

Influencia del gatuño (*Mimosa monancistra* Benth.) en la infiltración de agua y la cantidad de forraje en pastizales con diferente grado de disturbio en el altiplano central mexicano

Influence of catclaw mimosa (*Mimosa monancistra* Benth.) on water infiltration and forage production on rangelands with different disturbance degree in the Mexican central highland plateau

Ernesto Flores Ancira^a, Juan Teodomiro Frías Hernández^b, Pedro Jurado Guerra^c, Juan de Dios Figueroa Cárdenas^d, Víctor Olalde Portugal^e, Arturo Gerardo Valdivia Flores^a

RESUMEN

Las observaciones se realizaron en el periodo comprendido entre el año 2002 y el 2004 en los estados de Aguascalientes y Jalisco, México, con los objetivos de evaluar la influencia del gatuño en la cantidad de biomasa herbácea, la infiltración total de agua y la profundidad de infiltración en el perfil del suelo, en tres sitios y dos áreas de influencia (dentro y fuera) del dosel de gatuño. La cantidad de biomasa en el sitio I resultó diferente ($P \leq 0.01$), con un total de 264.7 y 186.5 g/m² fuera y dentro del dosel de gatuño respectivamente, como respuesta de la interacción sitio y área de influencia, no resultando así en los sitios II y III donde no existieron diferencias. La infiltración total de agua fue evaluada a los 15, 60 y 105 min y resultó afectada por la interacción sitio X área de influencia solamente a los 60 y 105 min. En el sitio III, a los 60 min este parámetro fue diferente ($P \leq 0.01$) entre áreas de influencia, con un total de 110.7 mm dentro y 78.1 mm fuera del dosel de gatuño, no así en los sitios I y II donde no existieron diferencias entre áreas de influencia. A los 105 min se detectaron diferencias ($P \leq 0.01$) entre áreas de influencia en los tres sitios. La profundidad de infiltración en el perfil del suelo estuvo afectada por la interacción sitio X área de influencia, detectándose que esta variable en los tres sitios resultó distinta en las dos áreas de influencia ($P \leq 0.01$).

PALABRAS CLAVE: Gatuño, Pastizales, Arbustivas, Sitio, Dosel, Biomasa herbácea, Infiltración, Agua.

ABSTRACT

Observations were made during 2002 and 2004 in the states of Aguascalientes and Jalisco, México, aiming at evaluating catclaw mimosa's influence on the amount of herbaceous biomass, total water infiltration and infiltration depth in the soil profile, on three sites and two influence areas (inside and outside) catclaw mimosa's canopies. The amount of herbaceous biomass in site I was different 264.7 g/m² and 186.5 g/m² obtained inside and outside catclaw mimosa's canopies respectively, as influenced by the interaction site X influence area ($P \leq 0.01$), not resulting so in sites I and II where differences were not detected. Total water infiltration was evaluated at 15, 60 and 105 min and only at 60 and 105 min was affected by site X influence area interaction not resulting so at 15 min. In site III at 60 min this variable was different ($P \leq 0.01$) between influence areas with 110.7 mm infiltrated inside and 78.1 mm outside catclaw mimosa's canopies. However, in sites II and III differences were not noticed. At 105 min regardless influence areas, there were differences ($P \leq 0.01$) in total water infiltration in the three sites as influenced by site X influence area interaction. Infiltration depth into the soil profile was different ($P \leq 0.01$) in the distinct sites regardless influence areas as affected also by site X influence area interaction.

KEY WORDS: Catclaw, Rangelands, Brush, Site, Canopy, Herbaceous biomass, Infiltration, Water.

Recibido el 7 de marzo de 2005 y aceptado para su publicación el 2 de agosto de 2005.

^a Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad #940, Col. Ciudad Universitaria, 20100, Aguascalientes, Ags., México.

^b Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto.

^c Campo Experimental La Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

^d CINVESTAV-IPN-Unidad Querétaro.

^e CINVESTAV-IPN-Unidad Irapuato.

El apoyo financiero para la realización de este trabajo estuvo a cargo de la Universidad Autónoma de Aguascalientes al través de la Dirección General de Investigación y Posgrado, inscrito internamente con la clave:PIAg/RN 03-3.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas son susceptibles a los disturbios causados por el hombre y a perturbaciones naturales, lo que conlleva a un proceso de degradación de los recursos naturales presentes en ellos^(1,2). Este proceso es complejo y comprende además de los cambios fisiológicos, alteraciones estructurales y funcionales, presentándose finalmente el fenómeno de desertificación, lo que termina por modificar el arreglo espacial de las plantas así como el del agua y los nutrientes del suelo⁽³⁾.

Dentro de los factores señalados como agentes causales del deterioro en ecosistemas de pastizal, está la excesiva cantidad de herbívoros, tanto domésticos como silvestres, que permanecen en el mismo lugar durante largos períodos de tiempo (sobre pastoreo); el abuso en la extracción de plantas sobre todo arbustos para usarse como leña, madera o plantas medicinales o industrializables (deforestación); y también la eliminación total de la vegetación nativa para ocupar ese nicho vacío con otras especies vegetales domesticadas (expansión de la frontera agrícola). Todo esto provoca en mayor o menor grado que las plantas, que de manera natural ocupan espacios y nutrientes, sean eliminadas, originando un desequilibrio en diferentes procesos ecológicos, como la alteración de los ciclos biogeoquímicos, sobre todo el del carbón, nitrógeno y fósforo; modificación del flujo energético; eliminación de hábitats de especies de fauna silvestre, insectos y microorganismos del suelo, y la alteración de una de las fases más importantes del ciclo del hidrológico, que es la retención del agua en la litosfera, pues al disminuir la cubierta vegetal protectora del suelo, se reduce la capacidad de infiltración de agua de lluvia y se aumentan las tasas de escurrimiento⁽⁴⁾.

Durante siglos estos procesos han ocurrido en estos ecosistemas y han provocado cambios en la arquitectura y composición de especies vegetales, siendo notable el reemplazo de especies herbáceas por especies arbustivas catalogándose esto como un cambio negativo, pues tradicionalmente se ha considerado a las arbustivas como especies invasoras

INTRODUCTION

Arid to semiarid land ecosystems are prone to disturbances caused not only by man but also by natural perturbations, however, both produce degradation of the natural resources involved^(1,2). This process is complex because it produces physiognomic, structural and functional alterations and finally desertification. This phenomenon modifies plant spatial arrangement as well as water and soil nutrients⁽³⁾.

Factors causing range ecosystems damage could be various; nevertheless, overgrazing, excessive wood extraction to be used as fuel in poor households, deforestation, expansion of the agricultural frontier by turning rangelands to dry land agriculture. All these abuses provoke in a major or minor degree a shift in plant composition leading to a disruption of different ecological processes as alteration of biogeochemical cycles (carbon, nitrogen, phosphorous); modification of energy flow; elimination of wildlife, insects and soil microorganisms habitats, and breaking of one of the most important phases of the hydrological cycle as it is lithosphere's water catchment and retention, because when soil's protective cover start decreasing, rainfall water infiltration decreases and runoff rates increase⁽⁴⁾.

During centuries these processes have occurred onto these ecosystems, as a result of this, there have been changes in architecture and plant composition, especially, the change of an herbaceous stratum by a woody dominant component., this has traditionally been catalogued as a negative successional change due the fact that brush species have been thought to be invasive and aggressive competitors for several resources such as water, space, light and nutrients, and are considered to be of poor quality forage for grazing animals⁽⁵⁾. This philosophy has had a powerful influence on many people who since the 50's have developed and implemented methodologies and strategies to eliminate or reduce brush populations and to establish through range reseeding different grass species that in many occasions have been plant materials brought from other regions of the world⁽⁶⁾. Little attention has been conferred to clarify the ecological role of brush species besides their forage productivity

y competidoras por espacio, agua, luz y nutrimentos, y que además aportan poco en la alimentación del ganado en pastoreo⁽⁵⁾.

Lo anterior ha ocasionado que desde la época de los 50's se hayan originado e implementado metodologías y estrategias para eliminar o reducir las poblaciones de arbustos y establecer comunidades de gramíneas, en muchas ocasiones introducidas de otras regiones del mundo⁽⁶⁾. Poco se ha considerado en cuanto a las funciones que desempeñan las arbustivas además de su aporte forrajero, es decir, retenedoras y formadoras de suelo, como fuente de materias primas, como alimento para fauna silvestre, etc; pero en las dos últimas décadas se han generado estudios cuyo tema es el enfoque multipropósito de estas especies, y aún más importante su papel como especies nodrizas que facilitan el establecimiento de otras plantas y atenúan condiciones climáticas extremas^(7,8,9,10), considerándose pocos los estudios que contemplen el comportamiento o influencia de estas especies en el ciclo hidrológico⁽¹¹⁾. El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del gatuño en la producción de biomasa; la infiltración total de agua y la profundidad de infiltración en el perfil del suelo, en sitios con diferente grado de disturbio (bajo, medio, alto) y dos áreas de influencia (dentro y fuera) del dosel del gatuño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el período comprendido entre los años 2002 y 2004 en pastizales del altiplano central en su porción correspondiente al estado de Aguascalientes y el norte de Jalisco. Durante el período abril-octubre del año 2002 se localizaron y seleccionaron tres sitios con diferente grado de disturbio, causado por sobre pastoreo de diferentes especies de ganado doméstico, donde además de conocer por parte de los propietarios el manejo del pastizal en cada caso particular, se procedió a realizar muestreos de vegetación analizando el porcentaje de cobertura basal de especies herbáceas, utilizando la línea de intercepción de Canfield^(12,13) y la densidad de gatuño/ha por medio del punto central de cuadrante⁽¹⁴⁾ (Cuadro 1).

namely soil forming plants, wildlife habitat, etc; however, during the last two decades several studies have been generated aiming at discovering the real ecological value of these species as fertile islands and/or safe sites for the establishment of other plant propagules^(7,8,9,10) scarce research has been done at figuring out the behavior or influence of these species on hydrological cycle⁽¹¹⁾. Therefore, the objective of this study was to evaluate de influence of catclaw mimosa on biomass production; total water infiltration, and infiltration depth reached in the soil profile on sites with different disturbance degrees (low; intermediate; high.) and two influence areas (inside and outside) catclaw mimosa's canopies.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted during 2002 and 2004 on rangelands located in the Mexican central highland plateau in the states of Aguascalientes and northern Jalisco. During April-October 2002, three different grazing disturbance degree sites were located and sampled. Basal herbaceous cover was analyzed through Canfield's line interception method^(12,13) and catclaw mimosa's density/ha by using point centered quadrat method⁽¹⁴⁾ (Table 1).

Botanical composition was obtained based on grass and herbaceous basal cover as well as woody plant canopy cover detected on the three different study sites (Table 2). These two parameters were taken into account as the two most important criteria to split up the sites which were classified in three categories: excellent (site I); intermediate (site II); and degraded (site III). Each site was replicated

Cuadro 1. Cobertura basal de especies herbáceas y densidad de gatuño en tres sitios con diferente grado de disturbio

Table 1. Herbaceous species basal cover and catclaw mimosa's density on three sites with different disturbance degrees

	Site I	Site II	Site III
Basal cover, %	45 ó >	10-44	0-9
Density, No/ha	50 ó <	51-500	>500

Cuadro 2. Composición botánica de las especies de gramíneas, plantas herbáceas y arbustos en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central (%)*

Table 2. Botanical composition of graminoids, herbaceous vegetation and woody species on three sites with different disturbance degrees in the Mexican central highland plateau (%)*

Species	Sites		
	I	II	III
Perennial Graminoids¹			
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth.) Lag. ex Griffiths	13.70	10.12	0.00
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	5.02	0.00	0.00
<i>Bouteloua chondrosioides</i> (Kunth.) Benth.	12.78	8.07	0.00
<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	3.56	1.02	0.00
<i>Lycurus phleoides</i> Kunth.	5.23	1.12	0.00
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth.) Kunth.	7.18	3.00	0.00
<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.	12.78	6.67	0.00
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth.) Willd. ex Rybd.	0.00	0.00	1.03
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Beauv. ex Roem. y Schult.	0.00	1.06	0.00
<i>Sporobolus atrovirens</i> (H.B.K.) Kunth.	0.13	0.00	0.00
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	0.00	1.23	0.00
<i>Scleropogon brevifolius</i> Phil.	0.00	0.00	0.02
Annual Graminoids²			
<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	0.00	1.45	0.67
<i>Bouteloua barbata</i> Lag.	0.00	0.23	0.45
<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth.) Griseb.	0.00	0.00	0.24
<i>Chloris virgata</i> Sw.	0.00	1.56	0.56
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Mosher.	0.00	0.13	0.89
<i>Eragrostis mexicana</i>	0.00	0.00	0.27
<i>Aristida adscensionis</i> L.	0.00	0.00	0.69
Perennial Herbaceous Vegetation³			
<i>Cyperus seslerioides</i> H.B.K.	0.30	0.00	0.00
<i>Plantago nivea</i> H.B.K.	0.15	0.00	0.00
<i>Crotalaria pumila</i> Ort.	0.00	0.24	0.00
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	0.00	0.15	0.28
<i>Stevia serrata</i> Cav.	0.10	0.00	0.00
<i>Bidens odorata</i> Cav.	0.00	0.13	1.25
<i>Bidens rostrata</i> Melchest.	0.00	0.10	0.19
<i>Milla biflora</i> Cav.	1.34	0.00	0.00
Annual Herbaceous Vegetation⁴			
<i>Solanum rostratum</i> Dun.	0.00	0.00	0.17
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	0.00	0.00	0.09
<i>Salsola iberica</i> Sennen y Pav.	0.00	0.00	1.06
<i>Eryngium heterophyllum</i> Engelm.	0.12	0.23	0.00
<i>Gomphena serrata</i> L.	0.00	1.34	0.00
Woody Species⁵			
<i>Prosopis leavigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	0.03	4.56	7.45
<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	0.01	17.98	22.67
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Wats.) F.J. Hermann	4.78	6.89	19.45
<i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire	0.01	3.56	4.78
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl.	0.00	0.12	0.00

1,2,3,4 Basal cover (%).

5 Canopy cover (%).

* Plant's scientific names were extracted from the Texas Vascular Plant List⁽⁴⁵⁾.

La composición botánica obtenida en base porcentaje de cobertura basal de gramíneas y especies herbáceas, así como el porcentaje de cobertura aérea de las especies arbustivas detectadas en los tres sitios estudiados se muestran en el Cuadro 2. Estos parámetros se tomaron en cuenta como criterios principales para diferenciar los distintos sitios, los cuales fueron clasificados en tres categorías: excelente (sitio I), intermedio (sitio II) y degradado (sitio III). Cada sitio se repitió tres veces totalizando nueve sitios.

El clima prevaleciente en la región es estepario o semidesértico (Bs)⁽¹⁵⁾; el clima en los distintos sitios del estudio de acuerdo a la estratificación del estado de Aguascalientes pertenece a la clasificación de semiárido templado⁽¹⁶⁾. La estación lluviosa es de junio a septiembre presentándose de manera bimodal con un pico entre los meses de junio y julio y otro entre septiembre y octubre, con una precipitación pluvial media anual de 450 mm, aunque la estación meteorológica localizada en San Bartolo, Aguascalientes, registró un total de 643.9 mm en el año 2002, 854.7 mm en el año 2003 y 611.3 mm en el año 2004⁽¹⁷⁾. Los rangos de altitud sobre el nivel del mar en los sitios de muestreo varían de 1,700 a 2,000 m; la temperatura media anual es de 16.7 °C con temperaturas máximas registradas de 44 °C y mínimas de -13 °C; el suelo de la región es de origen calcáreo, presentándose en la mayoría de los casos un horizonte petrocálcico conocido como caliche o tepetate a los 20 cm de profundidad en el perfil del suelo, además de un contenido de materia orgánica pobre que en la mayoría de los casos es menor a 1 %⁽¹⁸⁾.

three times totaling nine sites. The prevailing climate of the region semi-desert according to Köppen’s classification modified by García (Bs)⁽¹⁵⁾, whereas the climate common to all the study sites according to the stratification of the state of Aguascalientes falls into the classification of temperate, semiarid⁽¹⁶⁾. Rainy season it is from June through September occurring in a bimodal fashion with a peak during the months of June and July and other in September and October, with an average annual precipitation of 450 mm, although during 2002, 2003, and 2004 there were recorded at San Bartolo weather station 643.9 mm, 854.7 mm and 611.3 mm respectively⁽¹⁷⁾. Altitude of the study sites varies from 1700 to 2000 m; annual mean temperature is 16.7 °C, however, there have been maximum and minimum temperatures of 44 and -13 °C respectively. Soils of the region are of calcareous origin with a common petrocalcic horizon at 20 cm depth in the soil profile, moreover, the soil’s organic matter content in most of the cases is less than 1 %⁽¹⁸⁾. In the year 2002 soil sampling was conducted aiming at detecting some physical and chemical properties of soils at the different study sites, and were analyzed at the Laboratory of Soil, Water and Plant Nutrient Analysis of the Agricultural Sciences Center at Universidad Autónoma de Aguascalientes (Table 3), according to the procedures of The Official Standard of México (NOM-2000)⁽¹⁹⁾. Dominant vegetation of the region in most cases is brushland of *Opuntia-Mimosa-Acacia-Prosopis*, with an herbaceous stratum of *Bouteloua-Buchloe-Aristida-Lycurus-Muhlenbergia*⁽²⁰⁾.

Herbaceous plant biomass (g/m²)

During the spring of 2003 there were set up 54 1 m² exclosures on the nine experimental sites which

Cuadro 3. Análisis físicos y químicos de los suelos de tres sitios con diferente grado de disturbio

Table 3. Soil physical and chemical analysis on three sites with different disturbance degrees

Sites	Texture	pH (-logH ⁺)	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total inorganic nitrogen (mg/kg)	Phosphorous (mg/kg)	Calcium (mg/kg)	Magnesium (mg/kg)
I	Sandy-clay-loam	5.80	2.16	1.25	25.8	112	1220	80
II	Loam	6.46	1.48	0.86	16.2	16	840	60
III	Loam	5.89	0.94	0.60	9.2	8	470	40

Durante el año 2002 se realizaron muestreos con el fin de detectar algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de los distintos sitios los cuales se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Nutrientes Vegetales del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (Cuadro 3), de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana⁽¹⁹⁾. La vegetación predominante en la región son matorrales de *Opuntia-Mimosa-Acacia-Prosopis*, con un estrato herbáceo de *Bouteloua-Buchloe-Aristida-Lycurus-Muhlenbergia*⁽²⁰⁾.

Biomasa de plantas herbáceas (g/m²)

Durante la primavera del 2003 se establecieron un total de 54 exclusiones de 1 m² en los nueve sitios experimentales, las cuales fueron construidas con varilla de acero y protegidas con tela gallinera a fin de evitar consumo de forraje por lagomorfos, roedores o ganado doméstico. La mitad de las exclusiones se establecieron incluyendo una planta de gatuño (dentro del dosel) y el resto (27) se acomodaron fuera del mismo, en áreas exclusivamente con cobertura de especies herbáceas. Antes de proceder a colocar las exclusiones se cortó el forraje de las especies herbáceas al ras del suelo en el mes de febrero, para eliminar forraje viejo acumulado y así estimar el forraje producido exclusivamente en el año 2003. En cada uno de los sitios se realizaron tres muestreos (repeticiones), lo que correspondió a 27 mediciones de dentro y 27 de fuera del dosel. Los cortes se realizaron a principios del mes de noviembre. Posteriormente se procedió a su deshidratación en una secadora del Herbario del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a una temperatura de 60 °C durante siete días.

Infiltración total de agua (mm) y profundidad de infiltración (cm)

Las mediciones se realizaron entre los meses de enero y marzo de 2004 (época seca), con la técnica de anillos concéntricos, que consiste en el empleo de dos cilindros (anillos) de acero. El anillo más grande (área de inundación) tiene un diámetro de 40 cm y una área de 1256.6 cm²; el anillo más

were built with steel frames and covered with chicken wire to avoid rodent or livestock forage consumption. Half of them were placed covering one entire catclaw mimosa's plant (inside canopy) and the other 27 were set up outside catclaw mimosa's canopies exclusively on open-grassy areas. Before the steel enclosures were placed, in February all of the forage of the enclosures was sheared to ground level to eliminate old forage basically to estimate the forage produced exclusively in the year 2003. In each site there were made three samplings (replications), which corresponded to 27 measurements inside and 27 outside catclaw mimosa's canopies. Forage harvesting was made early November, and then it was dehydrated at 60 °C during a week period at the Herbarium of the Agricultural Sciences Center at Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Total water infiltration (mm) and infiltration depth (cm)

Measurements were made between January and March 2004 (dry season) using the technique known as concentric rings which consists of two steel made cylinders (rings). The biggest one (flooding area) has a diameter of 40 cm, and an area of 1256.6 cm²; the smaller ring or pluviometer has a diameter of 25.4 cm, and an area de 508.3 cm²^(21,22,23). The amount of water poured in the pluviometer (measurement area) was 10 L/replication/influence area (inside and outside) catclaw mimosa's canopies. Initial height at which the measurements started to be recorded was constant in all replications of the experiment, and it was 19.6 cm. Each cylinder was driven into the soil profile at a depth of 7 cm in all cases. Total water infiltration was made at three time intervals 15, 60 y 105 min; once the last measurement was completed the cylinders were removed and excavation started to remove the wet soil down to a depth where dry soil was found, making at that precise point the recording of the infiltration depth reached in the soil profile, which was made with a 1 m long graded ruler. There were made three evaluations/site/influence area/time (n=162) of the total water infiltration parameter, whereas for the infiltration depth into the soil profile variable there were made three replications/site/

pequeño ó pluviómetro tiene un diámetro de 25.4 cm, y una área de 508.3 cm²(21,22,23). La cantidad de agua total vertida al pluviómetro (área de medición) fue de 10 L/repetición y por área de influencia (dentro y fuera) del dosel de gatuño. La altura inicial a partir de la cual se iniciaban las lecturas permaneció constante en todas las repeticiones contempladas en el experimento, y fue de 19.6 cm. Cada cilindro fue introducido en el suelo a una profundidad de 7 cm en todos los casos. Las mediciones de infiltración se realizaron a los 15, 60 y 105 min; una vez realizada la última medición se procedió a remover los cilindros y se iniciaba la excavación con pico y pala, a fin de remover el suelo húmedo hasta alcanzar suelo o tepetate seco, realizando en ese punto preciso la evaluación de la profundidad de infiltración del agua alcanzada en el perfil del suelo, utilizando con una regla graduada de 1 m de longitud. Para el parámetro infiltración total de agua se realizaron tres evaluaciones/sitio/área de influencia/tiempo (n=162). Para el parámetro profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo se realizaron tres repeticiones/sitio/área de influencia (n=54). Los resultados de los tres ensayos se analizaron mediante análisis de varianza con el procedimiento del modelo lineal general (GLM), tomando en consideración un diseño de bloques completos aleatorizados en arreglo factorial⁽²⁴⁾. Cuando existieron diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)⁽²⁵⁾.

RESULTADOS

Biomasa herbácea

Para este parámetro la interacción sitio X área de influencia resultó significativa ($P \leq 0.01$). La cantidad de biomasa herbácea fue mayor en el área de influencia fuera del dosel de gatuño que dentro de él en el sitio I, con un total de 264.7 y 186.5 g/m² respectivamente, no resultando diferentes en los sitios II y III, en los cuales la cantidad de biomasa herbácea fue de 139.3 g/m² fuera del dosel de gatuño contra 109.5 g/m² obtenidos dentro de él en el sitio II, y 65.3 g/m² dentro del dosel de gatuño contra 45.2 g/m² obtenidos fuera de él en el sitio III. Con respecto a la cantidad de biomasa herbácea

influence area (n=54). Results of the three essays were analysed through analysis of variance with the general linear model (GLM), taking into consideration a randomized complete block design with a factorial arrangement 1⁽²⁴⁾. When treatment differences were detected mean separation was performed using Tukey test ($P \leq 0.05$)⁽²⁵⁾.

RESULTS

Herbaceous biomass

The interaction site X influence area of this parameter was significant ($P \leq 0.01$). Herbaceous biomass was greater outside catclaw mimosa’s canopy than inside it on site I, 264.7 and 186.5 g/m² respectively, not resulting different on sites II and III, in which the herbaceous biomass was 139.3 g/m² outside catclaw mimosa’s canopy against 109.5 g/m² obtained inside it on site II, and 65.3 g/m² inside against 45.2 g/m² achieved outside catclaw mimosa’s canopy on site III. Regarding the individual amount of herbaceous biomass produced on each site and influence area it was found a greater quantity on site I, followed by site II, and finally site III on both influence areas with a total of 186.5, 109.5 y 65.3 g/m² produced inside catclaw mimosa’s canopy; 264.7, 139.3 y 45.2 g/m² recorded outside it on sites I, II, and III respectively (Table 4).

Cuadro 4. Producción de biomasa herbácea influenciada por el sitio y el área de influencia (dentro/fuera) del dosel de gatuño (g/m²)

Table 4. Herbaceous vegetation production (g/m²) as affected by site and influence area (inside/outside) catclaw mimosa’s canopies

Site	Canopy	
	Inside	Outside
I	186.5 aA	264.7 aB
II	109.5 bA	139.3 bA
III	65.3 cA	45.2 cA

Means with different capital letters within rows and different lower-case letters within columns are different ($P \leq 0.01$).

producida en cada sitio y área de influencia de manera individual, se encontró una mayor cantidad en el sitio I, seguido del II y finalmente el sitio III, en ambas áreas de influencia, con un total de 186.5, 109.5 y 65.3 g/m² obtenidos dentro del dosel de gatuño; y 264.7, 139.3 y 45.2 g/m² obtenidos fuera del dosel, en los sitios I, II y III, respectivamente (Cuadro 4).

Infiltración total de agua

La infiltración total de agua evaluada a los 60 y 105 min resultó afectada por la interacción sitio X área de influencia ($P < 0.01$). Los resultados indican que la infiltración total de agua evaluada a los 60 min, comparando áreas de influencia (dentro y fuera) del dosel de gatuño, fue similar en los sitios I y II con un total de 146.7, 138.9 y 129.5, 118.2 mm, respectivamente; sin embargo en el sitio III, la infiltración total de agua fue diferente, captándose dentro del dosel de gatuño un total de 110.7 contra 78.1 mm fuera de este. Comparando esta variable considerando sitio y área de influencia separadamente, no se encontraron diferencias entre los sitios I y II con un total de agua infiltrada de 146.7 y 129.5 mm; ni entre los sitios II y III (129.5 y 110.7 mm), respectivamente; sin embargo sí las hubo entre los I y III en el área de influencia dentro del dosel de gatuño; este efecto fue más marcado fuera del dosel de gatuño, pues existieron diferencias entre los tres sitios, captando el sitio I un total de 138.9, seguido del sitio II el cual infiltró 118.2 y finalmente el sitio III, sitio que presenta los niveles más altos de disturbio y el cual absorbió 78.1 mm (Cuadro 5).

La infiltración total de agua evaluada a los 105 min comparando sitios y áreas de influencia de manera conjunta fue diferente en los tres sitios con un total de 224.1, 203.3; 217.0, 202.9; y 188.1, 146.9 mm para dentro y fuera del dosel de gatuño en los sitios I, II, y III, respectivamente. Comparando sitios y áreas de influencia de manera individual, se obtuvo dentro del dosel de gatuño una infiltración total de agua similar en los sitios I y II, y diferente entre éstos y el sitio III con un total de 224.1, 217.0 y 188.1 mm respectivamente; mostrando las mismas diferencias entre los sitios I, II y III en el

Total water infiltration

Total water infiltration monitored at 60 and 105 min was affected by the interaction site X influence area ($P \leq 0.01$). Results show that total water infiltration evaluated at 60 min, comparing influence areas (inside and outside) catclaw mimosa's canopies was similar on sites I and II with 146.7, 138.9 y 129.5, 118.2 mm, respectively; however, on site III, total water infiltration was different inside than outside catclaw mimosa's canopies with 110.7 against 78.1 mm respectively. Comparing this variable considering site and influence area separately, there were not differences found neither on sites I and II with a total infiltrated water of 146.7 and 129.5 mm; nor between sites II y III (129.5 and 110.7 mm), respectively; nevertheless, there were differences between sites I and III inside catclaw mimosa's canopy; this effect was more noticed outside it due the existing differences among the three sites harvesting site I a total of 138.9, followed by site II which infiltrated 118.2 and finally sitio III, which also was the site that shows the highest disturbance levels and harvested 78.1 mm (Table 5). Total water infiltration monitored at 105 comparing sites and influence areas together was different on the three sites with 224.1, 203.3; 217.0, 202.9; y 188.1, 146.9 mm for inside and outside catclaw mimosa's canopies on sites I, II, y III, respectively. Testing sites and influence areas

Cuadro 5. Valores de infiltración total de agua evaluada a los 60 min por área de influencia en tres sitios con diferente grado de disturbio (mm)

Table 5. Total water infiltration values (mm) measured at 60 min per influence area on three sites with different disturbance degrees

Site	Canopy	
	Inside	Outside
I	146.7 aA	138.9 aA
II	129.5 abA	118.2 bA
III	110.7 bA	78.1 cB

Means with different capital letters within rows and different lower-case letters within columns are different ($P \leq 0.01$).

área de influencia fuera del dosel de gatuño, con un total de 203.3, 202.9 y 146.9 mm de agua infiltrada respectivamente (Cuadro 6).

Profundidad de infiltración en el perfil del suelo

Esta variable fue afectada por la interacción sitio X área de influencia ($P \leq 0.01$). Comparando los sitios y áreas de influencia conjuntamente, los resultados muestran diferencias con un total de 52.8, 47.4; 49.9, 43.9; 33.1, 16.9 cm para las áreas de influencia dentro y fuera del dosel de gatuño en los sitios I, II y III, respectivamente; comparándolas de manera individual (sitios y áreas de influencia) los resultados no indican diferencias entre los sitios I y II y sí entre éstos y el sitio III dentro del dosel de gatuño, con un total de 52.8, 49.9 y 33.1 cm en los sitios I, II y III, respectivamente. Para fuera del dosel de gatuño los resultados fueron diferentes entre los tres sitios, con un total 47.4, 43.9 y 16.9 cm en los sitios I, II y III respectivamente (Cuadro 7).

DISCUSIÓN

Con respecto a la producción de forraje, algunos reportes postulan que la recuperación de pastizales degradados de zonas áridas y semiáridas se inicia por el efecto del nodrizaje ejercido por especies arbustivas leñosas, al permitir el establecimiento

Cuadro 6. Valores de infiltración total de agua evaluada a los 105 minutos por área de influencia en tres sitios con diferente grado de disturbio (mm)

Table 6. Total water infiltration values (mm) measured at 105 minutes per influence area on three sites with different disturbance degrees

Site	Canopy	
	Inside	Outside
I	224.1 aA	203.3 aB
II	217.0 aA	202.9 aB
III	188.1 bA	146.9 bB

Means with different capital letters within rows and different lower-case letters within columns are different ($P \leq 0.01$).

individually, there was obtained inside catclaw mimosa's canopy a total water infiltration similar on sites I and II, and different between these two and site III with a total of 224.1, 217.0 y 188.1 mm respectively; showing the same differences among sites I, II y III outside catclaw mimosa's canopy with a total infiltrated water of 203.3, 202.9 y 146.9 mm respectively (Table 6).

Infiltration depth in the soil profile

This variable was affected by the interaction site X influence area ($P \leq 0.01$). Comparing sites and influence areas together, results show differences 52.8, 47.4; 49.9, 43.9; 33.1, 16.9 cm inside and outside catclaw mimosa's canopies on sites I, II and III, respectively; comparing sites and influence areas separately, results do not indicate differences between sites I and II, but do so between them and site III inside catclaw mimosa's canopy with 52.8, 49.9 y 33.1 cm on sites I, II y III, respectively. Outside catclaw mimosa's canopy results were different among the three sites with 47.4, 43.9 y 16.9 cm on sites I, II and III respectively (Table 7).

DISCUSSION

Regarding forage production, some reports postulate that degraded arid to semiarid rangelands recovery starts by the ecological effects of brush species

Cuadro 7. Valores de profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo por área de influencia en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central (cm)

Table 7. Moisture depth reached into the soil profile per influence area on three sites with different disturbance degrees (cm)

Site	Canopy	
	Inside	Outside
I	52.8 aA	47.4 aB
II	49.9 aA	43.9 bB
III	33.1 bA	16.9 cB

Means with different capital letters within rows and different lower-case letters within columns are different ($P \leq 0.01$).

de especies herbáceas perennes una vez estabilizado el suelo y mejorado las relaciones agua-suelo-planta; esto se reportó especialmente para otra leguminosa, donde se concluyó que bajo del dosel de mezquite *Prosopis spp.*, la cantidad de especies herbáceas fue cinco veces mayor comparada con áreas abiertas⁽²⁶⁾. El mezquite mielero *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa* Torr., al establecerse en zonas degradadas del sureste de Texas modifica el suelo y el microclima, razón por la cual favorece el establecimiento de vegetación adicional herbácea o arbustiva⁽²⁷⁾. Los resultados de materia seca que encontramos reflejan similitudes con un experimento realizado en 1982, en pastizales localizados en la costa del estado de Texas, en el que se determinó que la producción de materia seca de zacates perennes incrementó a medida que la cobertura de huizache *Acacia farnesiana* (L.) Willd., se incrementó entre un 9 a 30 % comparado con áreas abiertas⁽²⁸⁾. La producción de herbáceas bajo el dosel de mezquite *Prosopis leavigata* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) M.C. Johnst., fue 70 % mayor que las áreas abiertas en el suroeste de Guanajuato⁽²⁹⁾. En otro experimento realizado en el estado de Coahuila y evaluando mezquite *Prosopis glandulosa* Torr., se detectó que la cantidad de materia seca de diferentes especies herbáceas fue mayor bajo de su dosel que en áreas abiertas (290 vs 170 g/m²)⁽³⁰⁾.

En un estudio realizado en Aguascalientes, se evaluaron diferentes dosis del herbicida granular Spike 20P (tebuthiuron) en el control de gatuño; los resultados mostraron, contrario a lo esperado, que hubo un 30 % más materia seca (g/m²) en los tratamientos testigo donde no se aplicó ninguna dosis del herbicida dejando intacto el gatuño, comparado con los tratamientos con herbicida⁽³¹⁾. En este trabajo originalmente se pensó que la eliminación del gatuño aumentaría la producción de herbáceas al eliminar la competencia, sin embargo resultó lo contrario; es pertinente aclarar que aún falta por dilucidar si esto se debió también al efecto del herbicida, que aunque fue aplicado sólo para el gatuño, pudo afectar también la productividad de las especies herbáceas. Algunos estudios han observado un efecto similar, donde la producción de forraje se disminuye el primer año

when these plants allow the establishment of herbaceous perennial vegetation once the soil has been stabilized and improved the plant-soil-water relationships; this effect was reported especially for other plant belonging to the legume family where it was concluded that under the canopy of mesquite *Prosopis spp.*, the amount of herbaceous species was five fold greater than the amount found in open areas⁽²⁶⁾. Honey mesquite *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa* Torr., upon establishing onto degraded zones of southeast Texas modifies soil and microclimate, favoring the establishment of additional herbaceous or woody vegetation⁽²⁷⁾. Our results with respect to dry matter show similarities with an experiment made in 1982 on rangelands located in the coast of Texas, where it was determined that dry matter production of perennial grasses increased as huisache *Acacia farnesiana* (L.) Willd., cover increased between 9 to 30 % compared to open areas⁽²⁸⁾. Herbaceous production under the canopy of mesquite *Prosopis leavigata* (Humb. & Bonpl. ex. Willd.) M.C. Johnst., was 70 % greater in open areas of southeast Guanajuato⁽²⁹⁾. In other trial in the state of Coahuila in which mesquite was involved *Prosopis glandulosa* Torr., it was detected that the amount of dry matter of different herbaceous species was greater under its canopy that in open areas (290 vs 170 g/m²)⁽³⁰⁾.

In one trial performed in Aguascalientes there were evaluated several levels of the herbicide Spike 20P (tebuthiuron) to control catclaw mimosa; results did show against what was being expected that there was 30 % more dry matter (g/m²) on the control treatments where no application of herbicide was made compared to the treatments where it was applied⁽³¹⁾. It was thought originally that catclaw mimosa's elimination would improve herbaceous vegetation productivity, however, it resulted otherwise; it is pertinent to clarify that research still needs to be done to ascertain if these results were also product of the herbicide effect that although was applied only to catclaw mimosa could have affected also herbaceous productivity. Some studies have shown similar effects where forage production decreases during the first year and increases as time passes, blaming the damage to herbaceous cover to other causes namely rainfall more that the effect of tebuthiuron^(32,33,34).

y se incrementa con el tiempo, atribuyéndose el daño a la cubierta de herbáceas a otros factores, principalmente a la precipitación pluvial más que al efecto del tebuthiuron^(32,33,34).

Con referencia a aspectos de hidrología en ecosistemas naturales, resulta difícil generalizar las relaciones existentes entre la hidrología de pastizales y la erosión del suelo. Sin embargo, el proceso de infiltración como componente hidrológico fundamental en ecosistemas de pastizales áridos y semiáridos va a depender en gran proporción de la condición y el tipo del pastizal^(35,36). Existen numerosas especies de leguminosas arbustivas y arbóreas las cuales influyen positivamente al modificar la estructura del suelo y reducir el impacto de las gotas de lluvia; así como incrementar tasas de infiltración de agua y la capacidad de retención de humedad especialmente en ecosistemas áridos y semiáridos⁽³⁷⁾.

El tipo de vegetación dominante afecta directamente la densidad y la estructura de la vegetación asociada; es por eso que la cantidad de infiltración es diferente entre tipos de vegetación⁽³⁸⁾. En un estudio realizado en Sonora, Texas, se encontró que la infiltración total fue mayor dentro del dosel de árboles y arbustos seguido en orden decreciente por zacates amacollados, gramíneas cespitosas y suelo desnudo respectivamente⁽³⁹⁾. En otra investigación realizada en el estado de Colorado, EUA, durante un período de 10 años, se concluyó que las cuencas hidrológicas sujetas a pastoreo severo mostraron un aumento en la cantidad de suelo desnudo y roca; a su vez se detectó una marcada reducción en la cubierta de plantas herbáceas en las cuencas pastoreadas severamente comparado con las cuencas excluidas al pastoreo, así como también un incremento de 30 % en el volumen de agua infiltrada y una reducción del 45% en la producción de sedimentos⁽⁴⁰⁾. En otro trabajo realizado en Alberta, Canadá, al estudiar los efectos de intensidad de pastoreo (severo y moderado) y de áreas excluidas, en la infiltración total y la profundidad de la misma en el perfil del suelo, se determinó de manera general que estos parámetros sufrieron una reducción significativa en las áreas sujetas al pastoreo severo, no así en los

With respect to hydrological aspects on natural ecosystems, it becomes difficult to generalize existing relationships between rangeland hydrology and soil erosion. However, the infiltration process as fundamental hydrological component of arid to semiarid rangelands will depend on great amount on range condition and rangeland type^(35,36). There exist numerous woody legumes and arboreal plants which improve soil structure, ameliorate soil temperatures, lessen the impact of raindrops as well as increasing infiltration rates and the capability of water especially on arid to semiarid ecosystems⁽³⁷⁾.

Dominant vegetation does directly affect density and structure of associated vegetation type; therefore, the amount of infiltration results different among vegetation types⁽³⁸⁾. In Sonora, Texas, an infiltration study was conducted to determine total water infiltration on different vegetation growth forms and concluded that this variable was greater inside the canopies of trees and shrubs followed by bunch grasses, sod forming graminoids and bare soil respectively⁽³⁹⁾. In other research that took place in Colorado, USA, during a 10 year period, it was determined that hydrological watersheds under severe grazing regimes showed in general an increase in the quantity of bare soil and rock; moreover, it was detected a continuous decrease in the cover of herbaceous vegetation in comparison to grazing excluded watersheds, and a concomitant increase of 30 % in the volume of infiltrated water and a reduction of 45 % of sediment production⁽⁴⁰⁾. In other trial that was performed in Alberta, Canadá, whose objectives were to study the effects of grazing intensity (severe and moderate) and excluded areas on water infiltration and infiltration depth into the soil profile it was concluded in general that these parameters did suffer a significant reduction in the areas subjected to severe grazing regime, not resulting so in the treatments under moderate grazing rule and the excluded areas⁽⁴¹⁾.

In northern México water infiltration was estimated in three different soils dominated by an open blue grama *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth.) Lag. ex Griffiths., grassland, without finding significant difference among soil types; nevertheless, water

tratamientos con pastoreo moderado y las áreas de exclusión⁽⁴¹⁾.

En el Norte de México se estimó la infiltración de agua en tres tipos de suelos ocupados por un pastizal mediano abierto de navajita azul *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth.) Lag. ex Griffiths., sin encontrar diferencia significativa entre los tipos de suelo; sin embargo, la infiltración fue influenciada principalmente por el porcentaje de suelo desnudo, la cobertura aérea de gramíneas y el mantillo orgánico⁽⁴²⁾. En cuanto a la profundidad de infiltración de agua en el perfil del suelo, se estableció en un estudio realizado en Chihuahua, Chih, que está directamente relacionada con la condición del pastizal⁽⁴³⁾; sin embargo, en otro trabajo en el área de Ojuelos, Jalisco, se concluyó que esta variable no resultó afectada comparando pastizales en condiciones pobre y excelente⁽⁴⁴⁾.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados reportados en este trabajo relativos a la variable biomasa herbácea, infiltración total de agua y profundidad de infiltración en el perfil del suelo, estuvieron influenciados por los factores sitio y área de influencia (dentro/fuera) del dosel de gatuño. Las diferencias cuantitativas de estas variables de respuesta fueron marcadas dependiendo del grado de disturbio de los sitios. Considerando los resultados de este trabajo esta especie arbustiva, la cual pertenece a la familia de las leguminosas, debe considerarse una especie ecológicamente benéfica en ecosistemas áridos y semiáridos, sobre todo en sitios donde la cubierta vegetal de gramíneas y especies herbáceas perennes ha sido devastada por uso desmedido; por lo tanto, sugeriríamos que esta especie podría considerarse como pionera en las áreas más erosionadas, y que a partir de ella podría iniciarse la sucesión secundaria una vez removido el disturbio causante del deterioro de los sitios. Será muy importante estudiar el efecto individual de otras especies leñosas para establecer su función dentro del ecosistema, y dilucidar si efectivamente son especies ecológicamente importantes, para así implementar estrategias de manejo que permitan su recuperación y propagación.

infiltration was influenced by the percentage of bare soil, aerial grass cover and organic matter⁽⁴²⁾. Regarding infiltration depth in the soil profile, it was established in a study made in Chihuahua, Chih, that it is directly related with range condition⁽⁴³⁾; however, in other investigation that took place in Ojuelos, Jalisco, it was concluded that this variable was not affected when comparing poor and excellent rangeland condition⁽⁴⁴⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The results reported in this work relative to herbaceous biomass, total water infiltration and infiltration depth in the soil profile were influenced by the factors site and influence area (inside/outside) catclaw mimosa's canopies. The quantitative differences of these variables were affected by the differences in disturbance degrees of the sites (low;intermediate;high). Considering these results this brush species that belongs to the legume family should be considered as an ecological benefic plant onto arid to semiarid ecosystems, mainly on sites where grass and herbaceous cover has been devastated by over utilization; therefore, we would suggest that this woody legume could be considered to be pioneer on the most eroded areas, because secondary succession could begin because of it once the causing disturbance factor in the sites is removed from the system. It will be important to investigate the individual effect of other woody plants in order to establish their function on ecosystems and conclude if indeed are ecologically important species, to implement management strategies that allow their recovery and/or propagation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express deep gratitude to M. Sc. Margarita de la Cerda Lemus from Biology Department at Universidad Autónoma de Aguascalientes for having identified most of the specimens found and collected on the different study sites.

End of english version

AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento a la M.C. Margarita de la Cerda Lemus del Departamento de Biología del Centro Básico de La Universidad Autónoma de Aguascalientes quien realizó la identificación taxonómica de las especies encontradas en los distintos sitios del estudio.

LITERATURA CITADA

- Downton PF. Urban impact on ecological sustainability in arid lands: The South Australian Experience. *Arid Lands Newsletter*. Office of Arid Lands Studies. College of Agric. The Univ. of Arizona. 1993;33:20-25.
- Kassas MY, Ahmad J, Rozanov B. Desertification and Drought: An Ecological and Economic Analysis. *Desertification Control Bull.* UNEP. 1991;20:19-29.
- Schlesinger WH, Reynolds JF, Cunningham GL, Huenneke LF, Jarrel WM, Virginia RA, Whitford WG. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 1990;246:1043-1048.
- Frías HJT, González CJ, Angoa PV, Reyes RG, Flores AE, Dendooven L, Olalde PV. Contribución al conocimiento sobre el papel de las arbustivas leguminosas en ecosistemas de pastizal. I Simposio Internacional de manejo de pastizales. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes, Ags. 2003:1-9.
- Archer S, Smeins FE. Ecosystem-Level processes. In: Heithmidt RK, Stuth JW editors. *Grazing management-An Ecological perspective*. Portland, Oregon, USA: Timber Press; 1991:109-139.
- Scifres CJ. *Brush Management: Principles and practices for Texas and the Southwest*. College Station, Texas, USA. Texas A&M Univ. Press; 1980:360.
- Archer S, Scifres CJ, Bassham CR, Maggio R. Autogenic succession in a subtropical savanna: rates, dynamics and processes in the conversion of a grassland to thorn woodland. *Ecol Monogr* 1988;58:111-127.
- Frías HJT, Aguilar GLI, Olalde PV. Productividad de una comunidad dominada por mezquite (*Prosopis leavigata*) bajo el enfoque de agricultura sostenible. En: Memoria Ier Simposium Internacional y II Reunión Nacional sobre agricultura sostenible. Importancia y contribución de la agricultura tradicional. CEICADAR Puebla, Colegio de Posgraduados. 1993:11-12.
- García ME, McKell C. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecol* 1970;51(1):81-88.
- Garner W, Steinberger Y. A proposal mechanism for the formation of fertile islands in the desert ecosystem. *J Arid Environ* 1991;16:257-262.
- Branson FA, Gifford GF, Renard KC, Hadley RF. *Rangeland hidrology*. A publication of the Society for Range Management. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa, USA. 1981:340.
- Canfield RH. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J For* 1941;39:388-395.
- Pielou EC. *Mathematical ecology*. New York: John Wiley & Sons; 1977.
- Cottam G, Curtis JT. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecol* 1941;37:451-460.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. 1988: 217.
- Medina GG, Ruiz CJA, Martínez PRA. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. Centro de Investigación Regional del Pacífico Norte. INIFAP, SAGAR. Libro Técnico No. 1. 1998.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Comisión Nacional del Agua (CNA). Gerencia Estatal de Aguascalientes. Gobierno de México. 2004.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. SAGARPA-INIFAP-Pabellón, Ags.1988
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana- NOM-021-RECNAT. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 2000.
- De la Cerda ML. Las gramíneas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 1996:212.
- González MH. Grazing value and management of tobosa grass *Hilaria mutica* (Buckley) Benth. on the Texas Range Station near Barnhart [M.S. Thesis]. Texas A&M University, College Station, Texas. 1957.
- Warren F. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Centro Regional de Ayuda Técnica. 1975.
- Sánchez AM, Valdéz RJ. Infiltración de agua en dos tipos vegetativos relacionando suelo-vegetación. *Bol Tec Pastizales R.E.L.C. INIP,SAG.* 1975;5:2-6.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 8 ed.). Cary, NC, USA:SAS Inst. Inc. 1999-2001.
- Steel RGD, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co; 1980.
- Mares MA, Enders FA, Kingsolver JM, Neff JL, Simpson BB. *Prosopis* as a niche component. In: Simpson BB editor. *Mesquite: Its biology in two desert shrub ecosystems*. U.S. (IBP síntesis series 4) Dowden Hutchison Ross, Inc; 1977:123-149.
- Scanlan JC, Archer S. Simulated dynamics of succession in North American subtropical *Prosopis* savanna. *J Veg Sci* 1991;2:625-634.
- Scifres CJ, Mutz JL, Whitson RE, Drawe DL. Interrelationships of huisache canopy cover with range forage on the coastal prairie. *J Range Manage* 1997;35(5):558-562.
- Kostuch R, Barbosa ER. Influencia de la sombra del mezquite en el pastizal [resumen]. III Congreso nacional de manejo de pastizales. SOMMAP, A.C. Durango, Dgo. 1987:24.
- García AE, Reynaga JR, Medina TJG, Jasso R. Características físicas y químicas de suelos de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en un matorral mediano espinoso en el Norte de Coahuila. *Agraria* 1989;5(1):38-48.
- Flores AE, Díaz RA. Aplicaciones dirigidas de Spike20P (tebutiuron) para el control de garabatillo *Mimosa monancistra* Benth. en el sur de Aguascalientes y el norte de Jalisco. Informe final de investigación. Proyecto PIAg/CB99-5. Dirección General de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2001.

32. Britton CM, Sneva EA. Effects of tebuthiuron on western juniper. *J Range Manage* 1981;34:30-32.
33. Sierra TJS, Giner MM. Efectos del tebuthiuron sobre el control del gatuño *Mimosa biuncifera* y especies asociadas en un pastizal mediano abierto. *Bol Tec Pastizales R.E.L.C. INIP-SARH*. 1984: XV-2.
34. Saucedo TRA, Sierra TJS. Control de mezquite (*Prosopis glandulosa*) con herbicidas granulares. *Téc Pecu Méx* 1990;28(2):85-97.
35. Gifford GF. Vegetation allocation for meeting site requirements. In: *Developing strategies for rangeland management*. National Research Council/National Academy of Sciences Westview Press: 1984:35-116.
36. Thurow TL, Blackburn WH, Taylor CA. Infiltration and interill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *J Range Manage* 1988;41:296-302.
37. Call C, Roundy BA. Perspectives and processes in revegetation of arid and semiarid rangelands. *J Range Manage* 1991;44(6):543-549.
38. Pierson FB, Spaeth KB, Wertz MA, Carlson DH. Hydrologic response of diverse western rangelands. *J Range Manage* 2002;55:558-570.
39. Hester JW, Thurow TL, Taylor Jr. CA. Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by prescribed burning. *J Range Manage* 1997;50:199-204.
40. Lusby GC. Hydrologic and biotic effects of grazing vs non-grazing near Grand Junction, Colorado. *J Range Manage* 1970;23(4):256-259.
41. Naeth MA, Chanasyk DS, Rothwell L, Bailey AW. Grazing impacts on soil water in mixed prairie and grassland ecosystems of Alberta, Canada. *J Soil Sci* 1991;17:313-325.
42. Gutiérrez CJ, Hernández II. Runoff and interill erosion as affected by grass cover in semiarid rangeland of northern México. *J Arid Environ* 1996;34:287-295.
43. Martínez J. Influencia de la condición del pastizal en la infiltración de agua en el suelo. *Bol Tec Pastizales. R.E.L.C. INIP,SAG. Chihuahua, Chih.* 1971;11:2-5.
44. Aguado SGA, Luna M, Giner RAC. Respuesta de la vegetación y el suelo de un pastizal de los llanos de Ojuelos al pastoreo inmoderado. *Revista Manejo de Pastizales. SOMMMAP, Saltillo, Coah.* 1989;3:3-8.
45. Hatch LS, Gandhi NK, Brown EL. Checklist of the vascular plants of Texas. MP. 1655. Texas Agric Exp Sta. Texas A&M University System. College Station, Texas. 1990.