

Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México

Hydrological and environmental role of native and introduced grasslands in the upper basin of the Chuvíscar river, Chihuahua, Mexico

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES-OLIVAS¹, VÍCTOR MANUEL REYES-GÓMEZ², ALFREDO RANGEL-RODRÍGUEZ¹, CARLOS ORTEGA-OCHOA¹, RICARDO A. SOTO-CRUZ¹, JAVIER CAMARILLO-ACOSTA¹ Y TOUTCHA LEBGUE-KELENG¹

Recibido: Noviembre 22, 2011

Aceptado: Abril 18, 2012

Resumen

En la cuenca alta del río Chuvíscar predominan condiciones climáticas extremas, escasez de agua, erosión y presencia de pastizales nativos e introducidos, lo que hace imperativo conocer su función en la conservación de suelo e infiltración de agua. El objetivo fue comparar dos grupos de gramíneas: nativas (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Griffiths, *Digitaria californica* (Benth) Henrad, *Heteropogon contortus* (L.) Roem. Et Schult) e introducidas (*Eragrostis lehmanniana* Nees, *Eragrostis superba* Peyr, *Melinis repens* (Willd) C.E. Hubb) para determinar la hidrodinámica de especies sobre el suelo. Se utilizó un simulador de lluvia (Deltalab - EID340) en 20 parcelas (1 m² c/u) sobre cuatro sitios con aplicación de lluvia a intensidad de 40 mm h⁻¹. Se realizó un diseño de parcelas divididas en bloques aleatorizados; un análisis de varianza para probar efectos entre tratamientos y uno de componentes principales (ACP) para variables hidrodinámicas y biofísicas para distinguir afinidades y discrepancias eco-hidrológicas entre pastizales. La *D. californica*, mezclada con otras especies nativas e introducidas, mostró valores altos de conductividad hidráulica (promedios de $K_s = 40 \pm 6$ mm h⁻¹); *B. gracilis* ($K_s = 32 \pm 8$ mm h⁻¹) y bajos con *E. superba* ($K_s = 24 \pm 16$ mm h⁻¹). Se comprobó la importante función hidrológica de las gramíneas sin importar el origen biogeográfico. Se pueden establecer planes de conservación en zonas degradadas con especies introducidas para apoyar la infiltración y protección del suelo, y aprovechar las habilidades fisiológicas de ambas (nativas e introducidas) como alternativas de conservación y resiembra durante el pastoreo de animales.

Palabras clave: erosión, plantas nativas, hidrología.

Abstract

In the upper basin of the Chuvíscar river, extreme weather conditions prevail, as well as water shortages, soil erosion and the presence of native and introduced grasslands, making it imperative to know the function of these in the conservation and infiltration of soil and water, respectively. The objective was to compare two groups of native grasses: *Bouteloua gracilis* (HBK) Griffiths, *Digitaria californica* (Benth) Henrad, *Heteropogon contortus* (L.) Roem. Et Schult and introduced grasses: *Eragrostis lehmanniana* Nees, *Eragrostis superba* Peyr, and *Melinis repens* (Willd) CE Hubb to determine the hydrodynamics of species on the ground. A rainfall simulator was used (Deltalab - EID340) in 20 plots (1 m² each) on four sites with application of rain intensity of 40 mm h⁻¹. A split plot design in randomized blocks was applied, an analysis of variance to test effects between treatments and a principal component (PCA) to hydrodynamic and biophysical variables to distinguish eco-hydrological similarities and differences among native rangelands. The *D. californica*, mixed with other native and introduced species, showed high values of hydraulic conductivity ($K_s = 40$ average ± 6 mm h⁻¹), *B. gracilis* ($K_s = 32 \pm 8$ mm h⁻¹) and low in *E. superba* ($K_s = 24 \pm 16$ mm h⁻¹). It was confirmed the important hydrological role of grasses regardless of the biogeographical origin. Conservation programs can be implemented in degraded areas with introduced species to enhance infiltration, soil protection and use of both physiological skills (native and introduced) as alternative of conservation and reseeded for grazing animals.

Keywords: erosion, native plants, hydrology.

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada, Km 1 de la Carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. Chihuahua, Chih., México. 31031. Tel (614) 434-0303.

² Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Red de Ambiente y Sustentabilidad. Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP 31109, Chihuahua, México.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: oviramom@uach.mx.

Introducción

Según Newman *et al.* (2006) las gramíneas del pastizal poseen importantes funciones eco-hidrológicas, como la interceptación de lluvia y almacenamiento de agua en suelo y drenaje profundo. Ayudan a la retención de sedimentos y escurrimientos, mejoran la infiltración y fijación de carbono que se llevan a cabo gracias a los hábitos de crecimiento, a su estructura fisiológica y su interacción con el medio ambiente (Reynolds *et al.*, 2005).

En el norte de México, la invasión de especies vegetales en áreas de pastizal se asocia principalmente a la ganadería extensiva (Ortega-Ochoa *et al.*, 2008), a la agricultura, al desarrollo urbano desorganizado y a la interacción con factores climáticos y edáficos (Mganga *et al.*, 2010). Sánchez-Muñoz (2009) menciona que las gramíneas no nativas (introducidas) en el estado de Chihuahua son originarias de África en su mayoría, y representan una amenaza para la biodiversidad de la zona debido a que son menos deseables por el ganado por su bajo valor nutricional, su pobre valor ecológico y a su rápido desplazamiento sobre áreas dominadas por especies nativas (Carrillo-Saucedo *et al.*, 2009). Las implicaciones hidrológicas del cambio de uso de suelo y la introducción de especies no nativas pueden influir en la modificación del ciclo hidrológico, especialmente en procesos de infiltración, escorrentía y evapotranspiración (Seyfried *et al.*, 2005), así como en la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica (SSDS, 2000); sin embargo, se desconoce en general el papel verdadero que tienen en este sentido los grupos de gramíneas nativas e introducidas en ambientes donde cohabitan (Lebgue, 2002).

En un contexto eco-hidrológico, esta investigación evalúa esencialmente la función hidrológica-ambiental que brindan los pastizales en zonas áridas del Desierto Chihuahuense donde coexiste la vegetación nativa e introducida, específicamente en la periferia de la ciudad de Chihuahua, aplicando la infiltrimetría de aspersión (simulación de lluvia). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo principal trabajar con cuatro

unidades de pastizal para determinar funciones eco-hidrológicas como: el proceso de infiltración, conductividad hidráulica a saturación (aptitudes para recarga) y producción de escorrentía (aptitudes de protección contra erosión hídrica) en especies de pastizales nativas e introducidas en la cuenca alta del río Chuvíscar.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio. El presente trabajo se desarrolló en el otoño de 2010 en una zona de pastizal con clima semiárido (García, 2004) dentro de una franja suburbana al sur de la ciudad de Chihuahua (Figura 1), ubicada en la cuenca alta del río Chuvíscar. La precipitación media anual en la zona es de 421 mm; agosto es el mes más húmedo con 116 mm de promedio histórico, y el más seco es marzo, con 4 mm (INEGI, 2004). Los suelos dominantes son del tipo calcisol háplico, mayormente distribuidos dentro de la superficie del municipio de Chihuahua (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994).

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.



Selección de sitios. Para contrastar posibles efectos de origen de especies sobre las funciones hidrológicas de los pastizales, se seleccionaron dos sitios con dominancia de pastizal introducido; otro con dos gramíneas nativas y otro con una especie nativa y otra introducida: el Sitio 1 estuvo integrado por *Eragrostis superba* (zacate avena o garrapata) con 65% de cobertura vegetal aérea (CVa), con presencia de herbáceas (13.00% CVa) y otras gramíneas (6.67% CVa); el Sitio 2, con *Eragrostis lehmanniana* o zacate africano (36.51% CVa) con presencia de herbáceas (15.08% CVa) y otras gramíneas (24.60% CVa); el Sitio 3, con la gramínea nativa *Bouteloua gracilis* o zacate navajita azul –blue gramma- y *Heteropogon contortus* o pasto barba negra (33.44% CVa), con presencia de herbáceas (17.46% CVa) y otras gramíneas (12.59% CVa); y el Sitio 4, con la especie nativa *Digitaria californica* o zacate punta blanca y una introducida *Melinis repens* (Sin. *Rhynchelytrum repens*) o zacate rosado –natal redtop- (40.85% CVa) con presencia de herbáceas (19.05%) y otras gramíneas (35.34%) (USDA-NRCS, 2011).

Descripción de la interface suelo-vegetación en parcelas. Se estimaron los porcentajes de los estados de superficie con los mismos criterios que a nivel de sitio, pero esta vez con un muestreo sistemático dentro de cada parcela de simulación de lluvia sobre un cuadrante; además de los índices de rugosidad (*Ir*) y tortuosidad (*It*) mediante el método de cadena (Miranda-Ojeda, 2006). La densidad de gramíneas (*Dgr*), altura promedio de gramíneas (*Hgr*) y diámetro promedio de macollo (*Dpm*), se calcularon midiendo cada una de estas dentro del área de la parcela (Seyfried *et al.*, 2005).

Protocolo experimental de simulación de lluvia. Se utilizó un mini-simulador de lluvia de tipo aspersor, versión cabeza electrónica (Deltalab-EID340) sobre 20 parcelas de 1 m² c/u, distribuidas en cuatro sitios de estudio (Asseline, 1988); se aplicaron eventos con intensidad de 40 mm h⁻¹ que representa la lámina promedio

de precipitación máxima diaria en el periodo de 1971 al 2000 (CNA-SNM, 2000). La campaña de simulación de lluvia se llevó a cabo del 25 de septiembre al 29 de noviembre de 2010. En estos meses, las especies estudiadas habían concluido su etapa de crecimiento anual y en general con pocos eventos pluviales.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques aleatorizados (Self-Davis *et al.*, 2003). En los cuatro sitios se seleccionaron seis especies de gramíneas y se clasificaron según el origen bio geográfico; las nativas: *B. gracilis* y *H. contortus* (Sitio 3); *D. californica* (Sitio 4); las introducidas: *E. lehmanniana* (Sitio 2); *E. superba* (Sitio 1) y *M. repens* (Sitio 4).

Se llevó a cabo un análisis de varianza para probar los efectos de los tratamientos utilizando el programa computacional SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Carolina del Norte, EUA), mediante el procedimiento PROC GLM, y un análisis de componentes principales (ACP), entre variables hidrodinámicas y biofísicas con el programa estadístico Minitab 15 (Minitab, Pensilvania, EUA) para distinguir afinidades y discrepancias en las funciones eco-hidrológicas entre pastizales.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los elementos de superficie que interfieren más directamente con los procesos hidrológicos dentro de la relación suelo-vegetación y se describieron a escala de sitio y de parcelas de simulación de lluvia (Casenave y Valentín, 1989) respectivamente por el método de línea intercepto y por mallas cuadradas (10 cm x 10 cm), considerándose la vegetación basal (CB) y aérea (CVa) de las gramíneas, plantas herbáceas, arbustivas y elementos de grava, mantillo y suelo desnudo. Los sitios presentaron un gradiente en el porcentaje de suelo desnudo, el Sitio 3 fue el de mayor suelo desnudo, seguido por los Sitios 1 y 2, y por último el 4. La cobertura de grava fue mayor en el Sitio 2, seguido del 3 y 4. El mantillo fue superior en el Sitio 4, seguido del 3 y en menor medida el Sitio 2.

Cuadro 1. Promedios de cobertura del estado de superficie del suelo por sitio.

| Sitio | Gramíneas objetivo (%) | Otras gramíneas (%) | Cobertura herbáceas (%) | Mantillo (%) | Grava (%) | Suelo desnudo (%) |
|---------------|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------|-------------------|
| Sitio 1 (CVa) | 65.00 | 71.67 | 13.89 | - | - | 21.67 |
| Sitio 1 (CB) | 45.00 | 65.22 | 10.10 | - | - | 19.23 |
| Sitio 2 (CB) | 22.22 | 34.92 | 6.35 | 6.35 | 31.75 | 20.63 |
| Sitio 2 (CVa) | 36.51 | 61.11 | 15.08 | - | - | 28.57 |
| Sitio 3 (CB) | 23.81 | 30.16 | 12.70 | 20.63 | 25.40 | 11.11 |
| Sitio 3 (CVa) | 33.44 | 46.03 | 17.46 | - | - | 36.51 |
| Sitio 4 (CB) | 04.52 | 23.81 | 9.52 | 36.51 | 26.98 | 03.17 |
| Sitio 4 CVa) | 40.85 | 76.19 | 19.05 | - | - | 25.40 |

CVa= Cobertura aérea.

CB= Cobertura basal.

Las variables físicas y de fertilidad del análisis de suelo tamizado a 2 mm se muestran en el Cuadro 2. Las clases texturales identificadas según la "Soil Science Society", SSS (2007) fueron: FAL = Franco arcillo limoso (Silty clay loam) para el Sitio 1; FAA= Franco arcillo arenoso (Sandy clay loam), para los Sitios 2 y 3 y AA = Arcillo arenoso (Sandy clay) en el 4. Los suelos son considerados minerales en todos los sitios, según la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (SSDS, 2000). Se consideran minerales si los valores de materia orgánica (MO) son inferiores a 12% y contienen menos de 60% de arcilla (SSS, 2007). El Sitio 1 registró un porcentaje de partículas de limo mayor, mientras que la fracción de arenas fue menor. Según Abu-Zreig (2006) los suelos con distribuciones de partículas predominantes en limos y arenas finas son más propensos a deterioro por erosión, lo que puede ocasionar rompimiento de los agregados del suelo y dispersión de arcillas. La diferencia en textura entre los sitios puede ser debido al efecto de diversos factores, como la diferencia en pendiente, topografía y composición botánica, que afectan la variabilidad de los procesos puntuales de deposición de partículas a través de un terreno. En los Sitios 1 y 3 se obtuvieron niveles medios de concentración de CaCO₃, mientras que los otros registraron ausencia (SEMARNAT, 2002). Lo anterior indica que los

carbonatos de calcio están aumentando la alcalinidad del suelo gracias a sus propiedades químicas, pero esto no explica la diferencia en pH entre los Sitios 2 y 4, donde se observó ausencia de carbonatos. El principal componente que afecta el pH es la MO, sin embargo, los datos no muestran la causa diferencial en pH del suelo en el Sitio 4. Tal vez estén ocurriendo procesos microbianos que generen liberación de ácidos fúlvicos y aminados que incrementen su acidez, indicando con ello que los pastizales de *D. californica* y *M. repens* sean más resistentes a estas condiciones (Melgoza *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Parámetros de caracterización físico-química del suelo por sitio en la parte alta de la cuenca del río Chuvíscar.

| Parámetro | Sitio 1 | Sitio 2 | Sitio 3 | Sitio 4 |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Arena (%) | 15.568 | 61.568 | 63.568 | 53.538 |
| Limo (%) | 45.120 | 15.12 | 15.12 | 13.12 |
| Arcilla (%) | 39.312 | 23.312 | 21.312 | 33.312 |
| Nombre textural ^a | FAL1 | FAA2 | FAA2 | AA3 |
| K _{sat} (mm.h ⁻¹)* | 87.12 | 206.60 | 54.00 | 165.60 |
| ρ _r (gr.cm ⁻³) | 2.884 | 2.093 | 2.702 | 2.2156 |
| ρ _a ^a (gr.cm ⁻³) | 1.351 | 1.223 | 1.222 | 1.1952 |
| n _s ⁺ (%) | 53.15 | 41.57 | 54.75 | 46.05 |
| pH (CaCl ₂) | 8.13 | 8.19 | 8.24 | 6.4 |
| MO (%) | 1.03 | 0.8 | 0.76 | 0.49 |
| CaCO ₃ (%) | 11.74 | 0.00 | 11.74 | 0.00 |
| P _s (%) | 41 | 33.5 | 34.0 | 40.0 |
| C.E. (μS.cm ⁻¹) | 0.5 | 0.48 | 0.45 | 1.1 |
| N-NO ₃ (kg.ha ⁻¹) | 120 | 157.5 | 489.38 | 281.25 |
| Fósforo (kg.ha ⁻¹) ¹ | 31.5 | 29.5 | 40.60 | 34.8 |
| Potasio (ppm) | 1037.5 | 562.5 | 887.5 | 825 |
| Calcio (ppm) | 6612.5 | 200.0 | 7225 | 3087.5 |
| Magnesio (ppm) | 237.5 | 625.0 | 212.5 | 600 |
| Sodio (ppm) | 662.5 | 625.0 | 637.5 | 525 |
| Cobre (ppm) | 0.54 | 0.26 | 0.40 | 0.42 |
| Fierro (ppm) | 1.60 | 2.28 | 1.78 | 8.86 |
| Manganeso (ppm) | 2.92 | 3.08 | 3.76 | 23.2 |
| Zinc (ppm) | 2.98 | 1.04 | 1.46 | 2.42 |

^a Según la clasificación de SSS (2007): ¹Franco arcillo limoso; ²Franco arcillo arenoso; ³Arcillo arenoso; ⁴Medida en campo por el método de cilindros de densidad (Reyes-Gómez *et al.*, 2006). *K_{sat}: calculada con la relación descrita en Viramontes-Olivas *et al.* (2008).

Estructura de vegetación. Se observaron diferencias en los componentes bióticos de la estructura vegetal en los pastizales estudiados (Cuadro 3). Se presentó alta densidad de gramíneas (*Dgr*) en los Sitios 1 y 2, donde predominan las plantas introducidas del género *Eragrostis*; esto podría deberse a las características fisiológicas y adaptativas de estas especies (Sánchez-Muñoz, 2009). En los valores generales de cobertura basal de gramíneas (*CBgr*) se apreciaron pocas diferencias entre los dos grupos, tanto de nativas e introducidas (9.9 y 10.2% ± 6 y 5%, respectivamente); en cambio, sí se observan los promedios de las parcelas con mayor presencia de vegetación donde la cobertura basal es ligeramente superior en sitios de especies nativas (3% más que en los casos de introducidas). Cuando se contempla la cobertura aérea de las parcelas, no hay

diferencias marcadas entre nativas e introducidas; en aquellas con presencia de vegetación (XC.V), las especies introducidas en los Sitios 1 y 2, presentaron alrededor de 10% más de cobertura aérea de gramíneas (*CAgr*). Con el mantillo depositado en la superficie del suelo (*Mo*), el Sitio 1 (*E. superba*) reflejó la mayor cobertura, seguido de los Sitios 3 y 4, donde predominan los pastos nativos *B. gracilis* y *D. californica* (51 y 52%, respectivamente). El suelo desprovisto de vegetación (*SD*) cubrió 40% de la superficie en el Sitio 2 con pasto introducido *E. lehmanniana*, mientras que en los dos sitios de pastos nativos (3 y 4), se mantuvo entre 17 y 19%, alcanzando valores bajos el Sitio 1 del pastizal de *E. superba*. Lo anterior indica que existen diferencias entre sitios de estructura vegetal aérea y elementos bióticos (mantillo) de superficie, así como físicos (gravas y suelo desnudo) que están afectando las aptitudes hidrológicas de esos biomas.

Cuadro 3. Componentes bióticos de la estructura vegetal en los pastizales estudiados.

| Variables | Dgr (P.m ²) | Hgr (cm) | Dpm | CBgr | CBhb | Mo | Gv | SD | CAgr | Cahb |
|-----------|----------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sitio 1 | | | | | | | | | | |
| *Promedio | 17.2 | 44.9 | 10.3 | 9.7 | 2.2 | 45.2 | 17.9 | 24.7 | 64.6 | 9.3 |
| D.E. | 7.0 | 26.7 | 9.4 | 5.8 | 1.7 | 25.9 | 10.5 | 19.5 | 35.0 | 8.9 |
| XC.V. | 23.0 | 66.3 | 17.2 | 14.0 | 1.2 | 66.9 | 9.0 | 8.6 | 89.6 | 2.0 |
| Sitio 2 | | | | | | | | | | |
| *Promedio | 17.2 | 42.1 | 4.3 | 8.2 | 1.6 | 27.6 | 8.6 | 53.7 | 53.3 | 3.9 |
| D. E. | 12.0 | 29.8 | 2.9 | 6.1 | 3.3 | 26.5 | 5.2 | 24.8 | 40.1 | 7.8 |
| XC.V. | 23.5 | 62.4 | 5.6 | 12.4 | 0.0 | 41.3 | 6.2 | 40.0 | 83.1 | 0.0 |
| Sitio 3 | | | | | | | | | | |
| *Promedio | 11.6 | 40.0 | 8.4 | 14.7 | 2.7 | 39.9 | 21.7 | 20.8 | 59.5 | 5.5 |
| D.E. | 7.8 | 21.6 | 4.8 | 5.8 | 3.1 | 17.6 | 19.6 | 8.9 | 27.3 | 7.8 |
| XC.V. | 16.5 | 52.1 | 9.2 | 18.1 | 1.6 | 50.6 | 9.7 | 19.8 | 76.8 | 0.8 |
| Sitio 4 | | | | | | | | | | |
| *Promedio | 10.3 | 58.5 | 5.7 | 6.4 | 3.3 | 35.9 | 19.9 | 34.3 | 46.1 | 6.4 |
| D.E. | 8.6 | 38.1 | 5.2 | 3.4 | 4.8 | 17.9 | 17.0 | 26.2 | 32.1 | 6.9 |
| XC.V. | 13.5 | 66.1 | 6.7 | 12.4 | 3.7 | 52.0 | 14.4 | 17.3 | 73.9 | 4.1 |

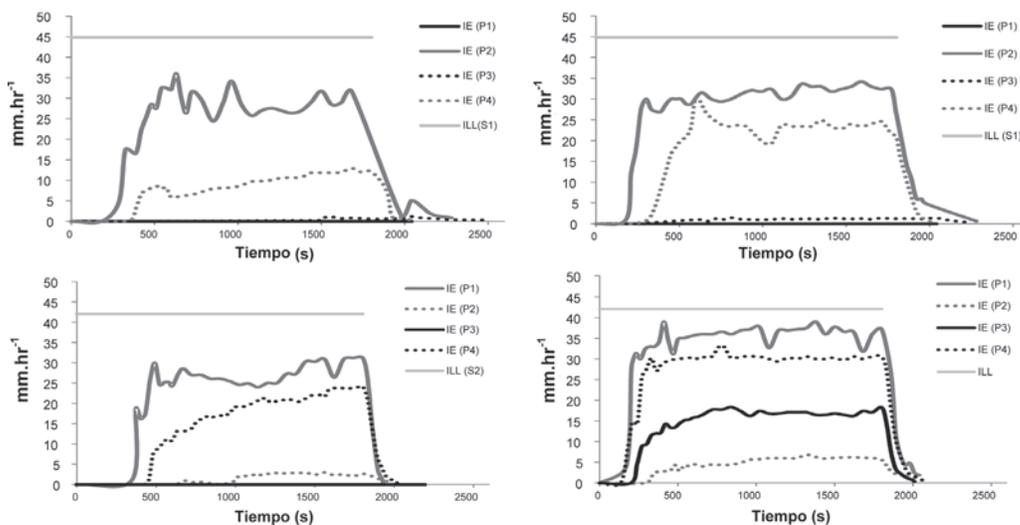
* Representan los promedios derivados del total de parcelas de simulación de lluvia; D.E. = Desviación estándar para el total de parcelas *Dgr*=Densidad de gramíneas (P = plantas), *Hgr*=altura de gramíneas, *Dpm* = diámetro de macollo, *CBgr* =cobertura basal de gramíneas, *CBhb* =cobertura basal de herbáceas, *Mo* =cobertura de mantillo, *Gv* =cobertura de grava, *SD* =cobertura de suelo desnudo, *CAgr* =cobertura aérea de gramíneas, *Cahb* =cobertura aérea de herbáceas, XC.V. = Promedios en las parcelas con tratamiento de presencia de vegetación (> 50%).

Aptitudes de escurrimiento e infiltración. En los hidrogramas de escurrimiento durante los eventos de lluvia simulada, se aprecian los sitios donde se generó escurrimiento, alcanzando un régimen casi permanente (fases asintotas de las curvas de escurrimiento en las figuras 2 y 3. Esa condición de permanencia representa el equilibrio hidrodinámico del suelo y se está en posibilidad de evaluar funciones hidrológicas del mismo a través de los coeficientes de infiltración y escurrimiento, útiles para el entendimiento de las funciones hidrológico ambientales de los pastizales en estudio (Reyes-Gómez *et al.*, 2007; Viramontes-Olivas *et al.*, 2008). Durante la fase de equilibrio hidrológico existen dos efectos claramente observables, el primero es que el contenido de humedad inicial del suelo aparece en menor tiempo y se produce más volumen de escurrimiento en condición húmeda que cuando existe un estado aparente seco (caso de IE-P2, IE-P4 de los Sitios 1 y 2, y en el caso IE-P4 del Sitio 2). El segundo efecto se produce en presencia de vegetación, donde existe menor escurrimiento en la mayoría de los casos. Cualitativamente, este efecto se observa con

claridad en las parcelas (P) en presencia de material vegetal en el Sitio 1 (P1 y P3); del 2 (P3 y P4) y del Sitio 3 (P1, P3, P5, P6), donde escurre menos que en las parcelas con escasa o nula presencia de vegetación (P2 y P4, Sitio 1). Estos

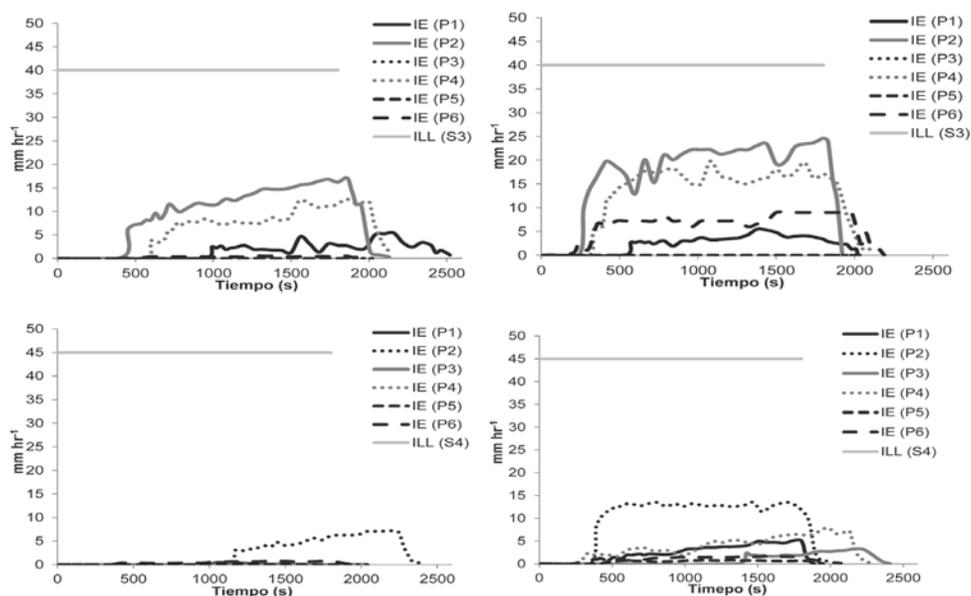
efectos de la vegetación sobre la capacidad de infiltración se pueden apreciar cuantitativamente con los coeficientes de infiltración (K) dados por la relación de la lámina de lluvia infiltrada (L_i) sobre la lámina de lluvia aplicada (L_p) (Figura 4).

Figura 2. Hidrogramas de escurrimiento en condición seca (lado izquierdo) y húmeda (derecha) para los Sitios 1 (arriba) y 2 (abajo).



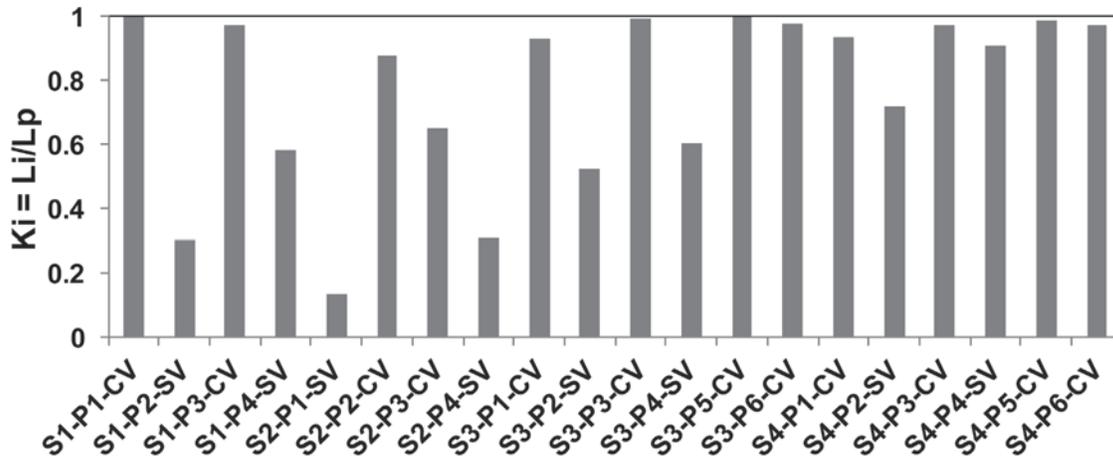
IE = intensidad de escurrimiento, ILL = intensidad de lluvia, P1 y P4 número de parcelas de simulación de lluvia.

Figura 3. Hidrogramas de escurrimiento en condición seca (lado izquierdo) húmeda (derecha) para los sitios de estudio 3 y 4.



IE = intensidad de escurrimiento, ILL = intensidad de lluvia, P1 y P4 número de parcelas de simulación de lluvia.

Figura 4. Aptitudes de infiltración en parcelas de simulación de lluvia. S1...S4 (sitios); P1...P6 (parcelas); SV (tratamiento sin vegetación); CV (con vegetación).



Los valores de K_i se mantienen por debajo de 0.3 en sitios con especies introducidas (1 y 2) y entre 0.5 y 0.7 para suelos desnudos en pastizales nativos (3 y 4). Esos valores se incrementan por encima de 0.9 en los cuatro sitios cuando la vegetación es abundante.

Afinidad de aptitudes de escurrimiento e infiltración. Los resultados del análisis de componentes principales (ACP) mostraron 79% de variabilidad explicada en los dos primeros CP, y de 88% con el tercero (Cuadro 4). Se aprecian cuatro grupos (Figura 5) separados según las aptitudes para producir escurrimiento (K_e) o favorecer la infiltración (K_s). En el caso de producir escurrimientos, los sitios más aptos fueron ubicados principalmente en el cuadrante negativo (Grupo IV), donde el coeficiente de escurrimiento (K_e) en condición inicial (seca o húmeda) del suelo, se relacionó negativamente con la altura de las gramíneas objetivo (AV), la presencia de mantillo (MO_s) y de elementos gruesos de superficie del suelo como gravas (Cg), indicando que a mayor presencia de estos, menor será el volumen de escurrimiento que se produzca, tal como lo indican las direcciones de las flechas de esas variables.

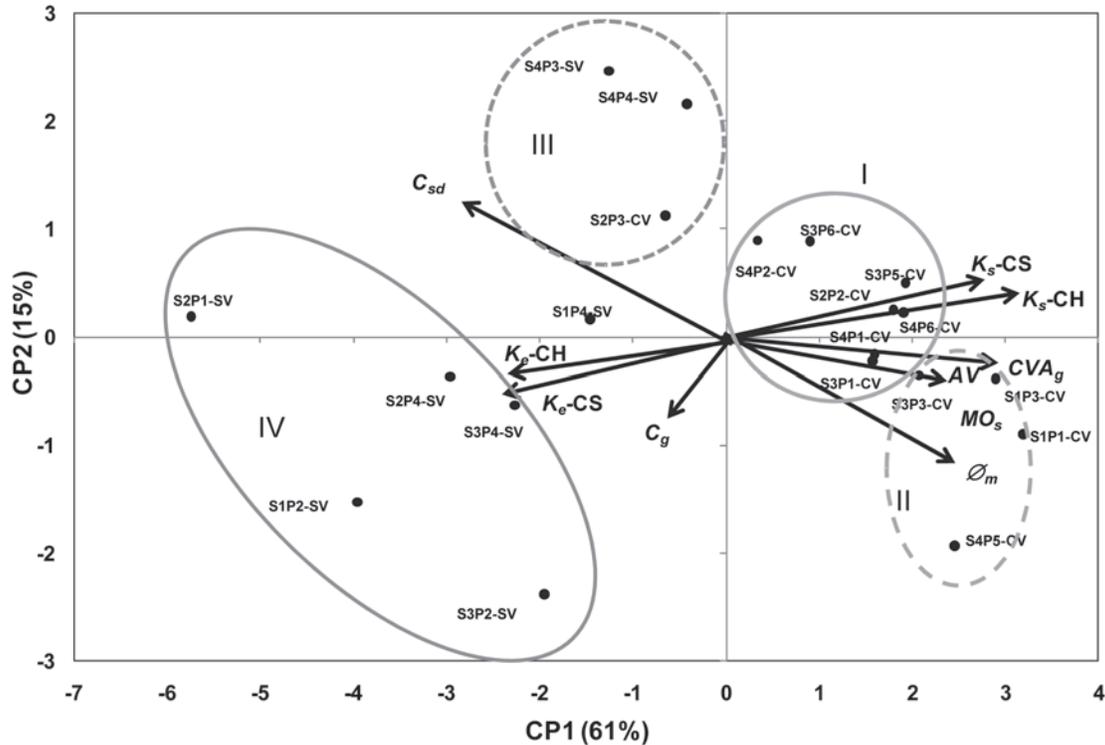
Contrariamente, los suelos menos aptos para producir escurrimiento son los ubicados en el lado derecho (Grupos I y II), que corresponden a suelos con elevadas aptitudes de infiltración (mayor conductividad hidráulica (K_s) en condición inicial seca y húmeda). Esta última propiedad es elevada K_s en los tres

Cuadro 4. Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación.

| Valor propio | 6.1074 | 1.4453 | 1.2593 | 0.4952 | 0.405 | 0.1858 | 0.0685 | 0.0162 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Proporción | 0.611 | 0.145 | 0.126 | 0.05 | 0.041 | 0.019 | 0.007 | 0.002 |
| Acumulada | 0.611 | 0.755 | 0.881 | 0.931 | 0.971 | 0.99 | 0.997 | 0.998 |
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 | CP5 | CP6 | | |
| AV | 0.315 | -0.142 | -0.271 | 0.62 | 0.232 | 0.56 | | |
| MOs | 0.341 | -0.159 | -0.283 | -0.498 | 0.108 | 0.313 | | |
| Cg | -0.090 | -0.533 | 0.614 | 0.255 | 0.266 | -0.08 | | |
| Csd | -0.298 | 0.485 | -0.079 | 0.375 | -0.308 | 0.077 | | |
| CVAg | 0.313 | -0.066 | -0.452 | 0.237 | 0.23 | -0.682 | | |
| Ks-CS | 0.343 | 0.291 | 0.272 | 0.245 | -0.06 | -0.011 | | |
| Ke-CS | -0.361 | -0.258 | -0.233 | -0.035 | -0.078 | 0.243 | | |
| Ks-CH | 0.371 | 0.170 | 0.262 | -0.106 | -0.099 | 0.205 | | |
| Ke-CH | -0.370 | -0.208 | -0.244 | 0.142 | 0.011 | 0.04 | | |
| Dm | 0.259 | -0.456 | -0.038 | 0.119 | -0.83 | -0.094 | | |

K_s -CS = Conductividad hidráulica en condición inicial seca de suelo (mm h^{-1}); K_s -CH = Conductividad hidráulica en condición inicial húmeda del suelo (mm h^{-1}); CVA_g = Cobertura vegetal aérea de gramíneas (%); AV = Altura de vegetación (cm); MO_s = Materia orgánica seca mantillo (%); ϕ_m = Diámetro de los macollos de gramíneas (cm); C_g = Cobertura de gravas (%); K_e -CS = Coeficiente de escurrimiento en condición inicial seca del suelo (%); K_e -CH = Coeficiente de escurrimiento en condición inicial húmeda del suelo (%); C_{sd} = Cobertura de suelo desnudo (%); S1P1-SV, S1O2-CV, S4P6-CV = códigos de sitios y condición de presencia de vegetación-CV y sin ella SV.

Figura 5. Plano de componentes principales (CP) sobre las aptitudes de escurrimiento e infiltración en los sitios de estudio.



primeros componentes principales; se relaciona positivamente con las mismas variables que en el caso de suelos con aptitudes de escurrimiento. En el Grupo III se ubicaron aquellos con y sin vegetación que presentan propiedades intermedias para dejar infiltrar agua o para producir escurrimiento. En los sitios donde no se presentó escurrimiento alguno, se consideró que K_s fue de la misma magnitud de la lluvia.

Los componentes principales (CP) 2 y 3, separan los suelos sobre todo debido a la presencia de mantillo y suelo desnudo (eigenvectores de MO_s y cobertura de suelo desnudo (C_{sd})), y el diámetro de macollos de las gramíneas en estudio; sin embargo, de forma similar, la agrupación muestra una relación negativa con aquellos suelos con mayor aptitud de escurrimiento (eigenvectores de K_e en las

columnas de CP2 y CP3) y de forma positiva con aquellos más aptos para la infiltración (valores de K_e en las columnas de CP2 y CP3). Al considerar los promedios generales del K_e y K_s , generados con los datos individuales por parcela (figuras 6 y 7), se puede apreciar que el suelo más apto para producir escurrimiento es el Sitio 2, que se asocia a la especie introducida *E. lehmanniana* seguido del Sitio 1, asociado a la especie introducida *E. superba*; luego el 3, asociado a la nativa *B. gracilis* y por último el suelo con menor aptitud de producir escurrimiento fue el 4, asociado a la mezcla de *D. californica* + *H. contortus* + *M. porteri* y *M. repens*. Con esto se distingue que el suelo asociado a las especies introducidas tiene mayor capacidad de producir escurrimiento, en contraste con los suelos donde predominan las especies de gramíneas nativas.

Figura 6. Aptitudes promedio \pm intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$) para producción de escurrimiento.

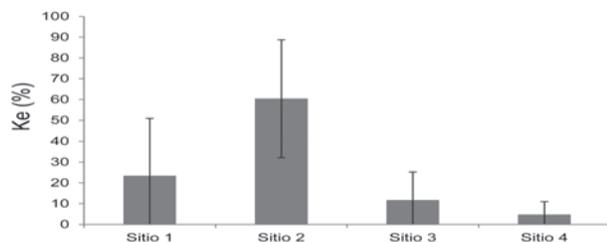
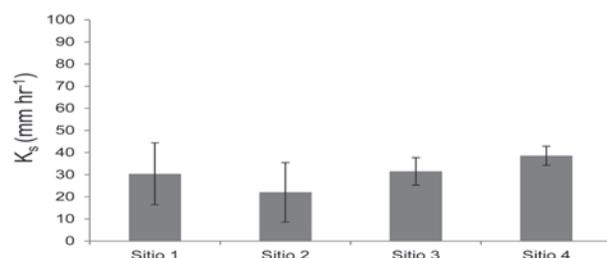


Figura 7. Aptitudes promedio \pm intervalo de confianza ($\alpha = 0.05$) para conductividad hidráulica de la superficie del suelo.



Comparación de las características hidrodinámicas de los pastizales. Los resultados del análisis de varianza realizado sobre el modelo estadístico propuesto muestran suficiente evidencia estadística para inferir que al menos uno de los tratamientos es estadísticamente significativo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de P derivados de la prueba de F realizada para los tratamientos y variables hidrodinámicas.

| Variables hidrodinámicas | Modelo | Tratamientos | | | |
|--------------------------|---------|----------------|-----------------|----------------|-------------------|
| | | ^a S | ^b OE | ^c T | ^d OE-T |
| 1Ki | 0.0059* | 0.0127* | 0.8584** | 0.0043* | 0.0848** |
| 1Ke | 0.0059* | 0.0127* | 0.8584** | 0.0043* | 0.0848** |
| 1Ks | 0.0069* | .0241* | 0.2413** | 0.0045* | 0.0563** |
| 2Ki | 0.0002* | 0.0008* | 0.6466** | 0.0002* | 0.0063* |
| 2Ke | 0.0002* | 0.0008* | 0.6466** | 0.0002* | 0.0063* |
| 2Ks | 0.0001* | 0.0003* | 0.2370** | 0.0001* | 0.0073* |

* P-valor < 0.05; ** P-valor > 0.05; ^aTratamiento de sitio; ^bOrigen biogeográfico de la especie; ^cTratamiento de tipo de cobertura de suelo; ^dInteracción entre origen biogeográfico de la especie y tratamiento de tipo de cobertura; ¹Condición inicial de suelo seco; ²Condición inicial de suelo húmedo.

Como el valor de K_i depende directamente del valor de K_e , para efectos de discusión se hablará solamente de K_e en ambas condiciones iniciales de humedad. El tratamiento de sitio tuvo un efecto significativo en el escurrimiento generado (K_e) durante la condición seca ($R^2 = 0.8372$) al igual que la condición húmeda ($R^2 = 0.9247$), esto debido a los diferentes factores que afectan de manera puntual las características hidrodinámicas del suelo (Reyes-Gómez *et al.*, 2007). Para el K_e en ambas condiciones de humedad, el efecto de sitio fue significativo, lo que indica que existen diferencias en la estructura de los componentes abióticos, además de la humedad inicial del suelo, lo que afecta las propiedades de los terrenos para generar escurrimiento (Viramontes-Olivas *et al.*, 2008).

El origen biogeográfico (Ob) de la especie no obtuvo diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones de humedad para K_e , por lo que asumimos que éste no determina su capacidad para la retención de escurrimientos. Los resultados concuerdan con lo encontrado por Self-Davis *et al.* (2003), quienes al comparar gramíneas con diferentes estructuras de crecimiento y de Ob , no observaron diferencias entre el grupo de especies nativas e introducidas. El tratamiento de cobertura superficial del suelo produjo un efecto estadísticamente significativo para ambas condiciones iniciales de humedad, lo que señala la importancia de la cobertura vegetal en el manejo del escurrimiento sin importar las condiciones iniciales de humedad del suelo (Vásquez-Méndez *et al.*, 2010). Esto es relevante para el manejo de ecosistemas semiáridos con alta fragmentación y degradación ambiental provocada por la urbanización, donde la vegetación es redistribuida por procesos hídricos y eólicos naturales, propiciando cambios ambientales a diferentes escalas, los cuales pueden traer consecuencias negativas tanto para el aspecto socioeconómico como el biótico en un ecosistema (Kaye *et al.*, 2006). Por otra parte,

el tratamiento cruzado de origen de especie y tipo de cobertura superficial del suelo mostró efecto significativo, esto representa que el origen de la especie tiene diferentes efectos en el escurrimiento generado dentro de las parcelas y dentro de cada sitio donde se encuentre, y sus características propias (Koler *et al.*, 2008). Esto muestra que cuando se elimina el efecto de humedad inicial del suelo, la influencia de la estructura de los componentes bióticos (gramíneas) tiende a aumentar. Lo que sugiere que bajo ciertas condiciones de tipo de suelo y humedad, algunas de las gramíneas tendrán diferentes capacidades en el control de los escurrimientos (Weltz *et al.*, 2000). La prueba de comparación de medias de Tukey realizada, encontró diferencias en la medias de K_e entre los sitios 2-3 y 2-4, en ambas condiciones iniciales de humedad. Esto nos explica que los Sitios 1, 3 y 4 tienen las mismas características para producir escurrimiento, y que el Sitio 2 tiene un comportamiento diferente, por lo menos con los Sitios 3 y 4.

El modelo estadístico propuesto para la variable K_s de simulación obtuvo significancia estadística (Cuadro 5) en condición seca ($R^2 = 0.83$) y húmeda ($R^2 = 0.93$). El modelo se ajusta mejor en condición húmeda debido a la eliminación del efecto del estado inicial de humectación en la saturación de la porosidad del suelo. Para K_{sCS} y K_{sCH} los tratamientos significativos tuvieron un comportamiento similar a K_e , donde el estado inicial de humedad en el suelo afecta las propiedades hidráulicas de la estructura suelo-planta (Self-Davis *et al.*, 2003). La comparación de medias mediante la prueba Tukey (HSD) en K_{sCS} (condición seca) mostró diferencias significativas entre los Sitios 2 y 4 en los niveles del tratamiento de cobertura vegetal; mientras que para la condición húmeda se encontraron diferencias significativas entre los pares de Sitios 1-4, 1-2, 2-4, 2-3 y 3-4, además entre los dos niveles del tratamiento de cobertura vegetal. Posiblemente estas diferencias del Sitio 2 se deban a que la especie *E. lehmanniana* puede generar más escurri-

miento porque tiene baja capacidad de interceptación, observada en otros estudios (Wood *et al.*, 1998).

Conclusiones

En el presente trabajo se observaron diferencias importantes en los procesos hidrodinámicos superficiales entre las especies estudiadas; sin embargo, estas no pueden adjudicarse exclusivamente al origen biogeográfico de las gramíneas. Las diferencias de estructura fisiológica aérea y radicular de estas especies pueden llegar a afectar el balance hídrico, principalmente por las disensiones genotípicas y fenológicas intra e inter específicas, por lo que esta clase de estudios se deben complementar con trabajos fisiológicos de crecimiento para establecer cualidades de las gramíneas bajo diferentes condiciones de terreno (Van Devender y Reina, 2005; Carrillo-Saucedo *et al.*, 2009). Por lo tanto, es importante para las implicaciones del manejo de recursos naturales encontrar funciones específicas de la vegetación que pudieran ayudar a la restauración de ecosistemas degradados. La especie *E. lehmanniana* y sus capacidades adaptativas la hacen apropiada en la recuperación paulatina de suelos erosionados con pocos recursos hídricos y nutritivos, mejorando la presencia de materia orgánica, humedad, sedimentos y fertilidad; y consecuentemente, estas condiciones pudieran restablecer algunas características de biodiversidad a mediano o largo plazo (Mnif *et al.*, 2005). La especie invasora *M. repens* también mostró capacidades de establecerse en lugares degradados (principalmente en orillas de caminos), y aunque tiene menos problemas de invasión de comunidades vegetales nativas, su presencia en algunos agostaderos se considera indeseable por su poca palatabilidad; sin embargo, esta especie posee buenas características fisiológicas que ayudan a la retención del escurrimiento y al aumento de la infiltración, aún más que *B. gracilis* (nativa), por

lo que los lugares con invasión de esta especie, pudieran tener relación con algún tipo de degradación más intensa con relación a los sitios dominados con especies nativas o con más biodiversidad. La especie *E. superba* se observó con buen desempeño hidrodinámico y no representa problema grave de dispersión, aunado a sus valores forrajeros que son buenos, por lo que dentro de las especies introducidas del presente trabajo, esta pudiera ser la más recomendable para cultivos con motivos de consumo animal (USDA-NRCS, 2011).

Se recomienda que las estrategias de control de áreas invadidas por *E. lehmanniana* y *M. repens* deban incluir a estas especies en la recuperación del estrato del suelo y sus componentes bióticos y abióticos antes de aplicar métodos exhaustivos de restauración de la biodiversidad. La sucesión secundaria de la biodiversidad de un área a partir de una perturbación hacia una condición de estado socioeconómico y biofísico aceptable pudiera llevar años, sin embargo, se podrían utilizar algunos otros métodos como aceleradores de esta sucesión de un estado de dominancia mono específica hacia una biodiversidad más funcional (Cortina *et al.*, 2004).

Agradecimientos

A PROMEP (Programa de Mejoramiento al Profesorado) por el apoyo proporcionado en la realización de este trabajo dentro del proyecto: Papel Hidrológico Ambiental de las Propiedades Hidráulicas del Suelo en las Cuencas de los Ríos Chuvíscar y Sacramento. A la Fundación PRODUCE en la elaboración de esta investigación y al Instituto de Ecología, A.C. (INECOL-Chihuahua).

Literatura citada

ABU-ZREIG, M. 2006. Runoff and erosion control of silt clay soil with land application of polyacrylamide. *Arch. Agron. Soil Sci.* 52: 289-298 p.

ASSELINE, J. 1988. El simulador de lluvias: una herramienta para la caracterización hidrodinámica de los suelos. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo de la Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chihuahua, México.

CARRILLO-SAUCEDO, S. M., T. Arredondo, E. Huber-Sannwald, y J. F. Rivas. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnicas Pecuarias México* 47: 299-312 p.

CASANAVE, A., y C. Valentin. 1989. Les états de surface de la zone Sahélienne: Influence sur l'infiltration. Paris: IRD.

CNA-SNM (Comisión Nacional del Agua-Servicio Meteorológico Nacional). 2000. Normales climatológicas 1971-2000. Chihuahua, Chihuahua, México.

CORTINA, J., A. Vilagrosa, R. N. Caturla, F. T. Maestre, E. Rubio, J. M. Ortiz de Urbina, y A. Bonet. 2004. Restauración en semiárido. Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo: 345-406 p.

GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª ed. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2004. Cuaderno Estadístico Municipal de Chihuahua. Edición 2004. México. <http://www.inegi.org.mx/>. Consultado en diciembre 22, 2010.

KAYE, J. P., P. M. Groffman, N. B. Grimm, L. A. Baker, and R. V. Pouyat. 2006. A distinct urban biogeochemistry?. *TRENDS in Ecology and Evolution* 4: 192-199 p.

KOLER, S. A., G. W. Frasier, M. J. Trlica, y J. D. Reeder. 2008. Microchannels affect runoff and sediment yield from a shortgrass prairie. *Rangeland Ecology and Management*. 61: 521-528 p.

LEBGUE, K. T. 2002. Gramíneas de Chihuahua, manual de identificación. 3ª edición. Dirección de Extensión y Difusión Cultural. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, México.

MELGOZA, A., C. R. Morales, J. S. Sierra, M. H. Royo, G. Quintana, y T. Lebgue. 2006. Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua. 1ª edición. Editorial ISBN. México.

MGANGA, K. Z., M. M. Nyangitom N. K. R. Musimba, D. M. Nyariki, A. W. Mwangombe, W. N. Ekaya, W. M. Muiru, D. Clavel, J. Francis, R. von Kaumann y and J. Verhagen. 2010. The challenges of rehabilitating denuded patches of a semi-arid environment in Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology* 7: 430-436 p.

MIRANDA-OJEDA, N. E: 2006. Caracterización hidrodinámica del suelo superficial en la cuenca media alta del río Conchos. Tesis de licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Chihuahua, México.

MNIF, L. S. Derbel, y M. Chaieb. 2005. Las Poáceas perennes: una alternativa para la rehabilitación y la restauración de pastos degradados en el Túnez presahariano. *Ecosistemas* 14: 57-66 p.

MORAN, M. S., D. P. C. Peters, M. P. McClaran, M. H. Nichols, and M. B. Adams. 2008. Long-term data collection at USDA experimental sites for studies of ecohydrology. *Ecohydrology* 1: 377-393 p.

NEWMAN, B. D., B. P. Wilcox, R. R. Archer, D. D. Breshears, C. N. Dahm, C. J. Duffy, N. G. McDowell, F. M. Phillips, B. R. Scanlon y E. R. Vivoni. 2006. Ecohydrology of water-limited environments: A scientific vision. *Water Resources Research*. doi:10.1029/2005WR004141.

ORTEGA-OCHOA, C., C. Villalobos, J. Martínez-Nevárez, C. M. Britton y E. Sosebee. 2008. Chihuahua's cattle industry and a decade of drought: economical and ecological implications. *Rangelands* 32: 2-7 p.

- ORTIZ-SOLORIO, C. A., D. Pájaro-Huertas, y V. M. Ordaz-Chaparro. 1994. Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas. Cuadernos de Edafología 15. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Estado de México, México.
- REYES-GÓMEZ, V. M., N. Miranda-Ojeda, P. B. Sánchez-Rodríguez, y O. Viramontes. 2007. Papel hidrológico-ambiental de las propiedades hidráulicas del suelo superficial de la cuenca del río Conchos. *Ingeniería Hidráulica en México* 4: 33-46.
- REYNOLDS, J. F., F. T. Maestre, E. Huber-Sannwald, J. Herrick y P. R. Kemp. 2005. Aspectos socio-económicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas* 3: 1-19 p.
- SÁNCHEZ-MUÑOZ, A. J. 2009. Invasive lehmans lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*) in Chihuahua, México: Consequences of invasion. Phd. dissertation. Oklahoma State University, Tucson, Arizona, E.U.A.
- SELF-DAVIS, M. L., P. A. Moore, T. C. Daniel, D. J. Nichols, T. J. Sauer, C. P. West, G. E. Aiken, y D. R. Edwards. 2003. Forage species and canopy cover effects on runoff from small plots. *Journal of Soil and Water Conservation* 58: 349-358 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México.
- SEYFRIED, M. S., S. Schwinning, M. A. Walvoord, W. T. Pockman, B. D. Newman, R. B., Jackson, y F. M. Phillips. 2005. Ecohydrological control of deep drainage in arid and semiarid regions. *Ecology* 86: 277-287 p.
- SSDS (Soil Survey Division Staff). 2000. Soil survey manual. Soil Conservation Service. Department of Agriculture Handbook 18. E.U.
- SSS (Soil Survey Staff). 2007. Claves para la taxonomía de Suelos, versión 1994. Traducción de Carlos A. Ortiz Solorio, Ma. Del Carmen Gutiérrez Castorena y Jorge Luis García Rodríguez. Décima Edición en Español, 2007. CP, Montecillos, México. 331 págs.
- USDA-NRCS. 2011. The PLANTS Database. National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA. <http://plants.usda.gov>. Consultado en enero 6, 2011.
- VAN DEVENDER, T. R., y A. L. Reina. 2005. The forgotten flora of the border. USDA Fores Service Proceedings RMRS-P-36: 158-161 p.
- VIRAMONTES-OLIVAS, O. A., V. M. Reyes-Gómez, L. F. Escoboza-García, J. A. Román-Calleros, A. Pérez-Márquez, C. Pinedo-Álvarez, P. B. Sánchez-Fernández, y N. Miranda-Ojeda. 2008. Hidrología de los suelos de las cuencas media y baja del río Conchos, Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 4: 31-45 p.
- VÁSQUEZ-MÉNDEZ, R., E. Ventura-Ramos, K. Oleschko, L. Hernández-Sandoval, J. F. Parrot, M. A. Nearing. 2010. Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid central Mexico. *Catena* 80: 162-169 p.
- WELTZ, L., G. Frasier, y M. Weltz. 2000. Hydrologic responses of short grass prairie ecosystems. *Journal of Range Management* 53: 403-409 p.
- WOOD, M. K., T. L. Jones, y M. T. Vera-Cruz. 1998. Rainfall interception by selected plants in the Chihuahuan Desert. *J. Range Manage.* 51: 91-96 p. 

Este artículo es citado así:

Viramontes-Olivas, O. A., V. M. Reyes-Gómez, A. Rangel-Rodríguez, C. Ortega-Ochoa, R. A. Soto-Cruz, J. Camarillo-Acosta y T. Lebgue-Keleng. 2012: *Papel hidrológico-ambiental de pastizales nativos e introducidos en la cuenca alta del río Chuvíscar, Chihuahua, México*. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 6(3): 181-193.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

OSCAR ALEJANDRO VIRAMONTES OLIVAS. Realizó sus estudios de licenciatura en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista (1981-1985). Cursó la maestría en Producción Animal, en el área de Reproducción y Genética Animal (1991-1993), en la misma institución con mención honorífica. Obtuvo su Doctorado por el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) de 2005 a 2008, con el tema de Disertación «Evaluación de las Propiedades Hidráulicas del Suelo Superficial Aplicando un Modelo de Escurrimiento en la Cuenca del Río Conchos» con mención honorífica. Laboró en el periodo 1986-1995 en la Facultad de Medicina de la UACH, como jefe del Departamento de Animales de Investigación. Ingresó a la Facultad de Zootecnia y Ecología de 1995 a la fecha en diversas áreas (Extensión y Difusión, Planeación, Reproducción y Genética y actualmente en Recursos Naturales y Ecología). Tiene un amplio trabajo editorial en diferentes medios de comunicación (Heraldo de Chihuahua, Norte de Chihuahua, revista el Pueblo de Chihuahua, Chihuahua Moderno, La Opción, NN Noticias en Radiorama de Chihuahua) y revistas científicas arbitradas e indexadas, sobre temas relacionados con el manejo de cuencas y agua. Autor de los libros *La Rabia* y el *Manual para Determinar Erosión del Suelo* a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, Aplicando Tecnología Geoespacial. Colaborador de los cuerpos académicos de Agua y Suelo, en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y el CA-105 y CA-16 en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel C. Ha sido ponente en varios congresos nacionales e internacionales, con temas relacionados con conservación de cuencas y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

VÍCTOR MANUEL REYES GÓMEZ. Egresó como biólogo de la ESB-UJED y como Maestro en Ciencias del Colegio de Posgraduados de Montecillos; Obtuvo su DEA en Sciences de l'Eau Dans l'Environnement Continental en la Université de Montpellier II (1999, Francia) y el grado de doctor en ciencias de la Tierra y del Agua en la Université de Montpellier II (2002, Francia). Es investigador del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), adscrito al Centro de Investigación Sobre Sequía (CEISS), especialista en el área de hidro-edafología y en el estudio de sequía y el monitoreo ecológico a largo plazo. Ha sido candidato del SNI (2004-2007), miembro de la Réseau de Zones Arides (1995-2005), miembro de la Comisión Scientiphique électorale de l'IRD-Paris (2003-2005), director del CEISS (2003-2004), coordinador de investigación y docencia del CEISS (2004-2009). Ha publicado 10 artículos indexados, 1 libro y 8 capítulos de libro, ha dirigido 7 proyectos de investigación con fondos externos y participado en otros 7 en colaboración con otras instituciones, ha dirigido 5 tesis de licenciatura y 1 de doctorado. Ha participado en 15 ponencias por invitación y 30 en congresos y simposios nacionales e internacionales. Participó en docencia ofreciendo los cursos de: Manejo de Cuencas, Manejo Integral de los Recursos Naturales y Manejo Integral de Cuencas hidrográficas (UJED y UACH). Es revisor de proyectos de CONACYT (Fondos Mixtos y Sectoriales, SINECYT) y evaluador de artículos en revistas nacionales especializadas.

CARLOS ORTEGA OCHOA. Cursó su licenciatura en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), obteniendo en 1986 el título de Ingeniero Zootecnista. Realizó estudios de posgrado en Iowa State University, otorgándosele en el año de 1993, el grado de Maestro en Ciencias con un mayor en Agronegocios. Sus estudios de doctorado los realizó en Texas Tech University, institución que le otorgó en mayo de 2006 el Doctorado en Ciencias, con un mayor en Manejo de Pastizales y un menor en Economía Agrícola. Es Maestro de Tiempo Completo, posee el Perfil PROMEP y se encuentra adscrito a la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Es Miembro del Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología. Ha publicado artículos científicos en diversas revistas arbitradas y de divulgación. Actualmente ocupa el cargo de Presidente del Colegio Nacional de Ingenieros Zootecnistas, A. C. (2007-2009). Desde el año 2006 es Miembro de del Consejo Consultivo Pecuario de la Fundación Produce Chihuahua, A. C. También es Miembro de la Sociedad Internacional de Manejo de Pastizales, ocupando el cargo de Presidente de la Sección México desde el año 2008.

RICARDO ABEL SOTO CRUZ. Maestro investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, obtuvo su licenciatura de Ingeniero Zootecnista en 1986 en la misma Facultad. En 1996, obtiene su maestría en Producción Animal con área mayor en Manejo de Pastizales con la tesis "Caracterización de la avifauna del pastizal mediano abierto en la parte central del estado de Chihuahua. Maestro de tiempo completo en el Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Tiene un área de especialización en Manejo de Recursos Naturales (ornitología). Autor y coautor de más de 30 artículos, capítulos de libros y memorias científicas. Responsable y colaborador de proyectos de investigación nacionales y extranjeros. Actualmente dirige el proyecto: Los recursos naturales del rancho Teseachic, de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

TOUTCHA LEBGUE KELENG. Maestro-investigador de tiempo completo con grado de doctor en ciencias en Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. La licenciatura la realizó sobre el Manejo de Pastizales y la Maestría en Biología Vegetal, ambos grados obtenidos de la Universidad Estatal de Nuevo Mexico, USA. Desarrolla actividades de docencia e investigación; ha publicado más de 20 artículos arbitrados, capítulos en libros, memorias en extenso y varios libros, de los cuales destacan: *La Flora de Fort Stanton, NM*, en 1985; *Gramíneas del Estado de Chihuahua* en sus tres ediciones: 1986, 1991 y 2002; *Manual de Plantas Forrajeras*, en 2005; *Manual Práctico para la Identificación de las Plantas en los Agostaderos de Chihuahua* en 2006; *Manual de plantas para Jardines Desérticos* en 2008; *Buscando Nelson* en 2009; *Una Guía de las Plantas Silvestres de la Región del Cañón de Cobre* en 2009; *Cactáceas de Chihuahua: Tesoro Estatal en Peligro de Extinción* en 2010.