

Influencia del Gatuño *Mimosa monancistra* Benth., en la Producción de Materia SECA E INFILTRACIÓN DE AGUA EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Dr. Ernesto Flores Ancira ¹, Dr. Juan Teodomiro Frías Hernández ², Dr. Pedro Jurado Guerra ³,
Dr. Víctor Olalde Portugal ⁴, Dr. Juan de Dios Figueroa Cárdenas ⁵,
Dr. Arturo Gerardo Valdivia Flores ⁶, Dr. Joaquín Sosa Ramírez ⁷

ABSTRACT

Las observaciones se realizaron en el período comprendido entre el año 2002 y 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 264.7g m⁻² y 186.5g m⁻² 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 ($P \leq 0.01$).

Recibido 13 de Septiembre 2005, Aceptado 29 de Mayo 2006

PALABRAS CLAVE: gatuño, pastizales, arbustivas, sitio, dosel, materia seca, infiltración, agua

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas son de los más propensos 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 (Dowton, 1993). Este proceso es complejo y comprende además de los cambios fisonómicos, alteraciones estructurales y funcionales, presentándose finalmente el fenómeno conocido mundialmente como desertificación lo que termina por modificar el arreglo espacial de las plantas así como el del agua y los nutrientes del suelo (Schlesinger et

¹ Profesor-investigador numerario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias adscrito al Departamento de Zootecnia. 01 (449) 9-65-01-59. eflores@correo.uaa.mx.

² Profesor-investigador de la Universidad de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas, Irapuato, Guanajuato. jffrias@dulcinea.ugto.mx.

³ Investigador Campo Experimental La Campana-INIFAP. jurado.pedro@inifap.gob.mx.

⁴ Investigador del CINVESTAV-IPN-Unidad Irapuato. v_olalde@yahoo.com.mx

⁵ Investigador del CINVESTAV-IPN-Unidad Querétaro. figueroa@ciateq.net.mx

⁶ Profesor-investigador numerario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias adscrito al Departamento de Clínica Veterinaria. avaldiv@correo.uaa.mx.

⁷ Profesor-investigador numerario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias adscrito al Departamento de Disciplinas Agrícolas. jsosar@correo.uaa.mx.

al., 1990). A nivel mundial, se ha señalado que los ecosistemas de pastizal tienen limitaciones físicas y climáticas que los excluyen de ser explotados agrícolamente (Holechek *et al.*, 2004). Al respecto, México cuenta con una superficie continental que asciende aproximadamente a 1'958,201 km² y ocupa el décimo tercer lugar a nivel global por su extensión (CONAZA 1994). Una gran parte de esta superficie (52.5%) corresponde a ecosistemas áridos y semiáridos (SEDESOL 1993) los cuales tienen un potencial ilimitado para la producción de un número importante de bienes y servicios que la sociedad consume de manera cotidiana, siendo esenciales para la independencia alimentaria y el desarrollo económico, y en donde el tipo de vegetación dominante, en la mayor parte de este vasto territorio, lo componen comunidades de arbustivas técnicamente llamadas matorrales (Rzedowsky, 1978). 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. Estos fenómenos son: a. Pastoreo en donde aparece el abuso en la extracción de leña, madera, plantas medicinales y/o industrializables, b. Deforestación: la eliminación total de la vegetación nativa para ocupar esos espacios con otras especies vegetales domesticadas (expansión de la frontera agrícola). Todo esto ocasiona 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 para las distintas especies de fauna silvestre, insectos y microorganismos del suelo, y la alteración de una de las fases más importantes del ciclo hidrológico, que es la retención del agua en la litósfera, 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 y evaporación (Frías *et al.*, 2003).

Ahora bien, se ha mencionado que durante siglos estos procesos han ocurrido en estos ecosistemas y que entre otras cosas han provocado cambios en la arquitectura y composición de especies vegetales, siendo notable el reemplazo de especies herbáceas y gramíneas

por arbustivas catalogándose esto como un cambio sucesional negativo, pues todavía se considera a las especies arbustivas como plantas invasoras y competidoras por espacio, agua, luz y nutrientes, además, de aportar poco en la dieta del ganado bajo condiciones de libre pastoreo (Archer y Smeins, 1991). Esto ha ocasionado que desde el año de 1950 se hayan originado e implementado metodologías y estrategias para eliminar o reducir las poblaciones de arbustos y establecer comunidades de gramíneas, que en muchas ocasiones son especies exóticas que han sido introducidas de otras regiones del mundo desconociendo su comportamiento ecológico en ecosistemas nativos (Scifres, 1980). Sin embargo, estas metodologías han surgido bajo un enfoque muy simplista al considerar que las distintas plantas que conforman la composición botánica de los diferentes tipos de pastizales son útiles principalmente para alimentar diferentes especies y clases de ganado doméstico, soslayando la importancia de estos ecosistemas en la obtención de una variedad de productos y servicios de importancia primordial. Es importante mencionar que los arbustos desempeñan un papel diverso en estas áreas además de su aporte de forraje, entre otras cosas retienen y forman suelo, son 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 plantas, y aún más importante, su rol ambiental como especies nodrizas que facilitan el establecimiento de otras y atenúan condiciones climáticas extremas (García-Moya y McKell, 1970; Olalde *et al.*, 2000).

También es importante conocer el comportamiento o influencia de estas plantas en el ciclo hidrológico (Branson *et al.*, 1981). Es vital conocer esto para asignar las óptimas estrategias de manejo de recursos tanto vegetales, animales y edáficos de tal forma que se concilien los intereses económicos y ambientales, es decir explotarlos de manera sustentable, sin llegar a causar disturbios irreversibles. Por otra parte, se hace necesario incrementar y profundizar estudios sobre diferentes especies arbustivas para dilucidar aspectos tanto positivos como negativos y dar elementos de juicio para la toma de decisiones de cómo administrarlos. Uno de los casos más notables de presencia de arbustos es el gatuño (*Mimosa monancistra* Benth.) el cual ocupa grandes extensiones de matorrales del centro del país como especie dominante.

2. ANTECEDENTES

2.1. Incremento de árboles y arbustos en pastizales

Gatuño, garabatillo, garruño, uña de gato y otros nombres comunes han sido conferidos dependiendo de la región a *Mimosa monancistra* (Leguminosae-Mimosoideae) en México. Esta especie arbustiva en un componente conspicuo y planta leñosa común dominante en matorrales del Altiplano Central Mexicano, que se distribuye principalmente en los estados de Aguascalientes, norte-centro de Jalisco, norte de Guanajuato, sur de Zacatecas y suroeste de San Luis Potosí. *Mimosa* es uno de los géneros más importantes junto con *Opuntia*, *Prosopis* y *Acacia* del interesante complejo taxonómico conocido como "matorral espinoso" que se localiza en el Altiplano Central Mexicano (Siqueiros-Delgado, 1996).

Se le ha culpado entre otras cosas de reducir la capacidad de carga animal al invadir grandes extensiones de pastizales, provocando problemas de manejo de ganado y de daños físicos al mismo causados por sus espinas curvas, además de ser considerada como una especie "oportunista" al ocupar espacios que no le corresponden, reportándose casos de poblaciones de hasta 8000 plantas/ha⁻¹, y por supuesto ha sido sujeta a diferentes estrategias de control como métodos mecánicos y químicos principalmente (Frías *et al.*, 2004). Este incremento en la densidad y cobertura de especies leñosas en pastizales dominados por herbáceas y gramíneas es un fenómeno que ha estado sujeto a controversia, pues se arguye que los procesos de retrogresión y la desertificación pueden ser naturales (Gornitz y NASA, 1985) o pueden ser ocasionados por una interacción de ambos (Verstraete, 1986). Sin embargo, el incremento de arbustivas fue reconocido por primera vez en la postrimería del siglo XIX y albores del siglo XX, principalmente en zacatales localizados geográficamente en las Grandes Planicies y el suroeste de Estados Unidos de América (Bentley 1898; Cook 1908; Wooten 1908). Desde entonces, varios ejemplos espectaculares relacionados con cambios de vegetación han sido documentados científicamente (Ellison 1960; Buffington y Herbel 1965) y todavía siguen en proceso en la actualidad (Branson, 1985).

Las causas de estos cambios comúnmente se atribuyen a disturbios asociados al pastoreo prolongado y selectivo de gramíneas por el

ganado doméstico, la diseminación de semillas de especies arbustivas vía heces fecales por distintas especies de animales tanto domésticos como fauna silvestre, la supresión de fuegos naturales y cambios climáticos especialmente sequías. Sin embargo, aparentemente el reemplazo de pastizales dominados por gramíneas a matorrales llamados por especies leñosas es un fenómeno que ocurre a pesar de eliminar estos factores, lo que sugiere que otras variables y procesos podrían estar involucrados (Johnson, 1985). Una hipótesis de un factor que contribuye indirectamente en este fenómeno es la reducida disponibilidad de reservas de nitrógeno existentes en suelos de pastizales áridos y semiáridos provocada por un intensivo y prolongado pastoreo (Woodmansee, 1978) y esta baja cantidad de nitrógeno limita el desarrollo exitoso de algunas especies especialmente gramíneas más que otras (Gilbert, 1982). El nitrógeno disponible en suelos de pastizales ha sido reconocido ampliamente de ser después de la disponibilidad de humedad, como el factor más limitante en la productividad vegetal en pastizales, por lo tanto, resulta razonable asumir que las plantas fijadoras de este elemento poseen una ventaja competitiva en ambientes limitados del mismo elemento (Johnson y Mayeux Jr., 1990).

Generalmente las especies que componen a las dominantes de un matorral comúnmente comparten una fisiología similar, presentan rasgos de adaptación al medio ambiente que les confieren una gran importancia con efectos a nivel de ecosistema y, proveen de acuerdo a análisis de sensores remotos, un indicador de funcionamiento de los mismos en una escala regional o global (Chapin, 1993). Las arbustivas en general son especies que poseen características competitivas y de adaptación a medios ambientes adversos superiores a las gramíneas desde el punto de vista de establecimiento y supervivencia, pues desarrollan un sistema radical más profundo y profuso para explotar agua y nutrientes en los diferentes horizontes del suelo, además desarrollan hojas pequeñas y cerosas para evadir la transpiración y la deshidratación, así como espinas que las defienden del ramoneo, taninos y otras defensas químicas que previenen su utilización por herbívoros e insectos y se asocian simbióticamente con microorganismos fijadores de nitrógeno y fósforo, además de poseer protoplasmas que soportan la deshidratación (McKell, 1977). Archer (1994) explica que la proliferación de arbustivas y la asociada disminución de especies herbáceas

y gramíneas se centra en varios factores entre los que se destacan las alteraciones climáticas, los regímenes de pastoreo y las alteraciones en la ocurrencia de fuegos naturales. Sin embargo, resulta extremadamente difícil valorar si los efectos del pastoreo por sí solos son los responsables del incremento de arbustivas o son los factores abióticos los que tienen más influencia en ese cambio de especies (Foran, 1986).

Las perturbaciones que también ocurren en ecosistemas de pastizal de manera frecuente en menor escala como la actividad de hormigas y termitas, roedores, lagomorfos, depósitos fecales de animales domésticos y fauna silvestre, el pastoreo selectivo, así como disturbios de gran escala que aparecen con menor frecuencia como el fuego y, años arriba, el promedio de precipitación pluvial, pudieran interaccionar para catalizar un régimen de disturbio más complejo cuyo producto final sería un cambio drástico en la estructura y en la composición botánica de especies (Coffin y Laurenroth, 1990).

Un cambio estacional de los patrones de lluvia en muchos ecosistemas áridos y semiáridos podría favorecer el establecimiento de especies arbustivas, mientras que el crecimiento de gramíneas con una fisiología en el acceso de carbón tipo C_4 es favorecido principalmente por precipitación veraniega (Neilson, 1986). El mezquite *Prosopis glandulosa* Torr., en Texas, ha sido parte natural e histórica en sitios altos dominados por suelos poco profundos (Inglis, 1964) y su densidad y cobertura ha ido incrementándose dramáticamente a otro tipo de sitios en donde los suelos son profundos con una mejor capacidad de retención de agua y nutrientes en décadas recientes (Archer, 1994). Algunas leñosas xerófitas como la gobernadora *Larrea tridentata* D.C. Cov., históricamente ha habitado paisajes en donde los suelos son predominantemente calcáreos, someros, pobres en retención de agua y nutrientes localizados en laderas y colinas rocosas, y se ha ido extendiendo hacia suelos más profundos localizados en valles y áreas de depósito de suelo y agua en los cuales la disponibilidad de humedad y nutrientes es mayor (McCraw, 1985).

La fijación de nitrógeno- N_2 pudiera también ser una ventaja de especies arbustivas de las familias Leguminosas y Rhamnaceas al explotar sitios de baja fertilidad de suelos más exitosamente que las gramíneas (Johnson y Mayeux Jr., 1990). Las adaptaciones de las plantas con respecto

a la conservación de nutrientes y su integrada eficiencia en el uso de éstos, y que además son estrategias de sobrevivencia en ambientes áridos y semiáridos, es llevada a efecto por arbustos perennifolios cuyas adaptaciones a estos medios ambientes difíciles incluyen: a. grados lentos de crecimiento; b. baja demanda de nutrientes; c. costos de mantenimiento bajos; d. hojas esclerófilas; e. bajo reciclaje de nutrientes extraídos del follaje y f. reabsorción de nutrientes de hojas senescentes entre otras, pudiera dar una ventaja competitiva mayor a estas especies con estas formas de crecimiento comparado con árboles y arbustos deciduos en sitios pobres (Aerts, 1989).

Se han mencionado varias fuentes bibliográficas y datos que apoyan la hipótesis de que el incremento en las concentraciones atmosféricas de CO_2 que se han registrado a partir de la Revolución Industrial pudo haber sido la fuerza que aceleró el incremento de arbustivas en pastizales. Estos argumentos se basan en observaciones que indican: a. las plantas arbustivas poseen un tipo de fotosíntesis conocido como C_3 mientras que las gramíneas, a las cuales han reemplazado en el suroeste de Estados Unidos y en regiones tropicales, poseen un tipo de fotosíntesis conocido como C_4 ; b. el incremento en las concentraciones atmosféricas de CO_2 le confiere a las arbustivas una mayor ventaja con respecto a crecimiento, actividad fisiológica y habilidad competitiva comparado con las gramíneas; c. los zacatales cuya composición botánica está principalmente compuesta de gramíneas C_4 evolucionaron con niveles de CO_2 atmosférico debajo de 200 ppm, y por eso a bajas relaciones CO_2/O_2 d. la invasión de plantas leñosas ha sido acompañada por un incremento de 30% en las concentraciones de CO_2 atmosférico en los últimos 200 años (de 200ppm a 350ppm) (Polley et al., 1997).

Comúnmente se asume que el fuego es un factor primario en la creación y/o mantenimiento de tipos de pastizales como los zacatales y las savannas (Archer, 1994). Gleason (1913) explicaba que los vastos zacatales localizados en las Grandes Planicies de Estados Unidos debían su fisonomía a los fuegos naturales causados por los rayos de las tormentas eléctricas y el fuego provocado por los nativos americanos para propiciar la quema de combustible viejo y tener rebrote tierno y succulento que a su vez atraía grandes manadas de bisontes y berrendos a los cuales cazaban y de los que se alimentaban y vestían.

La ocurrencia de fuegos naturales con intervalo de 5-7 años ayudó a mantener al mezquite *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa* Torr., a una estatura baja, propiciando un incremento de materia seca del zacate tobozo *Hilaria mutica* (Buckl.) Benth., y tridente esbelto *Tridens muticus* (Torr.) Nash., en 1200 a 3000 kg/ha⁻¹ propiciando espacios abiertos y generando un

tipo de vegetación tipo savanna (Wright *et al.*, 1976). Archer (1989) en un modelo conceptual explica las causas probables de la conversión de zacatales o savannas a matorrales dominados por plantas leñosas postulando la existencia de un umbral de disturbio ocasionado por pastoreo el cual origina distintos cambios vegetacionales alternos (Figura No. 1.).

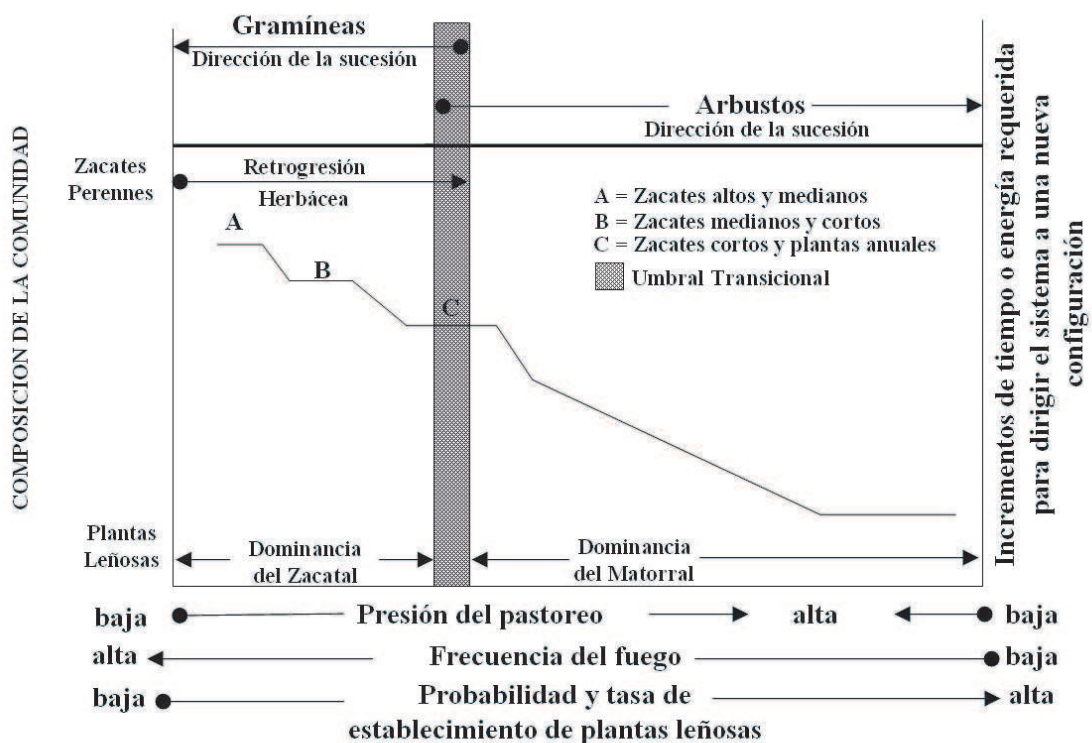


Figura No. 1. Modelo conceptual de la conversión de zacatales o savannas a matorrales, que postula la existencia de un umbral transicional ocasionado por pastoreo el cual acelera etapas y transiciones entre estados estables alternos de vegetación.

2.2. Modificación del microclima por especies arbustivas

Diversa y abundante literatura mundial ha sido documentada en la descripción del papel de las arbustivas en la modificación del microclima. Vetaas (1992) hace una revisión exhaustiva de los efectos de plantas leñosas en el ecosistema y concluye que dichas especies modifican el microclima en su área de influencia mediante la interceptación de radiación solar y la precipitación pluvial, además, señala que sus sistemas radicales están habilitados para extraer nutrientes vertical

y horizontalmente concentrados bajo su dosel y que son el producto de la descomposición de mantillo orgánico y raíces viejas, permitiendo con esto el fenómeno conocido como nodrizaje o nucleación (Archer *et al.*, 1988) mediante el cual plantas individuales toman ventaja de las condiciones microclimáticas favorables inducidas por las plantas leñosas sin que con esto determine la dirección sucesional de la vegetación (Austin, 1981). Por eso el concepto ecológico-sucesional de facilitación es todavía válido (Roberts, 1987). Algunas especies pueden absorber agua explotando grandes volúmenes de suelo, tal es

el caso de *Arctostaphylos glauca* y *Ceanothus crassifolius* pues poseen sistemas radicales someros con raíces que se extienden lateralmente e interceptan humedad antes de que ésta se percole en el perfil del suelo. En contraste *Prosopis juliflora*, *Adenostoma fasciculatum* y varias especies de encino *Quercus* spp., poseen raíces que penetran el perfil del suelo a grandes profundidades accediendo humedad y nutrientes (Hellmers *et al.*, 1955). Richards y Caldwell (1987) con datos muy puntuales sugieren que el agua absorbida por las raíces más profundas de *Artemisia tridentata* Nutt., en el Desierto Frío de Utah, es transportada y depositada por raíces de esta misma planta localizadas más superficialmente en los horizontes del suelo cercanos a la superficie, a través de lo que se conoce como levantamiento hidráulico (hydraulic lift) favoreciendo a especies con arquitecturas radicales someras.

Las especies arbóreas y arbustivas en pastizales y savannas tienen un efecto obvio en el microclima creado por ellas bajo sus doseles al interceptar radiación solar. El follaje de estas especies puede reducir la radiación solar de un 45 a un 60% (Georgiadis, 1989). Esto podría reducir la temperatura del suelo y la evapotranspiración, lo cual subsecuentemente incrementaría la disponibilidad de humedad para las plantas. Esto fue demostrado en zonas desérticas por Shreve (1931) en pastizales áridos (Tiedemann y Klemmedson 1977, Fullbright *et al.*, 1995) en encinares de California (Callaway *et al.*, 1991), en savannas de encino del suroeste (Haworth y McPherson, 1994) y en savannas semiáridas (Belsky *et al.*, 1989). Pressland (1976) concluyó que el follaje de especies arbóreas y arbustivas intercepta lluvia y redistribuye la humedad a la atmósfera por evaporación y al suelo vía tronco y goteo del follaje, además, determinó que el agua que intercepta el follaje está positivamente correlacionado con el tamaño del árbol o arbusto. El flujo del agua a través del tronco de los árboles y arbustos mejora el grado de infiltración del agua e incrementa la profundidad del frente húmedo (Glover y Gwynne, 1962) beneficiando únicamente a estas especies (Pressland, 1976; Walker y Noy-Meir, 1982) aunque algunas gramíneas perennes con sistemas radicales profundos podrían tomar ventaja de esta humedad profunda (Knoop y Walker, 1985).

El mantillo que cae al suelo proveniente del follaje altera las propiedades físicas de la superficie del suelo (Radwanski y Wickens, 1967). Esto podría

reducir la temperatura del suelo y la evaporación mejorando la infiltración de agua (Kelly y Walker, 1976).

Finalmente, varios autores coinciden que la modificación del microclima, las interacciones competitivas de las plantas, la fertilidad del suelo y la frecuencia de fuegos naturales asociado con la defoliación selectiva de las especies herbáceas y gramíneas más palatables, podría resultar un exitoso establecimiento y crecimiento de especies leñosas (McPherson *et al.*, 1988).

2.3. Modificación del suelo por especies arbustivas

Belsky, (*et al.*, 1989) en un trabajo realizado en la parte semiárida en el oeste de Kenya dentro del parque nacional Tsavo determinaron que los suelos localizados dentro del dosel de *Acacia tortilis* y *Adansonia digitata* tuvieron más cantidad de materia orgánica y cationes extractables como el fósforo y potasio comparados a la de suelos alejados del tronco de estas especies, además de una mayor cantidad de materia seca e infiltración de agua. Nair (1984) en un estudio cerca de Nairobi, Kenya, concluyó que las especies leñosas de ambientes semiáridos de esa región africana ayudaron a obtener una mayor producción de forraje, una menor erosión del suelo, una mayor fertilidad del suelo y una menor desertificación.

Los efectos de las especies leñosas en ecosistemas naturales han sido reportados frecuentemente como especies que mejoran los nutrientes del suelo en sus áreas de influencia (Isichei y Muoghalu, 1992) y forman un microambiente positivo que beneficia al estrato herbáceo (Weltzin y Coughenour, 1990). El mejoramiento de las interrelaciones de los componentes herbáceo y leñoso es el resultado final de los efectos de los árboles mediante el mejoramiento de las relaciones hídricas y el incremento en el reclutamiento de plántulas (Mordelet *et al.*, 1993).

En Australia, por ejemplo, una especie común en matorrales es *Acacia aneura* que se ha recuperado del estrés impuesto por potenciales hídricos del suelo menores a -130 bares (Preese, 1970). En este sentido se señala que grandes áreas densamente pobladas de arbustivas son en muchos casos inutilizables para un desarrollo pecuario intensivo, sin embargo, son vitales desde el punto de vista

del funcionamiento de ecosistemas (García-Moya y McKell, 1970), los cuales determinaron que las especies arbustivas ayudaron a mantener los nutrientes del suelo creando "islas de fertilidad" en desiertos del suroeste de Estados Unidos al acumular materia orgánica y suelo fino bajo los doseles de estas especies. Además, encontraron que algunas hierbas anuales y gramíneas se establecieron bajo el dosel de las arbustivas lo que no ocurrió entre los inter-espacios (áreas abiertas) como producto de una mayor acumulación de nitrógeno (32 kg/ha⁻¹).

Por su parte Bijerregard (1971), reportó resultados similares bajo el dosel de costilla de vaca *Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt. y otras arbustivas en el Desierto Frío de Utah, en los Estados Unidos de América. Se ha encontrado que bajo el dosel de los arbustos se acumula más materia orgánica (Geesing *et al.*, 2000), esto hace que los nutrientes estén disponibles al eficientarse la mineralización y favorecer el crecimiento de otras especies (Bolton *et al.*, 1990). El área bajo la copa de árboles y/o arbustos en zonas áridas y semiáridas tiene una fertilidad excelente lo cual propicia condiciones micro-ambientales que favorecen el establecimiento y la productividad de especies asociadas al atenuar las condiciones ambientales tan extremas en cuanto a temperatura, humedad y nutrientes que prevalecen diariamente en estas zonas (West, 1989).

García-Moya y McKell (1970) determinaron que existe una mayor redistribución de nutrientes del suelo en toda el área de influencia de las arbustivas enriqueciendo el hábitat y, en general, crean condiciones favorables para la macro y microflora del suelo (Pyke y Archer, 1991). Por otra parte se ha postulado que uno de los factores de importancia a nivel mundial de los ecosistemas de pastizal es su papel como cuencas hidrológicas, es decir, como captadoras y abastecedoras de agua para diversos fines, y que el manejo de éstos, debe incluir la manipulación de los recursos naturales para obtener una mayor cantidad y calidad de agua, ya que éste es un factor fundamental de desarrollo de cualquier economía a nivel global (Thurow, 1991).

Se ha reportado que las arbustivas ayudan a incrementar la tasa de infiltración de agua y la capacidad de retención de humedad, así como la disminución erosiva de la fuerza del impacto de las gotas de lluvia (Call y Roundy, 1991). En los últimos 10 años se ha estado trabajando

intensamente en investigación tratando aspectos ecológicos relativos al efecto de arbustivas sobre las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo, especialmente con mezquite *Prosopis leavigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst, huizache *Acacia shaffnerii* (S. Wats.) F.J. Hermann y últimamente con garabatillo *Mimosa monancistra* Benth., especialmente en la parte central del estado de Guanajuato y Aguascalientes, con especial énfasis en tratar de dilucidar el efecto de arbustos y árboles sobre las condiciones microbiológicas y mineralización del nitrógeno (Frías-Hernández *et al.*, 2004).

A este respecto se reportó que en suelos bajo el dosel de mezquite y huizache se encontró una mayor actividad microbiana y por ende una mayor tasa de mineralización, y un aceleramiento de los ciclos biogeoquímicos que redundó en una diferencia de un 160% más de materia seca de herbáceas que fuera de la influencia de estos arbustos (Frías-Hernández *et al.*, 1999). Luna-Suárez (*et al.*, 1998) trabajando en suelos del norte de Guanajuato, determinaron que el contenido de carbono orgánico fue 2.3 y 1.1 veces mayor en suelos bajo el dosel y entre árboles comparado al carbono orgánico encontrado en terrenos de cultivo. Además, concluyeron en este mismo trabajo que la actividad microbiana fue 5.9 y 3.9 veces mayor en los mismos suelos que los agrícolas. Ahora con respecto a las arbustivas se han venido estudiando bajo otro enfoque considerando su efecto a nivel de ecosistema y, particularmente en el centro de México (Guanajuato y Aguascalientes principalmente), el gatuño ha venido siendo estudiado bajo otra perspectiva, que es la de dilucidar las razones de porque se establece en condiciones críticas de profundidad y fertilidad de suelo, de hecho, se le puede detectar muy marcadamente en áreas totalmente degradadas y carentes de capa arable como especie única y pionera en la colonización de esos espacios totalmente disturbados, aportando materia orgánica, lo cual le confiere una significancia ecológica muy importante y significativa. Se ha estudiado además el beneficio que representa al enriquecer la fertilidad del suelo, aumentar las poblaciones microbianas y beneficiar el balance de gases de efecto invernadero (Luna-Suárez *et al.*, 1998; Angoa *et al.*, 2004).

Pero lo que no se conoce ni se ha estudiado es el efecto que esta especie arbustiva tiene en algunas fases del ciclo hidrológico, aspecto fundamental en pastizales y que complementa la

serie de estudios sobre impacto ecológico de esta clase en los mismos. Tomando en consideración esta información el objetivo general del presente trabajo fue determinar la influencia del gatuño en diferentes componentes y procesos de ecosistemas de pastizales con diferente grado de deterioro en la región del Altiplano Central.

Los objetivos específicos a su vez fueron a. estimar la cantidad de materia seca de especies forrajeras (gramíneas) en dos áreas de influencia (dentro y fuera) del dosel de gatuño en sitios con diferente grado de disturbio; b. determinar la infiltración de agua y la profundidad de ésta en el perfil del suelo en pastizales con presencia de gatuño considerando dos áreas de influencia

(dentro y fuera) del arbusto y sitios con diferente grado de disturbio. Hemos hipotetizado que la presencia de gatuño *Mimosa monancistra* Benth. en ecosistemas de pastizales tiene una influencia positiva en la infiltración del agua y en la profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo, lo que redunda en una mayor cantidad de materia seca en el área bajo este arbusto, sin importar el grado de deterioro del ecosistema.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios de campo se realizaron 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 (Figura No. 2.).



Figura No. 2. Panorámica general del área del Altiplano Central Mexicano en su parte correspondiente a los Estados de Aguascalientes y Jalisco en donde se llevó a efecto la presente investigación (2002-2004).

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 histórico 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 (Canfield, 1941; Pielou, 1977) y la densidad de gatuño/ha⁻¹ por medio del punto central de cuadrante (PCC) (Cottam y Curtis 1956). Asimismo, se determinó la composición botánica obteniéndose con base a 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 (Canfield, 1941; Pielou, 1977).

Estos parámetros se tomaron en cuenta como criterios principales para diferenciar los

distintos sitios, los cuales fueron clasificados en tres categorías: recuperado (sitio I), intermedio (sitio II) y degradado (sitio III). Se localizaron tres áreas similares de cada sitio, totalizando nueve lugares o áreas de estudio. Los lugares clasificados como sitio I fueron: potrero la carretera (SIR1), potrero los cuervos (SIR2) y potrero grande (SIR3); los tres dentro del Rancho "El Soyate" que está localizado en el municipio de Aguascalientes, Ags. El sitio II lo conformaron los siguientes predios: Hacienda Ledezma (SIIR1) perteneciente al municipio de Lagos de Moreno, Jal.; potrero el terrero (SIIR2) y potrero la presa (SIIR3) los dos dentro del Rancho "El Terrero" localizado en el municipio de Aguascalientes, Ags. El sitio III estuvo representado por el ejido Chicalote (SIIIR1) y ejido San Bartolo (SIIIR2), ambos localizados en el municipio de Aguascalientes, Ags; Rancho Los Rodríguez (SIIIR3) localizado en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, Ags. Todos los sitios fueron ubicados y geo-referenciados con la ayuda de un geoposecionador satelital-GPS (Figura No. 3.)

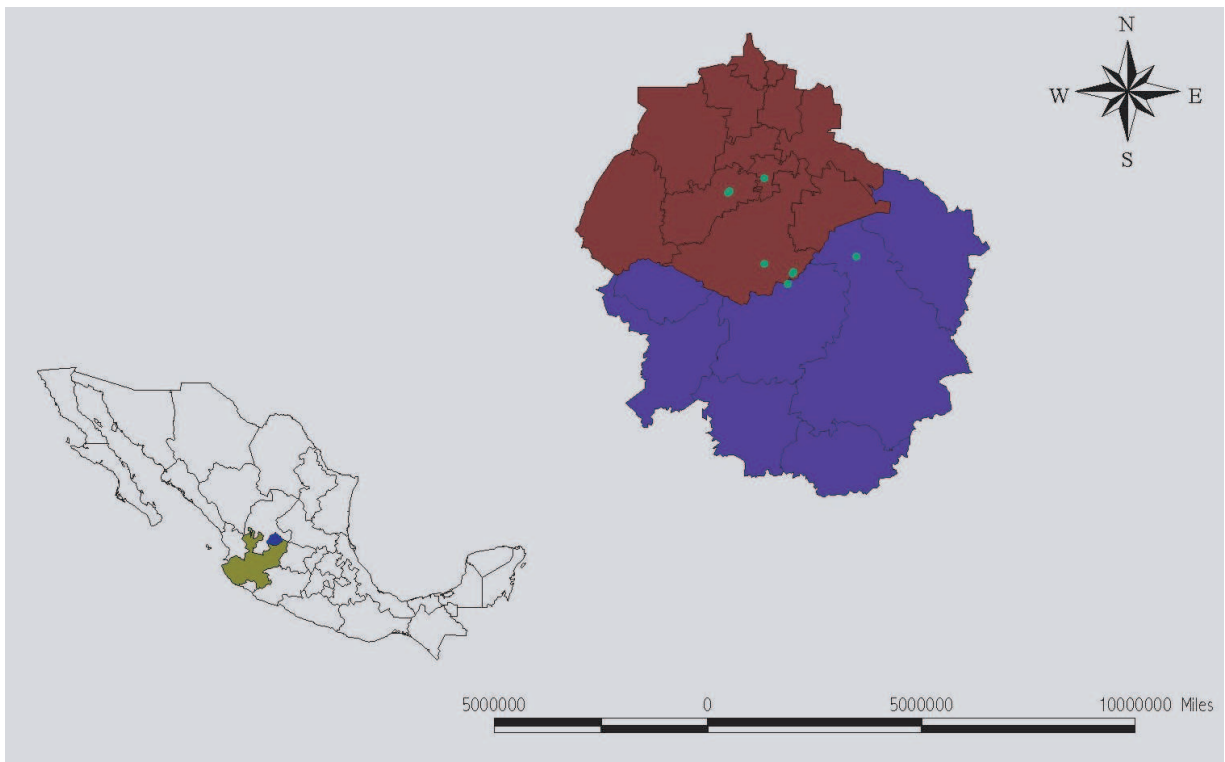


Figura No. 3. Sitios experimentales ubicados y georeferenciados con la ayuda de un geoposecionador satelital-GPS, 2002.

El clima prevaleciente en la región de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García, es estepario o semidesértico (Bs) (García, 1988) el clima en los distintos sitios del estudio de acuerdo a la estratificación del estado de Aguascalientes pertenece a la clasificación de semiárido templado (Medina *et al.*, 1998). 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 (Servicio Meteorológico Nacional 2004).

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% y corresponde al grupo de suelos conocidos como Leptosoles (INIFAP 1998).

Los análisis físicos y químicos del suelo de los sitios bajo estudio se realizaron en el laboratorio de suelos y tejidos vegetales de Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes tomando en consideración los lineamientos de SEMARNAT (SEMARNAT 2000). La vegetación predominante en la región son matorrales de *Opuntia-Mimosa-Acacia-Prosopis*, con un estrato herbáceo de *Bouteloua-Buchloe-Aristida-Lycurus-Muhlenbergia* (de la Cerda-Lemus 1996).

3.1. Variables evaluadas

3.1.1. Producción de forraje

Durante la primavera del 2003 se establecieron un total de 54 exclusiones (áreas protegidas de pastoreo) de 1.0 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 garabutillo (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 el viejo acumulado y así estimar el 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 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. Una vez seco el forraje se pesó con la ayuda de una báscula granataria de la marca Adventurer-Ohaus con capacidad para 3 kg.

3.1.2. Infiltración total de agua y profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo

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 cm¹ y una área de 1256.6 cm², el anillo más pequeño o pluviómetro tiene un diámetro de 25.4 cm¹, y una área de 508.3 cm² (Warren 1975). 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 que fue de 19.6 cm¹. Cada cilindro fue introducido en el suelo a una profundidad de 7 cm¹ 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 inició la excavación con pico y pala, a fin de remover el suelo húmedo hasta alcanzar terreno o tepetate seco, realizando en ese punto preciso la evaluación de la profundidad de infiltración del agua alcanzada en el perfil del suelo, realizándose con una regla graduada de 1 m de longitud. Para el parámetro de infiltración total de agua se realizaron tres evaluaciones/sitio/área de influencia/tiempo (n=162).

3.1.3. Análisis de datos

Los datos de las variables señaladas se analizaron mediante análisis de varianza con el modelo lineal general (GLM), tomando en consideración un diseño de bloques completos aleatorizados en arreglo factorial (SAS 2001). Cuando existieron diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.01$) (Steel y Torrie, 1980).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos correspondientes a cobertura de especies perennes herbáceas y la densidad de gatuño que fueron tomados en consideración para diferenciar los tres diferentes sitios y grados de disturbio están esquematizados en el Cuadro No. 1. Asimismo, la composición botánica de especies gramíneas y plantas herbáceas estuvo basada en porcentaje de cobertura basal, y la composición botánica de arbustos en cobertura de aérea se encuentra señalada en el Cuadro No.2

	Sitio I	Sitio II	Sitio III
Cobertura basal (%)	45 o >	10 – 44	0 – 9
Densidad (No. Ind. / ha ⁻¹)	50 o <	51 – 500	> 500

Cuadro No. 1. Cobertura basal de especies perennes herbáceas (%) y densidad de gatuño (No. Ind. /ha-1) en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central Mexicano, 2002.

Especies	Sitios		
	I	II	III
Gramíneas Perennes ¹			
<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
Gramíneas Anuales ²			
<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
Herbáceas Perennes ³			
<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> Melchert.	0.00	0.10	0.19
<i>Milla biflora</i> Cav.	1.34	0.00	0.00

Herbáceas Anuales ⁴			
<i>Solanun rostratum</i> Dun.	0.00	0.00	0.17
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	0.00	0.00	0.09
<i>Salsola ibérica</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
Arbustos ⁵			
<i>Prosopis leavigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	0.03	4.56	7.45
<i>Mimosa monanctristra</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

Cuadro No. 2. Composición botánica de las especies de gramíneas, plantas herbáceas y arbustos en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central (%) *.

1, 2, 3, 4 Cobertura basal (%) 5 Cobertura aérea (%)

* Los nombres científicos y autoridades de todas las especies fueron extraídos de la publicación *Flora Novogaliciana* (McVaugh, 1984)

Los resultados de los análisis físicos y químicos de suelo de los tres sitios se indican en el (Cuadro No. 3)

Sitios	Textura	pH (-logH ⁺)	Materia Orgánica (%)	Carbono Orgánico (%)	Nitrógeno Inorgánico Total (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Calcio (mg/kg)	Magnesio (mg/kg)
I	Franco- Arcillo- Arenosa	5.80	2.16	1.25	25.8	112.0	1220.0	80.0
II	Franca	6.46	1.48	0.86	16.2	16.0	840.0	60.0
III	Franca	5.89	0.94	0.60	9.2	8.0	470.0	40.0

Cuadro No. 3. Análisis físicos y químicos de los suelos de tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central, 2002.

4.1. Producción de forraje

Para este parámetro la interacción sitio X área de influencia resultó significativa ($P \leq 0.01$). La cantidad de forraje 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 m⁻² respectivamente, no resultando diferentes en los sitios II y III, en los cuales la cantidad de forraje fue de 139.3 g.m⁻² fuera del dosel de gatuño contra 109.5 g m⁻² obtenidos dentro de él en el sitio II y

65.3 g.m⁻² dentro del dosel de gatuño contra 45.2 g m⁻² obtenidos fuera de él en el sitio III. Con respecto a la cantidad de forraje producido 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 m⁻² obtenidos dentro del dosel de gatuño y 264.7; 139.3 y 45.2 g m⁻² obtenidos fuera del dosel, en los sitios I, II y III, respectivamente (Cuadro No. 4)

Sitio	----- Dosel -----	
	Dentro	Fuera
I	186.5 Aa	264.7 Ab
II	109.5 Ba	139.3 Ba
III	65.3 Ca	45.2* Ca

Cuadro No. 4. Producción de forraje (g m⁻²) influenciada por el sitio y el área de influencia (dentro/fuera) del dosel de gatuño en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central, 2003.

Medias con literal mayúscula diferente dentro de columnas y literal minúscula distinta dentro de hileras son diferentes ($P \leq 0.01$). *Especies anuales exclusivamente.

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 de especies herbáceas perennes una vez estabilizado el suelo y mejorado las relaciones agua-suelo-planta, especialmente esto se reportó para otra leguminosa donde se concluyó que bajo del dosel de mezquite (*Prosopis spp.*) la cantidad de especies herbáceas fue 5 veces mayor comparada con áreas abiertas (Mares *et al.*, 1977). El mezquite (*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 (Scanlan y Archer, 1991).

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 (Scifres *et al.*, 1997). La producción de herbáceas bajo el dosel de mezquite *Prosopis leavigata* fue 70% mayor que las áreas adyacentes en el suroeste de Guanajuato (Kostuch y Barbosa 1987). 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 m⁻²) (García *et al.*, 1989).

En un estudio realizado en Aguascalientes se aplicaron diferentes dosis del herbicida granular

Spike 20P (tebuthiuron) con el fin de evaluar su efecto en el control de gatuño *Mimosa monancistra* Benth. y evaluar, además la cantidad de materia seca de gramíneas como respuesta al control, los resultados mostraron, contrario a lo esperado que hubo un 30% más materia seca (g m⁻²) en los tratamientos testigo donde no se aplicó ninguna dosis del herbicida dejando intacto el garabatillo, comparado con los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis (Flores y Díaz, 2001).

En este trabajo originalmente se pensó que la eliminación del gatuño aumentaría la producción de herbáceas al eliminar la competencia ejercida por éste, sin embargo resultó lo contrario, es decir, en los tratamientos en los cuales el gatuño permaneció intacto se encontraron las mayores producciones de materia seca en herbáceas, aunque es pertinente aclarar que aún falta por dilucidar si esto se debió también al efecto del herbicida que aunque fue aplicado solo 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 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 (Britton y Sneva 1981).

4.2. Infiltración total de agua y profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo

La infiltración total de agua evaluada a los 15 minutos resultó significativa tanto en el factor sitio como el factor área de influencia, no así la interacción sitio X área de influencia.

Los resultados indican una mayor cantidad de infiltración en el sitio I con un total de 90.8 mm de agua infiltrada, seguido del sitio II con un total de 69.2 mm y finalmente el sitio III con un total de 29.9 mm de agua infiltrada (Cuadro No. 5.)

Sitio	Infiltración (mm)
I	90.8 A
II	69.2 B
III	29.9 C

Cuadro No. 5. Valores de infiltración total de agua (mm) evaluada a los 15 minutos en tres sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central, 2004.

Medias con literal mayúscula diferente dentro de columnas difieren estadísticamente ($P \leq 0.01$).

Con respecto a la infiltración total de agua considerando el factor área de influencia, los resultados indican que ésta evaluada a los 15 min, en el área de influencia dentro del dosel de gatuño fue de 74.5 mm contra 52.2 mm infiltrados fuera del dosel de el (Cuadro No. 6.)

Área de Influencia	Infiltración (mm)
Dentro	74.5 A
Fuera	52.2 B

Cuadro No. 6. Valores de infiltración total de agua (mm) evaluada a los 15 minutos en las áreas de influencia (dentro y fuera) del dosel de gatuño en sitios con diferente grado de disturbio del Altiplano Central, 2004.

Medias con literal mayúscula distinta dentro de columnas difieren estadísticamente ($P \leq 0.01$).

La infiltración total de agua evaluada a los 60 y 105 min resultó afectada por la interacción sitio X área de influencia ($P \leq 0.01$). 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; 129.5 y 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 éste. 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, pues existieron diferencias entre los tres sitios captando el I un total de 138.9, seguido del II el cual infiltró 118.2 y finalmente el III, sitio que presenta los niveles más altos de disturbio y el cual absorbió 78.1 mm (Figura No. 4.).

La infiltración total de agua evaluada a los 105 min comparando sitios y áreas de influencia de manera conjunta fue diferente en los tres 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 garabatillo respectivamente. Comparando sitios y áreas de influencia de manera individual, se obtuvo dentro del dosel de garabatillo 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 área de influencia fuera del dosel de garabatillo, con un total de 203.3, 202.9 y 146.9 mm de agua infiltrada respectivamente (Figura No. 4.).

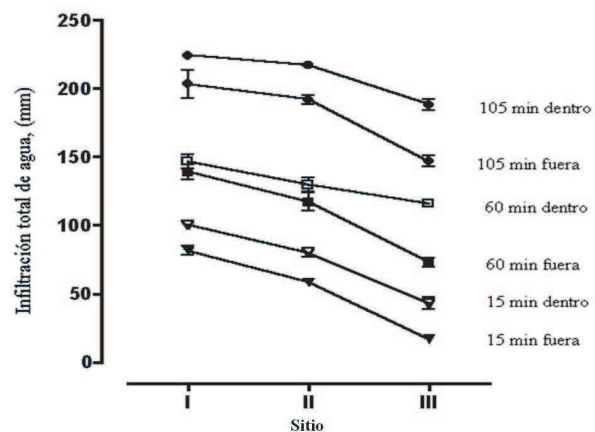


Figura No. 4. Infiltración total de agua (mm) evaluada en tres diferentes tiempos y dos áreas de influencia en tres diferentes sitios del Altiplano Central, 2004.

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 (Thurrow *et al.*, 1988). 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 e incrementar tasas de infiltración de agua y la capacidad de retención de humedad especialmente en ecosistemas áridos y semiáridos (Call y Roundy, 1991).

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 (Pierson *et al.*, 2002).

En un estudio realizado en Sonora, Texas, se encontró que la infiltración total fue mayor dentro del dosel de árboles y arbustos seguido de manera descendiente por zacates amacollados, gramíneas cespitosas y suelo desnudo respectivamente (Hester *et al.*, 1997). En otro proyecto de investigación realizado en el estado de Colorado, Estados Unidos de América, 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 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 (Lusby, 1970).

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 tratamientos con pastoreo moderado y las áreas de exclusión (Naeth *et al.*, 1991).

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* 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 (Gutiérrez-Castillo y Hernández 1996).

4.3. Profundidad del frente húmedo 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 y 16.9 cm^{-1} 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^{-1} 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^{-1} en los sitios I, II y III respectivamente (Figura No.5.)

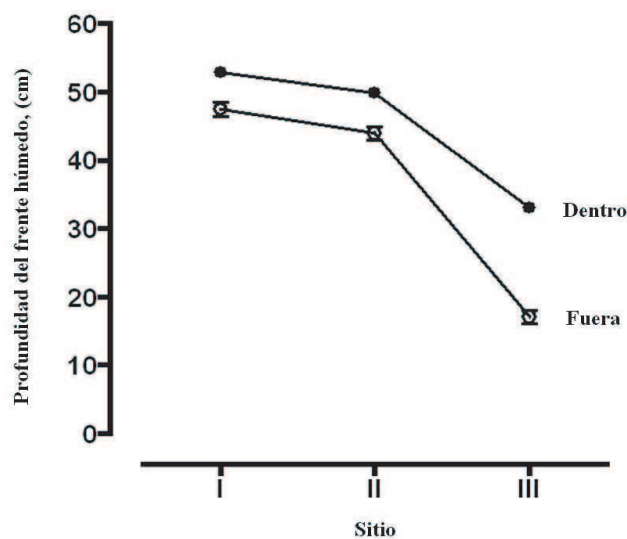


Figura No. 5. Profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo (cm^{-1}) influenciado por los factores sitio y área de influjo en tres diferentes predios del Altiplano Central, 2004.

En cuanto a la profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo se estableció en un estudio realizado en Chihuahua, Chih., que está directamente relacionada con la condición del pastizal (Martínez, 1971), sin embargo, en otro trabajo en el área de Ojuelos, Jalisco, se concluyó que esta variable no resultó afectada comparando pastizales en condiciones pobres y excelentes (Aguado *et al.*, 1989).

5. CONCLUSIONES

En relación a la variable producción de materia seca, así como los parámetros de infiltración total de agua y la profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo estuvieron influenciados por la interacción de los factores sitio y área de influjo (dentro/fuera) del dosel de gatuño.

La cantidad de materia seca resultó mayor en el sitio I seguido del II y finalmente el III en las dos áreas de influencia cuando se probaron de manera individual, sin embargo, con la interacción sitio X área de influencia, esta variable resultó mayor fuera que dentro en los sitios I y II, y mayor en el área de influencia dentro del dosel de gatuño que fuera de él solamente en el sitio III, que fue considerado como degradado.

Los datos relacionados con la infiltración total de agua evaluada a los 15, 60 y 105 minutos fue afectada por la interacción sitio X área de influencia solamente en las mediciones realizadas a los 60 y 105 minutos, no así a los 15 minutos. De manera general la infiltración total de agua resultó mayor en el área de influencia dentro del dosel de gatuño que fuera de él en todos los sitios y los tiempos evaluados.

La profundidad del frente húmedo en el perfil del suelo también fue afectada por la interacción sitio X área de influencia y fue mayor dentro del área de influjo dentro del dosel de gatuño que fuera de él en todos los sitios.

Esta especie arbustiva la cual pertenece a la familia de las leguminosas podría considerarse una especie ecológicamente benéfica en ecosistemas áridos y semiáridos de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, pero especialmente en sitios donde la cubierta vegetal de especies herbáceas así como el perfil del suelo han sido devastados por sobre utilización, ya que en la mayoría de los sitios con este grado tan avanzado de deterioro el gatuño es la única que es capaz de establecerse bajo las condiciones tan pobres de suelo y humedad.

Con los resultados de este trabajo podemos sugerir que esta especie puede considerarse como pionera en las áreas más erosionadas y es a partir de ella misma que se puede revertir el proceso de desertificación una vez que haya desaparecido o que se haya removido el disturbio causante de ese fenómeno. Por otro lado, el agua

es un recurso que se ha considerado como de seguridad nacional y que es un elemento escaso no solamente en el acuífero de Aguascalientes sino en la mayoría de las cuencas hidrológicas del país dada la extracción indiscriminada y la falta de recarga es un fenómeno común que ha pasado durante muchas décadas principalmente por la falta de cultura ecológica de todos los sectores que conforman el pueblo de México en general. Por lo que respecta al gatuño, que es la especie bajo escrutinio en esta investigación, los resultados de infiltración de agua señalan que es una planta que ayuda a la captación de este líquido en esta gran superficie de matorrales que tenemos en el estado. Específicamente el estado de Aguascalientes tiene una superficie de 558, 900 ha., de las cuales 369, 207 ha. pueden considerarse como de uso pecuario (66%). De éstas 369, 207 ha., un total de de 279, 002 ha. (75.5%) son pastizales, que por sobrepastoreo y otros disturbios principalmente de origen antropogénico han sido convertidos a matorrales con especies dominantes de los géneros *Opuntia-Acacia-Prosopis-Mimosa*.

Por otro lado el 52.5% del territorio nacional está enclavado en zonas áridas y semiáridas en las cuales los matorrales con diferentes especies es el único tipo de vegetación dominando el paisaje. Será muy importante estudiar el efecto individual de otras especies leñosas que forman parte de la composición botánica de los matorrales no solamente de Aguascalientes sino de los demás existentes en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, para establecer su función dentro del ecosistema y dilucidar si efectivamente son especies ecológicamente importantes. Esto adquiere una relevancia en la actualidad, pues instancias gubernamentales como la SEMARNAT y CONAFOR y otras fuera del país están destinando recursos económicos para estimular y propiciar el mantenimiento y recuperación de ecosistemas forestales tan solo por el hecho de que proporcionan servicios ambientales como la captación y retención de agua y la captura y secuestro de CO₂, pero desafortunadamente no se han evaluado las cantidades de estos bienes en matorrales. Será labor conjunta entre investigadores relacionados con la conservación y el mejoramiento de recursos naturales, los administradores de recursos naturales, productores, así como quienes toman decisiones el determinar estrategias tendientes a lograr la sustentabilidad de los agroecosistemas del país en lo relacionado a la productividad, la

estabilidad y la fertilidad del suelo, además de la estabilidad hidrológica y vegetacional del los mismos, que ya en estos precisos momentos es un problema de seguridad nacional.

Agradecimientos

El autor desea expresar un reconocimiento especial a la Dirección General de Investigación y Posgrado por haber apoyado financieramente este proyecto de investigación inscrito internamente con la clave PIAg/RN 03-3, y especialmente a la Lic. Rosa del Carmen Zapata por todo el apoyo recibido durante el desarrollo del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AERTS, R. 1989. Above ground biomass and nutrient dynamics of *Calluna vulgaris* and *Molina caerulea* in dry heathland. **Oikos** **56:31-38**.
- AGUADO, S.G.A., M. LUNA L, y A. GINER R. 1989. 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. 3:3-8.
- ANGOA PÉREZ, M.V., J. GONZÁLEZ C, O. FRANCO H, O. VAN CLEEMPUT, J.T. FRÍAS H, y V. OLALDE P. 2004. Trace gas emissions from soil of the central highlands of México as affected by natural vegetation: a laboratory study. **Biology and Fertility of Soils** **40:252-259**.
- ARCHER, S., C.J. SCIFRES., C.R. BASSHAM, and R. MAGGIO. 1988. Autogenic succession in a subtropical savanna: rates, dynamics and processes in the conversion of a grassland to thorn woodland. **Ecological Monographs** **58:111-127**.
- ARCHER, S. 1989. Have southern Texas savannas been converted to woodlands in recent history? **American Naturalist** **134:545-561**.
- ARCHER, S. and F. E. SMEINS. 1991. Ecosystem-Level Processes. In: Grazing Management-An Ecological Perspective. R.K. Heitshmidt and J.W. Stuth (eds.). Timber Press, Portland, Oregon. USA. 109-139p.
- ARCHER, S. 1994. Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: rates, patterns and proximate causes. In: pp. 1-68. M. Vavra, W.A. Laycock, and R.D. Pieper (eds.). Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West. Society for Range Management. Denver, Colorado, USA.
- AUSTIN, M.P. 1981. Permanent quadrats: an interface for theory and practice. **Vegetatio** **46:1-10**.
- BELSKY, A.J., R.G. AMUNDSON, J.M. DUXBURY, S.J. RIHA, A.R. ALI, and S.M. MWONGA. 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in semi-arid savanna in Kenya. **Journal of Applied Ecology** **26:1005-1024**.
- BENTLEY, H.L. 1898. Cattle ranges in the southwest. A history of the exhaustion of the past uses and suggestions for its restoration. USDA. **Farmer Bull. No. 72**.
- BIJERREGARD, R.S. 1971. Role of fourwing saltbush *Atriplex canescens* to nitrogen economy in the Great Basin of Utah. Utah State University, Logan, Utah. MSc. Thesis.
- BOLTON, H. Jr., H.J.L. SMITH, R.E. WILDUNG, and L.E. ROGERS. 1990. Nitrogen mineralization potentials of arid shrub-steppe soils with different disturbance histories. **Soil Science Society of American Journal** **54:887-891**.
- BRANSON, F.A., G.F. GIFFORD, K.C. RENARD, and R.F. HADLEY. 1981. Rangeland Hydrology. A Publication of the Society for Range Management. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa, USA. 340p.
- BRANSON, F.A. 1985. vegetation changes on western rangelands. **Range Monograph** No.2. Society for Range Management, Denver, Colorado, USA.
- BRITTON, C.M. and E.A. SNEVA. 1981. Effects of tebuthiuron on western juniper. **Journal of Range Management** **34: 30-32**.
- BUFFINGTON, L.C. and C.H. HERBEL. 1965. Vegetational changes on a semidesert grassland range from 1858 to 1963. **Ecological Monographs** **35:139-164**.
- CALL, C. and B.A. ROUNDY. 1991. Perspectives and processes in revegetation of arid and semiarid rangelands. **Journal of Range Management** **44(6): 543-549**.
- CALLAWAY, R.M., N.M. NADKARNI, and B.E. MAHALL. 1991. Facilitation and interference of *Quercus douglasii*

- on understory productivity in central California. **Ecology** **72:1484-1499**.
- CANFIELD, R.H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. **Journal of Forestry** **39:388-395**.
 - CHAPIN, F.S. III. 1993. Functional role of growth forms in ecosystem and global processes. In: pp. 287-319. J..R. Ehleringer. and Ch. B. Fuld (eds.). *Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe*. Academic Press, Inc. Harcourt Brace Javanovich, Pub. San Diego, California, USA.
 - COFFIN, D.P. and W.K. LAURENROTH. 1990. A gap dynamics simulation model of succession in a semiarid grassland. **Ecological Modelling** **49:229-266**.
 - COOK, O.C. 1908. Change vegetation on the south Texas prairies. USDA. Bureau of Plant Industries. Circ. No. 14. Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). 1994. Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México (PACD-MÉXICO). Comisión Nacional de Zonas Áridas. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 160p.
 - COTTAM, G. and J.T. CURTIS. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology** **37:451-460**.
 - DE LA CERDA-LEMUS, M. 1996. Las Gramíneas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. ISBN 968-6559-35-X. 212p.
 - DOWTON, P.F. 1993. Urban impact on ecological sustainability in arid lands: The south Australian experience. *Arid Lands Newsletter*. Office of Arid Lands Studies. College of Agriculture. The Univ. of Arizona, Tucson, USA. 33:20-25.
 - Ellison, L. 1960. Influence of grazing on plant succession of rangeland. **Botanical Review** **26:1-78**.
 - FLORES-ANCIRA, E. y A. DÍAZ R. 2001. Aplicaciones dirigidas de Spike20P (tebuthiuron), 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. Aguascalientes, Ags.
 - FORAN, B.D. 1986. The impact of rabbits and cattle on an arid calcareous shrubby grassland in central Australia. **Vegetatio** **66:49-59**.
 - FRÍAS-HERNÁNDEZ, J.T., A.L. AGUILAR LEDESMA, V. OLALDEPORTUGAL, J.A. BALDERASLÓPEZ, G. GUTIÉRREZ JUÁREZ, J.J. ALVARADO GIL, J.J. CASTRO, H. VARGAS, A. ALBORES, L. DENDOOVEN. 1999. Soil Characteristics in semiarid highlands of central México as affected by mesquite trees (*Prosopis leavigata*). **Arid Soil Research Rehabilitation** **13:305-312**.
 - FRÍAS-HERNÁNDEZ, J.T., J. GONZÁLEZ C., V. ANGOA P., G. REYES R., E. FLORES A., L. DENDOOVEN, V. OLALDE P. 2003. 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. 1-9p.
 - FRÍAS-HERNÁNDEZ, J.T., V. ANGOA P., J. GONZÁLEZ C., E. FLORES A., G. REYES R., V. OLALDE P., L. DENDOOVEN. 2004. Papel de las arbustivas ante la variabilidad climática en pastizales áridos y semiáridos. XVI Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. UANL. Monterrey, Nuevo León. 17-23p.
 - FULLBRIGHT, T.E., J.O. KUTY, and A.R. TIPTON. 1995. Effects of nurse-plant canopy temperatures on shrub seed germination and seedling growth. **Acta Oecológica** **16: 621-632**.
 - GARCÍA-MOYA, E. y C. MCKELL. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. **Ecology** **51(1):81-88**.
 - GARCÍA, A.E., J.R. REYNAGA V, J.G. MEDINA T, y R. JASSO R. 1989. 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. Revista Científica**. UAAAN. 5(1):38-48p.
 - GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. 217p.
 - GEESING, D.P., P. FELKER, and R.L. BINGHMAN. 2000. Influence of mesquite (*Prosopis glandulosa*) on soil nitrogen and carbon development: Implication for global carbon sequestration. **Journal of Arid Environments** **46:157-180**.
 - GILBERT, L.E. 1982. An ecosystem perspective on the role of woody vegetation, especially mesquite, in the Tamaulipan biotic region of south Texas. *Proceedings Symposium Tamaulipan Biotic Province*, Corpus Christi, Texas, USA.
 - GLEASON, H.A. 1913. The relation of forest distribution and prairie fires in the Middle West. **Torreya** **13:173-181**.
 - GORNITZ, V. and National Aeronautics and Space Administration (NASA). 1985. A survey of anthropogenic vegetation changes in west Africa during the last century-climatic implications. **Climatic Change** **7:885-925**.
 - GUTIÉRREZ-CASTILLO, J. and I. HERNÁNDEZ. 1996. Runoff and interill erosion as affected by grass cover in semiarid rangeland of northern México. **Journal of Arid Environments** **34:287-295**.

- Haworth, K. and G.R. McPherson. 1994. Effects of *Quercus emory* trees on precipitation distribution and microclimate in a semi-arid savanna. **Journal of Arid Environments** 31:153-170.
- HELLMERS, H., J.S. HORTON, G. JUHREN, and J. O'KEFE. 1955. Water absorption and root system architecture of four brush species of southwest deserts. **Ecology** 36:667-677.
- HESTER J.W., T.L. THUROW, and C.A. TAYLOR Jr. 1997. Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by prescribed burning. **Journal of Range Management** 50:199-204.
- HOLECHEK, J.L., R.D. PIEPER, and C.H. HERBEL. 2004. Range Management Principles and Practices. 5th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 607p.
- INGLIS, J.M. 1964. A history of vegetation on the Rio Grande Plains. Texas Parks and Wildlife Dept. Bull. 45, Austin, Texas, USA. 122p. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 1998. Guía Para la Asistencia Técnica Agrícola. SAGARPA-INIFAP-Pabellón, Ags. ISSN 1405 6887. 429p.
- ISICHEI, A.O. and J.I. MUOGHALU. 1992. The effects of tree canopy cover on soil fertility in a Nigerian savanna. **Journal of Tropical Ecology** 8:329-338.
- JOHNSON, H.B. 1985. Consequences of species introduction and removals on ecosystem function-implications for applied ecology. In: pp. 27-56. E.S. Delfosse (ed.). Proceedings. VI International Symposium on Biological Control of Weeds, Vancouver, Canada. Minister of Supply and Services Canada.
- JOHNSON, H.B. and H.S. MAYEUX, Jr. 1990. *Prosopis glandulosa* and the nitrogen balance of rangelands: extent and occurrence of nodulation. **Oecologia**. Springer-Verlag, New York, NY, USA. 175-185.
- KELLY, R.D. and B.H. WALKER. 1976. The effects of different forms of land use on the ecology of a semi-arid region of southeastern Rhodesia. **Journal of Ecology** 64:553-576.
- KNOOP, W.T. and B.H. WALKER. 1985. Interaction of woody and herbaceous vegetation in a southern African savanna. **Journal of Ecology** 73:235-253.
- KOSTUCH, R. y E.R. BARBOSA. 1987. Influencia de la sombra del mezquite en el pastizal. Resúmenes III Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. SOMMAP, A.C. Durango, Dgo. 24 p.
- LUNA-SUÁREZ, S, G. L. LUNA M, J.T. FRÍAS H, V. OLALDE P, and L. DENDOOVEN. 1998. Soil processes as affected by replacement of natural mesquite ecosystem with maize crop. *Biology and Fertility of Soils* 27:274-278.
- Lusby, G.C. 1970. Hydrologic and biotic effects of grazing vs. non-grazing near Grand Junction, Colorado. **Journal of Range Management** 23(4):256-259.
- MARES, A.M., A.F. ENDERS, M.J. KINGSOLVER, L.J. NEFF, B.B. SIMPSON. 1977. *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.
- MARTÍNEZ, J. 1971. 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. 11:2-5.
- McCRAW, D.J. 1985. Phytogeographic history of *Larrea* in southwestern New Mexico illustrating the historical expansion of the Chihuahuan Desert. MSc. Thesis. University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA.
- McKELL C.M. 1977. Arid Land Shrubs: A Neglected Resource. *Agricultural Mechanization in Asia*. 20-36p.
- McPHERSON, G.R. and H.A. WRIGHT. 1987. Factors affecting productivity of redberry juniper (*Juniperus pinchotii*). **Forest Ecology and Management** 21:191-196.
- McPHERSON, G.R., H. A. WRIGHT, and D.B. WESTER. 1988. Patterns of shrub invasion in semiarid Texas grasslands. **The American Midland Naturalist** 120:391-397.
- McVAUGH, R. 1984. Flora Novo-Galiciana. W. Anderson (ed.). Volumen 12 & 5. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, USA.
- MEDINA, G.G., J.A. RUÍZ C, P.R. MARTÍNEZ A. 1998. 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.
- MORDELET, P.L., L. ABBADIE, and J.C. MENAUT. 1993. Effects of tree clumps on soil characteristics in humid savanna of West Africa (Lamto, Cote d'Ivoire). **Plant and Soil** 153:103-111.
- NAETH, M.A., D.S. CHANASYK, L. ROTHWELL, and A.W. BAILEY. 1991. Grazing impacts on soil water in mixed prairie and grassland ecosystems of Alberta, Canada. **Journal of Soil Science** 17:313-325.
- NAIR, P.K.R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. International Council for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenya.
- NEILSON, R.P. 1986. High resolution climatic analysis and southwest biogeography. **Science** 232:27-34.

- OLALDE, P.V., J.T. FRÍAS H, A. AGUILAR L, N. PESCADOR L, y L. AGUILAR I. 2000. Caracterización microbiológica de suelos de islas de fertilidad de mezquite [*Prosopis leavigata* (Humb. & Bonpl. EX Wild) M.C. Johnst.] en ambientes semiáridos. En: pp. 94-107. Frías H.J.T, Olalde P.V, Vernon C.E.J. (eds). El Mezquite Árbol de Usos Múltiples Estado Actual del Conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México.
- PIELOU, E.C. 1977. Mathematical Ecology. John Wiley & Sons. New York, NY, USA.
- PIERSON, F.B., K.B. SPAETH, M.A. WELTZ, and D.H. CARLSON. 2002. Hydrologic response of diverse western rangelands. **Journal of Range Management** **55:558-570**.
- POLLEY, H.W., H.S. MAYEUX, HB. JOHNSON, and C.R. TISCHLER. 1997. Viewpoint: atmospheric CO₂, soil water and shrub/grass ratios on rangelands. **Journal of Range Management** **50:278-284**.
- PREESE, J.B. 1970. Stress imposed by soil water potencial in Australian shrub *Acacia aneura*. Australian National University. Canberra, Australia. M.S. Thesis.
- PRESSLAND, A.J. 1976. Soil moisture redistribution as affected by throughfall and stemflow in arid zone shrub community. **Australia Journal of Botany** **24:641-649**.
- PYKE, A.D. and S. ARCHER. 1991. Plant-plant interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated rangeland. **Journal of Range Management** **44(6):550-557**.
- RADWANSKI, S.A. and G.E. WICKENS. 1967. The ecology of *Acacia albida* on mantle soils in Zalingei, Jebel Marra, Sudan. **Journal of Applied Ecology** **4:569-579**.
- RICHARDS, J.H. and M.M. CALDWELL. 1987. Hydraulic lift: Substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. **Oecologia** **73:486-489**.
- ROBERTS, D.W. 1987. A dynamical system perspective on vegetation theory. **Vegetatio** **69:27-33**.
- RZEDOWSKY, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa, México. SAS Institute, 2001. SAS User's Guide. Version (8 ed.). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAUCEDO, T.R.A. y J.S. SIERRA T.. 1990. Control de mezquite (*Prosopis glandulosa*) con herbicidas granulares. **Técnica Pecuaria en México** **28(2) 85-97**.
- SCANLAN, J.C. and S. ARCHER 1991. Simulated dynamics of succession in North American sub-tropical *Prosopis* savanna. **Journal of Vegetation Science** **2:625-634**.
- SCIFRES, C.J. 1980. Brush Management. Texas A&M University Press, College Station, Texas. 360p.
- SCIFRES C.J, J.L. MUTZ, R.E. WHITSON, and L. DRAWE. 1997. Interrelationships of huisache canopy cover with range forage on the coastal prairie. **Journal of Range Management** **35 (5):558-562**.
- SCHLESINGER, W.H., J.F. REYNOLDS, G.L. CUNNINGHAM, L.F. HUENNEKE, W.M. JARREL, R.A. VIRGINIA, and W.G. WHITFORD. 1990. Biological feedbacks in global desertification. **Science** **246:1043-1048**.
- SEMARNAT-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Norma Oficial Mexicana-NOM-021-RECNAT. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- SEDESOL. 1993. México: Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992. Secretaría de Desarrollo Social. México. 379 p.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN)- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2004. Gerencia Estatal de Aguascalientes. Gobierno de México. 2004.
- SIQUEIROS-DELGADO, M. 1996. Leguminosas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 193p.
- SHREVE, F. 1931. Physical condition in sun and shade. **Ecology** **12:96-104**.
- SIERRA, T.J.S. y M. GINER M. 1984. Efectos del tebuthiuron sobre el control de gatuño *Mimosa biuncifera* y especies asociadas en un pastizal mediano abierto. Bol. Tec. **Pastizales**. R.E.L.C. INIP-SARH.XV-2.
- SKARPE, C. 1990. Shrub layer dynamics under different herbivore densities in an arid savanna, Botswana. **Journal of Applied Ecology**. **27:873-885**.
- STEEL, G.D.R. and J.H. TORRIE. 1980. Principles and Procedures of Statistics:A Biometrical Approach. 2nd Ed. McGraw-Hill Publishing Company. 633p.
- THUROW, T.L, W.H. BLACKBURN, and C.A. TAYLOR 1988. Infiltration and interill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. **Journal of Range Management** **41:296-302**.
- THUROW T.L. 1991. Hidrology and Erosion. In: R.K. Heitshmidt, and J.W. Stuth (eds). Grazing Management- An Ecological Perspective. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 141-159 pp.
- TIEDEMANN, A.R. and J.O. KLEMMEDSON. 1977. Effect of mesquite trees on vegetation and soils in desert grassland. **Journal of Range Management** **30:316-367**.

- VETAAS, O.L. 1992. Micro-site effects of trees and shrubs in dry savannas. **Journal of Vegetation Science** 3:337-344.
- VERSTRAETE, M.M. 1986. Defining desertification: a review. **Climatic Change** 9:5-18.
- WALKER, B.H. and I. NOY-MEIR. 1982. Aspect of the stability and resilience of savanna ecosystems. *In*: pp. 556-590. B.J. Huntley & B.H. Walker (eds.). Ecology of Tropical Savannas. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 556-590.
- WARREN, F. 1975. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Centro Regional de Ayuda Técnica.
- WELTZIN, J.F. and M.B. COUGHENOUR. 1990. Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. **Journal of Vegetation Science**: 325-334.
- WEST, N.E. 1989. Spatial pattern-functional interactions in shrub dominated plant communities. *In*: C.M. McKell (ed). The Biology and Utilization of Shrubs. Academic Press, Inc. San Diego, CA., USA 656p.
- WOODMANSEE, W.G. 1978. Additions and losses of nitrogen in grassland ecosystems. **BioScience** 28:448-453.
- WOOTEN, E.O. 1908. The range problem in New Mexico. New Mexico Agricultural Experiment Station. Bull. No. 66. New Mexico State University, Las Cruces, New Mexico, USA.
- WRIGHT, H.A., S.C. BUNTING, and L.E. NEUNSWANDER. 1976. Effect of fire on honey mesquite. **Journal of Range Management** 29:467-471.