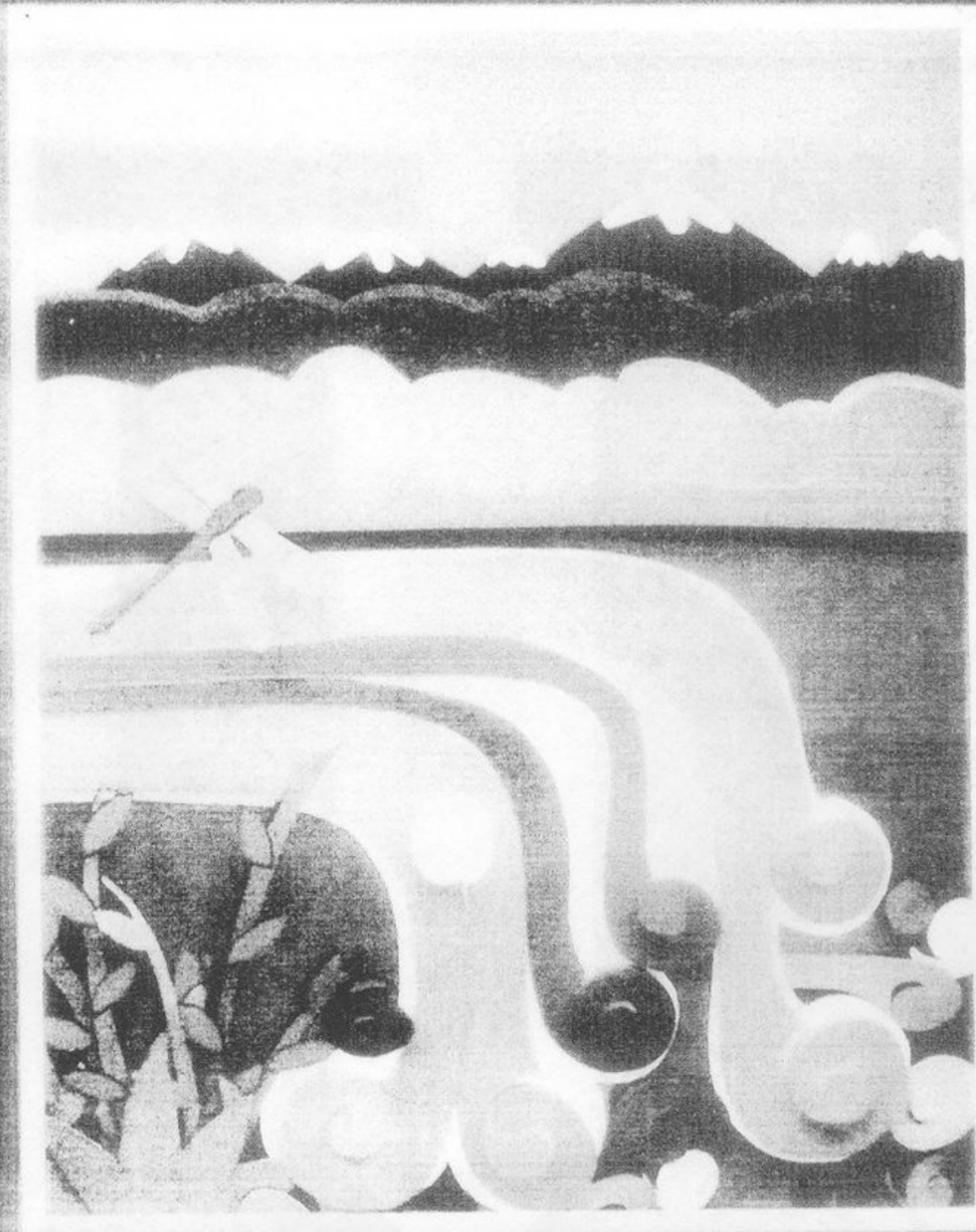


ISSN 1870 - 9982

TERRA LATINOAMERICANA

OCTUBRE - DICIEMBRE DE 2009 • VOLUMEN 27 • NÚMERO 4



Órgano Científico
de la Sociedad Mexicana
de la Ciencia del Suelo, A.C.

TERRA LATINOAMERICANA

OCTUBRE - DICIEMBRE DE 2009 • VOLUMEN 27 • NUMERO 4
OCTOBER - DECEMBER, 2009 • VOLUME 27 • NUMBER 4

DIVISIÓN I

- 275 Mineralogía y retención de fosfatos en andisoles.
Mineralogy and phosphate retention in andisols
María Alcalá de Jesús, Claudia Hidalgo Moreno y Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena
- 287 Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal.
Effect of biological soil crust on water infiltration in a rangeland
Jesús José Quiñones-Vera, Edmundo Castellanos-Pérez, Celso Manuel Valencia-Castro, Juan José Martínez-Ríos, Teodoro Sánchez-Olvera y Carlos Abel Montes-González
- 295 Distribution and efficiency of the phytoextraction of cadmium by different organic chelates.
Distribución y eficiencia de la fitoextracción de cadmio por diferentes quelatos orgánicos.
Juan M. Ruiz, Begoña Blasco, Juan J. Ríos, Luis M. Cervilla, Miguel A. Rosales, Ma. Mar Rubio-Wilhelm, Eva Sánchez-Rodríguez, Rosa Castellano and Luis Romero

DIVISIÓN II

- 303 Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero.
SPAD-502 calibration to evaluate nitrogen requirements in forage corn.
Anselmo González-Torres, Uriel Figueroa-Viramontes, Jorge A. Delgado, Gregorio Núñez-Hernández, José A. Cueto-Wong, Pablo Preciado-Rangel y Arturo Palomo-Gil

TERRA LATINOAMERICANA

- 311** Eficiencia de uso del nitrógeno en nogal pecanero
Nitrogen use efficiency in pecan.
Esteban Sánchez, Juan M. Soto, Manuel Sosa-Cerecedo, Rosa M. Yáñez, Ezequiel Muñoz y Álvaro Anchondo
- 319** Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero.
Use of organic fertilizer in tomato production in greenhouse.
Norma Rodríguez Dimas, Pedro Cano Ríos, Uriel Figueroa Viramontes, Esteban Favela Chávez, Alejandro Moreno Reséndez, Cándido Márquez Hernández, Esmeralda Ochoa Martínez y Pablo Preciado Rangel
- 329** Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo.
Application of organic fertilizers in the production of forage corn with drip irrigation.
Manuel Fortis-Hernández, Juan Antonio Leos-Rodríguez, Pablo Preciado-Rangel, Ignacio Orona-Castillo, José Alberto García-Salazar, José Luis García-Hernández y Jorge Arnaldo Orozco-Vidal
- 337** Productividad y crecimiento de manzano bajo déficit de riego controlado.
Productivity and growth of apple under controlled deficit irrigation.
Rafael Ángel Parra Quezada, Pedro Ortiz Franco, Jesús Pilar Amado Álvarez y Noé Chávez Sánchez

EFFECTO DE LA COSTRA BIOLÓGICA SOBRE LA INFILTRACIÓN DE AGUA EN UN PASTIZAL

Effect of Biological Soil Crust on Water Infiltration in a Rangeland

Jesús José Quiñones-Vera¹, Edmundo Castellanos-Pérez^{1,2}, Celso Manuel Valencia-Castro¹,
Juan José Martínez-Ríos¹, Teodoro Sánchez-Olvera¹ y Carlos Abel Montes-González¹

RESUMEN

Los estudios sobre infiltración del agua y la erosión hídrica en suelos de pastizales del norte de México sólo han considerado la cobertura de las plantas vasculares pero no han cuantificado la importancia de la costra biológica. El objetivo del trabajo fue evaluar la infiltración del agua en un pastizal mediano abierto dominado por *Bouteloua gracilis* en áreas con y sin costra biológica. El trabajo se realizó en La Cieneguilla, Municipio de Hidalgo, Durango. Cuatro pares de líneas se localizaron aleatoriamente con el muestreo sistemático. En estas líneas se localizaron 64 puntos donde se realizaron las pruebas de infiltración, la mitad de ellas con costra biológica la otra mitad sin costra. Se usaron infiltrómetros de doble anillo. En los primeros 15 minutos hubo mayor tasa de infiltración en el suelo sin costra biológica, y de 20 a 60 minutos en el suelo con costra. Considerando los pares aleatorios, uno sin costra biológica y el otro con ella, sólo el 28% de suelos con costra mostraron una tasa de infiltración más alta. Los resultados obtenidos en el presente estudio no apoyan la hipótesis de que las costras biológicas en los suelos del pastizal dominado por *Bouteloua gracilis* mejoran las tasas de infiltración de agua. Los factores del impacto de la gota de lluvia y del escurrimiento superficial deben ser estudiados en suelos protegidos con costras biológicas en los pastizales para analizar su importancia en la protección del suelo.

Palabras clave: *Bouteloua gracilis*, pastizal, infiltrómetro.

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Apartado Postal 1-142, 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

Autor responsable: (ecastellanos@prodigy.net.mx)

Recibido: abril de 2009. Aceptado: noviembre de 2009.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 27: 287-293

SUMMARY

Studies of water infiltration rate and water erosion in rangeland soils of northern Mexico have considered only vascular plant cover. The importance of the biological crust for water infiltration rates has not been measured. The objective of this work was to evaluate the infiltration rate in a rangeland in areas with and without a biological soil crust where the dominant species is *Bouteloua gracilis*. The work was carried out in Cieneguilla, municipality of Hidalgo, in the state of Durango, Mexico. Four pairs of lines were randomly located using systematic sampling. On these lines, 64 points were located and used to perform infiltration rate tests, half of them with the presence of crust. To this end, double ring infiltrimeters were used. The results showed that in the first 15 minutes a higher infiltration rate was observed in those areas where the crust was not present, whereas in the other areas (crust present) the faster rates were found between 20 and 60 minutes. Considering the random pairs, only the 28% of the soils with a biological crust showed higher infiltration rates. In this study, the results do not support the hypothesis that biological crusts on soils of grasslands dominated by *Bouteloua gracilis* improve infiltration rates. Factors of water drop impact and water runoff must be studied on soils covered with biological crusts in grasslands to analyze their importance in soil protection.

Index words: *Bouteloua gracilis*, grassland, infiltrimeter.

INTRODUCCIÓN

Las tierras de pastizal comprenden los ecosistemas de mayor extensión en el mundo (49% de la superficie emergida del globo terraqueo), los cuales producen el 75% del forraje consumido por especies de ganado doméstico y la fauna silvestre del mundo, mientras

que en México el 40.1 de sus casi 198 millones de hectáreas se clasifica dentro de este tipo de ecosistema (Huss y Aguirre, 1978). En proporciones más o menos semejantes, el estado de Durango comprende al menos el 35.5% de tierras de pastizal, de las cuales el 14.7% son zacatales, un tipo particular de pastizal (INEGI, 2001).

Actualmente, en el nuevo concepto de salud del pastizal, se consideran tres atributos de los ecosistemas: la estabilidad del suelo y el sitio, su funcionamiento hidrológico y, su integridad biótica. El primero se define como la capacidad del sitio de pastizal para limitar la redistribución y pérdida del recurso suelo, el segundo se refiere a la capacidad del sitio para captar, almacenar y liberar en forma segura el agua de la precipitación y, el último hace referencia a la capacidad de la vegetación para resistir y recuperarse de un disturbio, lo cual refleja la capacidad del sitio para soportar una comunidad, estructural y funcionalmente característica (Herrick *et al.*, 2005).

En un clima donde la precipitación es relativamente escasa y mal distribuida, la cosecha de agua en el suelo es de suma importancia y una de las limitaciones más importante a la producción y productividad ganadera. Esta cosecha de agua se ha venido deteriorando conforme los pastizales se degradan, como efecto del sobrepastoreo y las sequías recurrentes sobre la vegetación y el mismo suelo. Todo lo anterior conduce a pérdidas de agua y suelo de los sitios de pastizal.

Con relación a la pérdida de agua en estos ecosistemas como consecuencia de la disminución en su capacidad de infiltración, algunos autores mencionan a las costras del suelo como un factor importante (Belnap, 2001a; Belnap, 2001b; Warren y Eldridge, 2001). En el caso de las físicas al parecer no existe duda sobre su efecto negativo (Belnap, 2001b), no así con las biológicas sobre las que existe poca información en nuestro país, además de que en la literatura se presenta controversia sobre el tipo de efecto que éstas presentan sobre la capacidad de infiltración de agua de los suelos de pastizal (Warren, 2001).

Las costras biológicas son el resultado de una relación fuerte entre las partículas del suelo y cianobacterias, algas, hongos, líquenes, y briofitas en diferentes proporciones, los cuales viven sobre el suelo o inmediatamente en los primeros milímetros del suelo. Las partículas del suelo son agregados de esta biota y forman una capa coherente sobre el suelo (Bates *et al.*, 2006; Belnap *et al.*, 2001a; Reddy *et al.*, 2006). El buen

manejo para tener buena producción vegetal en los zacatales, matorrales y sabanas ayuda a minimizar la erosión del suelo, controlar los flujos de agua y mantener los procesos de recuperación biótica, tres aspectos de alguna manera estrechamente relacionados.

En los ecosistemas áridos y semiáridos, las cianobacterias fotosintéticas y los líquenes que crecen en los pocos centímetros superiores del suelo forman una costra que juega un papel importante en la estabilización del suelo (Belnap, 2001a; Warren, 2001). Estos organismos vegetales ayudan a crear la estructura del suelo, ciclan nutrientes e incrementan la infiltración, reduciendo los escurrimientos superficiales, las pérdidas de suelo y nutrientes y permitiendo a las plantas tolerar mejor los disturbios y recuperarse de los mismos (Herrick *et al.*, 2005).

Coincidiendo con los autores anteriores, Belnap *et al.* (2001b) consideran que la costra biológica mejora la infiltración, disminuye la erosión y ayuda al establecimiento de las plantulas en comunidades desérticas con ambientes rigurosos. Estos autores también mencionan que algunos observadores creen que esta costra sella la superficie del suelo e incrementa los escurrimientos superficiales. Al parecer lo anterior está relacionado con procesos de secado y humedecimiento de la misma costra, que retarda o mejora la tasa de infiltración.

El objetivo de este trabajo fue comparar las tasas de infiltración de agua en el suelo en tierras de pastizal mediano abierto del norte del estado de Durango con y sin costra biológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en un potrero de la colonia La Cieneguilla, Municipio de Hidalgo en el estado de Durango, ubicada a pie de la carretera Durango-Parral, Chihuahua, aproximadamente a 20 km del poblado la Zarea con coordenadas 25° 39' N y 104° 39' W (INEGI, 1978). El sitio de estudio es típico de un pastizal mediano abierto, con lomeríos bajos y topografía ondulada. La pendiente varía del 1 al 8% (casi a nivel), con suelos de textura migajón arcillo-arenosa (arena 48%, limo 28%, arcilla 24%), con estructura de bloques subangulares, el contenido de materia orgánica es de 3.4% con horizontes A-mólico y C, siendo clasificado como lithic Haploxeroll (Soil Survey Staff, 2008) con un pH alcalino de 7.3, la CIC de 25.6 me/100 g, un contenido de Ca 13.6 me/100 g y 2.7 me/100 g de Mg, el contenido

de fósforo (P) es de 10.1 mg kg^{-1} , con una densidad aparente de 1100 kg m^{-3} . Los suelos son someros (11 a 25 cm) pero bien drenados y elevaciones entre 1800 a 1900 m (Quiñones *et al.*, 2005). El clima corresponde al menos seco de los secos (BS₁) y templado con verano cálido (k) (INEGI 1990, 2001). La vegetación está dominada por gramíneas de los géneros *Bouteloua* y *Aristida*, aunque se encuentran otras especies de gramíneas como zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), zacate lobero (*Lycurus phleoides*), *Panicum obtusum* y otros. Al igual que muchos potreros en el área, el que se usó para el estudio está invadido por especies arbustivas como gatuño (*Mimosa biuncifera*) y largoncillo (*Acacia constricta* var. *vernucosa*) (Gentry, 1957).

En los meses de noviembre y diciembre de 2005 se usó un procedimiento de muestreo sistemático para ubicar una serie de líneas apareadas, de 25 m de longitud. La distancia entre las dos líneas del par era de 30 y 50 m entre pares, en el sentido de la pendiente. La cantidad de pares de líneas distribuidas en el potrero de esta manera era de cuatro.

Las líneas fueron constituidas por cintas métricas de fibra. En ambos lados de cada línea y a distancias de 5, 10, 15 y 20 m dentro de la línea, y aproximadamente a un metro de ésta se realizaron pruebas de infiltración de agua, 64 en total. En forma alternada en cada línea (dos lados de la misma), la mitad de las pruebas se realizó sobre costra biológica y la otra mitad sobre suelo sin costra. Se utilizaron cuatro infiltrómetros de doble anillo, equipados con un cronómetro, un flotador y una escala en centímetros, ajustados para indicar el nivel del agua en el cilindro interior en cualquiera de los tiempos programados para realizar las lecturas y con dimensiones adaptadas para su uso en pastizales. Cada prueba consistió en programar el cronómetro para un tiempo máximo de una hora, se realizó la lectura en la escala sin agua en el cronómetro (lectura inicial), se llenaron los cilindros interior y exterior con agua y se procedió a iniciar el cronómetro para realizar las lecturas del nivel del agua a los siguientes tiempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60 minutos. En el caso de que se alcanzara la lectura inicial antes de la hora, se paró el cronómetro y se realizó la lectura exacta del tiempo transcurrido de la prueba. Se procuró realizar cuatro pruebas por vez (al mismo tiempo), la mitad en suelo sin costra y la mitad en suelo con costra, para evitar algún sesgo por aparato, lector y registrador y la hora del día.

Para cada prueba se determinó la tasa de infiltración en cm h^{-1} en cada tiempo de lectura. A partir de estos valores se determinó la tasa de infiltración promedio y su desviación estándar, por prueba y por tiempo de lectura para cada línea y condición del suelo (presencia o ausencia de la costra biológica). Estos valores se analizaron por procedimientos de regresión, para determinar el modelo con el mejor ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en el análisis de varianza realizado en el presente estudio sobre los datos de infiltración de agua en el suelo con y sin costra biológica no sustentan la hipótesis de trabajo aquí planteada (Cuadro 1), así como las afirmaciones de algunos autores (Herrick *et al.*, 2005) de que estas costras mejoran las tasas de infiltración de agua en el pastizal. Solamente en el 28% de las pruebas realizadas en este estudio sobre costras biológicas resultaron con tasas que pudieran ser consideradas superiores a las calculadas para suelos sin costra biológica (Cuadros 2, 3, 4 y 5).

La tendencia de las tasas de infiltración en ambos ambientes fue la misma que es reportada por diferentes trabajos sobre infiltración en suelos de pastizales (Branson *et al.*, 1981). La Figura 1 corresponde a las tasas de infiltración en los suelos con y sin costra. En ésta se observa que en los primeros minutos de la prueba (10 a 15 minutos) las tasas son en promedio superiores en los suelos sin costra que en los que estaban cubiertos por la costra biológica, sin embargo, después de los 20 minutos de iniciada la prueba, la tasa de infiltración es mayor en el suelo con costra biológica. Una explicación a este resultado, es probablemente la que mencionan Branson *et al.* (1981), la técnica del infiltrómetro del doble anillo carece del simulador del impacto de la gota de lluvia así como de la intensidad de la precipitación.

Cuadro 1. Análisis de varianza con bloques al azar con submuestreo (Ostle, 1970) para la comparación entre las tasas de infiltración en suelos con y sin costra biológica.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada	
Costra contra sin costra	1	2412.0	11.15	NS
Bloques (líneas)	3	447.3	2.14	NS
Error experimental	3	209.4		
Error de muestreo	56	70.9		

NS = no significativo

Cuadro 2. Tasas de infiltración, promedio y desviación estándar en el par de líneas número uno para suelos con y sin costra biológica en un pastizal mediano abierto del municipio de Hidalgo, Dgo. FAZ-UJED. 2005.

Tiempo (minutos)	Tasas de infiltración (cm h ⁻¹)																			
	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS
	Sobre suelo									Sobre costra biológica										
1	132.0	108.0	114.0	156.0	120.0	108.0	152.4	134.3	125.6	19.3	90.0	162.0	24.0	138.0	108.0	66.0	103.8	124.3	100.9	17.4
2	105.0	87.0	81.0	111.0	99.0	105.0	119.1	109.5	102.1	12.7	78.0	132.0	18.0	99.0	87.0	84.0	71.4	84.0	77.6	13.1
3	94.0	80.0	70.0	94.0	84.0	94.0	111.1	98.4	90.7	12.5	68.0	118.0	64.0	86.0	76.0	50.0	63.8	69.9	74.1	10.4
4	85.5	73.5	60.0	82.5	79.5	90.0	102.4	92.9	83.3	12.9	62.5	108.0	58.5	75.0	70.5	42.5	61.9	64.3	68.8	11.6
5	78.0	69.6	55.2	73.2	73.2	86.4	95.3	87.6	77.3	12.8	58.2	102.0	51.6	73.2	66.0	46.8	57.7	59.1	64.3	11.3
6	74.0	66.0	53.0	70.0	69.0	80.0	82.6	84.1	73.3	10.3	54.0	98.0	52.0	66.0	63.0	45.0	54.0	55.4	60.7	10.5
10	60.6	57.0	45.8	57.0	58.2	63.0	79.6	76.2	61.9	11.4	46.2	89.3	47.4	55.2	52.8	40.2	46.7	47.6	53.7	10.3
12	52.0	54.3	41.0	52.5	51.0				50.2	5.3	43.3		44.0	50.5	49.5	38.0	47.9	45.7	44.8	4.7
15			38.0		42.0				40.0	2.8	39.6		39.2	47.3	47.0	36.8	35.6	40.0	40.1	5.8
20			32.5						32.5	0.0	38.3		31.5			34.5	31.8	38.8	34.3	3.0
30																				
60																				
Media	88.1	74.4	58.9	87.0	75.1	89.5	105.2	81.9			57.8	118.2	43.0	76.7	63.3	45.8	53.5	61.1		
DS	15.5	17.4	21.4	33.8	24.2	15.3	27.2	35.1			17.1	28.1	64.9	28.5	29.2	19.9	25.0	23.0		

DS = desviación estándar. a-d = ubicación de los puntos de muestreos en la línea.

Cuadro 3. Tasas de infiltración, promedio y desviación estándar en el par de líneas número dos para suelos con y sin costra biológica en un pastizal mediano abierto del municipio de Hidalgo, Dgo. FAZ-UJED. 2005.

Tiempo (minutos)	Tasas de infiltración (cm h ⁻¹)																			
	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS
	Sobre suelo									Sobre costra biológica										
1	84.0	30.0	96.0	192.0	152.4	114.3	114.0	120.0	112.8	47.0	144.0	90.0	60.0	84.0	85.7	114.3	138.0	107.0	102.3	28.0
2	66.0	45.0	84.0	162.0	119.1	85.7	96.0	99.0	94.6	35.1	120.0	78.0	54.0	66.0	66.7	81.0	105.0	75.0	80.7	21.7
3	58.0	42.0	78.0	144.0	108.0	69.9	85.0	88.0	84.5	31.4	102.0	64.0	52.0	62.0	66.3	66.9	92.0	70.0	73.5	16.0
4	49.5	39.0	70.5	133.5	95.3	61.9	81.0	79.5	76.3	29.3	90.0	55.5	48.0	60.0	54.5	64.3	82.5	66.0	65.1	14.3
5	48.0	38.4	67.2	117.6	94.3	59.1	74.4	74.4	71.3	25.0	84.0	50.4	48.0	56.4	49.5	61.0	74.4	61.7	60.6	12.8
6	43.0	38.6	64.0	108.0	92.1	57.2	71.0	70.0	67.5	22.7	75.0	46.0	46.0	53.0	47.6	57.2	71.0	58.2	56.8	11.1
10	34.2	34.8	55.2		61.0	47.6	58.2	58.2	49.9	11.3	57.0	36.6	40.8	45.0	41.0	38.6	57.6	49.2	47.0	7.6
12	32.0	33.8	50.5			43.6	54.6	54.9	44.9	10.2	52.8	35.8	35.5	44.0	38.1	42.1	55.7	46.0	44.1	7.1
15	30.0	32.0	42.0			39.4			35.9	5.8		32.4	36.8	42.0	35.6			42.8	42.0	4.4
20	27.0	30.0							28.5	2.1		28.8	31.5		31.4				29.6	2.5
30	23.1	28.1							25.6	3.5		26.3							26.3	0.0
60																				
Media	45.0	35.8	67.5	142.4	102.8	64.3	79.7	80.5			90.6	53.2	45.6	56.9	52.1	61.3	84.5	63.4		
DS	18.7	5.4	17.0	31.4	28.3	23.5	19.7	21.6			31.0	19.0	8.7	13.7	16.7	22.5	27.1	18.1		

DS = desviación estándar. a-d = ubicación de los puntos de muestreos en la línea.

factores importantes en la infiltración de agua de lluvia en el suelo, donde la costra biológica tiene función protectora sobre el impacto de la lluvia y la erosión causada por la escorrentía así como la disminución de la velocidad de ésta lo que causa más infiltración (Warren, 2001). Asimismo, las costras biológicas

estuvieron expuestas a disturbio por diferentes factores como el pisoteo por el ganado doméstico, el cual es el disturbio más común causado por los animales en pastoreo (Belnap y Eldridge 2001; Warren y Eldridge, 2001).

Aunque no se encontraron diferencias con esta técnica en la infiltración de agua en el pastizal, al igual

Cuadro 4. Tasas de infiltración, promedio y desviación estándar en la línea tres para suelos con y sin costra biológica en un pastizal mediano abierto del municipio de Hidalgo, Dgo. FAZ-UJED 2005.

Tiempo (minutos)	Tasas de infiltración (cm h ⁻¹)																			
	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS
	Sobre suelo									Sobre costra biológica										
1	126.0	107.0	66.0	108.0	156.0	84.0	123.8	104.8	108.8	27.4	90.0	108.0	24.0	84.0	107.0	108.0	155.8	85.7	90.7	30.7
2	102.0	78.0	63.0	96.0	126.0	60.0	95.3	85.7	88.3	21.6	66.0	90.0	27.0	72.0	78.0	84.0	90.5	87.5	70.2	20.8
3	90.0	68.0	60.0	90.0	108.0	80.0	82.6	69.9	77.3	18.8	88.0	83.0	74.0	66.0	64.0	72.0	76.2	97.8	63.0	18.7
4	87.5	61.5	81.0	82.5	99.0	43.5	76.7	61.9	70.1	18.1	81.0	75.0	72.8	61.8	87.0	66.0	69.1	48.7	88.0	16.0
5	85.0	87.6	51.6	78.0	92.4	40.8	72.4	87.2	66.0	17.0	46.8	70.8	74.0	60.0	82.8	63.6	62.9	40.0	87.6	18.2
6	72.0	84.0	80.0	73.0	86.0	38.0	66.7	82.4	61.8	18.6	44.0	67.0	22.0	86.0	80.0	87.0	84.0	78.1	48.8	13.8
10	89.5	48.0	45.6	62.4	74.1	32.4	57.2	43.8	52.5	13.7	36.6	89.4	24.0	36.6	47.0	81.0	80.5	31.4	41.4	17.3
12	87.8	42.0	48.0	88.8		30.5	51.6	41.3	46.7	10.1	34.5	87.8	20.5	38.8	89.0	48.0	46.0	29.4	38.8	11.7
15		38.8	43.8			27.6		37.5	36.9	6.7	52.0		21.6	34.8	36.0	88.0	30.0	27.0	34.2	8.0
20		36.3				25.8		36.1	32.7	6.0	29.4		19.8	30.0	44.7		30.5	28.5	80.4	11.7
30						23.6			23.6	0.0	28.6			30.0				24.0	37.4	11.4
60																				
Media	83.5	60.4	83.2	81.1	105.9	41.5	78.2	89.1			47.0	76.3	22.6	81.4	88.5	66.1	65.2	41.3		
DS	22.7	20.7	8.2	16.7	27.6	17.9	23.0	22.4			18.7	16.8	2.1	19.0	21.5	19.5	26.3	18.2		

DS = desviación estándar = ubicación de los puntos de muestreos en la línea.

Cuadro 5. Tasas de infiltración, promedio y desviación estándar en la línea cuatro para suelos con y sin costra biológica en un pastizal mediano abierto del municipio de Hidalgo, Dgo. FAZ-UJED 2005.

Tiempo (minutos)	Tasas de infiltración (cm h ⁻¹)																			
	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS	1a	2a	1b	2b	1c	2c	1d	2d	Media	DS
	Sobre suelo									Sobre costra biológica										
1	84.0	126.0	120.0	186.0	87.2	108.0	102.0	123.8	109.6	41.9	210.0	78.0	102.0	84.0	87.7	78.0	180.0	180.0	108.4	81.0
2	83.0	99.0	105.0	156.0	38.1	75.0	78.0	95.3	84.9	29.3	171.0	63.0	93.0	48.0	38.1	87.0	114.0	98.0	84.0	27.0
3	24.0	88.0	96.0	136.0	31.8	88.0	70.0	88.9	74.1	36.4	150.0	88.0	80.0	46.0	31.8	48.0	98.0	72.0	73.0	31.0
4	19.8	76.5	85.8	123.0	28.6	87.0	64.5	81.0	67.0	32.9	137.0	87.8	72.0	43.8	76.7	42.0	90.0	69.0	69.0	23.4
5	16.8	69.6	79.2	112.8	24.8	82.8	60.0	76.2	61.5	30.8	121.2	48.0	67.2	40.8	27.0	37.7	80.4	62.4	60.0	23.8
6	16.0	68.0	76.0	102.0	23.8	48.0	87.0	73.0	87.6	28.2	114.5	46.0	63.0	40.0	20.6	38.0	75.0	88.0	80.5	20.0
10	12.6	83.4	88.2	99.7	18.0	41.4	48.6	60.0	48.9	27.0		40.7	81.0	33.6	17.1	26.4	86.4	48.6	38.0	13.0
12	11.8	81.5	82.5		17.5	39.0	46.0	85.8	39.1	17.7		37.8	46.0	27.5	18.9	24.0	47.8	46.0	48.6	12.7
15	10.4	80.4			16.8	36.0	41.6		34.0	16.9		35.2	48.4	30.0	14.6	22.0	46.4	40.8	34.7	12.1
20	9.7				15.2	31.5	41.6		24.4	14.8		34.7		27.9	13.4	18.0		30.7	27.0	11.0
30	8.1				13.3				10.7	3.7				30.0	11.4	17.0		10.8	10.8	
60	6.3				12.2				9.3	4.2					9.4	14.7			12.1	11.7
Media	18.5	75.5	84.1	130.7	24.8	54.7	60.9	81.7			119.5	49.3	69.2	38.8	23.7	38.0	84.5	66.5		
DS	13.5	25.2	27.8	31.4	12.9	22.7	18.9	21.6			38.9	13.9	19.7	8.6	13.7	18.9	33.3	30.1		

DS = desviación estándar = ubicación de los puntos de muestreos en la línea.

que Wilcox *et al.* (2003) quienes no encontraron un efecto positivo importante de la costra biológica en las características hidrológicas del suelo, es necesario remarcar la importancia de la costra biológica en las zonas áridas y semiáridas en la fijación de nitrógeno (Yeager *et al.*, 2004), así como en la fijación fotosintética

para la formación de humus del suelo bajo condiciones de periodos cortos de hidratación bajo condiciones extremas de temperaturas y radiación solar excesiva (Lange, 2001). También las costras biológicas ofrecen protección a la erosión causada por la fuerza del viento (Belnap, 2001a). Aunque Rosentreter *et al.* (2001)

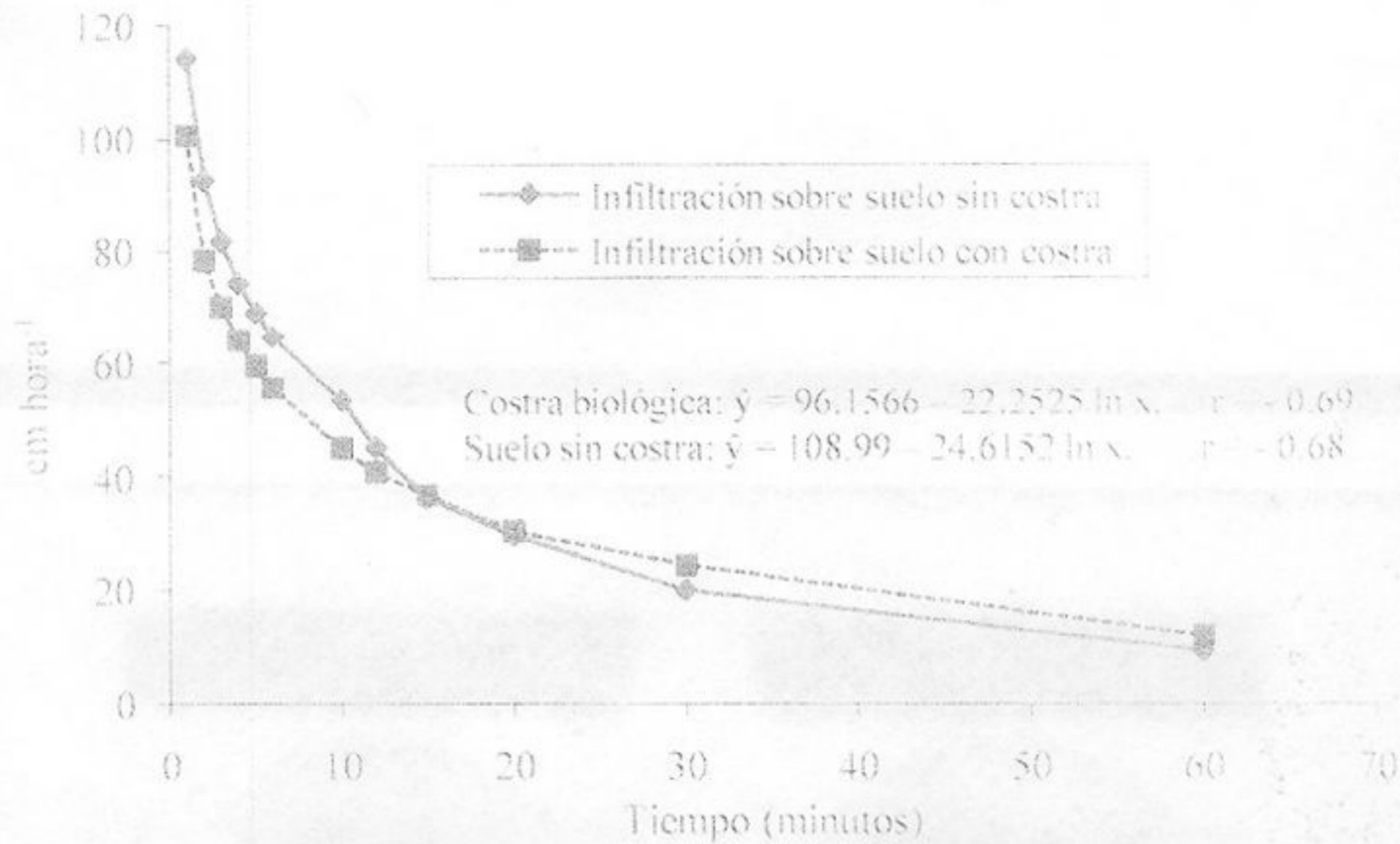


Figura 1. Tasas de infiltración promedio de agua para suelos con y sin costra biológica en un pastizal mediano abierto del norte del estado de Durango, México. FAZ-UJED 2005.

mencionan todas las prácticas de manejo de pastizales que deben ser aplicadas para distribuir los animales en pastoreo y no se concentren éstos en un área, lo que evita la destrucción por pisoteo de la costra biológica, los efectos de esta costra sobre la hidrología son muy complejos, por lo que investigación en áreas sin disturbio y los efectos del pisoteo del ganado y la quema en los pastizales a las costras biológicas necesitan más estudios (Johansen, 2001). El estudio de la importancia de las costras biológicas en los pastizales áridos y semiáridos de México debe ser considerado ya que la mayoría de los estudios se basan en la importancia de las plantas vasculares y reconocen el papel fundamental de las costras, sin embargo, no aparecen en ninguna evaluación en la condición de los pastizales (Rosentreter *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio no apoyan la hipótesis de que las costras biológicas, en los suelos del pastizal dominado por *Bouteloua gracilis*, mejoran las tasas de infiltración de agua.

LITERATURA CITADA

- Bates, S. T., G. S. N. Reddy, and F. García-Pichel. 2006. *Exophiala crusticola* anam. nov. (affinity *Herpotrichiellaceae*), a novel black yeast from biological soil crusts in the Western United States. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 56: 2697-2702.
- Belnap, J. 2001a. Biological soil crusts and wind erosion, pp. 339-347. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Belnap, J. 2001b. Comparative structure of physical and biological crusts, pp. 177-191. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Belnap, J. and D. Fridridge. 2001. Disturbance and recovery of biological soil crusts, pp. 363-383. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Belnap, J., B. Bildel, and O. L. Lange. 2001a. Biological soil crusts: characteristics and distribution, pp. 3-30. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Belnap, J., R. Prasse, and K. L. Harper. 2001b. Influence of biological soil crusts on soil environments and vascular plants, pp. 281-300. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), *Biological soil crusts: structure, function, and management*. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Branson, F. A., G. E. Gifford, K. G. Renard, and R. J. Hadley. 1981. *Rangeland hydrology*, Second Edition. Society for Range Management, Range Science Series, No. 1, 2nd ed. Dubuque, IA, USA.
- Gentry, H. S. 1957. Los pastizales de Durango. Estudio ecológico, fisiográfico y florístico. Trad. E. Hernández N. IMRN, A.C.
- Herriek, J. E., J. W. van Zee, K. M. Havstad, L. M. Burkett, and W. G. Whitford. 2005. *Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems*, Vol. II. Design, supplementary methods and interpretation. USDA-ARS Jornada Experimental Range, Las Cruces, NM, USA.
- Huss, D. y E. L. Aguirre V. 1978. *Fundamentos de manejo de pastizales*. IFESEM, Monterrey, NL, Mexico.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1978. Carta Edafológica clave GI3D22 "La Cieneguilla". Escala 1:50,000. 1ª ed. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1986. Anuario estadístico del estado de Durango. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1990. Guías para la interpretación de cartografía. Climatología. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. Anuario Estadístico Durango. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Johansen, J. R. 2001. Impacts of fire on biological soil crusts, pp. 385-397. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Lange, O. L. 2001. Photosynthesis of soil-crust biota as dependent on environmental factors, pp. 217-240. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Oste, B. 1970. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna. cuándo y dónde aplicarla. Ed. Limusa-Wiley, S. A. México, D. F.
- Quinones, V. J. J., E. Castellanos P., C. M. Valencia C., and J. J. Martínez R. 2005. Effect of drum aeration on soil water infiltration rate in a grassland in Durango, Mexico. 58th Annual Meeting and Trade Show. Society for Range Management, Fort Worth, TX, USA.
- Reddy, G. S., N. M. Nagy, and E. Garcia-Pichel. 2006. *Belnapia moabensis* gen. nov., sp. nov., an alphaproteobacterium from biological soil crusts in the Colorado Plateau, USA. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 56: 51-58.
- Rosentreter R., D. J. Eldridge, and J. H. Kaltenecker. 2001. Monitoring and management of biological soil crusts, pp. 457-468. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Soil Survey Staff. 2008. Keys to soil taxonomy. Eighth Edition. United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS), Washington, DC, USA.
- Warren, S. D. 2001. Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability, pp. 349-360. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Warren, S. D. and D. J. Eldridge. 2001. Biological soil crusts and livestock in arid ecosystems: Are they compatible? pp. 401-415. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.), Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer, Ecol. Stud. 150, Berlin, Germany.
- Wilcox, B. P., D. D. Breshears, and H. J. Tibbitt. 2003. Hydraulic conductivity in a piñon-juniper woodland: Influence of vegetation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1243-1249.
- Yeager, C. M., J. L. Kornosky, D. C. Housman, L. J. Grote, J. Belnap, and C. R. Kuske. 2004. Diazotrophic community structure and function in two successional stages of biological soil crusts from the Colorado Plateau and Chihuahuan Desert. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 973-983.