

Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo

Emergence and survival of native and introduced grasses in an arid environment under different wet-dry sequences in three soil types

Mario Humberto Esqueda Coronado^a, Alicia Melgoza Castillo^a, Manuel Sosa Cerecedo^b,
Regina Carrillo Romo^a, Jorge Jiménez Castro^b

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estimar el efecto de diferentes patrones de humedad sequía sobre la emergencia y sobrevivencia de gramíneas, en tres tipos de suelo de áreas de cultivo abandonadas en el estado de Chihuahua, en condiciones de invernadero. Las secuencias fueron seleccionadas de los patrones más comunes de como la precipitación se presentó en 35 años durante el mes de julio (mes de mayor precipitación). Los tratamientos fueron la combinación de tres tipos de suelo, cuatro secuencias de humedad sequía y seis gramíneas. Los datos se sometieron a un análisis de varianza en un modelo lineal con datos categóricos, en el que se realizaron análisis individuales por especie en cada uno de los tipos de suelo. La emergencia y sobrevivencia de los zacates se incrementó ($P < 0.05$) con relación a la cantidad de agua aplicada. Los máximos valores de sobrevivencia fluctuaron entre un 20 y un 50 % dependiendo del tipo de suelo, de la secuencia y de la especie; los valores inferiores fueron para el navajita (*Bouteloua gracilis*), banderilla (*Bouteloua curtipendula*) y klein (*Panicum coloratum*); el gigante (*Leptochloa dubia*) y el llorón (*Eragrostis curvula*) tuvieron valores superiores, mientras que el garrapata (*Eragrostis superba*) tuvo un mejor comportamiento en los tres tipos de suelo, aún con bajos niveles de humedad. El estudio contribuye a la caracterización del crecimiento y desarrollo de los zacates, base para realizar estudios que permitan incrementar las probabilidades de éxito en las resiembras.

PALABRAS CLAVE: Secuencias de humedad-sequía, Tipos de suelo, Zacates nativos e introducidos, Sobrevivencia, Emergencia.

ABSTRACT

Land degradation can be reversed using revegetation. Reseeding in degraded pastures is high risk, and requires knowledge of grass species behavior under several precipitation regimens. A study was done to evaluate germination and survival of native and introduced grasses in an arid environment under different wet-dry sequences and in different soil types. The experiment was conducted under greenhouse conditions. Soils were collected from abandoned crop land in central Chihuahua, Mexico. Wet-dry sequences were determined based on 35 years of regional precipitation data for July. Three native grasses and three introduced grasses were planted in three soil types and subjected to four wet-dry sequences. A treatment was one grass species in one soil type with one wet-dry sequence. Data was analyzed with an ANOVA under a linear model using categorical data analysis, by species and soil type. Emergence and survival increased with increased moisture in all soils and species. The highest survival percentages ranged from 20 to 50 %, depending on soil type, wet-dry sequence and grass species. Of the native grasses, blue grama (*Bouteloua gracilis*) and side oats (*Bouteloua curtipendula*) had the lowest establishment percentage, while green sprangletop (*Leptochloa dubia*) had a higher survival index in all three soil types. Of the introduced grasses, weeping love grass (*Eragrostis curvula*) and Wilman love grass (*Eragrostis superba*) had the highest survival percentages, Wilman love grass had the best adaptation range, and Kleingrass (*Panicum coloratum*) did not have an acceptable survival index. These grass growth and development data are vital for planning successful reseeds.

KEY WORDS: Wet-dry sequences, Soil types, Native and introduced grasses, Survival, emergence.

Recibido el 12 de abril de 2002 y aceptado para su publicación el 4 de julio de 2002.

a) Campo Exp. La Campana Chihuahua, CIRNOC-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Ave. Homero # 3744 Fracc. El Vergel. 4810769 Chihuahua, Chih. Tel y fax. 01(614)4810257. marioes@att.net.mx. Correspondencia al primer autor.

b) Facultad de Zootecnia, UACH.

Origen de apoyo recibido: Proyecto financiado por CONACYT y Fundación Produce Chihuahua, A.C.

Un problema común que enfrentan los pastizales en zonas áridas es la degradación de la cubierta vegetal y del suelo^(1,2). Ante este problema, una de las alternativas para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas y su productividad es por medio de las resiembras⁽³⁾; Sin embargo, debido a que esta práctica es costosa e incierta, se debe de tener un mayor entendimiento sobre el comportamiento de las plantas utilizadas para las resiembras en los diferentes ecosistemas⁽⁴⁾, ya que cada especie presenta diferente adaptación a patrones de lluvia en diversos ambientes⁽⁵⁾.

El periodo más crítico para establecer un zacate es durante la primera estación de crecimiento. El establecimiento es difícil debido a insuficiente humedad, altas temperaturas, altas tasas de evaporación y daño a plántulas por viento⁽³⁻¹⁰⁾. Las condiciones secas y calientes que prevalecen en zonas áridas, con cortos períodos de lluvia, provocan el desecamiento de la superficie del suelo, reducen el porcentaje y la tasa de germinación y alteran rápida y dramáticamente el ambiente físico y biológico de las raíces de las plantas^(11,12). Otros autores encontraron que la cantidad y frecuencia de la lluvia durante la primera estación de crecimiento, fue el factor que más influyó en explicar las densidades de plantas y la producción de forraje hasta 11 años después de la siembra⁽¹³⁾. En otro estudio se encontró que la germinación inicial y la sobrevivencia de los zacates banderilla (*Bouteloua curtipendula*) y cochise (*Eragrostis lehmanniana* x *E. trichophora*) estuvo directamente afectada por la longitud del primer periodo de humedad/sequía después de la siembra⁽⁹⁾; los mismos autores señalan que el conocimiento básico de las relaciones planta-agua y la respuesta de la planta, podría ser utilizada en modelos de probabilidad de la ocurrencia de combinaciones naturales de precipitación-sequía. Para esto, primero es necesario desarrollar y entender el comportamiento de plántulas de diversas especies durante las primeras secuencia de humedad sequía después de la siembra⁽⁵⁾, así, será posible identificar las especies a ser sembradas en una fecha de siembra determinada, lo que maximizaría la probabilidad de supervivencia de las plantas⁽⁹⁾.

Degradation of vegetation cover and soil is a common problem in arid grasslands^(1,2). Reseeding is one alternative used to restore ecosystem functionality and productivity in these contexts⁽³⁾, though it is costly and often uncertain. To increase the probability of successful reseeded, a better understanding is needed of the behavior of plants used for reseeded in different ecosystems⁽⁴⁾ since each species adapts differently to rainfall patterns in distinct environments⁽⁵⁾.

The first growth season is the most critical when establishing grasses and can be complicated by insufficient moisture, high temperatures, high evaporation rates and wind damage to plantlets⁽³⁻¹⁰⁾. Arid zones have hot, dry conditions and short rainy periods that dry the soil surface, reducing germination percentage and rate, and quickly and dramatically altering the physical and biological environment of plant roots^(11,12). Other reports suggest that the amount and frequency of rainfall during the first growing season is the most influential factor, and can explain plant density and forage production up to 11 years after sowing⁽¹³⁾. Another study indicates that initial germination and survival in side oats (*Bouteloua curtipendula*) and Cochise lovegrass (*Eragrostis lehmanniana* x *E. trichophora*) were directly affected by the length of the first wet-dry period after sowing⁽⁹⁾. The authors of this study mention that basic knowledge of the plant-water relationship and plant response can be used in probability models for natural drought-rainfall combinations. Before this can be done, however, the behavior of different grass species during the first wet-dry sequence after sowing must be determined and understood⁽⁵⁾. This aids in identifying the right species to be sown on a certain date to maximize plant survival probability⁽⁹⁾.

Failures in grass reseeded are attributed to lack of precipitation and to insufficient emphasis on soil characteristics like texture, pH and nutrient levels^(14,15). One study in Arizona, USA, showed that emergence of African grasses was influenced by soil texture, though emergence was not related to long-term plant survival⁽¹⁶⁾. African grasses emerge when seeds are planted in sandy to sandy

Por otra parte, se asume que los fracasos en las siembras están asociados a la escasez de precipitación, y no se le ha dado énfasis a las características del suelo, tales como a la textura, pH y nivel de nutrientes^(14,15). En un estudio realizado en Arizona, se encontró que la emergencia de los zacates africanos es influenciada por la textura del suelo; sin embargo, la emergencia no estuvo relacionada con la supervivencia de la planta a largo plazo⁽¹⁶⁾. El zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) emerge cuando las semillas son plantadas en suelos arenosos y franco arenosos; las plántulas no emergen en suelos franco arcillosos o arcillosos. El zacate llorón (*Eragrostis curvula*) puede ser establecido y persistirá únicamente en suelos arenosos, ya que los otros tipos de suelo inhiben su germinación⁽¹⁷⁾. Por lo tanto, la información que cuente con la identificación de los factores climáticos y edáficos que influyen sobre la persistencia de los zacates en una resiembra, podrá ser usada para predecir en qué sitios puede ser sembrado cada zacate^(17,18). Así, el objetivo del trabajo fue evaluar patrones de humedad sequía en diferentes tipos de suelo en condiciones de invernadero, sobre la emergencia y sobrevivencia de gramíneas nativas e introducidas durante las primeras etapas de desarrollo.

El estudio se llevó a cabo en el Invernadero de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, entre mayo y julio del 2000. El trabajo comprendió la evaluación de la emergencia y sobrevivencia de seis gramíneas con cuatro diferentes secuencias de humedad sequía en tres diferentes tipos de suelo.

Los suelos se colectaron de tres áreas de cultivo abandonadas que fueron inicialmente pastizales en la región central del estado de Chihuahua. La primera fue el ejido Ocampo, localizado a 40 km al norte de la ciudad de Chihuahua situado a 29° 01' N y 106° 10' O, a 1,550 msnm, precipitación promedio anual de 350 mm y temperatura media anual de 16 °C; el suelo es de textura franco arenosa con pH ligeramente ácido, deficiente en materia orgánica, con regular contenido de fósforo, alto en nitrógeno y con bajo contenido de sodio. La segunda área fue El Charco, se localiza a 30

loam soils and seedlings will not emerge in clay loam or clay soils. Another example is that weeping love grass (*Eragrostis curvula*) will only establish and persist in sandy soils because its germination is inhibited in other soil types⁽¹⁷⁾. Therefore, information on the climatic and edaphic factors that influence grass persistence in reseeding can be used to predict the most adequate sites for each grass species^(17,18). The present study objective was to evaluate the influence of wet-dry patterns in different soil types, under greenhouse conditions, on emergence and survival of native and introduced gramineas in the first development stages in an arid region.

The study was done in the greenhouse of the (Facultad de Zootecnia, Universidad de Chihuahua), between May and July 2000. It included evaluation of emergence and survival of six grasses with four different wet-dry sequences in three soil types.

Soils were collected from three abandoned cultivation areas that were previously grasslands in the central region of the state of Chihuahua, Mexico. The first collection location was Ejido Ocampo, 40 km north of the city of Chihuahua (29° 01' N; 106° 10' W), and at an altitude of 1,550 m above sea level. Annual rainfall is 350 mm and annual average temperature is 16 °C. Soil texture is sandy loam with slightly acid pH, deficient organic matter, regular phosphorous content, high nitrogen and low sodium content. The second soil collection area was El Charco, 30 km northeast of the city of Chihuahua (28° 17' N; 106° 15' W), and at an altitude of 1,600 m above sea level. Annual rainfall is 370 mm and annual average temperature is 15.5 °C. Soil texture is silt loam, with slightly alkaline pH, moderate organic matter content, rich in phosphorous, high in nitrogen and low in sodium content. The third site was Aldama, 30 km from the city of Chihuahua (28° 42' N; 105° 58' W), and at an altitude of 1,450 m above sea level. Annual rainfall is 300 mm and annual average temperature is 17 °C. Soil texture is loam with a moderately alkaline pH, no organic matter, low phosphorous, high nitrogen and moderate sodium content.

km al noroeste de la ciudad de Chihuahua, a 28° 17' N y a 106° 15' O, a 1,600 msnm, precipitación promedio anual de 370 mm y temperatura media anual de 15.5 °C; el suelo es de textura migajonosa, pH ligeramente alcalino, con un contenido moderado de materia orgánica, rico en fósforo, alto en nitrógeno y con bajo contenido de sodio. El tercer sitio corresponde a la localidad de Aldama, a 30 km de la ciudad de Chihuahua, a 28° 42' N y 105° 58' O, a 1,450 msnm, precipitación promedio anual de 300 mm y temperatura media anual de 17 °C; el suelo presenta una textura areno-migajonosa, un pH moderadamente alcalino, deficiente en materia orgánica, bajo en fósforo, alto en nitrógeno y con contenido moderado de sodio.

A los tres tipos de suelo se les aplicaron cuatro diferentes secuencias de humedad/sequía que corresponden a los patrones de lluvia más comunes registradas para la área en el período de 1965 a 1999. Los patrones se tomaron con base a las frecuencias de lluvias presentadas durante el mes de julio, que es el mes donde se recomienda hacer las resiembras de pastizales. Las secuencias de humedad/sequía evaluadas fueron las siguientes: a) pobre 1-1, 1-1, 1-2, 1-2, 1-4 y 1-12 (seis días con lluvia); b) baja 1-2, 1-2, 1-1, 1-1, 2-4, y 2-12 (ocho días con lluvia); c) media 1-1, 1-1, 2-2, 2-2, 2-4 y 2-12 (10 días con lluvia) y, d) alta 2-1, 2-1, 2-1, 2-1, 2-4 y 2-12 (12 días con lluvia). En cada una de las secuencias se aprecia un período de 12 días de sequía, el cual es común que se presente durante el mes de julio. Cada una de estas secuencias se presenta en alrededor de un 20 % de los años, por lo que con las cuatro secuencias se cubre el 80 % del total de los años. Del 20 % restante, sólo un 10 % de los años muestra una precipitación superior a la secuencia alta, mientras que en el otro 10 % de los años se presentan condiciones de humedad inferiores a las mostradas en la secuencia pobre. Se decidió eliminar las secuencias de los años más lluviosos y extremadamente secos, debido a que en la secuencia con menos lluvia ningún zacate podría establecerse y la que tiene más lluvia todos los zacates se establecerían.

La cantidad de agua que se aplicó a cada maceta fue de 10 mm. Se utilizó este criterio debido a que

Four wet-dry sequences, corresponding to the most common rainfall patterns in the region from 1965 to 1999 during the month of July, were applied to the three soil types. The month of July was used as a reference as it is the month with highest precipitation in the region and is thus recommended for grassland reseeding. The evaluated wet-dry sequences were: a) poor, 1-1, 1-1, 1-2, 1-2, 1-4 and 1-12 (6 d with rain); b) low, 1-2, 1-2, 1-1, 1-1, 2-4, and 2-12 (8 d with rain); c) medium, 1-1, 1-1, 2-2, 2-2, 2-4 and 2-12 (10 d with rain); and d) high, 2-1, 2-1, 2-1, 2-1, 2-4 and 2-12 (12 d with rain). Each sequence had a 12-d drought period, which is common in the month of July. These sequences account for 80 % of the overall rainfall patterns in the recorded years, that is, each occurs in about 20 % of years. Of the remaining 20 %, 10 % of the years have rainfall above the high sequence and the other 10 % below the poor sequence. These extremes were not considered because no grass could establish in the driest years and all grasses would establish in the wettest years.

Based on rainfall levels in the region, which normally range from 8 to 12 mm during July, a total of 10 mm of water was applied to each pot. Also, average precipitation per rainfall event in July is 10 mm. To simulate this rainfall level with irrigation, 176 mm were applied per pot per event (based on pot diameter) to meet the equivalent of 10 mm precipitation.

Six grasses were evaluated, including three native and three introduced species. The natives' species were blue grama (*Bouteloua gracilis* (HBK.) Lag. Ex Steud), side oats (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) and green sprangletop (*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees), which were key species at the soil collection sites. The introduced species were weeping love grass (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees), Wilman love grass (*Eragrostis superba* Peyr) and Kleingrass (*Panicum coloratum* L.); all widely recommended for reseeding.

These grasses were planted in 15 cm diameter by 20 cm deep pots (4.5. kg soil) containing the different collected soils. All six species were planted

la precipitación que presenta una mayor frecuencia se encuentra entre 8 y 12 mm de lluvia en el mes de julio. Además, el promedio por evento de lluvia en el mes de julio es de 10 mm. Para la simulación de lluvia (riego) se aplicaron 176 mm de agua por maceta en cada evento (basado en el diámetro de la maceta), lo cual equivale a los 10 mm de precipitación.

Las gramíneas evaluadas fueron tres especies nativas y seis introducidas. Las especies nativas fueron: navajita (*Bouteloua gracilis* (HBK.)Lag. Ex Steud), banderilla (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.), gigante (*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees), mismas que fueron especies clave de estos sitios, mientras que los zacates introducidos, los cuales se han recomendado ampliamente para uso en resiembras, fueron: llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees), garrapata (*Eragrostis superba* Peyr) y klein (*Panicum coloratum* L.).

Para la siembra, los suelos colectados se depositaron en macetas de 15 cm de diámetro y 20 cm de profundidad (4.5 kg de suelo). De este modo correspondieron seis macetas para cada especie en cada uno de los tres tipos de suelo para cada una de las cuatro secuencias de humedad (6x3x4), con seis repeticiones. En cada maceta se sembraron 20 semillas viables (ajustando por porcentaje de germinación), en donde los porcentajes de germinación fueron de 94 % para llorón y garrapata, de 89 % para gigante, 86 % para klein y banderilla y 83 % para navajita. La semilla se cubrió con una delgada capa de suelo (0.5 cm) proveniente de los mismos sitios.

Un mes antes de la siembra se procedió a regar las macetas, para eliminar las plantas herbáceas y gramíneas que pudieran afectar el estudio. Después de la siembra, la emergencia de otras especies fue mínima y se procedió a eliminarlas.

Diariamente y durante los primeros 20 días se contó el número de plantas emergidas de cada especie en cada tratamiento, hasta obtener el máximo número de plantas emergidas. Se evaluó también diariamente la sobrevivencia de las plantas, en donde se iban descontando las plantas muertas,

in pots with three soil types under the four wet-dry sequences (6x3x4). Thus, one treatment consisted of one species planted in a pot with one soil type and subjected to one wet-dry sequence, with six replicates per treatment. Twenty viable seeds (adjusted for germination percentage) were sown in each pot and covered with a thin layer of soil (0.5 mm). Germination percentages were 94 % for weeping love grass and Wilman love grass, 89% for green sprangletop, 86 % for kleingrass and side oats and 83 % for blue grama.

Emergence of undesired herbaceous and other grasses species from the collected soils was minimized by watering the pots of soil one month before the experimental treatment began and removing any sprouts. Emergence of undesired species during the experiment was minimal and all were eliminated immediately.

For the first 20 d of the experiment daily counts were done of the number of emerged plants in each treatment until the maximum number of emerged plants was attained. Survival was also evaluated daily by counting the number of dead plants to estimate the minimum number of surviving plants. A plant was considered dead when its entire aerial portion was totally dry.

Treatment data was presented as proportions of a total of 120 seeds per treatment. Ambient temperature and maximum and minimum temperature data were also recorded daily.

Because emergence and survival data are bivariate and expressed as proportions, a linear model with categorical data (CATMOD) was used to analyze them. An analysis of variance (ANOVA) was done individually for each species in each of the soil types and each wet-dry sequence⁽¹⁹⁾ to estimate the individual effect of each sequence on each of the six species in each soil type. The interactions between them were not of interest in this study. Replicates consisted of six pots with 20 seeds each, resulting in 120 seeds per treatment. Comparison of means was done with a test for normally distributed proportions. After analysis the data was transformed into percentages⁽²⁰⁾.

hasta estimar el mínimo número de plantas sobrevivientes. El criterio utilizado para considerar una planta muerta, fue hasta que tuviera la totalidad de la parte aérea completamente seca.

Los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos se presentaron en forma de proporciones de un total de 120 semillas por tratamiento. Adicionalmente, se tomó diariamente la información sobre temperatura ambiente, así como las temperaturas máximas y mínimas.

Debido a que la información obtenida para las variables de emergencia, y sobrevivencia son de tipo bivariado y se expresan en proporciones, para su análisis se utilizó un modelo lineal con datos categóricos (CATMOD), realizándose análisis de varianza en forma individual para cada una de las especies, en cada uno de los tres tipos de suelo con las cuatro secuencias de humedad/sequía⁽¹⁹⁾; de este modo, se estimó el efecto individual de cada secuencia de humedad sobre cada una de las seis diferentes especies en cada tipo de suelo. En este caso no fue de interés evaluar el efecto de las interacciones. Las repeticiones consistieron de seis macetas con 20 semillas viables cada una, con lo cual se tuvieron las 120 semillas por tratamiento. La comparación de medias se realizó mediante una prueba para proporciones en distribuciones normales. Posterior al análisis, los datos fueron transformados a porcentajes⁽²⁰⁾.

Los porcentajes de emergencia y sobrevivencia de las seis especies evaluadas presentaron diferencias entre tipos de suelo y entre secuencias de humedad ($P < 0.05$).

Zacate navajita

En los tres tipos de suelo la emergencia fue mayor ($P < 0.05$) en la secuencia alta, en donde se tuvo una respuesta similar, con valores que fluctuaron alrededor del 90 % (Cuadro 1), mientras que las secuencias con menor cantidad de humedad mostraron emergencias que no rebasaron el 40 %. Se determinó también que en el suelo areno migajonoso únicamente con la secuencia alta se logró una alta emergencia. Con respecto a la sobrevivencia, se observó en los tres tipos de suelo,

Emergence and survival percentages for the six evaluated species exhibited significant differences ($P < 0.05$) between soil types and wet-dry sequences.

Blue grama grass

Emergence for this species was higher in all three soil types in the high sequence with similar responses between treatments and values near 90 % (Table 1). The treatments with lower moisture had emergences below 40 %. Also, high emergence only occurred in the granular sand soil with the high wet-dry sequence. Survival in the three soil types with the poor wet-dry sequences was as low as 0 %. Only the high sequence favored plant survival in all three soil types, with 68 % in the sandy loam, 74 % in the granular sand and up to 95 % in the granular soil (no mortality in this treatment).

Blue grama grass data applies for arid zones in which new plant establishment and survival are closely tied to water availability. Thus, rainfall amount and distribution are determinant for these two factors⁽⁵⁾.

Initial plantlet germination and survival in the present study were directly affected by the duration of the wet-dry periods after sowing⁽⁹⁾. The best response in the medium and high sequences resulted from high emergence in sequences with two consecutive days of rainfall versus those with just one day⁽²¹⁾. This suggests that two rainfall events on successive days has a greater physiological impact than two events one or more days apart⁽²²⁾.

Blue grama grass requires from 2 to 4 d of moisture to germinate and begin growth, and thus it had higher emergence in the sequences (medium and high) with two consecutive days of moisture. These species' establishment problems result from its adventitious roots developing at shallow depths (2 cm), meaning that it requires more water to maintain moisture in the soil surface. Sufficient water is vital to its establishment because during the interval between emergence and adventitious root development, the seminal root rudiment and the subcoleoptile internode are the only source of

que al aplicarse bajas cantidades de humedad, la mortalidad de plantas se incrementó hasta un 100 %. La información obtenida indica que sólo el tratamiento con la mayor cantidad de humedad favoreció la sobrevivencia de plantas, con valores de 68 y 74 % para los suelos franco arenoso y areno migajonoso respectivamente, mientras que para el suelo migajonoso, la sobrevivencia se incrementó hasta el 95 %, ya que no hubo mortalidad de plantas en este tratamiento.

La información obtenida con el zacate navajita, describe lo que sucede en zonas áridas, en donde el establecimiento y la sobrevivencia de una nueva planta están muy relacionados con la disponibilidad de agua, por lo que la cantidad y distribución de la precipitación son determinantes para el establecimiento de las plantas⁽⁵⁾.

En este estudio, se demostró que la germinación inicial y la sobrevivencia de plántulas está directamente afectada por la duración de los períodos de humedad sequía después de la siembra⁽⁹⁾. La mayor respuesta con las secuencias más altas se debe a que se favoreció más la emergencia con dos días consecutivos de humedad, en comparación con las secuencias que sólo tuvieron un día⁽²¹⁾. De este modo, es probable que dos eventos de lluvia en días sucesivos tengan un mayor impacto fisiológico, que los mismos dos eventos con uno o más días de diferencia⁽²²⁾.

El zacate navajita requiere de 2 a 4 días de humedad para germinar e iniciar su crecimiento⁽²³⁾, por lo cual sólo en las dos secuencias, que tuvieron dos días consecutivos de humedad (media y alta), se logró una mayor emergencia. Sus problemas para el establecimiento se deben a que sus raíces adventicias se desarrollan muy superficialmente (2 cm de profundidad) por lo que requieren mayores niveles de agua para mantener la presencia de humedad en la superficie del suelo. Este factor es crítico para su establecimiento, ya que durante el intervalo entre la emergencia y el desarrollo de la raíz adventicia, el rudimento de la raíz seminal y el entrenudo del subcoleóptilo proporcionan la única fuente de agua⁽²⁴⁾. Las características de los suelos franco-arenoso y migajón-arcillo-arenoso favorecen

water⁽²⁴⁾. Sandy loam and granular clay sand soils favor moisture retention⁽¹⁵⁾, the granular sand soil in the present study, in contrast, had very low levels in the poor, low and medium sequences. Blue grama grass seminal root has a limited water intake capacity in addition to lacking lateral roots, and for this reason it can dry up and die when the transpiration rate exceeds the root's water contribution to the leaves^(25,26).

Establishing this grass at the three sampled sites would be difficult as it would only be possible during rainy years with precipitation similar to that in the high sequence, which only occurs in 20 % of years. Side oat grass thus requires uncommon establishment strategies that address its water needs.

Side oat grama

Emergence in this species was highest ($P < 0.05$) in the high wet-dry sequence and lowest with the poor and low sequences in all three soils (Table 1). The sandy loam soil, however, had the best emergence conditions, with 25 % emergence even in the poor sequence. In contrast, the granular sand soil had the worst emergence conditions, with high emergence only in the high sequence.

The higher emergence in the sandy loam and silt loam soils may be because friable to clayey texture allows water retention for longer periods, favoring germination⁽¹¹⁾. Survival was lowest in the poor and low sequences, with percentages below 30 %, depending on soil type ($P < 0.05$), and increased as moisture content in the treatments rose, with high values between 57 and 67 %.

Side oat grama mortality was higher in the silt loam and loam soils, particularly in the low wet-dry sequences. These low survival results are due to high mortality in grasses like *Side oat grama*⁽²⁷⁾, a product of their rapid germination in early development stages. As a result, they have more development in the aerial portion than in the roots, leading to higher transpiration and greater effort by the root to sustain the aerial portion⁽²⁸⁾. Blue grama grass has high emergences in the sequences with two consecutive days of moisture (medium and high), but has high mortality during drought

Cuadro 1. Porcentaje de emergencia y sobrevivencia en zacates nativos con diferentes secuencias de humedad-sequía en tres tipos de suelo

Table 1. Emergence and survival percentages of native grasses with different wet-dry sequences and in three soil types

Wet-dry sequences	Emergence			Survival*		
	Sandy loam	Silt loam	Loam	Sandy loam	Silt loam	Loam
Blue Grama Grass						
Poor	20 c	11 d	2 c	0 d	0 d	0 b
Low	26 c	39 c	3 c	7 c	3 c	0 b
Medium	49 b	55 b	13 b	38 b	12 b	0 b
High	86 a	95 a	89 a	68 a	95 a	74 a
Side Oat Grass						
Poor	27 c	9 c	5 c	10 d	0 c	0 c
Low	35 c	49 b	7 c	31 c	2 c	0 c
Medium	53 b	63 ab	15 b	48 b	13 b	10 b
High	73 a	67 a	68 a	67 a	67 a	57 a
Green Sprangletop Grass						
Poor	33 c	3 c	4 c	18 c	0 c	0 b
Low	52 b	49 b	6 c	36 b	0 c	0 b
Medium	80 a	75 a	21 b	57 a	25 b	0 b
High	84 a	82 a	92 a	65 a	70 a	85 a

* Survival after a 12-d drought period.

abcd Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) between wet-dry sequences for each soil type.

más la retención de humedad⁽¹⁵⁾, mientras que el suelo con textura más arenosa, (areno-migajonoso), presentó valores muy bajos en las tres secuencias con menos humedad, en comparación con la secuencia alta. La raíz seminal tiene una capacidad limitada para el consumo de agua, además de carecer de raíces laterales, por lo tanto, se provoca su desecación y muerte cuando la tasa de transpiración excede a la tasa de aporte de agua por la raíz a las hojas^(25,26). Debido a sus requerimientos de humedad, es difícil de establecer este zacate en los tres sitios, ya que sólo se tendrán probabilidades de éxito en años lluviosos, similares a los que se simularon en la secuencia alta, que de acuerdo a la información meteorológica analizada, ésta ocurre en aproximadamente un 20 % de los años. Basado en lo anterior el zacate navajita requiere para su establecimiento, estrategias diferentes a las utilizadas comúnmente, ya que de este modo las resiembras con este zacate serán un fracaso.

periods⁽²¹⁾. In the sandy loam soil mortality was only high in the poor sequence as this species is mainly distributed in loamy soils⁽²⁶⁾. Based on the present results, *Side oat grama* could be established in 20 % of years in silt loam and loam soils, and in up to 40 % of years in sandy loam soils.

Green sprangletop grass

Emergence for these species increased in all the soils as moisture in the wet-dry sequences increased (Table 1). The sandy loam and silt loam soils produced emergence percentages higher than 75 %, even in the medium sequence, and about 50 % in the low sequence. This explains why this grass has one of the best responses in reseeding and why it is used as a nurse specie⁽²⁶⁾. In contrast, a good emergence response in the loam soil was only obtained with the high sequence, which is why this grass has limited distribution in this type of soil. Plant survival was null with the poor and low sequences in silt loam soil, and with the poor, low

Zacate banderilla

La emergencia fue mayor ($P < 0.05$) en la secuencia alta, y menor en las secuencias pobre y baja en los tres tipos de suelo (Cuadro 1); sin embargo, se observa que en el suelo franco arenoso se presentaron las mejores condiciones de este zacate, ya que aún en la secuencia más pobre se obtuvo un 25 % de emergencia, mientras que en el suelo areno migajonoso se presentaron las peores condiciones para la emergencia, en donde sólo en el tratamiento con mayor humedad se logró una alta emergencia.

La mayor emergencia en los suelos franco-arenoso y migajón-arcillo-arenoso se pudo haber debido a que el tipo de textura franca a arcillosa, permite mantener la humedad por un mayor periodo de tiempo, lo cual favoreció su germinación⁽¹¹⁾. La menor sobrevivencia se obtuvo en las secuencias pobre y baja, cuyos porcentajes no rebasaron el 30 %, dependiendo del tipo de suelo ($P < 0.05$). La sobrevivencia fue mayor a medida que se incrementó la secuencia de humedad en todos los suelos; los valores más altos fluctuaron entre 57 y 67 %.

La mortalidad del zacate banderilla fue mayor en los suelos migajonoso y areno-migajonoso, especialmente en las secuencias con menor cantidad de agua. Esta baja sobrevivencia se debe a que zacates como el banderilla tienen una mayor mortalidad⁽²⁷⁾ debido a su rápida velocidad de germinación en sus primeras etapas de desarrollo, cuando tienden a desarrollar más su parte aérea en relación con la raíz, lo cual trae como consecuencia una mayor transpiración y un mayor esfuerzo de la raíz para sostener esa parte aérea⁽²⁸⁾. Con el zacate banderilla se logran altos porcentajes de emergencia con secuencias de humedad de dos días, pero presenta altos índices de mortalidad cuando se presentan periodos de sequía⁽²¹⁾. En el suelo franco-arenoso la mortalidad sólo fue alta en la secuencia pobre, debido principalmente a que es un zacate que se distribuye primordialmente en suelos de textura franca⁽²⁶⁾. Con base en los resultados generados en este estudio, el banderilla será posible establecerlo en un 20 % de los años en los suelos migajonosos y areno-migajonosos,

and medium sequences in the loam soils. Survival was highest overall in the sandy loam soil. In other words, good survival percentages in the silt loam (70 %) and loam (85 %) soils were with the high wet-dry sequence, while the sandy loam soil had 57 % in the medium sequence and 65 % in the high sequence.

Based on these results, green sprangletop grass has the best probability of survival in sandy loam soil with the medium to high wet-dry sequences, giving it a probability of successful establishment in 40 % of years. Successful establishment is probable in only 20 % of years for granular and granular sand soils. This grass high survival in sandy loam soil is due to its rapid growth in early development stages⁽²⁸⁾. Its high mortality in the other soils results from its high aerial portion to root ratio⁽⁸⁾. Unlike other *Bouteloua* species, however, it is very resistant to stress conditions, and thus has lower mortality⁽²⁹⁾. This is confirmed by authors^(21,30) who report that germination at low moisture potentials cannot be taken as an index of drought tolerance because there are species that are highly drought tolerant despite having low germination at low moisture potentials.

Though the studied native species are characteristic of the soil sites, their low emergence is the result of the water applied during the experiment being insufficient to stimulate emergence. Plant emergence data for the soils from the three sites indicate that high emergence would only occur in 40 % of years for these species, and high survival rates would occur in only 20 % of years.

Kleingrass

The introduced grasses generally had better responses than the native species due to their lower water needs for germination and emergence⁽³¹⁾. Green sprangletop grass is the one exception in the natives because of its rapid emergence⁽³²⁾.

Kleingrass had the best response ($P < 0.05$) in sandy loam soil, with 40 % emergence in the low sequence, 69 % in the medium and 75 % in the high (Table 2). Emergence in the silt loam soil was high in the medium and high sequences, and

mientras que en el franco-arenoso la probabilidad se puede incrementar hasta un 40 %.

Zacate gigante

En todos los suelos, la emergencia aumentó ($P < 0.05$) a medida que se incrementó la cantidad de humedad (Cuadro 1). En los suelos franco arenoso y migajonoso se obtuvieron porcentajes de emergencia superiores al 75 % aún en la secuencia media, y alrededor del 50 % en la secuencia baja. Esto explica el porqué es de los zacates que tienen una mayor respuesta en las resiembras y el porqué se llega a utilizar como especie nodriza⁽²⁶⁾. En cambio en el suelo areno migajonoso sólo se tuvo una buena respuesta con la secuencia alta, motivo por el cual es un zacate que tiene una baja distribución en este tipo de suelo. No se presentó sobrevivencia de plantas para las secuencias pobre y baja en el suelo migajonoso, ni para las secuencias pobre, baja y media en el suelo areno-migajonoso, mientras que en el suelo franco-arenoso se presentó la mayor sobrevivencia. De este modo, la sobrevivencia sólo fue buena con la secuencia alta en los suelos migajonoso y areno migajonoso, con valores de 70 y 85 %, respectivamente. En el suelo franco arenoso aún en la secuencia media se obtuvo un porcentaje de 57 % de sobrevivencia y de 65 % en la secuencia alta.

Considerando los resultados anteriores, las mayores probabilidades de sobrevivencia de este zacate se tendrán en el suelo franco-arenoso con las secuencias media y alta, lo que representa una probabilidad de éxito en aproximadamente un 40 % de los años; en cambio para los suelos migajonoso y areno-migajonoso la probabilidad se reduce hasta un 20 %. Esta gramínea obtuvo altos porcentajes de sobrevivencia en el suelo franco-arenoso, debido a su alta velocidad de crecimiento en sus primeras etapas de desarrollo⁽²⁸⁾, además de que, al igual que el banderilla, se caracterizan por presentar una alta proporción de parte aérea en relación con la raíz⁽⁸⁾, lo que provocó su alta mortalidad en los otros dos tipos de suelo. Sin embargo, a diferencia de las especies del género *Bouteloua* es muy resistente a condiciones de estrés, por lo cual su mortalidad es menor⁽²⁹⁾. Lo anterior también es apoyado por otros autores^(21,30), quienes indican

for the granular sand soil it was only high in the high sequence.

Survival in the kleingrass was high in the sandy loam soil such that the plant population did not decrease notably in the low, medium and high sequences (Table 2). In the other soils, high survival was only obtained with the high wet-dry sequence. This high survival index in the sandy loam is because this grass species has slow growth⁽³³⁾. Its low consumption rate of seed starch reserves leads to slow development of the aerial portion and more rapid root development. This characteristic makes kleingrass more competitive for water, space and nutrients and lowers its transpiration due to its low leaf area index^(8,28). These aspects, and the fact that it naturally occurs in loamy soils⁽³²⁾, likely explain its high survival in the sandy loam soil and similar survival in the low, medium and high wet-dry sequences.

Based on the present data, kleingrass in sandy loam soils has a survival probability in 20 to 40 % of years, while in silt loam and loam soil this would not be above 20 %.

Weeping love grass

Plant emergence for this species increased ($P < 0.05$) in all three soil types as moisture increased (Table 2). A remark with this grass is that it had emergence of 25 % in the sandy loam soil even with the low sequence, but no emergence at all in the other two soils with this sequence. For silt loam soil emergence was high in the medium and high sequences and for loam it was high only with the high wet-dry sequence.

High plant survival was observed in all three soils with the high sequence. Survival was null for all other treatments, except the sandy loam with the medium and low sequences.

This species' better response in the sandy loam soil may be because the introduced grasses, like weeping love grass and Wilman love grass, come from regions with edaphic characteristics very similar to this soil type, such as sandy loam texture and pH slightly below 7.0. It also has slower aerial

que la germinación a bajos potenciales de humedad, no puede ser tomada como un índice de tolerancia a la sequía, debido a que hay especies que son altamente tolerantes a la sequía a pesar de su baja germinación con bajos potenciales de humedad.

A pesar de que las especies nativas son características de estos sitios, sus porcentajes de emergencia bajos se debieron a que el agua suministrada no fue la suficiente para estimular la emergencia. Los datos obtenidos con los suelos de los tres sitios reflejan que sólo en el 40 % de los años se presentará una alta emergencia de plantas y que en alrededor de un 20 % de los años habrá altas probabilidades de sobrevivencia.

Zacate klein

Haciendo mención a los zacates introducidos, estos tuvieron una mejor respuesta que las especies nativas, debido a que tienen menores requerimientos de agua para su germinación y emergencia que los zacates nativos⁽³¹⁾, a excepción del zacate gigante que se ha caracterizado por su alta velocidad de emergencia⁽³²⁾.

El zacate klein mostró una mayor respuesta ($P < 0.05$) en el suelo franco arenoso, en donde la emergencia mostró valores de 40 % en la secuencia baja, y de 69 y 75 % respectivamente en las secuencias media y alta (Cuadro 2). En el suelo migajonoso la emergencia fue alta en las secuencias media y alta y en el areno-migajonoso sólo en la secuencia alta hubo buena respuesta.

Con relación a la sobrevivencia, el zacate klein mantuvo una baja mortalidad en el suelo franco arenoso, de tal manera que en las tres secuencias de mayor humedad la población de plantas no disminuyó considerablemente. En los otros dos tipos de suelo, sólo con mayor humedad se logró una alta sobrevivencia. Este mayor índice de sobrevivencia en el suelo franco arenoso se debe a que es un zacate de lento crecimiento⁽³³⁾, ya que tiene una baja tasa de consumo de reservas de almidón de la semilla, por lo cual muestra una lenta tasa de desarrollo de su parte aérea y un rápido desarrollo de su raíz. Esta característica le permite una mayor oportunidad de competir por

portion development in the initial growth stage⁽¹⁶⁾, and a higher root:aerial portion ratio^(7,28). Both of these provide these species with low aerial biomass, which reduces its transpiration rate and nutritional requirements, and gives it lower water intake requirements for survival. Weeping love grass is also known to be highly resistant to moisture stress, exhibiting low mortality in drought periods of up to 7 d^(21,34). As a result, survival probability for this species in loam soils is good in 20 to 40 % of years and for other soil types it is good in only 20 % of years.

Wilman love grass

Wilman love grass had high emergence percentages ($P < 0.05$) in the sandy loam and silt loam soils (Table 2), with emergence of over 60 % even with the low wet-dry sequence. In contrast, high emergence in the loam soil only occurred with the high sequence.

Plant survival was impressive in the sandy loam soil, with 27 % with the poor sequence, 58 % with the low, and up to 78 % with the high. Good survival in the silt loam and loam soils was only observed with the high sequence.

This species' high survival rates in sandy loam soil highlights how its rapid mobilization and use of reserves^(28,35) gives it low water needs for emergence. Thus, in sandy loam soils, it can have high survival in 60 % of years, whereas in the other soils this is only probable in 20 % of years.

All the studied grass species had high emergence and plant survival values with the high wet-dry sequence. However, the amount of water applied was not the only factor limiting emergence as most values were no higher than 90 %. Water is clearly the main limiting factor for plant growth and development in arid zones though the present study also shows that other factors, like soil type, can be determinant.

Based on the present results, rainfall patterns in the central region of the state of Chihuahua, Mexico, allow for establishment of native grasses through reseeded in 20% of years, and of

Cuadro 2. Porcentaje de emergencia y sobrevivencia en zacates introducidos con diferentes secuencias de humedad-sequía en tres tipos de suelo

Table 2. Emergence and survival percentages of introduced grasses with different wet-dry sequences and in three soil types.

Wet-dry sequences	Emergence			Survival*		
	Sandy loam	Silt loam	Loam	Sandy loam	Silt loam	Loam
Kleingrass						
Poor	13 c	0 c	0 c	3 c	0 c	0 b
Low	43 b	31 b	6 c	35 b	0 c	0 b
Medium	69 a	71 b	21 b	61 a	28 b	0 b
High	75 a	93 a	95 a	73 a	83 a	95 a
Weeping Love Grass						
Poor	25 d	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b
Low	48 c	38 c	2 c	33 c	0 c	0 b
Medium	70 b	58 b	15 b	50 b	8 b	0 b
High	83 a	84 a	78 a	74 a	82 a	68 a
Wilman Love Grass						
Poor	38 c	16 c	2 d	27 c	0 c	0 c
Low	60 b	63 b	8 c	58 b	0 c	0 c
Medium	68 b	82 a	31 b	63 b	23 b	25 b
High	83 a	89 a	89 a	78 a	83 a	82 a

* Survival after a 12-d drought period.

abcd Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) between wet-dry sequences for each soil type.

agua, espacio y nutrientes, además de reducir su transpiración por su bajo índice de área foliar^(8,28). Posiblemente por este motivo, los índices de sobrevivencia en el suelo franco-arenoso fueron muy altos y similares en las tres secuencias más altas, además de que es un zacate que proviene de suelos francos⁽³²⁾.

Con base en esta información, es posible presuponer que las probabilidades de sobrevivencia de este zacate en suelos francos fluctuarían entre un 20 y un 40 %, mientras que en los suelos migajonosos y areno-migajonosos las probabilidades no rebasarían el 20 %.

Zacate llorón

La emergencia de plantas se incrementó ($P < 0.05$) en los tres tipos de suelo, conforme se aumentó la cantidad de agua (Cuadro 2). La mayor relevancia con el zacate llorón, es que en el suelo franco-

introduced grasses (e.g. weeping love grass and Wilman love grass and garrapata) in almost 40 % of years. Given this, in most years precipitation conditions will not be adequate for establishment of any of the six studied grass species, meaning that strategies must be developed for more efficient water harvest through better moisture capture and retention to promote plant emergence, establishment and persistence. Successful reseeding, then, requires the use of practices that improve the seed bed and moisture capture⁽³⁰⁾. Another vital factor for successful reseeding is careful matching of grass species to soil type, because soils influence both plant emergence and survival.

Of the six studied grass species, Wilman love grass had the broadest range of adaptation to soil types and thus the highest probabilities of success. The native grasses, side oats and blue grama, were also confirmed to have establishment problems. Further

arenoso, aún con la secuencia pobre, se tuvo una emergencia de 25 %, mientras que en los otros dos tipos de suelo no hubo emergencia. En el suelo migajonoso se presentaron altas emergencias en las secuencias media y alta, y en el areno-migajonoso sólo en la secuencia alta.

Con respecto a la sobrevivencia de plantas, se observó que sólo en el suelo franco-arenoso se mantuvo una población importante de plantas en las secuencias alta media y baja, en cambio en los suelos migajonoso y areno-migajonoso sólo la secuencia alta logró mantener una buena población; en las restantes secuencias la mortalidad fue casi del 100 %.

La mayor respuesta en el suelo franco-arenoso puede deberse a que los zacates introducidos como el llorón y el garrapata provienen de sitios con características edáficas muy similares a las presentadas en este tipo de suelo, tales como su textura franco-arenosa y su pH ligeramente inferior a 7.0. Además, se caracterizan por tener una tasa de desarrollo inicial de su parte aérea más lenta que las especies nativas⁽¹⁶⁾, y su proporción raíz:parte aérea es más alta^(7,28). Esta característica de baja biomasa aérea los hace reducir su tasa de transpiración y sus requerimientos nutricionales, con lo cual requieren de un menor consumo de agua para lograr su supervivencia. Además, se ha demostrado que el zacate llorón es altamente resistente a condiciones de estrés de humedad, en donde muestra una baja mortalidad con periodos de sequía de siete días^(21,34). Por lo tanto las probabilidades de sobrevivencia para este zacate en suelos francos se presentarán entre un 20 y un 40 % de los años y para los dos tipos de suelo restantes será solo en un 20 % de los años.

Zacate garrapata

El zacate garrapata tuvo altos porcentajes de emergencia ($P < 0.05$), especialmente en los suelos franco-arenoso y migajonoso (Cuadro 2); en estos dos tipos de suelo, a pesar de recibir bajos niveles de humedad, se lograron valores de emergencia superiores al 60 % aún en la secuencia baja. En el suelo areno-migajonoso sólo la secuencia alta permitió una alta emergencia.

study is needed characterizing growth and development in species potentially useful in reseeding efforts to reduce the risk inherent in reseeding and help in restoring functionality to seasonal pastures. Data produced here in greenhouse contexts also needs to be validated in the field to increase the probability of reseeding success.

End of english version

La sobrevivencia de plantas se puede considerar sobresaliente en el suelo franco arenoso, en donde la secuencia pobre tuvo una sobrevivencia de 27 %, misma que se incrementó a 58 % en la secuencia baja y hasta un 78 % en la alta. En los suelos migajonoso y areno migajonoso únicamente se logró una buena sobrevivencia con el mayor régimen de humedad.

El zacate garrapata con sus altas tasas de sobrevivencia en el suelo franco-arenoso, demuestra que es una especie con bajos requerimientos de humedad para su emergencia, ya que moviliza y utiliza sus reservas rápidamente^(28,35). Por lo tanto en este tipo de suelo, es posible tener altos porcentajes de sobrevivencia en el 60 % de los años, en cambio en los dos tipos de suelo restantes se podrán tener sólo en el 20 % de los años.

Todas las especies presentaron altos valores de emergencia y sobrevivencia de plantas con la secuencia alta. Sin embargo, se considera que la cantidad de agua aplicada no fue el único factor limitante para la emergencia, ya que la mayoría de los valores no rebasaron el 90 %. Si bien el agua es el principal factor limitante en zonas áridas para el crecimiento y desarrollo de plantas, otros factores tales como; el tipo de suelo son determinantes, tal y como se apreció en este estudio⁽³⁶⁾.

Se concluye que los patrones de precipitación que se presentan en la región central del estado de Chihuahua van a permitir el establecimiento de zacates nativos a través de la siembra en aproximadamente el 20 % de los años, mientras que con las especies introducidas, como llorón y

garrapata se logrará en cerca de un 40 % de los años. Lo anterior indica que en la mayoría de los años no se van a presentar las condiciones de precipitación adecuadas, motivo por el cual se hace imprescindible la búsqueda de estrategias que permitan hacer más eficiente la cosecha de agua, a través de una mayor captación y retención de humedad, de modo que ésta sea aprovechada por las plantas para su emergencia, establecimiento y persistencia. Por lo tanto, para el éxito de la siembra se requiere de la utilización de prácticas tendientes a mejorar la cama de siembra y la captación de humedad⁽³⁰⁾. Además de la cantidad de humedad, se determinó que el tipo de suelo fue un factor determinante que influyó tanto en la emergencia como en la sobrevivencia de plantas, motivo por el cual se debe tener extremo cuidado en la selección de especies para la siembra, es decir que sean acordes con el tipo de suelo. El zacate garrapata presentó un mayor rango de adaptación a los diferentes tipos de suelo, por lo que resultó ser la especie con mayores probabilidades de éxito. Con respecto a los zacates nativos. navajita y banderilla, se confirmó la información referente a sus problemas de establecimiento. Basado en lo anterior, es necesario continuar con estudios tendientes a la caracterización del crecimiento y desarrollo de especies con potencial para resemebrar, esta información dará la pauta para hacer menos riesgosa la práctica de la resiembra y con ello contribuir a recuperar la funcionalidad de los agostaderos. Además se requiere validar en campo este tipo de trabajos, lo cual contribuirá a incrementar las probabilidades de éxito en la resiembra.

LITERATURA CITADA

- Melgoza CA, Royo MM, Báez GA, Reyes LG. Situación de predios ganaderos después de cuatro años de sequía en las zonas áridas y semiáridas de Chihuahua. Folleto Técnico Núm. 4. Campo Exp. La Campana INIFAP-SAGAR. Chih, México. 1998:1-23.
- Ortíz QM. Indicadores para la estabilidad de los agregados del suelo en pastizales áridos y semiáridos [tesis licenciatura]. Chihuahua, Chih: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2001.
- Archer S, Pike D. Plant animal interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated rangeland. *J Range Manage* 1991;(44):558-565.
- Smith SE, Riley E, Tiss JL, Fendenheim D. Geographical variations in predictive seedling emergence in a perennial desert grass. *J Ecol* 2000;(88):139-149.
- Wilkinson RE. *Plant-environment interactions*. 2nd ed. New York, USA: Marcel Dekker Inc; 2000.
- Aiken GE, Springer TL. Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. *J Range Manage* 1995;(48):183-186.
- Robles US. Patrones de crecimiento de los zacates gigante y klein [tesis licenciatura]. Chihuahua, Chih: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2001.
- Ruiz NJ. Patrones de crecimiento de los zacates gigante y klein [tesis licenciatura]. Chihuahua, Chih: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2001.
- Frasier GW, Woolhiser DA, Cox JR. Emergence and seedling survival of two warm season grasses as influenced by the timing of precipitation: A greenhouse study. *J Range Manage* 1984;(37):7-11.
- Rice CT, Todd T, Blair J, Seastedt TR, Ramundo RA, Wilson GW. Belowground biology and processes. In: Knapp AK, Briggs J, Hartnett D, Collins C editors. *Grassland Dynamics*. New York, NY: Oxford University Press Inc; 1998:244-265.
- Qi MQ, Redmann RE. Seed germination and seedling survival of C3 and C4 grasses under water stress. *J Arid Environ* 1993;(24):277-285.
- Pelland M, Pike D, Shaver P, Herrick J. Interpreting indicators of rangeland health. USDA-BLM. NSTC. Information & Communications Group. Technical Reference 1734-6. Denver, CO. 2000:1-49.
- Cox JR, Jordan GL. Density and production of seeded range grasses in Southeastern Arizona (1970-1982). *J Range Manage* 1983;(36):649-652.
- Pal Y, Wong MTF, Gilkes RJ. Soil factors affecting the availability of K to plants for western Australian soils: a glasshouse study. *Aust J Soil Res* 2001;(39):611-625.
- Dormaar JF, Willms WD. A comparison of soil chemical characteristics in modified rangeland communities. *J Range Manage* 2000;(53):453-458.
- Cox J, Martín M. Effects of planting depth and soil textures on the emergence of four lovegrasses. *J Range Manage* 1988;(37):204-208.
- Cox JR, Martín M, Ibarra F, Fourie J, Rethman N, Wilcox D. The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. *J Range Manage* 1988;(41):127-138.
- Hayden BP. Regional climate on the distribution of tallgrass prairie. In: Knapp AK, Briggs J, Hartnett D, Collins C editors. *Grassland Dynamics*. New York, NY: Oxford University Press Inc; 1998:244-265.
- Agresti A. *Categorical data analysis*. Univ. of Florida, USA: John Wiley & Sons; 1990.
- Steel R, Torrie RH. *Principles and procedures of Statistics. A Biometrical approach*. 2nd Ed. New York, USA: McGraw Hill Book Co; 1980.
- Frasier GW, Cox JR, Woolhiser DA. Emergence and survival response of seven grasses for six wet-dry sequences. *J Range Manage* 1985;(38):372-377.
- Sala E, Lauenroth WK. Small rainfall events: An ecological role in semiarid regions. *Oecologia* 1982;(53):301-304.
- Wilson AM, Briske DD. Drought and temperature effects on the establishment of blue grama seedlings on the central plains. *J Range Manage* 1979;(32):209-213.

EMERGENCIA Y SOBREVIVENCIA DE GRAMÍNEAS

24. Nason DA, Cuany RL Wilson AM. Recurrent selection in blue grama. I. Seedling water uptake and shoot weight. *Crop Sci* 1987;(27):847-851.
25. Roundy B, Winkel VK, Cox J, Dobrenz A, Tewolde H. Sowing depth and soil water effects on seedling emergence and root morphology of three warm-season grasses. *Agron J* 1993;(85):975-982.
26. Morales CR. Características de los principales zacates forrajeros para zonas áridas. Folleto Técnico Núm 2. Campo Exp. La Campana INIFAP-SAGAR. Chih, México. 1994:1-49.
27. Rubio HO, Wood K, Cárdenas M, Buchanan MA. The effect of polyacrylamide on grass emergence in Southcentral New Mexico. *J Range Manage* 1992;(45):296-300.
28. Morales C, Melgoza A, Esqueda MH. Patrones de crecimiento de cinco zacates forrajeros importantes en resiembras de pastizales. *SOMMAP* 1988;(1):3-6.
29. Pitman WD, Holt CE. Environmental relationships with forage quality of warm-season perennial grasses. *Crop Sci* 1982;(22):1012-1016.
30. Thurow TL, Taylor C. Viewpoint: The role of drought in range management. *J Range Manage* 1999;(5):413-419.
31. Bokhari U, Alyaesh GF, Al-Nori M. Adaptative strategies of desert grasses in Saudi Arabia. *J Range Manage* 1987;(40):19-22.
32. Roundy BA, Call CA. Revegetation of arid and semiarid rangelands. In: Tueller PT editor. *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Dordrecht ,The Netherlands: Kluwer Academic Publ; 1988:607-635.
33. Elberse WT, Breman H. Germination and establishment of Sahelian rangeland species. II. Effects of water availability. *Oecologia* 1990;(85):32-40.
34. Wester DH, Dahl BE, Cotter PF. Effects of pattern and amount of simulated rainfall on seedling dynamics of weeping lovegrass and kleingrass. *Agron J* 1986;(78):851-855.
35. Tischler CR, Voigt PW. Seedling characteristics and rates of seed reserve utilization of Wilman lovegrass and Kleingrass. *Crop Sci* 1983;(23):953-955.
36. Norwood CA. Planting date, hybrid maturity and plant population effects on soil water depletion, water use, and yield dryland corn. *Agronomy J* 2001;(93):1034-1042.

