

## ROLADOS E INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO EN LA REGIÓN CHAQUEÑA OCCIDENTAL

### ROLLER –CHOPPING AND WATER INFILTRATION IN SOILS OF THE WESTERN CHACO REGION

Kunst C.1\*, R. Ledesma<sup>1</sup>, P. Tomsic<sup>1</sup> & J. Godoy<sup>1</sup>

#### RESUMEN

El rolado es un tratamiento mecánico muy común en la región chaqueña, destinado a incrementar la oferta de forraje y la accesibilidad. Al modificar la estructura de la vegetación, el rolado puede afectar la infiltración de agua, atributo clave del ciclo del agua. Se evaluó entre 2006 y 2007 la infiltración de agua mediante la técnica del doble anillo en cuatro establecimientos (EST) del Chaco occidental, en potreros rolados y testigos (TRAT). Los datos se ajustaron a la ecuación de Kostiaikov, y los parámetros  $m$  y  $k$  fueron sometidos a un ANVA. No se observaron diferencias significativas en  $m$ . El coeficiente  $k$  ( $\approx$  infiltración inicial) fue significativamente afectado por EST ( $P > F = 0,0001$ ) y EST\*TRAT ( $P > F = 0,0022$ ). Salvo en un establecimiento recién habilitado, el  $k$  promedio fue mayor en los testigos que en el sector rolado. Este resultado se atribuye a la intensidad y severidad del rolado, y al manejo del pastoreo posterior, que incrementó la compactación del suelo, más que al rolado propiamente dicho.

**PALABRAS CLAVE:** Ciclo del agua, Tratamientos mecánicos, Hidrología.

#### ABSTRACT

Roller chopping is widely used in the Chaco region as a means to increase standing forage and accessibility. By modifying vegetation structure, roller-chopping may affect water infiltration in soils, a key attribute of the ecosystem. During 2006-2007 soil water infiltration was assessed using the double ring infiltrometer in four ranches of the western Chaco (EST), in controls and roller-chopped paddocks (TRAT). Data were adjusted to the Kostiaikov equation, and the  $m$  and  $k$  parameters were analyzed using ANOVA with EST and TRAT as independent variables. The coefficient  $m$  was not statistically affected, but  $k$  was significantly modified by EST ( $P > F = 0,0001$ ) y EST\*TRAT ( $P > F = 0,0022$ ). Controls showed a larger mean  $k$  than the treated paddocks, but in a ranch recently roller-chopped. Results are attributed to the severity and intensity of the roller-chopping and to the post-grazing management, rather than to the mechanical operation itself.

**KEY WORDS:** Water cycle, Mechanical treatments, Hydrology.

#### INTRODUCCIÓN

La ganadería de cría de la región chaqueña en su sector más árido (sudoeste de Sgo del Estero, norte de Córdoba y este de Catamarca) se realiza en un contexto marcado por dos aspectos: la alta demanda de agua por características climáticas y la presencia de leñosas. Estas últimas han incrementado su densidad y cobertura debido al sobrepastoreo y al cambio de régimen de fuego,

causando problemas de acceso y tránsito. Agregado a la falta de biomasa de especies forrajeras causada por sobrepastoreo, este hecho limita severamente la actividad ganadera. La aplicación de tratamientos mecánicos de diferente intensidad y severidad son muy comunes para controlar leñosas y aumentar la oferta de forraje (Kunst *et al.*, este Congreso). La infiltración de agua se define como el proceso por el cual ésta penetra en el suelo y es uno de los más importantes del

<sup>1</sup> INTA, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Jujuy 850, Santiago del Estero, G4200CQR, Argentina  
\* ckunst@santiago.inta.gov.ar

ciclo hidrológico (Cerdá, 1996). La velocidad de infiltración (cantidad de agua infiltrada por unidad de tiempo) es considerada como un indicador clave de calidad del suelo (Arshad & Martin 2002; Pellant *et al.*, 2005). La infiltración del agua en el suelo puede ser afectada por distintos factores: el tipo del suelo, especialmente su textura (Arshad & Martin, 2002), el contenido de humedad inicial (Dunne *et al.*, 2011), manejo del pastoreo (Pluhar *et al.*, 1987; Dunne *et al.*, 2011), la cantidad de mantillo de leñosas (García Hernández *et al.*, 2008) y la proporción de árboles, arbustos y pastos en la cobertura vegetal (Hester *et al.*, 1997). El mantenimiento y/o mejora de la producción de forraje está directamente relacionada con la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua de los suelos (Teague *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que ejercen sobre la infiltración de agua, algunos de los tratamientos de rolado utilizados para mejorar potreros para la actividad ganadera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La misma se ubica en las provincias de Santiago del Estero y Catamarca, a LS y LO. El clima es semiárido, con una precipitación promedio entre los 500 y 600 mm. Los suelos pertenecen al orden Aridisol, y su textura es limo-arenosa. La vegetación corresponde a la región fitogeográfica chaqueña, en su extremo árido-semiárido.

Trabajo de campo. Entre 2006 y 2007 se muestrearon potreros tratados mediante rolados de distinta intensidad y severidad, sembrados con *Panicum máximum* cv *Gatton panic*, *Cenchrus ciliaris* cv *Texas*, *Chloris gayana* y con pastura natural, ubicados en cuatro establecimientos de la zona: CIP, NOB, NES y SAP. El establecimiento CIP fue habilitado para ganadería a mediados de la década del 70, mientras que NOB había sido rolado el año del muestreo (2007) y los sectores tratados no habían sido pastoreados. Los otros dos establecimientos se habilitaron en la década de 1990. Como testigos se muestrearon cortinas y sectores bajo los alambres. La infiltración se estimó mediante un infiltrómetro de doble anillo, con un anillo externo de 63 cm de

diámetro y uno interno de 33 cm de diámetro, respectivamente (Naeth *et al.*, 1991). El agua fue agregada en ambos anillos para mantener el nivel inicial. El nivel de agua del anillo interno fue medido visualmente con regla graduada (0,1 cm de precisión) a los 30 segundos, 1 minuto, 3 minutos, 5 minutos y luego cada 5 minutos hasta completar 30 minutos desde el inicio. El tiempo fue monitoreado con cronómetro de bolsillo (milésimas de segundo de precisión). Las determinaciones de infiltración se efectuaron durante los meses de Julio y Agosto de cada año. Estudios de humedad de suelo indican que en esa época los mismos se encuentran con un contenido promedio de humedad de 3-4 %, debido a la ausencia natural de lluvias. Se efectuaron al menos  $n = 2$  evaluaciones de infiltración en testigos y áreas tratadas. En forma paralela a la evaluación de infiltración, se muestreó la compactación de suelos en áreas cercanas, empleándose un penetrómetro de campaña (Oneto comunicación personal).

Trabajo de gabinete. Los valores de lámina infiltrada registrados en cada punto de observación fueron ajustados al modelo de Kostiaikov (formula 1, Naeth *et al.*, 1991) a través de un análisis de regresión no lineal empleando hoja de calculo EXCEL.

$$L = k \cdot \text{tiempo}^m \quad [1]$$

donde: L = lámina de infiltración acumulada expresada en mm, k = constante empírica, no posee unidades, asociada a la infiltración inicial e influenciada por la condiciones del horizonte superficial del suelo; m = constante que refleja las condiciones intrínsecas del suelo, tales como textura, estructura y estabilidad del espacio poroso. Los coeficientes k y m fueron sometidos al análisis de la varianza, empleando establecimiento (EST), tratamiento (TRAT, rolado y testigo), intensidad del tratamiento (INTE, muy alto, alto y cero), cantidad de biomasa de herbáceas presente (BIO) y tipo de mantillo (MANT, de herbáceas o leñosas) y sus interacciones como variables independientes. EST representa la variación en suelos confundida con la historia de los potreros y el manejo del productor, INTE la cantidad de biomasa vegetal, especialmente leñosa, removida por los tratamientos y fue eva-

luada mediante comparación visual con testigos. BIO fue evaluada visualmente en kg MS\*ha<sup>-1</sup> y fue incluida como covariable en el análisis. Para los cálculos estadísticos se empleó el PROC GLM del paquete SAS (SAS, 2002). Se utilizó un  $\alpha = 0.05$  como referencia. Debido a la variación de k, los datos fueron transformados a rangos previo al ANVA (Conover). Los términos no significativos del ANVA fueron removidos del análisis. Para facilitar la interpretación de los resultados, la velocidad de infiltración fue graficada en escala logarítmica (Naeth *et al.*, 1991). El número de golpes del penetrómetro registrado en los 10 cm del suelo fue sometido a un ANVA empléandose EST y TRAT como variables independientes (Pellant *et al.*, 2005). A mayor número de golpes, mayor compactación del horizonte superficial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rango de valores observados del coeficiente m fue estrecho, siendo el promedio 0,687 (sd = 0.175). Los factores EST, TRAT, INTEN, BIO y MAN no afectaron a m de manera significativa, aunque el establecimiento CIP presentó la mayor velocidad de infiltración (Tabla 1). Por su parte, el coeficiente k presentó una gran variación, siendo altamente significativos los factores TRAT y la interacción EST\*TRAT ( $P > F = 0,0001$  y  $P > F = 0,0022$ , respectivamente). A nivel establecimiento, TRAT fue en general significativo, y el TRAT 'testigo' presentó una mayor magnitud del coeficiente k promedio con respecto al 'rolado', salvo en EST NOB. (Figs 1 y 2). INTE no modificó m ni k, aunque la magnitud del promedio de k medias fue mayor en los testigos. El número promedio de golpes del penetrómetro fue mayor en áreas tratadas que en áreas testigo en SAP, CIP y NES, y viceversa en NOB. Solo en NOB y CIP el factor TRAT fue significativo ( $P > F = 0,0437$  y  $P > F = 0,06$ , respectivamente). Desde un punto de vista matemático el coeficiente k es la ordenada al origen de las curvas de infiltración. Desde una óptica agronómica, representa la magnitud de la infiltración inicial, que es afectada por las condiciones de los primeros cm de horizonte superficial del suelo (Kunst *et al.*, 2003). El cambio de la estructura de la vegetación (proporción de árbo-

les, arbustos y pastos) puede modificar la infiltración de agua. Thurow (1991) informa que la infiltración de agua es mayor bajo cobertura de leñosas que bajo pastos. El rolado, al cambiar en función de su intensidad y severidad la fisonomía de la vegetación original puede ser identificado en forma preliminar como el causante de las diferencias en k. Kunst *et al.* (2003) informaron que el rolado disminuyó en forma temporal la infiltración de agua, contrariamente a lo observado en NOB, establecimiento recién tratado, donde se observa un aumento de k en los sectores rolados. Esta diferencia puede atribuirse a la presencia de sal en NOB y a que el rolado removió el suelo. El pisoteo animal puede afectar la infiltración inicial al aumentar la compactación (Dunne *et al.*, 2011), hecho a que se atribuye los resultados de este trabajo y que se correlaciona con el aumento de la compactación del horizonte superficial observado en los establecimientos más antiguos.

## CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PARA EL MANEJO

El rolado y prácticas asociadas son una manipulación estructural orientada a reducir la dominancia de leñosas con fines productivos, y son observadas con desconfianza por sectores de la sociedad debido a que se interpretan como una 'simplificación' de la vegetación, a favor de la actividad ganadera (Fulbright, 2004). Se observa que el rolado modifica los parámetros hidrológicos (especialmente k de la ecuación de Kostiaikov). Este trabajo sugiere que la intensidad de rolado ( $\approx$  remoción de cobertura de leñosas) y el manejo del pastoreo son factores claves para atemperar los efectos no deseados del rolado, necesario para beneficiar la actividad ganadera.

## AGRADECIMIENTOS

A los Sres. Bonadeo, Passerini, Senki y Picat, propietarios de los establecimientos donde se realizaron los trabajos de campo. Los fondos para este trabajo provienen del INTA a través del: Proyecto Regional Oeste (CRTUCSE), 2006-2009 y del Proyecto Específico Nacional AAFP 263051 'Incremento de la productividad y calidad de los Pastizales' (2006-2009).

**BIBLIOGRAFÍA**

Arshad M. & S. Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agric. Ecosys. Environ.* 88: 153-160.

Dunne T., D. Western & W. Dietrich 2011. Effects of cattle trampling on vegetation, infiltration and erosion in a tropical rangeland. *J. Arid Environ.* 75: 58-69.

Fulbright T. 2004. Disturbance effects on species richness of herbaceous plants in a semiarid habitat. *J. Arid Environ.* 58: 119-133.

García Hernández M., M. García Hernández, I. Castellanos Vargas, Z. Cano Santana & C. Peláez Rocha 2008. Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana* 26: 21-27.

Hester J., T. Thurow & C. Taylor. 1997. Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by prescribed burning. *J. Range Manag.* 50: 199-204.

Kunst C., R. Ledesma, M. Basan, G. Angella, D. Prieto & J. Godoy. 2003. Rolado de fachinales e infiltración de agua en el suelo en el Chaco occidental argentino. *RIA.* 32: 105-122.

Naeth M.A., D.S. Chanasyk & A.W. Bailey. 1991. Applicability of the Kostiakov equation to mixed prairie and fescue grassland of Alberta. *J. Range Manag.* 44: 18-21.

Pellant M., P. Shaver, D. Pyke & J. Herrick. 2005. Interpreting indicators of rangeland health. Version 5. United States Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Technical Reference 1734-6

Pluhar J., R. Knight & R. Heitschmidt 1987. Infiltration rates and sediment production as influenced by grazing systems in the Texas rolling plains. *J. Range Manag.* 40: 240-243.

Teague W., S. Dowhower, S. Baker, N. Haile, P. DeLaune & D. Conover. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agric. Ecosys. Environ.* 141: 310-322.

Thurow T. 1991. Hydrology and erosion. En: *Grazing management an ecological perspective* (R. Heitschmidt & J. Stuth eds.). <http://cnrit.tamu.edu/rlem/textbook/textbook-fr.html>. Consultado 1/10/2012.

**Tabla 1.** Coeficiente m (promedio) de la ecuación de Kostiakov evaluado en los distintos establecimientos.

**Table 1.** Coefficient m (average) of the Kostiakov equation observed in sampled ranches.

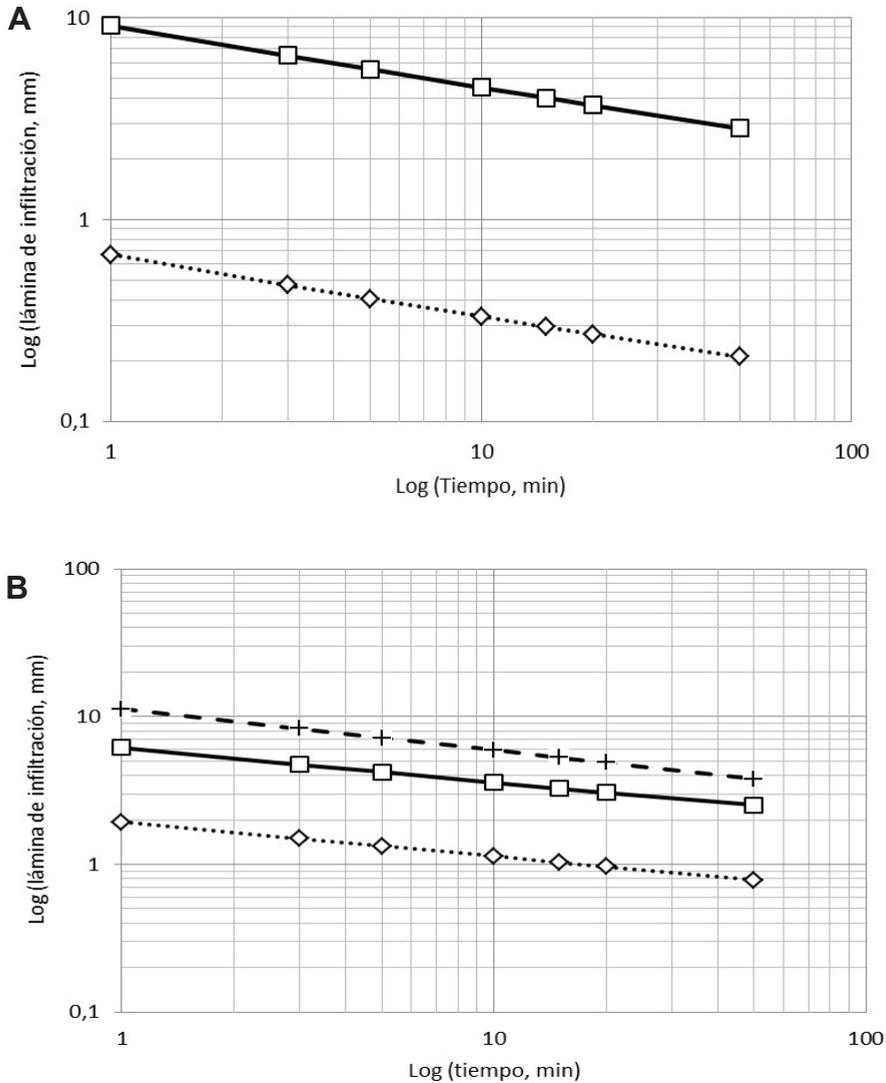
| Establecimiento | Coeficiente m<br>(promedio) |   |
|-----------------|-----------------------------|---|
| CIP             | 0,7425                      | a |
| SAP             | 0,7187                      | a |
| NES             | 0,6528                      | a |
| NOB             | 0,6204                      | a |

Promedios seguidos de una misma letra no son diferentes, test de Duncan,  $\alpha = 0,05$ .

**Tabla 2.** Factores del análisis de la varianza y su efecto sobre los promedios de los coeficientes m y k de la ecuación de Kostiakov.

**Table 2.** Terms of the ANOVA and their effect on the mean m and k coefficients of the Kostiakov equation.

| Establecimiento | Factor | P > F = |          |
|-----------------|--------|---------|----------|
|                 |        | m       | k        |
| NOB             | Trat   | 0,6441  | 0,0034** |
|                 | Inten  | 0,0209  | 0,0011** |
|                 | Bio    | 0,709   | 0,0001** |
| SAP             | Trat   | 0,654   | 0,0877*  |
|                 | Inten  | 0,0369  | 0,6155   |
|                 | Bio    | --      | 0,822    |
| CIP             | Trat   | 0,8     | 0,0056** |
|                 | Inten  | 0,0815  | 0,9427   |
|                 | Bio    | 0,6074  | 0,2478   |
| NES             | Trat   | --      | 0,0865*  |
|                 | Inten  | --      | --       |
|                 | Bio    | --      | 0,9374   |

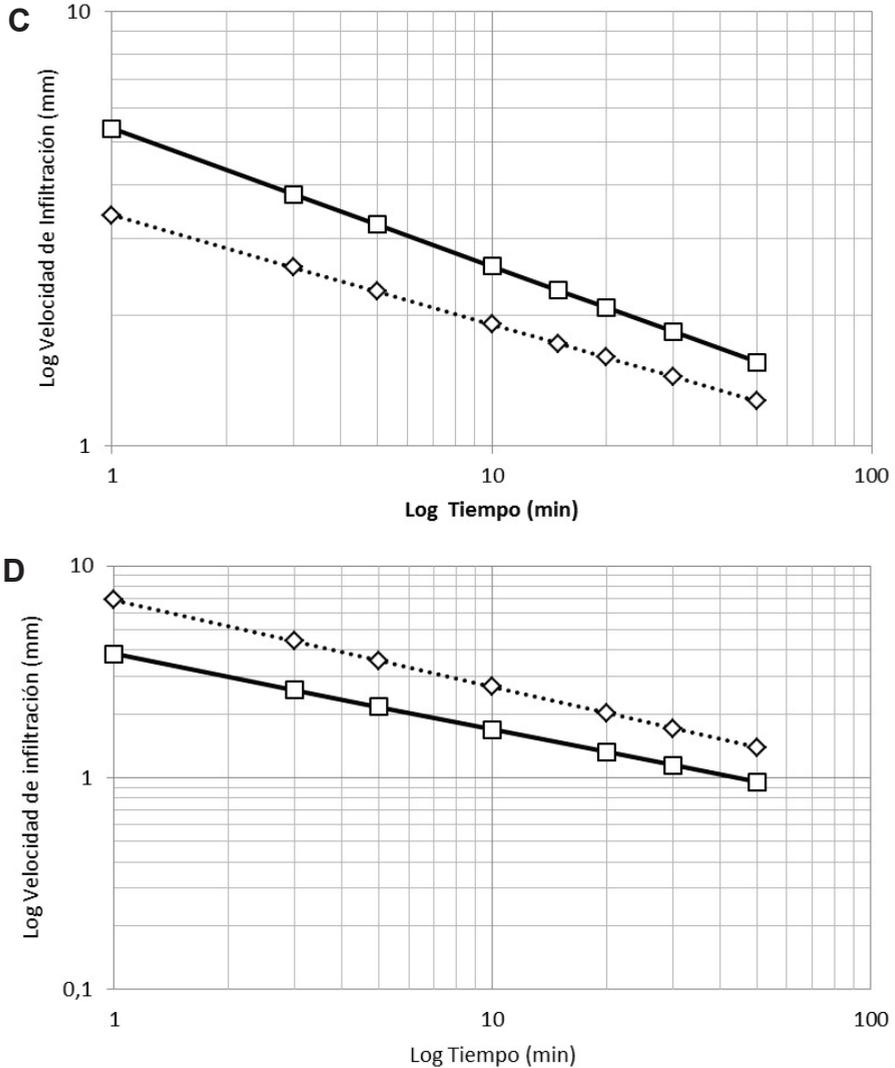


Referencias: testigo: = línea llena y cuadrados; tratado, línea de puntos y rombos; bajo mantillo de leñosas: línea de trazos y cruces.

References: controls = solid line and squares; roller-chopped = dotted lines and diamonds; in woody litter = dashed line

**Figura 1.** Velocidad de infiltración media (mm) en función del tiempo (min) en establecimientos NES (A) y CIP (B) en testigos y potreros habilitados mediante rolados, de acuerdo a la ecuación de Kostiakov.

**Figure 1.** Mean infiltration rate (mm) plotted against time (min) in ranches NES (A) and CIP (B) in controls and paddocks treated using roller chopping, calculated using the Kostiakov equation.



Referencias: testigo: línea llena y cuadrados; tratado, línea de puntos y rombos.

References: controls = solid line and squares; roller-chopped = dotted lines and diamonds

**Figura 2.** Velocidad de infiltración media (mm) en función del tiempo (min) en establecimientos SAP (C) y NOB (D) en potreros habilitados mediante rolados y testigos, de acuerdo a la ecuación de Kostiakov.

**Figure 2.** Mean infiltration rate (mm) plotted against time (min) in ranches SAP (C) and NOB (D) in controls and paddocks treated using roller chopping, calculated using the Kostiakov equation.