. En los suelos de texturas gruesas, la altura de ascenso capilar es baja. Lo contrario ocurre en suelos de texturas medias y finas, en los cuales el ascenso capilar es mayor y la freática se encuentra más próxima a la superficie (Figueroa *et al.*, 1996; Jobbágy y Noretto, 2009; Noretto *et al.*, 2013; Puchulu, 2011).

El uso de la tierra es otro factor que afecta el comportamiento de la napa freática, dado que el cambio de uso de la tierra, de bosque o monte a pasturas o cultivos anuales, favorece el ascenso de la capa freática (Jayawickreme *et al.*, 2011; Mercu *et al.*, 2016; Noretto *et*

*al.*, 2013). La proximidad a las vías de drenaje natural o artificial también definirá a la dinámica freática (Coras Merino *et al.*, 2014; Rizzo *et al.*, 2018).

Existen numerosos antecedentes de estudios de dinámica de napa freática en Tucumán (Fogliata *et al.*, 1963; Figueroa *et al.*, 1996; Puchulu, 2007; Puchulu, 2011), como también hay algunos trabajos que caracterizaron su composición química y su relación con el nivel freático (Puchulu *et al.*, 2008; Sosa *et al.*, 2019). La mayoría de estos estudios fueron exploratorios en superficies relativamente grandes, sin que se encontraran trabajos locales intensivos, a nivel de lote con similares condiciones meteorológicas y topográficas, que permitan arribar a conclusiones sobre el comportamiento freático en pequeñas superficies. Estos estudios permitirían obtener conclusiones sobre la dinámica hídrica del suelo a nivel de lote que, a la vez, servirían de base para la optimización del manejo por ambientes en la llanura deprimida de Tucumán. Es por ello que el objetivo del presente trabajo ha sido evaluar el comportamiento del nivel freático intra-lote con similares condiciones meteorológicas y topográficas frente a los factores textura dominante del perfil, año y periodos intra-anales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una finca destinada a la producción de caña de azúcar en rotación con soja (27° 04' 03" latitud sur, 65° 05' 00" longitud oeste). Aquellos lotes considerados marginales para agricultura suelen destinarse a ganadería; existen además sectores que se abandonaron por su marginalidad y en los cuales repoblaron especies arbustivas y arbóreas nativas. El sitio de estudio se encuentra en la localidad del Chilcal, departamento Leales, Provincia de Tucumán. Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra en la región llanura deprimida, subregión salina, microrregión seca-subhúmeda. De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima es Cwa, con veranos moderadamente lluviosos e inviernos secos y temperatura media anual de 19°C, siendo la media del mes más cálido (enero) de 25°C, y la media del mes más frío (julio) de 11,5°C. El sector de estudio se encuentra próximo a la isohieta de 750 mm anuales concentrados el 80% en los meses de noviembre a abril, la evapotranspiración media anual ronda los 950 mm (Zuccardi y Fadda, 1985; Figueroa *et al.*, 1986). Mediante visualización de imágenes satelitales, chequeo del estado del cultivo *in situ* y prospección con barreno hasta 2 m de profundidad, se seleccionaron sitios con características contrastantes y representativas de la finca en cuestión sin diferencias topográficas significativas. Entre marzo y mayo de 2016 se instalaron seis freatómetros en distintas condiciones de suelo; y en noviembre de 2017 se instalaron dos freatómetros adicionales (Tabla 1). Los freatómetros indicados como MONTE y DESMONTE son colindantes y corresponden a

**Tabla 1.** Características de suelo, manejo y periodo de lectura para cada freatómetro.

Freatómetro	Textura dominante del perfil de suelo	Cobertura vegetal	Manejo	Registro
CH MONTE	Media	Monte regenerado	Ninguno	04/2016-03/2020
CH DESMONTE	Fina	Sorgo de baja producción	Ganadero	05/2016-03/2020
CH GRAMA N	Moderadamente fina	Grama bermuda como maleza	Agrícola (caña de azúcar)	03/2016-03/2020
CH GRAMA S	Moderadamente fina	Grama bermuda como maleza	Agrícola (caña de azúcar)	03/2016-03/2020
CH CAÑA N	Moderadamente gruesa	Caña de azúcar de alta producción	Agrícola (caña de azúcar)	03/2016-03/2020
CH CAÑA S	Moderadamente gruesa	Caña de azúcar de alta producción	Agrícola (caña de azúcar)	03/2016-03/2020
CH N	Moderadamente fina	Caña de azúcar de muy baja producción	Agrícola (caña de azúcar)	11/2017-03/2020
CH S	Moderadamente gruesa	Caña de azúcar de alta producción	Agrícola (caña de azúcar)	11/2017-03/2020

un monte regenerado de aproximadamente 20 años de edad y un lote con sorgo de baja producción, respectivamente.

Los freatómetros se construyeron e instalaron siguiendo los procedimientos mencionados en Figueroa *et al.* (1996). Se utilizaron tubos de PVC de 50 mm de diámetro exterior colocados a una profundidad de 4 m.

Las lecturas del nivel freático (NF) se realizaron con una frecuencia promedio de cada 11,4 días y en ellas se evaluaron los efectos de la textura del suelo (TEX), año y trimestre. Para NF se consideró como año el periodo comprendido entre noviembre y octubre del siguiente año y se tuvieron en cuenta solo las lecturas de los freatómetros con tres años completos de registro (noviembre 2016 a octubre 2019) (Año 1, 2 y 3) (Tabla 1). En el mes de noviembre generalmente comienza el ascenso freático (Figueroa *et al.*, 1996; Sosa *et al.*, 2019). Dentro de cada año se consideraron cuatro trimestres: NDE (noviembre-diciembre-enero), FMA (febrero-marzo-abril), MJJ (mayo-junio-julio) y ASO (agosto-setiembre-octubre).

Para la variable cambio de nivel ( $\Delta$ NF) se evaluaron los efectos de TEX, año y periodo. Se consideraron todas las lecturas de los tres años mencionados para todos los freatómetros.  $\Delta$ NF se calculó entre lecturas consecutivas y se totalizaron las precipitaciones en el mismo periodo. Solo se consideraron los descensos de nivel ( $-\Delta$ NF) sin precipitaciones acumuladas superiores a 10 mm entre mediciones. No se evaluaron los ascensos freáticos ni los descensos con precipitaciones acumuladas superiores a 10 mm. Se eligieron dos periodos: A (noviembre-abril) y B (mayo-octubre), de acuerdo a los momentos donde se inician los periodos de recarga y descarga, respectivamente (Figueroa *et al.*, 1996).

La clase textural media del perfil edáfico se estimó organolépticamente (método del tacto), caracterizándola de la siguiente forma: 1 fina (arcillosa, arcillo-limosa); 2 moderadamente fina (franco-arcillosa, franco arcillo-limosa); 3 media (franca franco-limosa) y 4 moderadamente gruesa (franco arenosa) (Weil and Brady, 2017).

Las precipitaciones se registraron diariamente en un pluviómetro ubicado a una distancia máxima de 2,65 km del freatómetro más distante. Las precipitaciones anuales se contabilizaron entre noviembre y octubre en coincidencia con los periodos A y B antes mencionados. Si bien los primeros registros ocurren generalmente en los meses de setiembre y octubre, estos aportes son escasos (Minetti, 1973) y no impactan inmediatamente en la dinámica freática (Fogliata *et al.*, 1963).

Con estos datos se obtuvieron medidas de resu-

men y se realizaron ANOVAS, comparaciones de medias y regresiones con el programa INFOSTAT (Di Renzo *et al.*, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones acumuladas anuales variaron entre los tres años de estudio, concentrándose en el periodo A en un 90 %, mientras que para el periodo B promediaron un 10 % en los tres años evaluados (Tabla 2). Estos resultados mostraron una mayor concentración de las precipitaciones en el periodo A respecto al 80 % mencionado por Figueroa *et al.* (1996); sin embargo, debe tenerse en cuenta que este estudio solo consideró tres años completos de precipitaciones.

**Tabla 2.** Precipitaciones acumuladas y porcentuales en los periodos A y B, y total acumulado para los tres años completos.

Periodo	mm	%	Total anual (mm)
01/11/2016-30/04/2017	602	89	678
01/05/2017-31/10/2017	76	11	
01/11/2017-30/04/2018	695	86	812
01/05/2018-31/10/2018	117	14	
01/11/2018-30/04/2019	952	95	1002
01/05/2019-31/10/2019	50	5	

### Nivel Freático (NF)

El NF registrado en las distintas condiciones de suelos mostró variaciones intra-anales en relación con las precipitaciones, determinando un periodo de recarga entre noviembre y abril (época húmeda) y otro periodo de descarga entre mayo y octubre (época seca) (Figura 1), coincidente con lo reportado por varios estudios en la zona (Fogliata *et al.*, 1963; Figueroa *et al.*, 1996; Puchulu, 2007; Puchulu, 2011) y en zonas similares de la argentina (Florio *et al.*, 2015; Mercau *et al.*, 2016).

NF se vio influenciado significativamente por los factores Textura, Año, Trimestre y por las interacciones dobles entre factores (Tabla 3). Textura, año y trimestre explicaron el 91,5 % de la suma de cuadrados.

La relación entre NF y la clase textural fue lineal y significativa ( $R^2 = 0,35$   $p < 0,0001$ ). Los valores más bajos de NF (más próximos a la superficie) ocurrieron en los freatómetros ubicados en suelos de textura más fina, es decir

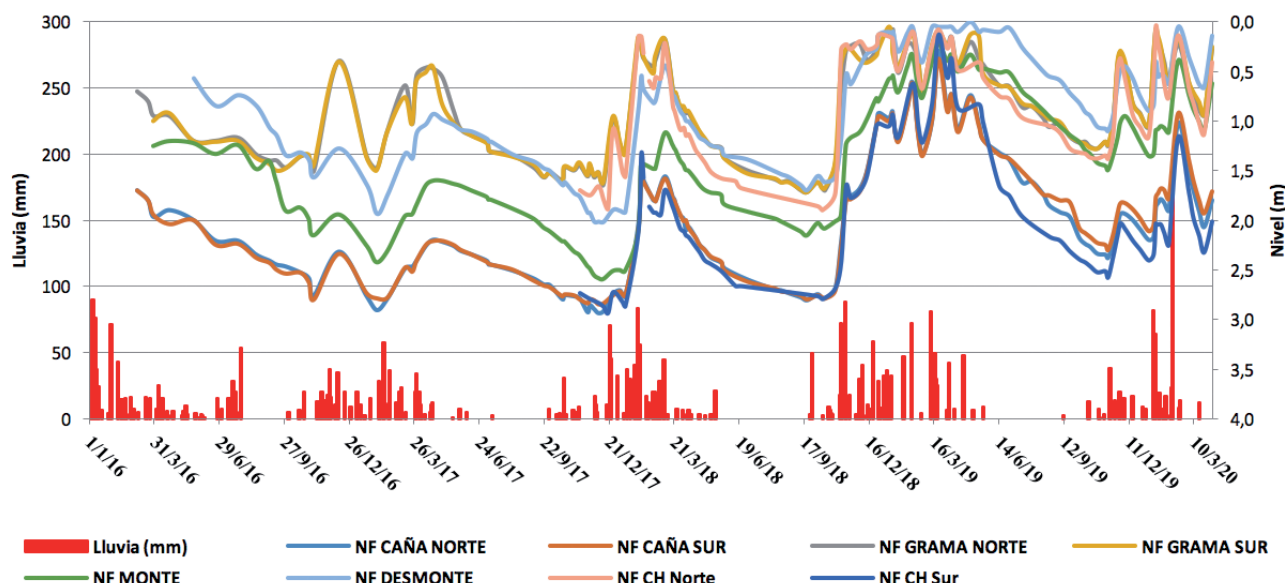


Figura 1. Nivel freático registrado en ocho freaímetros en el periodo marzo 2016-marzo 2020. El Chilcal, Leales, Tucumán.

Tabla 3. Nivel freático registrado en ocho freaímetros en el periodo marzo 2016-marzo 2020. El Chilcal, Leales, Tucumán.

	p-valor	%SCI
Textura	<0,0001	44,3
Año	<0,0001	36,9
Trimestre	<0,0001	10,3
Textura *Año	<0,0001	2,4
Textura *Trimestre	<0,0001	1,5
Año*Trimestre	<0,0001	4,0
Textura *Año*Trimestre	0,0917	0,5

aquellos con mayores porcentajes de arcilla, mientras que NF fue mayor (más profundo) en freaímetros instalados en suelos de textura moderadamente gruesa (menor porcentaje de arcilla) (Figura 2).

El efecto año fue significativo ( $p < 0,0001$ ) sobre NF para todos los freaímetros evaluados (Tabla 3). El año 3 de mayores precipitaciones (1057 mm) generó los valores medios más bajos de NF. Los NF de los años 1 y 2 (651 y 782 mm respectivamente) no mostraron diferen-

cias entre ellos, excepto en el año 2 en el suelo de textura media fina (Figuras 3 y 4). En estos años los freaímetros ubicados en suelos de textura media fina registraron NF medios superiores a los esperados (en comparación a los ubicados en suelos de textura fina); esto podría explicarse por las bajas láminas de riego por goteo a los que estuvieron expuestos esos freaímetros. En el año 3 no se regó y el comportamiento de NF se aproximó más a lo esperado.

Al analizar los trimestres se observaron interacciones entre año y textura (Tabla 3). Los trimestres con NF más profundos fueron ASO y NDE (75% y 25% de los casos evaluados, respectivamente). Los trimestres con NF más superficiales correspondieron a FMA, MJJ y NDE (67%, 25% y 8% de los casos evaluados, respectivamente) (Figura 5). Para años cuyas precipitaciones presenten una distribución similar a la media de la zona, es de esperar que los trimestres ASO y FMA sean los de mayor y menor profundidad de NF, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Figueroa *et al.* (1996). Trabajos anteriores observaron que los meses de mayor profundidad de nivel freático en esta región fueron diciembre y enero (Fogliata *et al.*, 1963). Sin embargo, probablemente la recarga en esos años fue menor por meno-

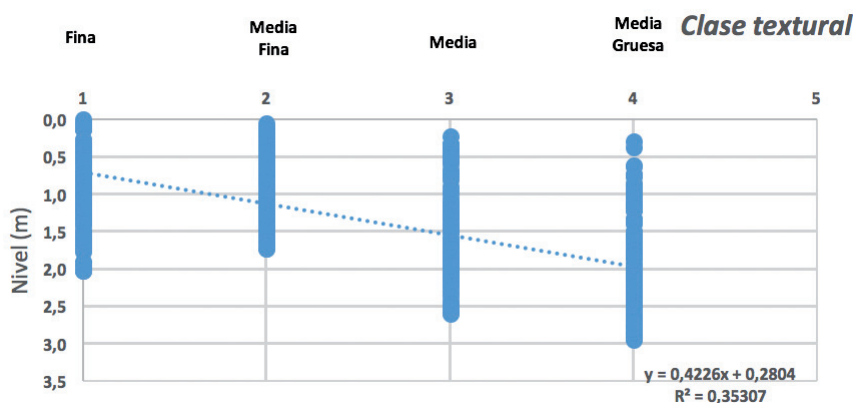


Figura 2. Relación entre NF medio y textura media del perfil de suelo para

res precipitaciones. Los periodos de máximo nivel (FMA) coincidieron con los mencionados trabajos.

Si bien los ascensos y descensos de NF fueron sincrónicos en todos los puntos estudiados (Figuroa *et al.*, 1996), se mantuvieron las diferencias de nivel entre puntos cercanos con similar cota. Este comportamiento se debió principalmente a su textura (Figuras 4 y 5).

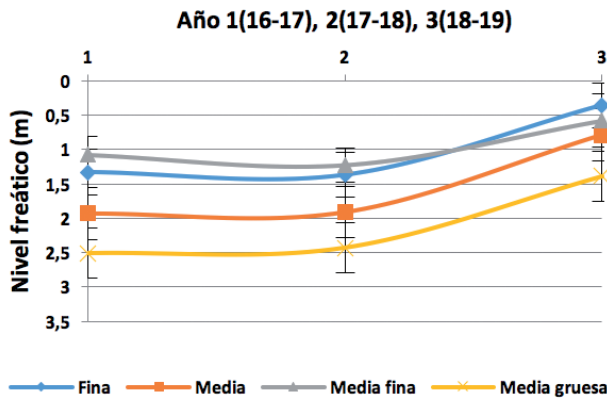


Figura 3. Variación interanual de los NF medios para las cuatro situaciones de suelos evaluadas.

### Cambio de Nivel ( $\Delta$ NF)

El descenso freático estuvo influenciado por NF para todas las situaciones de suelos estudiadas (Figura 6). Cuando la napa tuvo una posición más superficial (trimestre FMA), el descenso fue mayor debido a una superior componente hidrostática respecto a la situación de equi-

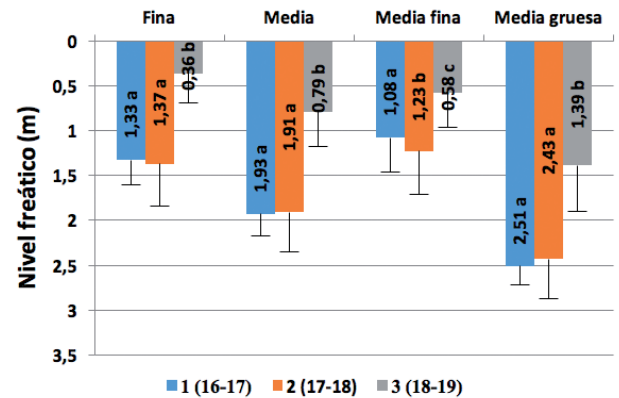


Figura 4. Comparación interanual de los NF medios para las cuatro situaciones de suelo evaluadas. Letras distintas dentro del mismo tipo de suelo indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

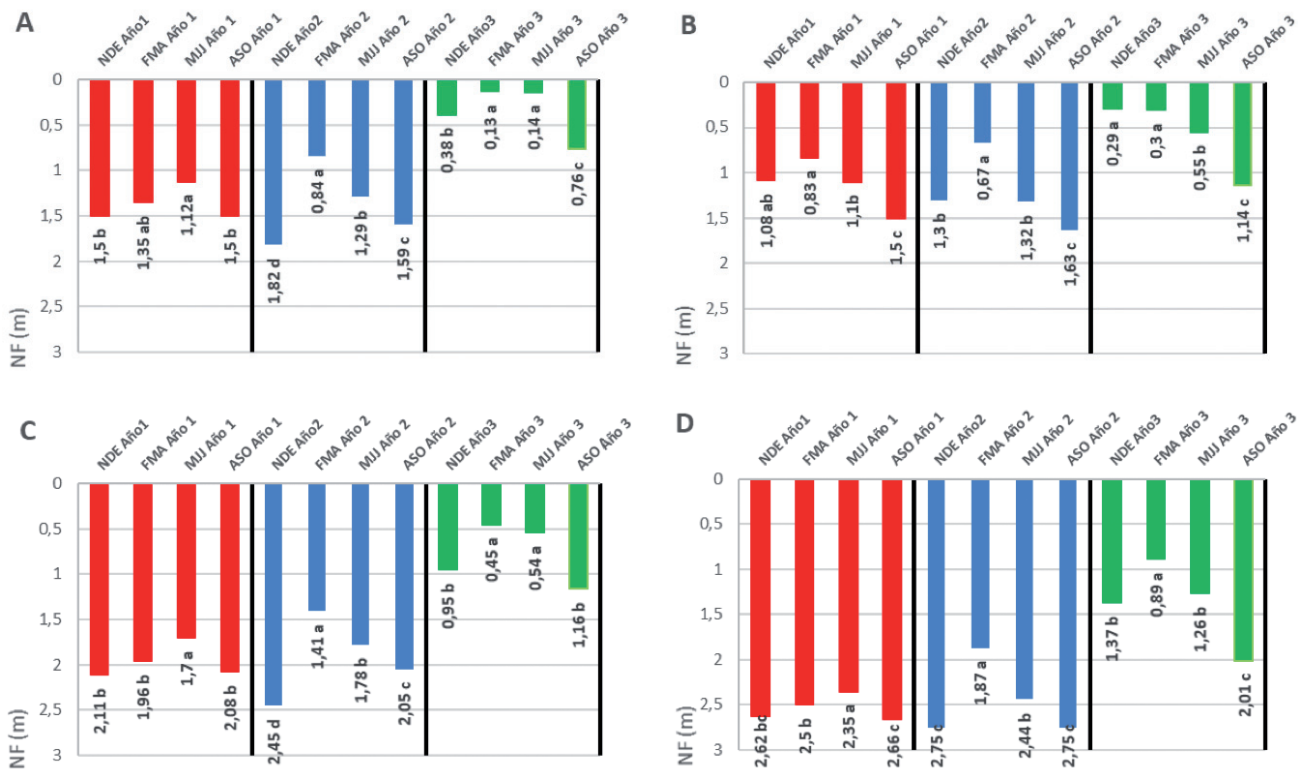


Figura 5. Comparación del nivel freático medio entre trimestres dentro de cada año para cada condición de suelo estudiada. Letras distintas dentro del mismo año indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NDE: trimestre Noviembre-diciembre-enero, FMA: trimestre Febrero-marzo-abril, MJJ: trimestre Mayo-junio-Julio, ASO: trimestre Agosto-Setiembre-octubre. A: textura fina, B: textura moderadamente fina, C: textura media, D: textura moderadamente gruesa.

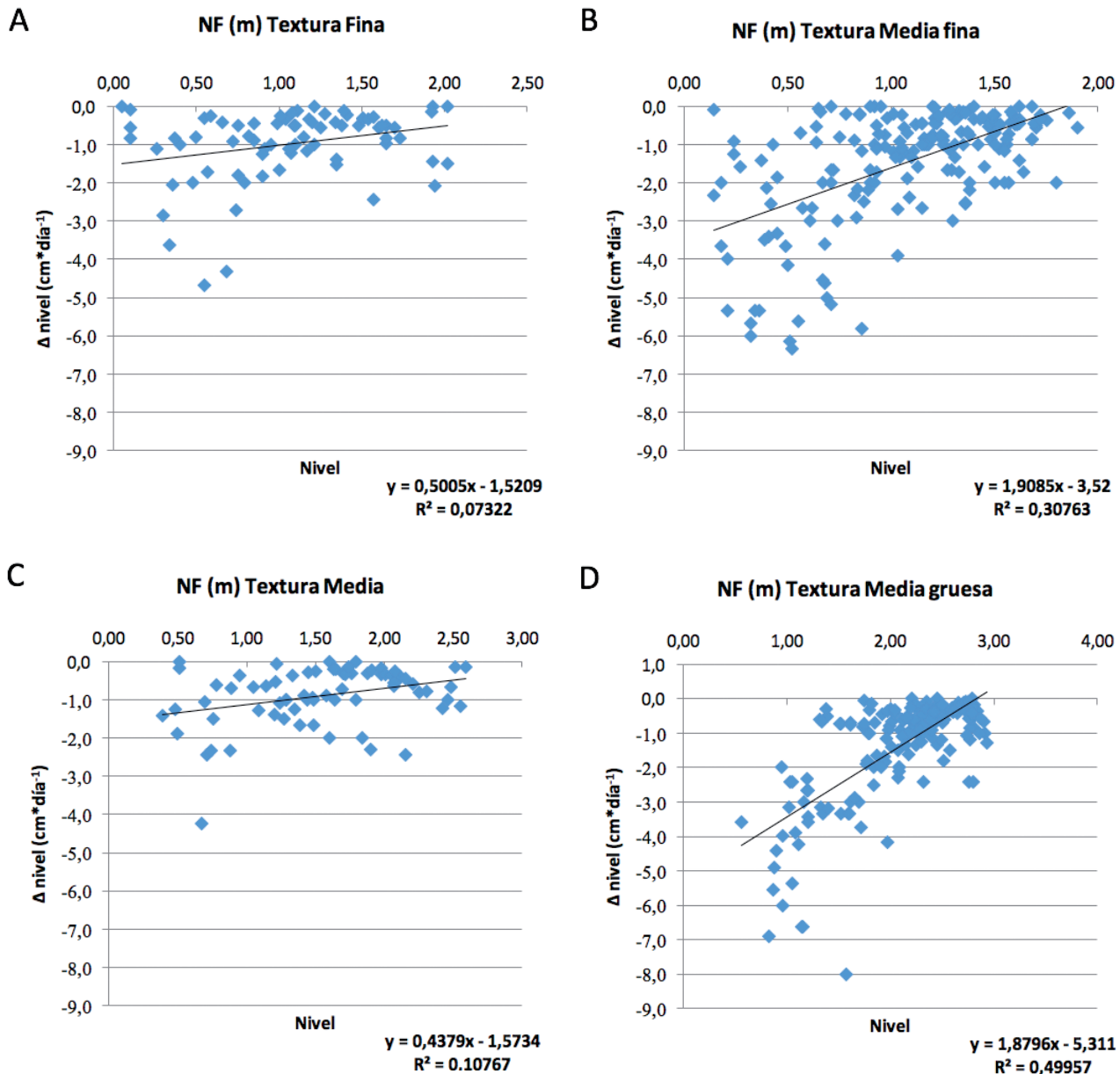


Figura 6. Relación entre el cambio de nivel  $\Delta NF$  (descenso de nivel) y el nivel freático (NF) para las cuatro situaciones de suelos estudiadas. A: textura fina; B: textura moderadamente fina; C: textura media; D: textura moderadamente gruesa.

Tabla 4. Coeficientes de regresión lineal entre el Cambio de Nivel freático ( $\Delta NF$ ) y Nivel freático (NF).

	R <sup>2</sup>	N	P
Fina	0,0732	74	0,0197
Media fina	0,3076	181	<0,0001
Media	0,1077	71	0,0044
Media gruesa	0,4996	188	<0,0001

libro; y también a que una elevada demanda evaporativa de la atmósfera sobre suelos húmedos supone un mayor consumo (Figuroa *et al.*, 1996; Balek, 1988; Nosetto *et al.*, 2015). Este brusco descenso de NF se produjo en todos los freatímetros, sin que tendiera a equiparar NF entre freatímetros próximos como lo propuesto por Figuroa

*et al.* (1996). Los suelos de textura más fina con mayor capilaridad y con NF próxima a la superficie mostraron mayores tasas de evaporación superficial, contribuyendo al rápido descenso observado en estas texturas. En los suelos de textura más gruesa y mayor profundidad de NF, el descenso pudo deberse a una mayor permeabilidad de acuíferos involucrados (Ritzema *et al.*, 1996). Este comportamiento entre puntos próximos se explicaría por la presencia de napas colgantes semipermanentes en los suelos de textura más fina.

La relación mencionada entre  $\Delta NF$  y NF fue más clara en suelos de textura más gruesa por su mayor permeabilidad; lo contrario se observó en los suelos más pesados (Figura 6 y Tabla 4).

Los factores año y periodo y sus interacciones fueron significativas sobre  $\Delta NF$  (Tabla 5). En este caso el

**Tabla 4.** Coeficientes de regresión lineal entre el Cambio de Nivel freático ( $\Delta$ NF) y Nivel freático (NF).

	<i>p</i> -valor	%SCI
Textura	0,0003	8,6
Año	<0,0001	19,5
Periodo	<0,0001	45,6
Textura*Año	0,0004	11,3
Textura*Periodo	0,0782	3,0
Año*Periodo	0,0003	7,5
Textura*Año*Periodo	0,1254	4,5

factor periodo explicó un 45% de la suma de cuadrados.

$\Delta$ NF fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en el periodo B (noviembre-marzo) coincidente con la época de mayores precipitaciones y mayores ascensos. Esta diferencia se observó para todos los años y texturas, excepto para la textura fina en el año 3 (Figura 7).

Los valores de  $\Delta$ NF fueron mayores en el año 3 en los suelos de textura media-gruesa. Esto pudo deberse a las mayores precipitaciones que produjeron un mayor ascenso del nivel freático en el mencionado año (Figura 1); frente a una mayor permeabilidad de la zona saturada los descensos fueron mayores. El mayor descenso promedio de los tres años evaluados tuvo lugar en la situación de monte regenerado (textura media), lo que podría estar relacionado con las tasas evapotranspiratorias y con mayores flujos de agua hacia la atmósfera

y descensos del nivel freático. El efecto de la cobertura vegetal no fue evaluado en el presente trabajo y podría explicar el comportamiento del cambio de nivel para esta textura (Jayawickreme, 2011; Mercou *et al.*, 2016; No-setto *et al.*, 2013).

Se determinó que el descenso promedio del nivel para los tres años evaluados fue de  $0,66 \pm 0,16$  y  $1,99 \pm 0,52$   $\text{cm}\cdot\text{día}^{-1}$  para el periodo de descarga de la freática (periodo A: de mayo a octubre), y el periodo de recarga (periodo B: de noviembre a abril), respectivamente. Estas diferencias dependen del nivel freático, tipo de suelo, año y probablemente del tipo de cobertura vegetal.

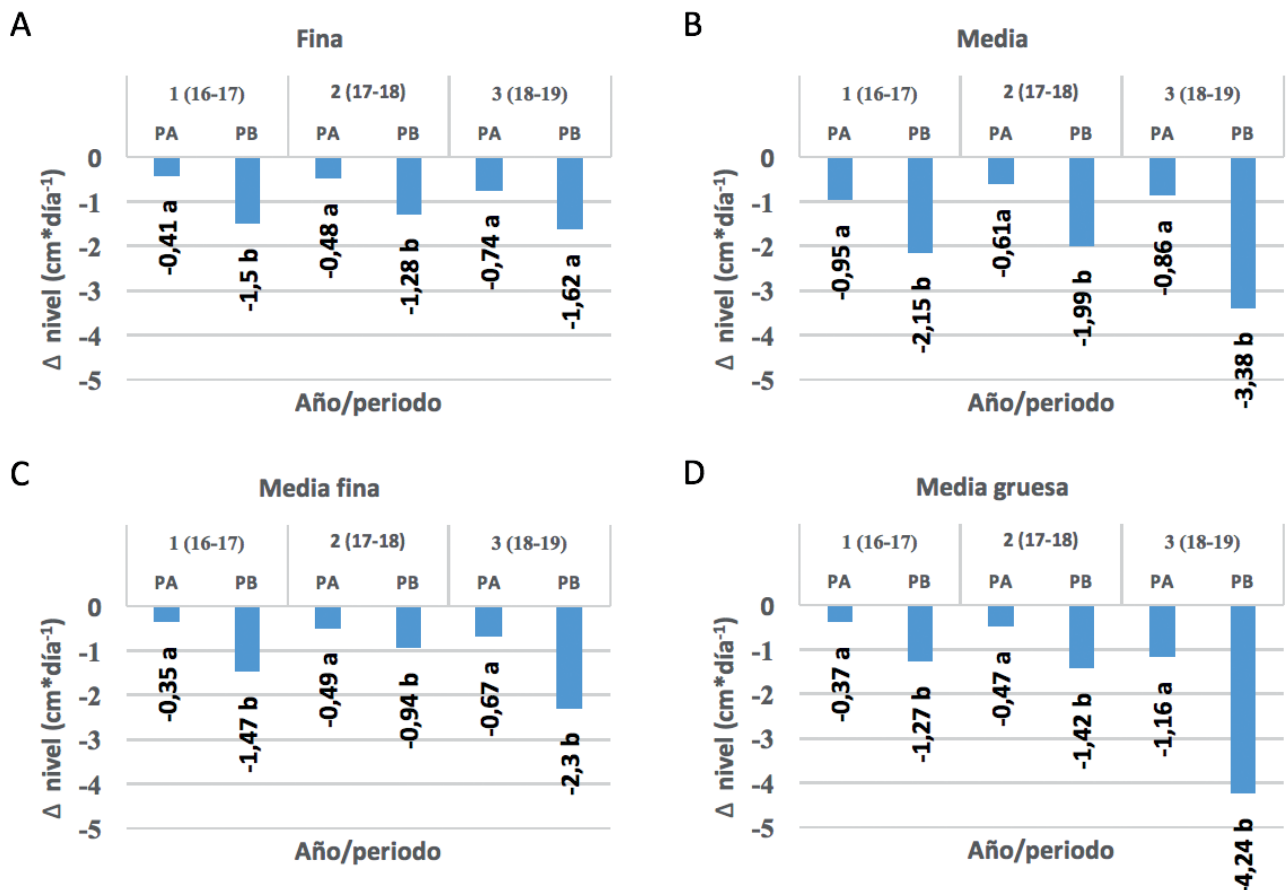
## CONCLUSIONES

En este estudio se observó que para condiciones similares de topografía el nivel freático varió según la textura de los suelos, el año y el trimestre considerado.

Suelos de textura fina y años de mayor pluviometría presentaron niveles más superficiales del nivel freático. Los trimestres FMA (Febrero-Marzo-Abril) y ASO (Agosto-Septiembre-Octubre) concentraron los niveles más superficiales y profundos, respectivamente.

Las tasas de descenso freático estuvieron influenciadas por el nivel freático para cada textura involucrada, siendo mayores a menor profundidad de la napa y suelos de textura moderadamente gruesa.

Los factores año y periodo afectaron significativamente el cambio de nivel. En el año más lluvioso los



**Figura 7.** Cambio de nivel freático medio ( $\text{cm}\cdot\text{día}^{-1}$ ) para cada periodo dentro de cada año y tipo de suelo estudiado. A = textura fina; B = textura media; C = textura Media fina; D = textura Media gruesa.

cambios fueron mayores. El descenso promedio de la napa freática para el periodo B (mayo a octubre) fue significativamente menor que el periodo A (noviembre a abril)

Los mayores descensos de nivel promedio para los tres años ocurrieron en un freático ubicado en suelo de textura media bajo vegetación de bosque degradado. La cobertura vegetal es un factor que no se estudió en el presente trabajo y podría tener un marcado efecto sobre la dinámica freática.

#### ■ AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y propietarios de Agropecuaria del Pilar SA donde se realizó el trabajo. Al Sr. Manuel Ponce, asesor de Crea Cañaverales.

#### ■ BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Coras Merino, P.M.; R. Ontiveros Capurata y L. Diakite Diakite. 2014.** Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (4), pp. 537-548
- Di Renzo J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2016.** *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea] Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. Carreras Baldrés; F. J. Soria; J. Giardina; J. Fernández de Ullivarri y E. R. Romero. 2019.** Reporte Agroindustrial 166. EEAOC.
- Figuroa, L. R.; L.F. Medina y A.M. Pietroboni. 1996.** Variaciones del nivel freático en la llanura deprimida de Tucumán. Serie Monográfica 3. INTA-CRTS. Tucumán.
- Florio, E. L.; J. L. Mercau y M. D. Nosetto. 2015.** Factores que regulan la dinámica freática en dos ambientes de la pampa Interior con distintos regímenes de humedad. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 33 (2): 263-272, 2015.
- Fogliata, F. A; P. J. Aso y F. Gómez. 1963.** Influencia de la napa freática y del contenido salino del suelo en el crecimiento de la caña de azúcar. *Boletín* 93. Estación Experimental Agrícola de Tucumán.
- Jobbágy, E. G. y M. D. Nosetto. 2009.** Napas freáticas: pautas para comprender y manejar su impacto en la producción. XVII Congreso de AAPRESID. [En línea] Disponible en [gea.unsl.edu.ar/pdfs/Jobbagy\\_et\\_al\\_aapresid\\_2009.pdf](http://gea.unsl.edu.ar/pdfs/Jobbagy_et_al_aapresid_2009.pdf)
- Jayawickreme, D.; C. Santoni; J. Kim; E. Jobbágy and R. Jackson. 2011.** Changes in hydrology and salinity accompanying a century of agricultural conversion in Argentina. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*. 21. 2367-79. DOI: 10.2307/41416664.
- Mercau, J. L; M. D. Nosetto; F. Bert; R. Gimenez and E. G. Jobbágy. 2016.** Shallow groundwater dynamics

in the Pampas: Climate, landscape and crop choice effects. *Agricultural Water Management* 163 (2016): 159-168.

- Minetti, J. L. 1973.** El régimen pluviométrico de Tucumán, parte II. Estación Experimental Agrícola De Tucumán, *Misceláneas* 49, pp. 33.
- Nosetto, M. D.; A. M. Acosta; D. H. Jayawickreme; S. I. Ballesteros; R. B. Jackson and E. G. Jobbágy. 2013.** Land-use and topography shape soil and groundwater salinity in central Argentina. *Agric. Water Manage.* 129: 120-129.
- Nosetto, M. D.; R. Paez; S. I. Ballesteros and E. G. Jobbágy. 2015.** Higher watertable levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 206: 60-70.
- Puchulu, M. E. 2007.** Variación estacional del nivel freático en un sector de La llanura deprimida (Tucumán-Argentina). *Actas 68° Semana de Geografía y Congreso Internacional de Geografía. Contribuciones GAEA – Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. ISSN 0328-3194 Posadas Misiones (Argentina). Octubre de 2007, pp. 350 – 354.*
- Puchulu, M. E.; C. Moreno y M. Hidalgo. 2008.** Zonificación espacial de la composición química del agua freática en el sudeste de la provincia de Tucumán. *Actas XXVII Congreso Argentino de Química. "Dr. Pedro José Aymonino", Tucumán (Argentina), 17 a 19 de septiembre de 2008.*
- Puchulu, M. E. 2011.** Variación de la profundidad y composición de la capa freática salina en la llanura deprimida de la provincia de Tucumán. 2ª Reunión de la Red Argentina de Salinidad, Tucumán, organizada por la RAS y la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT, 24 a 26 de agosto de 2011.
- Ritzema, H.; R. A. L. Kselik and F. Chanduvi. 1996.** Drainage of Irrigated Lands in Irrigation water management training manual 9. Publisher: Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome Italy FAO.
- Rizzo, G.; J. I. Rattalino Edreira; S. B. Archontoulis; H. S. Yang and P. Grassini. 2018.** Do shallow water tables contribute to high and stable maize yields in the US Corn Belt?. *Global Food Security* 18: 27-34.
- Sosa, F. A.; R. Correa; M. Flores; J. Danovis y J. Navarro. 2019.** Variación del nivel, conductividad eléctrica y pH de napa freática en dos ambientes próximos en el departamento Leales, Tucumán. VI Reunión de la Red Argentina de Salinidad: Los ambientes salinos y alcalinos. El análisis de su desafío en diferentes escalas de percepción. 22 al 25 de julio de 2019. Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires.
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. *Publ. Misc FAZ-UNT* (86).
- Weil, R. R. and N. C. Brady. 2017.** The Nature and Properties of Soils. 15th edition: Pearson, Columbus, OH.