



**LA FORMACIÓN DE FALSAS CAPAS  
FREÁTICAS EN EDUARDO CASTEX,  
PROVINCIA DE LA PAMPA**

**Santiago B. Gai, Graciela Visconti y Hugo Peinetti**

UNLPam, Facultad de Ciencias Humanas

Cnel. Gil 353 (6300) Santa Rosa.

E mail: *sgiai@cpenet.com.ar* *naico@unlpam.edu.ar*

*peinetti@cospec.com.ar*

**Santiago B. Giai, Graciela Visconti y Hugo Peinetti**

## Abstract

### THE FORMATION OF PERCHED AQUIFERS IN EDUARDO CASTEX, PROVINCE OF LA PAMPA

In this article the meaning of the term 'calcrete' (or 'caliche') is analysed from the various works about its genesis and forms of presentation, and the various contributions about its hydrological behaviour are analysed. Then the hydrology of the area of Eduardo Castex is presented summarily, getting into details about this duricrust as regards its form of presentation and its macro and microscopic characteristics. Finally, the results of monitoring by two phreatimeters placed in the urban limits of Eduardo Castex are submitted and discussed. One of the phreatimeters registers water table variation and the second one the level of water stored on the duricrust (false water table). Throughout the control period, covering more than a year, there have been circumstances in which both coincide and others in which the true water table is below the false one. Exceptionally the true one surpassed the false.

**Key words:** calcrete - perched aquifer - phreatimeters - La Pampa - Eduardo Castex

**Santiago B. Gai, Graciela Visconti y Hugo Peinetti**

## Resumen

En el trabajo se analiza el significado del término **tosca** a partir de varios aportes sobre su génesis y formas de presentación y se pasa revista a las contribuciones sobre su comportamiento hidrogeológico. Luego se expone sumariamente sobre la hidrogeología del área de Eduardo Castex, particularizando sobre esta duricostra en lo que hace a su forma de presentación y sus caracteres macro y microscópicos. Finalmente se presentan y discuten los resultados del monitoreo de dos freatímetros ubicados en el límite de la zona urbana de Eduardo Castex. Uno de ellos registra la variación del nivel freático, y el segundo el nivel del agua almacenada sobre el encostramiento (falso nivel freático). A lo largo del período de control, de más de un año, se han dado circunstancias en que ambos coinciden y otras en las que el verdadero nivel freático está por debajo del falso. Excepcionalmente el primero sobrepasó al falso.

**Palabras claves:** tosca - acuífero colgado - freatimetría - La Pampa - Eduardo Castex



## INTRODUCCIÓN

Por **tosca**, se conoce a una caliza impura, epigénica, que en la provincia de La Pampa por lo común se desarrolla en la parte cuspidal de una formación limo arenosa fina, y existen evidencias, a partir de observaciones de campo y cronograma de avance de perforaciones, de que se presenta en más de un nivel. Su límite superior es neto, mientras que el inferior es transicional. El término, de uso muy difundido indica un encostramiento del tipo de las *croûtes calcaires* (francés), *calcrete* (inglés) o *caliche* (Estados Unidos), aunque algunos especialistas son partidarios de denominarlas *duricostras*, en particular a las de nuestra región, dado que el material cementante no es exclusivamente calcáreo, sino que también poseen cemento silíceo.

La distribución de estas *duricostras* en nuestro país es amplia, y abarca grandes sectores de las provincias de Buenos Aires y La Pampa, aunque con diferentes modos de presentación, tanto con respecto a su espesor como en lo que se refiere a su textura.

En este sentido debe tenerse en cuenta que son varios los intentos de clasificación que se han propuesto para las mismas. Uno de ellos se debe a Mauriño y Nadeo (1971). En este trabajo se distingue entre las *toscas* bandeadas y las nodulosas, con el subtipo masivas. En el primero de los mencionados, alternan bandas claras y oscuras interdigitadas. El contenido de carbonato de calcio en las bandas claras es del 100 %, mientras que el conjunto contiene alrededor del 80 % de este cemento. Por su parte las nodulosas presentan nódulos de aspecto terroso y color más oscuro que la masa, y su tenor de cemento calcáreo está en el orden del 60 %. El subtipo masivo es una variación del anterior, que en ocasiones presenta un leve bandeado o nódulos pequeños.

Vogt et al. (1999) aportan principalmente a elucidar el origen del encostramiento sobre un área de gran extensión que abarca el centro sur de la provincia de La Pampa. De sus consideraciones surge, en primer lugar, que la *tosca* no constituye la porción cuspidal del pampeano, sino que se asienta sobre esta

formación. Acerca del material clástico que contiene la tosca, sostienen que es producto de transporte subácueo, con una posterior y local remoción eólica. Finalmente, acerca del origen del carbonato de calcio, participan de la idea de un aporte eólico en forma de polvo calcáreo, durante períodos muy fríos y secos.

Por su parte Lorenz y Sotorres (2001), efectúan un estudio sobre la distribución de estos materiales en el centro y este de la provincia de La Pampa, a la vez que diferencian varios tipos. Asimismo indican que pueden haberse formado bajo condiciones climáticas diferentes de las actuales y estar sufriendo un proceso de descomposición. Señalan además, que las calcretas tipo hardpan se caracterizan por tener un límite superior neto, bien definido, mientras que el inferior es transicional.

Con relación al papel que desempeña esta sedimentita en el proceso de infiltración de agua de precipitación, son escasas las contribuciones que aportan a elucidarlo, a lo que debe sumarse que las conclusiones son variadas. Así por ejemplo Weinzetel y Usunof (1999), han comunicado que para la cuenca del arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires), el encostramiento no influye en la reacción del acuífero freático ante las precipitaciones. En realidad, en el área estudiada por estos autores, el espesor del encostramiento es reducido (6 a 8 cm), y texturalmente es distinto del presente en la provincia de La Pampa (Rivas, com. verbal). Por el contrario, Malan y Mariño (1999), han comunicado que en el área de Perú (La Pampa), la recarga es mayor en coincidencia con el adelgazamiento de la costra calcárea. Malan et al. (1997) demostraron que en la zona comprendida entre Santa Rosa y Anguil, la recarga directa operada en el acuífero es sensiblemente inferior a la regional en las áreas en las que está presente el encostramiento, estimando una disminución del 8.5 al 12.6%.

Sumado a lo anterior, Quiroga y Paccapelo (1988) han demostrado que con el encostramiento calcáreo a 1 m de profundidad en el área de Anguil (La Pampa), entre los meses de septiembre y diciembre se forma agua gravitacional sobre el techo de la tosca. Lo mismo se ha comprobado para Eduardo Castex en la misma



provincia, en este trabajo. Ambos hechos son una prueba contundente de la muy contrastada permeabilidad entre el material sedimentario sobreyacente y el encostramiento.

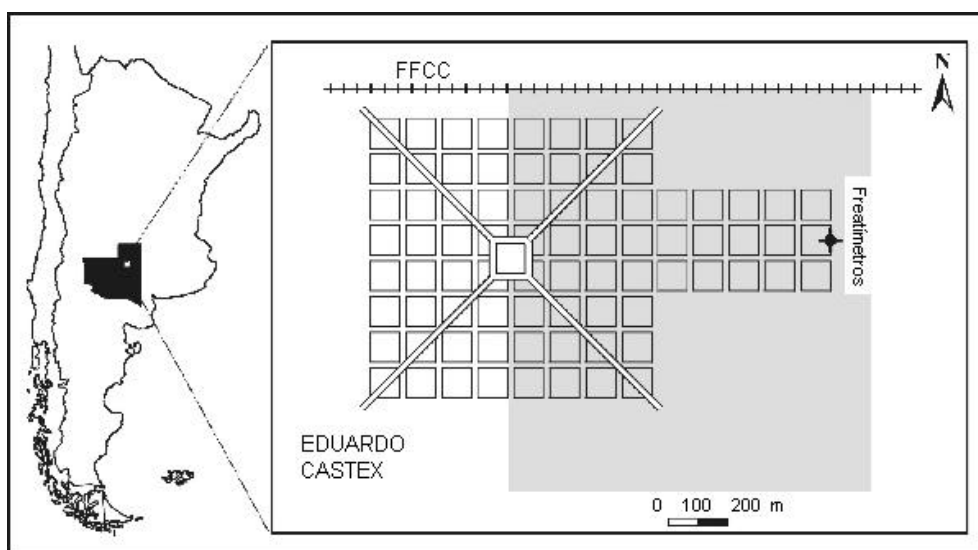
En este trabajo se discutirá la formación de esta falsa capa freática en la localidad de Eduardo Castex, analizando además, el comportamiento de la misma durante el período de control de los niveles, que abarca entre el 1/7/00 y el 18/11/01. La ubicación del área estudiada puede verse en la Figura 1.

### **HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En Eduardo Castex, geológicamente, desde abajo hacia arriba, se reconocen tres unidades estratigráficas. El basamento hidrológico, compuesto por rocas graníticas, se encuentra a 180 m de profundidad. Sobre el mismo se dispone una formación limo arenosa de color castaño, conocida informalmente como “pampeano”, la que por similitud litológica es correlacionable con unidades asignadas al Mioceno Superior. Este conjunto, alrededor de los 100 m de profundidad en la localidad misma, presenta un nivel arcilloso de unos 10 m de espesor. Le sigue por arriba, culminando la columna, un nivel de arenas finas, grisáceas, de origen eólico, cuyo espesor varía entre 0 y 3 m. Entre ambos se encuentra la duricostra objeto de este trabajo, separando los limos arenosos de las arenas superiores. Típicamente tiene un espesor de unos 40 cm, aunque su límite inferior es transicional.

Las precipitaciones en Eduardo Castex tienen una media de 667.1 mm (período 1921/2000), concentrándose en primavera - verano. En las últimas décadas se ha verificado un aumento de las mismas, ubicándose el punto de inflexión a principios de la década de 1970. En efecto, si tomamos las precipitaciones medias anuales entre 1921 y 1971 y entre 1972 y 2001, se obtienen valores de 575.9 mm y 848.0 mm, respectivamente.

Con respecto a la evapotranspiración, la localidad más cercana con información climática para calcularla, es Gral. Pico, distante 55 Km al noreste de E.



**FIGURA 1.** Croquis de ubicación. En grisado, área de estudio.

Castex. Para ella se ha estimado, mediante un balance hídrico seriado de paso mensual según la metodología de Thornthwaite (Cano, 1980) que entre los meses de marzo y julio se produce reposición de agua en el suelo. Asimismo, como en los meses restantes la evapotranspiración potencial (ETP) es superior a las precipitaciones, y en valores muy superiores, la evapotranspiración real (ETR) es igual al monto precipitado, y no se produce infiltración profunda. La ETP para la localidad citada alcanza a 821 mm/año.

Ahora bien, si las precipitaciones superan ese valor, podría llegar a generarse infiltración profunda. Por otra parte, es sabido que si tal balance se calcula con paso diario, la situación cambia, dado que existen eventos de tormenta que superan la capacidad de almacenaje del suelo. Así por ejemplo, tomando la información de

Gral. Pico de Cano (op. cit.), recalculando la ETP dividiendo la mensual por el número de días del mes y confrontándola con las precipitaciones ocurridas entre el 1/7/00 y el 31/3/02, se deduce que en los meses de julio, octubre y noviembre de 2000 y marzo, abril, setiembre, octubre y noviembre de 2001, el agua de precipitaciones infiltrada, supera la capacidad de almacenaje del suelo. Estos excesos coinciden con la formación de una falsa capa freática, cuyo piso lo constituye el techo de la duricostra. El recálculo de este balance se efectuó aceptando que para su comienzo el suelo estaba con su capacidad de campo saturada (hecho probado por la existencia de un nivel saturado sobre la tosca, a 1 m de profundidad), y tomando como capacidad de almacenamiento del suelo 130 mm, el que fue deducido para este tipo de sedimentos por Giai y Mariño (1993).

La superficie freática posee una leve inclinación hacia el este - noreste, con gradientes hidráulicos típicamente de 0,003 y líneas isofreáticas aproximadamente paralelas. Unos 2 Km al oeste de Eduardo Castex, se localiza una divisoria de aguas subterráneas. El nivel freático históricamente se encontraba entre 5 y 10 m de profundidad. En las dos últimas décadas ha ascendido, encontrándose en la actualidad en la planta urbana, alrededor de los 2 m.

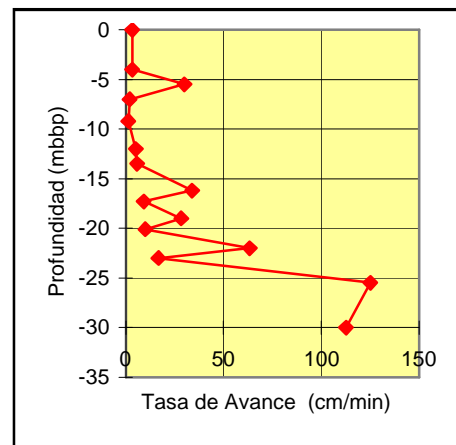
### **FORMA DE PRESENTACIÓN DE LA TOSCA**

La tosca se presenta en más de un nivel. Esto fue probado por Laurenz (2002), y se corrobora con las observaciones hechas en Eduardo Castex. En primer lugar pudo observarse en la excavación de un pozo absorbente en el parque industrial local. En segundo término, el cronograma de avance de una perforación realizada en la planta de silos de la Asociación de Cooperativas Agropecuarias (Figura N° 2), contrastado con la observación macroscópica del cutting de la perforación. Es evidente la presencia en el lugar de varios niveles tenaces, ubicados entre 0 y 4 m, entre 5,5 y 9.2 m y entre 16,2 y 17,3 m de profundidad. El más superficial de ellos contiene a la duricostra que se está analizando, mientras que los inferiores se

corresponden con otros tramos que contienen niveles ricos en carbonato de calcio.

En cuanto a la superficie que adopta la duricostra, cuyo comportamiento frente al agua de infiltración se indaga en este trabajo, en Eduardo Castex se presenta adoptando una forma ondulada, en la que se alternan elevaciones y depresiones redondeadas. En la figura N° 3 puede verse esta conformación, deducida a partir del relevamiento de la profundidad y cota del techo de la tosca, sobre una superficie de aproximadamente 2.5 Km<sup>2</sup>, que comprende la mitad E de la planta urbana, en una malla de 200 x 200 metros. Puede apreciarse en ella que las depresiones de forma elíptica, permitirían acumular agua gravitacional cuando es superada la capacidad de almacenamiento del suelo que está sobre ella.

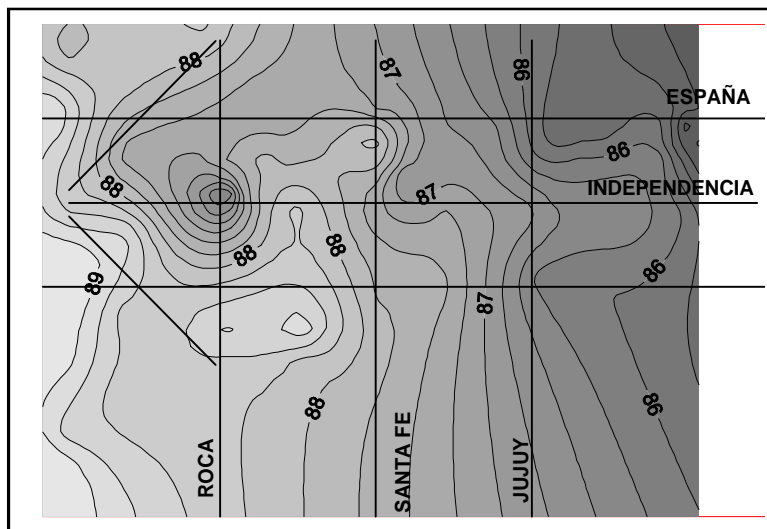
Observada en cortes de caminos y excavaciones de canales, muestra la yuxtaposición de unidades semejantes a lentes, de superficie rugosa, de hasta unos 10 cm de espesor y diámetros de alrededor de 40 cm. En una de estas lentes, sobre una superficie pulida, puede distinguirse que está compuesta por otras similares de tamaño menor, de alrededor de 1 cm de altura y entre 5 y 10 centímetros de diámetro. Ambos componentes, tanto los mayores como los más pequeños, están separados por una película de aproximadamente 1 mm de espesor, de color blanco sucio. Obviamente estas películas, en una superficie pulida perpendicular al eje mayor del cuerpo, aparentan ser venillas. Por otra parte, dentro de las lentes menores pueden



**FIGURA N° 2.** Cronograma de avance en perforación ACA.

estar presentes nódulos de color más oscuro que la masa, algunos con un marcado tono grisáceo y otros de color castaño más acentuado que la masa que los contiene.

Esta roca vista en un corte delgado, se presenta como una caliza compacta, impura, con clastos de arena fina y muy fina y algunos aislados de arena gruesa y limo grueso, insertos en una masa arcillosa, la que en algunos sectores ha sido reemplazada por calcita. Las texturas presentes son del tipo bandeada, pisolítica, oolítica y pelletal, siguiendo la nomenclatura de Hay y Reeder (1978). Las bandas generalmente se ubican recubriendo a las pisolitas o internamente, sin una orientación preferencial. Las pisolitas son redondeadas, con diámetros de 0.5 a 1.5 cm, e internamente están formadas por fragmentos de líticos sedimentarios (areniscas finas y limolitas), recubiertos por carbonatos. Las oolitas contienen hasta 2 ó 3 capas de



**FIGURA N° 3.** Morfología del techo de la tosca en el sector este de Eduardo Castex. Curvas de igual altura sobre el nivel del mar menos 100 m. Equidistancia 0.25 m.

Santiago B. Gai, Graciela Visconti y Hugo Peinetti

calcita y los cristales que actúan como núcleo de los ooides ocupan la mayor parte de la oolita. Los pellets están formados principalmente por agregados arcillosos de tamaño arena media, con escasa participación de carbonatos (Giai y Visconti, 2002).

La composición mineralógica de la duricostra se obtuvo por conteo de 300 puntos, en dos cortes delgados realizados a 90° entre ellos. Muestra la presencia de Cuarzo, Plagioclasas, vidrio volcánico, líticos, piroxenos, arcilla y calcita, la que alcanza valores del 52 y 56 %. Asimismo, por el mismo procedimiento de conteo, se determinaron porosidades variando entre el 2.7 y 1.7 %.

En cuanto a los poros, como se indicó al describir una superficie pulida a ojo desnudo, se observan venillas de más o menos 1 mm de espesor, de color blanco sucio. Vistas en corte delgado, estas venillas presentan poros irregulares de entre 62 y 1780  $\mu\text{m}$  de diámetro, tapizados por cristales de calcita micrítica, a manera de geodas microscópicas. La disposición alineada de estos espacios porales a lo largo de las venillas, permite deducir que fueron la vía de entrada de la solución que precipitó la micrita, de manera que están interconectados. Esta porosidad tiene todos los rasgos como para ser considerada secundaria y originada por la movilización del carbonato de calcio. De acuerdo a la descripción de Chaquette y Pray (1970), es del tipo aplanada (“platty”), y por su tamaño cae dentro de la clase mesoporo. Finalmente, cabe mencionar que estos espacios abiertos se localizan únicamente en los planos de separación, visualizados como venillas en un corte, pero el resto de la masa de la roca carece de ellos (Giai y Visconti, op. cit.).

### **MONITOREO DE LOS NIVELES FREÁTICOS VERDADERO Y FALSO**

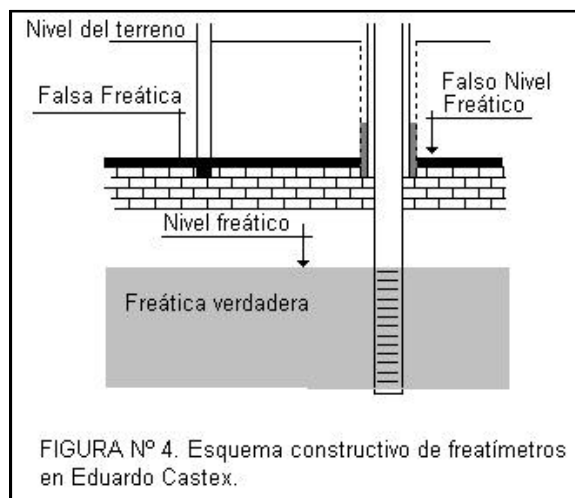
Ante la evidencia de acumulación de agua gravitacional sobre el techo de la tosca, y con la finalidad de estudiar su evolución, se construyeron dos freatímetros separados 1 m entre sí, uno para monitorear el nivel freático verdadero (NFV), y el segundo para hacer lo propio con el nivel freático falso (FNF). Los detalles constructivos de ambos pueden verse en la Figura N° 4, y su ubicación se indica en

la Figura N° 1. Los mismos fueron controlados entre el 1/7/00 y el 18/11/01.

Las observaciones realizadas se grafican en la Figura N° 5, en la que se representan en NFV, el FNF, el espesor de la capa freática falsa y las precipitaciones ocurridas en ése lapso.

Puede verse en la misma, que en períodos sin precipitaciones importantes, tal como el comprendido entre el comienzo de las mediciones y fines de septiembre de 2000 el FNF y el NFV se mantienen casi paralelos, separados por unos 15 cm uno de otro. El espesor del acuífero colgado en ésta situación, es de unos pocos centímetros (alrededor de 2 cm).

Durante períodos con precipitaciones persistentes, tal como los ocurridos entre fines de septiembre de 2000 y el 12/11/00, entre febrero y marzo del 2001 y entre fines de septiembre y octubre del mismo año, se produce el ascenso de ambos niveles, los que llegan a coincidir cuando alcanzan su máxima altura. La falsa capa freática llega a un espesor de unos 40 cm en el primer período, unos 80 cm en el segundo y cerca de 100 cm en el último. A partir de esta situación ambos niveles descienden, con la diferencia que el NFV lo hace a una tasa ligeramente mayor que el FNF. Esto se explica dada la mayor permeabilidad del acuífero freático verdadero con respecto a la permeabilidad vertical de la duricostra.



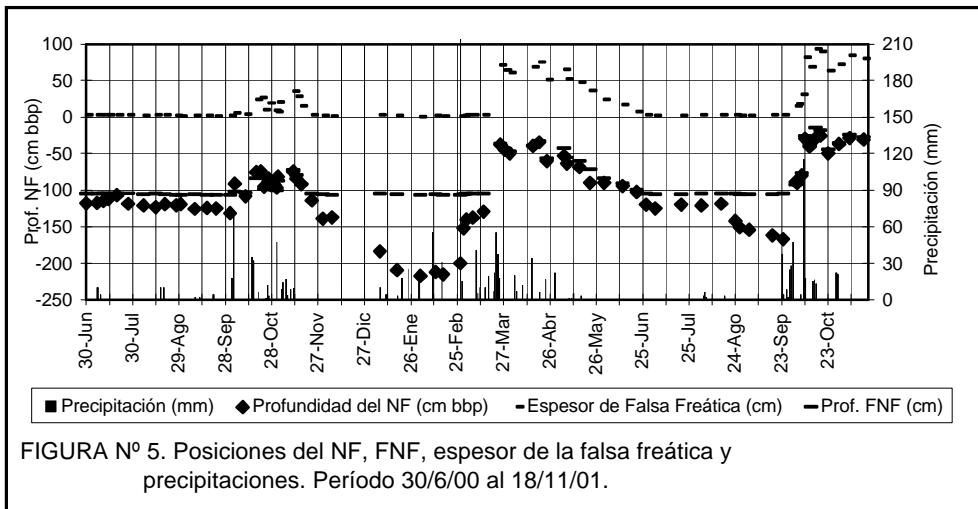
Continuando con el análisis de la serie de observaciones, pueden apreciarse otros momentos de importancia para comprender el funcionamiento del sistema. Así por ejemplo, una precipitación importante de gran magnitud, 280 mm (por cierto excepcional), ocurrida el 27/2/01, con una intensidad del orden de los 70 mm/hora, produjo un ascenso del NFV pero no del FNF. Este comportamiento se explica teniendo en cuenta que se produjo escurrimiento superficial. Por otro lado apoya la idea de discontinuidades laterales del encostramiento, ya que la infiltración devenida en recarga debe haberse producido en áreas cercanas carentes del mismo, o con él a mayor profundidad.

### CONCLUSIONES

La revisión de información disponible sobre tosca, junto al estudio en particular de la de Eduardo Castex, permiten extraer las siguientes conclusiones:

1. existen varios tipos texturales de este material, de manera que los resultados obtenidos para un lugar, en lo que se refiere a su comportamiento hídrico, no pueden generalizarse de manera simple.
2. su comportamiento frente al agua de infiltración, requiere de estudios de campo y laboratorio, y deben incluir el análisis de su distribución espacial y su observación en cortes delgados.
3. la estudiada en esta contribución, del tipo bandeado, da lugar a la formación de una capa colgada, por tener una permeabilidad muy inferior a la de los materiales que la cubren y a la de los que la subyacen.
4. no obstante ello, posee una porosidad del orden del 2 % y es algo permeable.
5. el agua almacenada en el acuífero colgado, percola la duricostra hasta incorporarse a la capa freática verdadera, a través de microcavernas en su masa.
6. no se descarta que puedan existir otras vías para la admisión de la recarga del acuífero subyacente a la duricostra, además de la comprobada.





Santiago B. Gai, Graciela Visconti y Hugo Peinetti

**BIBLIOGRAFÍA**

- CANO, E. (editor), 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Edición del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires.
- CHOQUETTE, P. W. y L. C. PRAY, 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 54(2):207-250.
- GIAI, S.B. y E. MARIÑO, 1993. Comportamiento de la humedad en un suelo de médano. *Actas Vas. Jor. Pampeanas de Ciencias Naturales*, II: 32-37, Santa Rosa.
- HAY, R. y R. REEDER, 1978. Calcretes of Olduvai Gorge and Ndolanya Beds of northern Tanzania. *Sedimentology*, 25:649-673.
- LORENZ, W., 2002. The "Calcreta Principal" ("tosca") at the border of the provinces of La Pampa and Buenos Aires. *Z. Angew. Geol.*, 1/2002, p44:51.
- LORENZ, W. y E. S. SOTORRES, 2001. Sobre la distribución de las calcretas mesetiformes en el sureste de la provincia de La Pampa, Argentina. *Serv. Geol. Min. Argentino, Contribuciones Técnicas* 14. Buenos Aires.
- MALÁN, J. M., E. MARIÑO y G. CASAGRANDE, 1987. Estimación de la infiltración eficaz en dos sectores del acuífero Santa Rosa – Anguil, provincia de La Pampa. En: *Actas Ier. Congreso Nacional de Hidrogeología*, 153-162. Bahía Blanca.
- MALÁN, J.M. y E. MARIÑO, 1999. Impacto de las características geomorfológicas sobre la infiltración eficaz y la calidad del agua en un sector del sureste pampeano. En: *Actas Primer Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, 35-38. Santa Rosa.
- MAURINO, V. E. y J. R. NADEO, 1971. Condiciones del subsuelo en la traza del acueducto Paso de las Piedras - Bahía Blanca. En: *Memorias Primera Reunión Argentina de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones*, 43-52. La Plata.
- QUIROGA, A. R. y H. A. PACCAPELO, 1988. Fertilización nitrogenada en Trigo: influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua. *Región semiárida pampeana. UNLPam, Rev. Fac. De Agronomía*, Vol. 3 (1): 57-67. Santa Rosa.
- VOGT, T., O. CARBALLO y A. P. CALMELS (1999). Un esbozo de explicación de la génesis de las toscas de la meseta de La Pampa. En: *Actas Primer Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, 195-205. Santa Rosa.
- WEINZETEL, P. y E. USUNOFF, 1999. Hidrodinámica de la zona no saturada en suelos argiudoles de la cuenca del arroyo del Azul. En: *Tineo, A. (editor) Hidrología subterránea. Serie Correlación Geológica N° 13*. Universidad Nacional de Tucumán.