

# Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México

## Aerial biomass, seed quantity and quality in *Melinis repens* (Willd.) Zizka in Aguascalientes, Mexico

Abraham Díaz Romo<sup>a</sup>, Ernesto Flores Ancira<sup>a</sup>, Alfonso De Luna Jiménez<sup>a</sup>, José de Jesús Luna Ruiz<sup>a</sup>, Juan Teodomiro Frías Hernández<sup>b</sup>, Víctor Olalde Portugal<sup>c</sup>

### RESUMEN

En este estudio se evaluó la producción de biomasa aérea y la viabilidad, germinación, latencia y producción de semilla de *Melinis repens* en diferentes localidades de Aguascalientes, México. Se seleccionaron cuatro sitios: El Llano, Jesús María, San Francisco de los Romo y Calvillo, con alta población de pasto rosado y excluidos de pastoreo. En octubre de 2008 y 2009 se cosechó manualmente forraje y semilla. Se determinó la producción de forraje, producción de espiguillas y número de semillas por metro cuadrado. Se valoró la viabilidad, germinación y latencia de la semilla a diferentes tiempos después de la cosecha. La producción de biomasa aérea difirió ( $P < 0.05$ ) con promedios de 2913 a 1736 kg MS ha<sup>-1</sup> en 2008 y de 1488 a 707 kg MS ha<sup>-1</sup> en 2009 (menos lluvioso), con mayor producción en Calvillo. La producción de semillas varió ( $P < 0.05$ ) de 1,239 a 2,401 semillas m<sup>2</sup> en 2008 y de 1,452 a 3,906 semillas m<sup>2</sup> en 2009. La viabilidad en la semilla fue de 32 a 54 %, sin diferencias significativas. Calvillo presentó mayor germinación (25 %), la cual fue aumentando y a los 18 meses casi toda la semilla viable germinó (43 %). En El Llano la germinación fue menor (2 %) debido a la latencia, con poco aumento aún después de 24 meses, llegando a 15 %. Este pasto presentó niveles altos de producción de biomasa aérea y semilla, lo que puede favorecer su capacidad invasora, aunque también puede ser una ventaja para la conservación de suelos. La semilla presentó mayor producción y latencia en condiciones de escasez de agua.

**PALABRAS CLAVE:** Zacate rosado, *Melinis repens*, Producción de forraje, Semilla, Viabilidad, Germinación, Latencia.

### ABSTRACT

In the present study, aerial biomass output and seed yield, viability, germination, and dormancy were evaluated in *Melinis repens* (Natal grass) growing at different locations in Aguascalientes, México. Four grazing excluded sites with high population of Natal grass were selected in the municipalities of El Llano, Jesús María, San Francisco de los Romo and Calvillo. In October 2008 and 2009, forage and seed were harvested by hand. Forage and spikelet yield and seed number were estimated. Seed viability, germination and dormancy were evaluated at different post harvest times. Significant differences were found in aerial biomass output, with means from 2,913 to 1,736 kg DM ha<sup>-1</sup> in 2008 and from 1,488 to 707 kg DM ha<sup>-1</sup> in 2009 (lower rainfall); Calvillo site showed higher production. Seed yield showed differences ( $P < 0.05$ ), ranging from 1,239 to 2,401 seeds m<sup>-2</sup> in 2008 and from 1,452 to 3,906 seeds m<sup>-2</sup> in 2009. Seed viability means went from 32 to 54 %, without significant differences. In Calvillo, seed germination (25 %) was higher than in the other sites, and was similar to viability at 18 mo post harvest (43 %), but in El Llano, germination was lower (2 %) because of higher dormancy, with low increment even at 24 mo post harvest, reaching only 15 %. This grass presented relatively high levels of aerial biomass and seed yield, and these factors can favor invasive ability of this species. Seed yield and dormancy were greater in unfavorable moisture conditions.

**KEY WORDS:** Natal grass, *Melinis repens*, Forage yield, Seed, Viability, Germination, Dormancy.

### INTRODUCCIÓN

La invasión de especies exóticas es una de las principales amenazas a la biodiversidad y al equilibrio

### INTRODUCTION

Invasion of ecosystems by nonindigenous invasive species is one of the main threats to biodiversity

Recibido el 3 de marzo de 2011. Aceptado el 20 de mayo de 2011.

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de ciencias Agropecuarias. Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20100, Aguascalientes, Ags. México. [adiazr@correo.uaa.mx](mailto:adiazr@correo.uaa.mx). Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Universidad de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas.

<sup>c</sup> CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato.

ecológico mundial. La mayor comunicación por los medios de transporte que existe actualmente a nivel global, así como los cambios climáticos, favorecen la dispersión de estas especies. Por lo tanto es necesario tener un adecuado conocimiento de los impactos de las especies invasoras en los ecosistemas naturales, así como entender los factores que las afectan, para lo cual se requiere de estudios científicos que conduzcan a predecir y controlar su dispersión<sup>(1,2)</sup>. Se estima que las plantas invasoras causan daños económicos por más de 34,000 millones de dólares anuales en EE.UU<sup>(3)</sup>. En los pastizales de zonas áridas y semiáridas de Norteamérica, se han introducido varias especies de gramíneas exóticas que por su mejor adaptación a las condiciones adversas, resultan más productivas para la ganadería que las nativas<sup>(4)</sup>; sin embargo, algunas se han convertido en invasoras<sup>(5)</sup>. Las gramíneas exóticas pueden provocar diversos daños al ambiente como: competencia y reemplazo de plantas nativas, alteración del hábitat para la fauna<sup>(6)</sup>, alteración del régimen del fuego que genera un ciclo que favorece a la planta invasora<sup>(7)</sup>, alteración de la productividad y estructura trófica, el microclima, el consumo y disponibilidad de luz, agua y minerales, comprometiendo la estabilidad del ecosistema<sup>(8)</sup>.

Para poder controlar o manejar una especie invasora, es necesario conocer los factores que influyen en el proceso de invasión. Las principales causas de una invasión son la disponibilidad de un espacio ocasionada por un disturbio, la disponibilidad de una planta invasora y la habilidad o desempeño de esa planta en el nuevo nicho<sup>(9)</sup>. Distintos factores pueden determinar el éxito de una planta invasora, tales como: mayor potencial reproductivo y de dispersión, mayores tasas de crecimiento, asignación de recursos para formar hojas y raíces en forma más eficiente, ausencia de enemigos naturales, mayor adaptación a condiciones adversas del ambiente, simbiosis con microorganismos del suelo, etc<sup>(9-12)</sup>.

El pasto *Melinis repens* (Willd.) Zizka, es conocido comúnmente con los nombres de zacate "rosado" o "natal grass" y es originario de África tropical, Sudáfrica y Madagascar. Actualmente se ha

and ecological balance worldwide. The greater transportation mobility available today, added to climate change favor dissemination of these species. Therefore, it is necessary to assess the impact of invasive species on native ecosystems, as well as understanding which factors affect them, so scientific studies are necessary for predicting and controlling their dissemination<sup>(1,2)</sup>. Invasive plant species are the source of damages, costing more than 34 billion US dollars annually in the USA<sup>(3)</sup>. In the arid and semiarid rangelands of North America, several nonindigenous grasses have been introduced due to their better adaptation to adverse conditions than native species, thus being more productive for livestock raising<sup>(4)</sup>. However, some of these alien species have become invasive<sup>(5)</sup>. Nonindigenous grasses can harm the environment by replacing native species through competition, altering the fire regimen favoring exotic species<sup>(7)</sup>, negatively influencing fauna habitat<sup>(6)</sup>, altering both trophic productivity and structure, influencing microclimate, affecting availability and use of light, water and minerals, consequently compromising ecosystem stability<sup>(8)</sup>.

For controlling and managing invasive plant species, it is necessary to know what factors influence the invasion process. The main causes of invasion are space availability due to a disturbance, invasive plant availability and its performance and ability in its new niche<sup>(9)</sup>. Several factors can determine its success, such as greater reproductive and dissemination potential, better growth rates, more efficient allocation of resources for both leaf and root formation, lack of natural enemies, better adaptation to adverse conditions, symbiosis with soil microorganisms, etc.<sup>(9-12)</sup>.

The grass *Melinis repens* (Willd.) Zizka, also known as rose grass or Natal grass, is original from Tropical Africa, South Africa and Madagascar and currently is disseminated across the tropics worldwide showing a large adaptation capacity to adverse soil and moisture conditions, becoming an invasive weed in crops and rangelands in arid and semiarid areas<sup>(13)</sup>. In Mexico it is found in 30 States<sup>(14)</sup>. In the State of Aguascalientes it can be seen in every Municipality at roadsides and in crops,

distribuido en los trópicos del mundo mostrando además una gran capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad y pobreza de suelos, convirtiéndose en maleza invasora de áreas de cultivo o pastizales de zonas áridas y semiáridas<sup>(13)</sup>. En México se encuentra en 30 Estados de la República<sup>(14)</sup>. En Aguascalientes se distribuye en todos los municipios a orilla de caminos y cultivos, en pastizales, matorral espinoso y bosque de encino<sup>(15)</sup>. Es considerada dentro de las especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad, debido a que desplaza la vegetación nativa y promueve regímenes anómalos de fuego. Es invasora en zonas templadas, áridas, selva baja caducifolia, zonas de cultivo y áreas naturales protegidas, por lo que es una prioridad controlarla<sup>(16)</sup>, aunque no se conocen las medidas específicas de control<sup>(17)</sup>.

Por otro lado, por la capacidad de este pasto para establecerse en suelos completamente degradados, se le ha propuesto como una especie valiosa para la restauración de ellos<sup>(18,19)</sup>. En muchos de los sitios donde se encuentra esta especie, el suelo está muy degradado y su eliminación podría causar mayor erosión. Debido a la poca información científica disponible para un manejo o control apropiado de este pasto se realizó el presente estudio con los objetivos de evaluar la producción de biomasa aérea y semilla de *Melinis repens*, así como la germinación, viabilidad y latencia de la semilla, en diferentes sitios del estado de Aguascalientes, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitios experimentales*

El estudio se realizó durante los años 2008 y 2009 en Aguascalientes, México. En abril de 2008 se seleccionaron cuatro sitios con características ecológicas diferentes, que estuvieran excluidos del pastoreo y con una vegetación dominada por *M. repens*. Estos lugares se localizaron en los municipios de Calvillo, El Llano, San Francisco de los Romo y Jesús María. La localización geográfica de los sitios se realizó mediante un navegador GPS GARMIN 12XL. El tamaño de las aéreas de muestreo fue de aproximadamente 1,000 m<sup>2</sup>. La precipitación y

in rangelands, shrublands and oak stands<sup>(15)</sup>. Natal grass is considered an invasive species with a high impact on biodiversity because it displaces native vegetation and promotes anomalous fire regimes. It is invasive in temperate and arid regions, in croplands, in natural protected areas and in low deciduous forests, so its control is a priority<sup>(16)</sup>, although no specific measures for its control are known<sup>(17)</sup>.

On the other hand, due to its ability to establish itself in completely degraded soils, it has been described as valuable for restoring them<sup>(18,19)</sup>. In many locations where this species is found, soils are much degraded and its elimination could increase erosion. Because of scarce available scientific data for management or adequate control of *Melinis repens*, the present study was performed with the purpose of assessing both aerial biomass and seed production, and of seed germination, latency and viability at different locations in the State of Aguascalientes, Mexico.

## MATERIALS AND METHODS

### *Experiment sites*

The present study was carried out throughout 2008 and 2009 in Aguascalientes, Mexico. In April 2008 four ungrazed locations with different ecological features and whose predominant vegetation was *M. repens* were chosen. These sites are located in the Calvillo, El Llano, San Francisco de los Romo and Jesús María municipalities, and their geographic localization was performed by means of a GPS GARMIN 12XL navigator. Sampling area size was roughly on the order of 1,000 m<sup>2</sup>. Rainfall and temperature was obtained from agro-climatic stations of the Aguascalientes network, close to sites (Table 1)<sup>(20)</sup>. Climate at the Calvillo site can be classified as semidry semihot (BS1h), and semidry temperate (BS1k) at the remaining sites<sup>(21)</sup>. Soils were Regosols in Calvillo, Feozem in Jesús María, Xerosol in San Francisco de los Romo and Planosol in El Llano<sup>(21)</sup>.

Four soil samples were taken at each site at random. Soil depth varied and therefore so did sample depth, in some cases 0 to 10 cm and 0 to 20 cm in others,

Cuadro 1. Localización y características climáticas de los sitios donde se muestreó *Melinis repens* en Aguascalientes, MéxicoTable 1. Location and weather features of sites where *Melinis repens* was sampled in Aguascalientes, México

Altitude (masl)	Geographic location	Annual rainfall (mm)			Average anual temperature (°C)	
		Average	2008	2009	2008	2009
Calvillo 1704	21° 52.53'N 102° 39.90'O	Refugio de Santo Cristo 616	709	512	20.1	20.5
El Llano 1977	21° 51.73'N 102° 9.80'O	La Lagunita 472	631	329	16.6	17.4
San Francisco de los Romo 1920	21° 58.72' N 102° 15.60'O	Medio Kilo 500	581	359	17.0	17.6
Jesús María 1966	21° 58.20' N 102° 22.60'O	La Posta 499	523	347	17.2	17.9

temperatura ocurridas durante el estudio se tomaron de la red de estaciones agroclimáticas de Aguascalientes<sup>(20)</sup>. El Cuadro 1 muestra las estaciones climatológicas utilizadas por su cercanía a los sitios de muestreo. En el sitio Calvillo el clima se reporta como semiseco semicálido (BS1h), mientras que en los otros es semiseco templado (BS1k)<sup>(21)</sup>. Los suelos son tipo Regosol en Calvillo, Feozem en Jesús María, Xerosol en San Francisco y Planosol en El Llano<sup>(21)</sup>.

Se extrajeron cuatro muestras de suelo en cada área, en forma aleatoria. El espesor de suelo varió y por ello la profundidad a la que se tomaron las muestras; en algunos casos a una profundidad de 0 a 10 cm y en otros de 0 a 20 cm según lo permitió el lecho rocoso. Cada muestra de suelo se secó al aire y a la sombra, se desintegraron los agregados, se pasó por un tamiz de 2 mm de luz, siendo embolsado para su posterior análisis físico-químico. En el Laboratorio de Suelos, Agua y Nutrientes Vegetales del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, y de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana para análisis de suelos<sup>(22)</sup>, se determinaron los parámetros edáficos: arena (%), limo (%) y arcilla (%);

in accordance with soil features, especially their rock base. Each sample was dried in the shade, aggregates were broken up and then put through a 2 mm sieve and packed in bags for later physico-chemical analysis at the Soil, Water and Nutrients Laboratory of the Centro de Ciencias Agropecuarias of the Universidad de Aguascalientes, in accordance with the Norma Oficial Mexicana (Mexican Official Standards) for soil tests<sup>(22)</sup>. The following parameters were determined, sand (%), lime (%) and clay (%); apparent density ( $\text{g cm}^{-3}$ ), pH (2:1 soil-water ratio), electric conductivity ( $\text{dS m}^{-1}$ ), organic matter (%), inorganic nitrogen ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and available phosphorous ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), as well as the following exchangeable cations, potash ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), calcium ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), magnesium ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and sodium ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Table 2). Data were analyzed in a completely randomized experimental design, being treatments the four sites with four replications each.

#### *Aerial biomass production*

In both 2008 and 2009, at the flowering stage (October), forage production (dry base) was assessed. Five samples were taken at random in each site. Plants were cut by hand in 0.5 m<sup>2</sup> squares

densidad aparente ( $\text{g cm}^3$ ), pH (relación suelo-agua 2:1), conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ), materia orgánica (%), nitrógeno Inorgánico ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), y fósforo disponible ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). También se determinaron los cationes intercambiables potasio ( $\text{mg/kg}$ ), calcio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), magnesio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) y sodio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Cuadro 2). Los datos se analizaron con base en un diseño completamente al azar, siendo los tratamientos los cuatro sitios con cuatro repeticiones cada uno.

#### *Producción de biomasa aérea*

En los años 2008 y 2009, en la etapa de floración (octubre) se evaluó la producción de forraje en base seca. Se obtuvieron cinco muestras en forma aleatoria en cada sitio. Se cortaron las plantas al nivel del suelo manualmente utilizando cuadrantes de  $0.5 \text{ m}^2$ . Posteriormente la biomasa se secó en estufa a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 48 h. Se pesó la materia seca y se expresó en  $\text{kg/ha}$ . Los datos se analizaron con un diseño factorial, considerando los factores sitios (Calvillo, El Llano, San Francisco y Jesús María) y años (2008 y 2009) con cinco repeticiones.

at ground level. Later, biomass was dried in stoves at  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  for 48 h, and dry matter ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) was weighed. Data were analyzed in a factorial treatment arrangement, taking into account sites (Calvillo, El Llano, San Francisco de los Romo, Jesús María) and years (2008, 2009), with five replications.

#### *Seed output*

In both 2008 and 2009, seed was harvested by cutting inflorescences by hand in five  $0.5 \text{ m}^2$  squares chosen at random in each site. Samples were dried in a herbal stove at  $30$  to  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  for 7 d. Afterwards spikelets were taken apart from inflorescences and weighed, for obtaining spikelet per hectare output, as in *M. repens* caryopsides remain bonded to their covers. Afterwards 200 spikelets were weighed and the number of spikelets per gram was estimated. With these last data, the number of spikelets per hectare was then estimated. Subsequently, seed were extracted from the 200 spikelets by rubbing and putting them through a stainless steel 20 mesh sieve and receiving them in a 60 mesh sieve. Impurities were removed by blowing air. Having

Cuadro 2. Características del suelo de los sitios donde se muestreó *Melinis repens* en Aguascalientes, México

Table 2. Soil characteristics of sites where *Melinis repens* was sampled in Aguascalientes, México

Characteristic	El Llano	Jesús María	San Francisco de los Romo	Calvillo
Sand, %	63.5 a	42.5 b	56.9 a	33.1 b
Lime, %	14.8 b	29.3 a	20.3 b	35.8 a
Clay, %	21.7 b	28.2 a	22.8 b	31.1 a
Soil texture	Sandy clay loam	Clay loam	Sandy clay loam	Clay loam
Apparent density, $\text{g cm}^{-3}$	1.4 a	1.1 b	1.4 a	0.9 b
pH	5.5 c	6.4 b	7.3 a	7.7 a
Electric conductivity, $\text{dS m}^{-1}$	0.2 c	0.9 ab	0.8 bc	1.5 a
Organic matter, %	1.4 b	4.6 a	1.4 b	6.3 a
N (inorganic), $\text{mg kg}^{-1}$	13.9 b	17.2 b	19.3 b	39.4 a
P, $\text{mg kg}^{-1}$	3.8 b	9.2 b	5.6 b	24.6 a
K, $\text{mg kg}^{-1}$	236.5 b	600.1 b	379.3 b	1938.3 a
Ca, $\text{mg kg}^{-1}$	560.1 b	1119.9 b	1444.7 b	4955.0 a
Mg, $\text{mg kg}^{-1}$	43.4 c	166.5 b	90.6 bc	281.2 a
Na, $\text{mg kg}^{-1}$	0.4 b	1.0 b	0.5 b	30.2 a

abc Different small letters in rows indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

### *Producción de semilla*

En los años 2008 y 2009 se cosechó la semilla cortando las inflorescencias manualmente en cuadrantes de 0.5 m<sup>2</sup>, se tomaron cinco muestras en forma aleatoria para cada sitio. Estas se secaron a temperatura de 30 a 35 °C durante siete días en secadora de herbario. Posteriormente se separaron las espiguillas de la inflorescencia y se pesaron, para obtener la producción de espiguillas por hectárea, ya que en esta gramínea las semillas o carióspsides no se separan de las cubiertas. Luego se pesaron 200 espiguillas y se calculó el número de espiguillas por gramo. Con el dato de producción de espiguillas y el número de espiguillas por gramo se calculó el número de espiguillas por m<sup>2</sup>. De las 200 espiguillas se extrajeron las semillas para calcular el porcentaje de semilla pura. La extracción se hizo frotando y haciendo pasar las espiguillas sobre un tamiz de acero inoxidable de malla 20 y recibéndolas en un tamiz de malla 60. Después se le aplicó aire para eliminar impurezas. Con el porcentaje de pureza y el número de espiguillas por m<sup>2</sup>, se calculó el número de semillas por m<sup>2</sup>. El diseño experimental consistió en un arreglo factorial con tres sitios (no se incluyó el sitio de Jesús María por que en 2008 no se pudo cosechar semilla), 2 años y 5 repeticiones.

### *Calidad de semilla*

La viabilidad de la semilla se evaluó mediante la prueba de Cloruro de Tetrazolio al 1%, de acuerdo al las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA), citada por Butler<sup>(23)</sup>. También se evaluó la germinación mediante pruebas en cámara de germinación, en caja Petri sobre papel filtro humedecido con agua destilada, a una temperatura entre 20 a 30 °C, con luz natural, durante 15 días (ISTA, citada por Butler<sup>(23)</sup>). El porcentaje de latencia se determinó mediante una resta del porcentaje de viabilidad menos el porcentaje de germinación. Para la semilla cosechada en 2008 se evaluaron la viabilidad, la germinación y latencia a 1, 6, 12, 18 y 24 meses de almacenamiento en condiciones ambientales normales. El diseño experimental para esta prueba fue un arreglo factorial con tres sitios (Calvillo, El Llano y San Francisco, ya que en Jesús María no

obtuvo la pureza (%), y habiendo determinado el número de spikelets por m<sup>2</sup>, el número de semillas por m<sup>2</sup> se estimó. El diseño experimental fue un arreglo factorial con tres sitios (Jesús María no se incluyó porque resultó imposible de colectar semillas allí en 2008), dos años y cinco repeticiones.

### *Seed quality*

Seed viability was evaluated by means of the tetrazolium chloride at 1 % test, following the prescriptions of the International Seed Testing Association (ISTA), quoted in Butler<sup>(23)</sup>. Germination rate was determined in germination chambers at 20 to 30 °C in a Petri dish provided with filter paper moistened with distilled water, with natural light for 15 d (ISTA International Rules, as quoted in Butler<sup>(23)</sup>). Latency rate was determined by subtracting the germination rate from the viability rate. Seed collected in 2008 was tested for viability, germination and latency at 1, 6, 12, 18 and 24 mo of storage at room temperature. The experimental design for this test was a factorial treatment arrangement with three sites (Calvillo, El Llano, San Francisco de los Romo; Jesús María was not included because it resulted impossible to collect seeds there in 2008), and five storage periods. For seed collected in 2009 the experimental design was a factorial treatment arrangement with four sites and three latency periods (1, 6, 12 mo). In all instances, 25 pure seeds in four replications at random were included.

### *Statistical analysis*

In each variable variance tests were performed in accordance with the corresponding experimental design. When this test indicated significant differences ( $P < 0.05$ ), Duncan's new multiple range test for mean comparison was applied at 0.05 error rate<sup>(24)</sup>.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### *Aerial biomass output*

Highly significant differences ( $P < 0.01$ ) were found for years and for sites too, but not for interaction ( $P = 0.1309$ ). A greater output was obtained in 2008

se pudo recolectar semilla) y cinco tiempos de almacenamiento: 1, 6, 12, 18 y 24 meses después de la cosecha. Para la semilla cosechada en 2009 el diseño experimental fue un arreglo factorial con 4 sitios y 3 tiempos después de la cosecha: 1, 6 y 12 meses. En todos los casos se incluyeron cuatro repeticiones aleatorizadas de 25 semillas puras.

#### *Análisis estadístico*

En cada variable se realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental correspondiente. Cuando este análisis indicó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), se realizó prueba de comparación de medias de Duncan, con nivel de significancia de 0.05<sup>(24)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Producción de biomasa aérea*

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre años y entre sitios, pero no para la interacción ( $P = 0.1309$ ). Se tuvo mayor producción

for DM, ranging from 1,736 to 2,913 kg DM ha<sup>-1</sup>, more than double for every site in 2009 (707 to 1,488 kg DM ha<sup>-1</sup>) (Table 3), due to rainfall, which was 50 to 90 % higher in 2008 than in 2009 (Table 1). Referred to locations, Calvillo showed greater DM output in both 2008 and 2009; 2,913 and 1,488 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively. DM production in Jesús María was similar to Calvillo's in 2008 ( $P > 0.05$ ) but lower in 2009. The other locations produced less DM than Calvillo in both years. This can be attributed to better growing conditions in Calvillo, having higher rainfall and temperature, greater soil organic matter content and of several macrominerals (N, P, K, Ca, Mg), too (Table 2).

It is widely mentioned that biomass production in arid rangelands is dependent in the first instance on rainfall, that can be used for predicting output and for decision making on range management<sup>(25-28)</sup>. In locations with less than 700 mm annual rainfall, this is the main factor for forage output, and soil gains in importance as a limiting factor when rainfall is greater<sup>(29)</sup>.

Cuadro 3. Producción de biomasa aérea y semilla de *Melinis repens* en Aguascalientes, México

Table 3. Aerial biomass output and seed yield in *Melinis repens* in Aguascalientes, México

Site	Aerial biomass (kg ha <sup>-1</sup> )	Spikelet yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Pure seed (%)	Number of seeds m <sup>-2</sup>
----- 2008 -----				
Calvillo	2913 a	94.2 c	10.1 a	1239 b
El Llano	1962 b	126.1 bc	14.1 a	2401 b
San Francisco de los Romo	1736 b	118.2 bc	11.5 a	2041 b
Jesús María *	2504 a	—	—	—
Mean±SE	2279±162.3	112.8±13.4	11.9±2.2	1894±505.8
----- 2009 -----				
Calvillo	1488 b	150.9 b	9.2 a	1923 b
El Llano	708 c	206.5 a	13.7 a	3906 a
San Francisco de los Romo	713 c	130.9 bc	12.0 a	2038 b
Jesús María	707 c	161.7	6.5	1452
Mean±SE	904±162.3	162.5±13.4	10.3±2.2	2330± 505.8

\*In this site no seed was collected in 2008.

SE= standard error.

abc Different small letters in columns indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

para el año 2008 con 1,736 a 2,913 kg ha<sup>-1</sup>MS, con el doble o más en todos los sitios que para 2009 (707 a 1,488 kg ha<sup>-1</sup>MS) (Cuadro 3). Lo anterior es consecuencia de la precipitación, que fue de 50 a 90 % mayor en 2008 que en 2009 (Cuadro 1). Entre sitios en Calvillo se tuvo la mayor producción en ambos años con 2,913 y 1,488 kg ha<sup>-1</sup> MS. El sitio Jesús María presentó producción similar ( $P > 0.05$ ) a Calvillo en 2008, mientras que en 2009 fue menor. Los otros sitios presentaron producción menor en ambos años. Lo anterior está relacionado con las mejores condiciones ambientales de Calvillo que presenta mayor precipitación y temperaturas. También este sitio presenta mayores contenidos de materia orgánica y de varios macro minerales en el suelo: N, P, K, Ca y Mg (Cuadro 2).

Está ampliamente documentado que la producción de biomasa en pastizales áridos depende en primera instancia de la precipitación pluvial, la cual incluso se puede utilizar para predicción de la producción y la toma de decisiones sobre el manejo en estos ecosistemas<sup>(25-28)</sup>. Se afirma que en sitios con precipitaciones menores a 700 mm, éste es el principal factor para la producción, mientras que en sitios con mayor precipitación, el suelo comienza a tomar mayor importancia<sup>(29)</sup>.

Comparando con la producción de otros pastos en la región, se menciona que la producción anual de forraje de pastos nativos *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula* en Aguascalientes puede alcanzar hasta 2,000 kg/ha<sup>-1</sup>, mientras que los introducidos llorón *Eragrostis curvula*, panizo verde *Panicum maximum* var. *Trichoglume* o buffel *Pennisetum ciliare*, pueden llegar hasta 3,000 kg/ha<sup>-1</sup><sup>(30)</sup>, en años con buena precipitación. Se reporta una producción para el año de 2005, con una precipitación de 350 mm, de 970 kg/ha<sup>-1</sup> para panizo verde, 1,020 kg ha<sup>-1</sup> para buffel y 1,240 kg ha<sup>-1</sup> para rhodes (*Chloris gayana*)<sup>(31)</sup>. En otro estudio, se reporta que los pastos introducidos *E. curvula*, *E. superba* y *P. ciliare* destacaron con producciones de 300 a 2,000 kg/ha/año de materia seca. Los pastos nativos tuvieron menores producciones, destacando *B. gracilis*, *B. curtipendula* y *Leptochloa dubia* con 83 a 1,176 kg ha<sup>-1</sup> <sup>(32)</sup>. En el presente estudio, el

Compared to other grasses in the study area, it is mentioned<sup>(30)</sup> that forage output of the native grasses *Bouteloua gracilis* and *B. curtipendula* can reach 2,000 kg ha<sup>-1</sup> annually, and up to 3,000 kg ha<sup>-1</sup> in the alien species *Eragrostis curvula* (weeping lovegrass), *Panicum maximum* var. *Trichoglume* (green panic) and *Pennisetum ciliare* (buffel grass), in years with adequate rainfall. A 970 kg ha<sup>-1</sup> annual forage output is reported for green panic, of 1,020 kg ha<sup>-1</sup> and of 1,240 kg ha<sup>-1</sup> for *Chloris gayana* (Gramma Rhodes) in 2005 with a 350 mm rainfall<sup>(31)</sup>. In another study<sup>(32)</sup>, it is mentioned that the nonindigenous species *E. curvula*, *E. superba* and *P. ciliare* produced 300 TO 2,000 kg ha<sup>-1</sup> annually, while the native species *B. gracilis*, *B. curtipendula* and *Leptochloa dubia* showed a lower output, ranging between 83 and 1,176 kg ha<sup>-1</sup>. In the present study, *M. repens* showed an annual dry matter output in a rainy year between 1,736 and 2,913 kg DM ha<sup>-1</sup> and between 707 and 1,488 kg DM ha<sup>-1</sup> in a dry year. It can be safely assumed that this grass presents a relatively high biomass production, which could represent a comparative advantage due to a greater growth speed or efficiency. This feature could be a disadvantage for recovering areas where this species predominates with native species. On the other hand, this feature could represent an advantage when trying to recover completely degraded areas, by providing soil coverage and retention, and organic matter too. Besides, this resource can be used for grazing in areas where it is already well established and recovery of native species is difficult.

In another study on 10 d growth, in natural and sterilized soil, similar leaf and root biomass production were found for both *B. gracilis* and *E. lehmaniana*, while those same parameters were greater in *M. repens*. In leaf area, greater levels were found in *M. repens* and *E. lehmaniana*<sup>(33)</sup>. This could help explain in part invasive capacity of these alien species.

In another study, a greater root biomass than aerial biomass proportion was found at different growth stages in *M. repens*, a ratio ranging from 1.13 to 1.9 between root biomass and aerial biomass units, which could be an indicator of its aptitude for



*M. repens* presentó producciones de materia seca de 1,736 a 2,913 kg ha<sup>-1</sup> en año lluvioso, mientras que en año seco fueron de 707 a 1,488 kg ha<sup>-1</sup>. Se puede afirmar que este zacate presenta una producción de biomasa relativamente alta, lo cual le puede significar una ventaja competitiva para ella al tener mayor velocidad o eficiencia de crecimiento. Esto puede ser un obstáculo si se quiere recuperar la vegetación nativa en áreas dominadas por *M. repens*. Por otro lado, esto podría significar una ventaja al considerarlo como una planta que pudiera ayudar a restaurar sitios completamente degradados, al proporcionar cobertura y retención de suelo, así como aporte de materia orgánica. Así también, es un recurso que se podría aprovechar para el pastoreo donde ya se encuentra establecido y es difícil restaurar las especies nativas.

En un estudio que consistió en una prueba de crecimiento de 10 días, con suelo natural y esterilizado, se encontraron niveles de producción de biomasa de hojas y de raíces parecidos entre la especie *B. gracilis*, y *E. lehmaniana*, mientras que en *M. repens* estos niveles fueron superiores. En área foliar, se presentaron niveles mayores en *E. lehmaniana* y *M. repens*<sup>(33)</sup>. Esto puede explicar en parte la capacidad invasiva de estas especies exóticas.

En otro estudio se encontró mayor proporción de biomasa de raíz que aérea en diferentes etapas de crecimiento del *M. repens*, variando desde 1.13 a 1.9 unidades de biomasa de raíz por unidad de biomasa aérea, lo cual puede indicar la capacidad de esta planta para tolerar sequía<sup>(34)</sup>. En este mismo estudio se encontraron valores variables de área foliar, con tendencia a aumentar al avanzar el tiempo: 102, 318, 2193 y 1615 mm<sup>2</sup> a los 20, 50, 80 y 120 días de crecimiento, respectivamente<sup>(34)</sup>. Sin embargo en la tasa relativa de crecimiento se encontraron valores bajos e incluso negativos: 0.0035, -0.0130, 0.1502 y 0.0366 mg día<sup>-1</sup> en los periodos mencionados. Los valores negativos se atribuyeron a disminuciones fuertes en la temperatura, y se concluyó que el *M. repens* presenta un crecimiento inicial lento, lo cual es una característica de las plantas adaptadas a condiciones de sequía<sup>(34)</sup>.

drought tolerance<sup>(34)</sup>. In the same study, leaf area showed a rising trend with time, 102, 318, 2,193 and 1,615 mm<sup>2</sup> at 20, 50, 80 and 120 d, respectively. However, low and inclusive negative values were found for relative growth rate, 0.0035, -0.0130, 0.1502 and 0.366 mg day<sup>-1</sup> for the same dates. Negative values were attributed to a strong drop in temperature and it was concluded that *M. repens* shows slow initial growth, a characteristic of drought resistant plants.

#### Seed output

No significant differences were found for this feature either for years or sites, in spikelet number per gram ( $P > 0.05$ ), averaging between 1,311 and 1,417. In another study<sup>(33)</sup>, similar values were found in *M. repens* (1,306) and *B. gracilis* (1,345), lower in *B. curtipendula* (956) and *Panicum coloratum* (549), higher in *E. curvula* (2,165) and *E. superba* (2,578) and much higher in *E. lehmaniana* (14,720), which could be an indicator of its invasive potential.

Spikelet per hectare output showed highly significant differences ( $P < 0.01$ ) between years and sites, but not for interaction ( $P > 0.05$ ). A means test showed that in 2008 no significant differences between sites were present, averaging 112.8 kg ha<sup>-1</sup>. In 2009 El Llano produced 206.5 kg ha<sup>-1</sup>, much more than the other sites and even than in 2008 (Table 3).

Low and similar pure seed in spikelet rates were found ( $P > 0.05$ ), averaging between 9 and 14 %, meaning that many spikelets were empty (Table 3). Number of seeds (caryopsides) per m<sup>2</sup> showed significant differences between sites ( $P = 0.0141$ ), but not for year or interaction ( $P > 0.05$ ). A means test showed significant differences ( $P < 0.05$ ) for El Llano in 2009, which yielded 3,906 seed m<sup>-2</sup>. Calvillo in 2008 yielded less, 1,239 seeds m<sup>-2</sup>, but statistically equal to San Francisco (Table 3). Even though spikelets showed low caryopside rates, due to a high spikelet output, the number of caryopsides per square meter remains high.

In general, it can be observed that even though rainfall in 2009 was less than in 2008, seed yield did not fall. This means that when rainfall is low, plant prioritizes seed production, indicating an

### Producción de semilla

No se encontraron diferencias significativas entre sitios ni entre años, en el número de espiguillas por gramo ( $P > 0.05$ ), con promedios de 1,311 a 1,417. En otro estudio se encontraron valores parecidos para *M. repens* (1,306) y *B. gracilis* (1,345), menores para *B. curtipendula* (956) y *Panicum coloratum* (549), así como mayores para *E. curvula* (2,165) y *E. superba* (2,578), pero mucho mayores para *E. lehmaniana* (14,720), lo cual podría ser un indicativo del potencial de esta gramínea como invasora<sup>(33)</sup>.

La producción de espiguillas por hectárea presentó diferencias altamente significativas entre años y entre sitios ( $P < 0.01$ ), pero no en la interacción ( $P > 0.05$ ). La prueba de medias mostró que en el 2008 no hubo diferencias significativas entre sitios, promediando 112.8 kg ha<sup>-1</sup>. En el 2009 El Llano tuvo una producción de 206.5 kg ha<sup>-1</sup>, la cual fue mayor que en los demás sitios y mayor que en el 2008 (Cuadro 3).

Se encontraron porcentajes bajos y similares de semilla pura en las espiguillas, ( $P > 0.05$ ), con promedios de 9 a 14 % (Cuadro 3). Esto significa que existieron muchas espiguillas "vanas", que no presentaron semilla. El número de semillas o cariósides por m<sup>2</sup> presentó diferencias significativas entre sitios ( $P = 0.0141$ ), pero no entre años ni en la interacción ( $P > 0.05$ ). En la prueba de medias, sólo se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para El Llano en 2009, que presentó la mayor producción con 3,906 semillas m<sup>2</sup>. Calvillo en 2008 presentó menor producción con 1,239 semillas m<sup>2</sup>, pero fue estadísticamente igual a San Francisco (Cuadro 3). A pesar de que las espiguillas presentaron bajos porcentajes de semilla pura, debido a la alta producción de espiguillas, el número de semillas (cariósides) por m<sup>2</sup> sigue siendo alto.

En general se puede observar que a pesar de que en 2009 la precipitación fue menor, esto no disminuyó la producción de semilla. Esto indica que cuando la precipitación es escasa, la planta da prioridad a la función de reproducción, lo cual es una estrategia de adaptación a esas condiciones. Por su parte el sitio de El Llano, presentó mayor

adaptación strategy. On the other hand, El Llano yielded more seed, which could be a response to the prevailing lower rainfall conditions, ensuring species survival. It should be worth mentioning that measurement of these parameters showed difficulties due to lack of uniformity in seed maturity, neither between plants nor in the same plant, nor even in the same inflorescence, being a feature of rangeland grasses. Besides, seed is very dehiscent and its aging process can be accelerated by cold, drought or other weather conditions. This could explain in part the low caryopsid rates found in the present study, as well as the great variability in production data. Therefore, it can be assumed that real seed yield should be greater than what was found in the present study. Other authors<sup>(34)</sup> had reported 1,677 seeds m<sup>-2</sup> in areas invaded by this species.

Several environment factors can affect seed yield in grasses, like photoperiod, solar radiation, temperature, rainfall and wind. High soil fertility and moisture reduce seed yield, high or low air moisture and temperature affect pollination and seed maturity, and even some microorganisms can affect seed yield and quality<sup>(35,36)</sup>.

In *M. repens*, the great numbers of seeds produced, as well as its feathery cover, are the main plant dissemination features, not having either stolons or rhizomes. Plants that live in unpredictable and irregular environments have a tendency to produce a great number of very small seeds, which facilitates their dissemination, thus ensuring survival<sup>(37)</sup>.

### Seed quality

Seed viability showed significant differences ( $P = 0.01095$ ) only between sites in 2009 (Table 4). Nevertheless, no differences were found in means comparisons ( $P > 0.05$ ). Intermediate viability levels were found, averaging 40 to 46 % in 2008 and 36 to 54 % in 2009 (Tables 4,5). As a rule, seed viability in wild species is lower than in crop plants, most probably due to the fact that environment conditions are not the most adequate, as in crops, and also owing to greater genetic variability, so not all seed reach physiological maturity at harvest.

Cuadro 4. Viabilidad, germinación y latencia de semilla de *Melinis repens*, a diferente tiempo después de cosechada en 2008 (%)Table 4. *Melinis repens* seed viability, germination and dormancy at different post harvest times in 2008 (%)

Site	Months post harvest	Viability	Germination	Dormancy
Calvillo	1	44.8 a	27.0 cde	17.8 cd
	6	44.6 a	30.0 bcd	14.6 d
	12	44.5 a	30.8 bcd	13.8 d
	18	45.6 a	43.0 a	2.6 e
	24	46.6 a	44.8 a	1.8 e
El Llano	1	40.4 a	2.8 h	37.7 a
	6	40.8 a	5.0 gh	35.8 a
	12	40.0 a	7.0 gh	33.0 ab
	18	44.2 a	7.5 gh	36.7 a
	24	45.2 a	15.5 fg	29.7 ab
San Francisco de los Romo	1	43.4 a	15.0 fg	28.4 ab
	6	43.1 a	18.5 ef	24.6 bc
	12	41.0 a	24.8 def	16.3 cd
	18	40.8 a	38.0 ab	2.8 e
	24	39.7 a	36.8 abc	3.0 e
Standard error		±5.2	±3.4	±3.1

abcdefg Different small letters in columns indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

producción de semilla, lo cual puede ser una respuesta de la especie a las condiciones de menor precipitación en este sitio, con el fin de asegurar la sobrevivencia. Por otro lado, cabe señalar que la medición de estos parámetros se dificultó porque no existe uniformidad en la maduración de la semilla, ni entre las plantas, ni en una misma planta, ni siquiera en una misma inflorescencia, lo cual es una característica particular de los pastos en agostadero. Además la semilla es muy dehiscente y su maduración se puede acelerar por las condiciones climáticas como frío o sequía. Esto puede explicar en parte los bajos porcentajes de cariósides encontrados, así como la alta variabilidad en los datos de producción. Por lo tanto, se estima que la cantidad total de semilla realmente producida debe ser mayor que la determinada en este estudio. Otros autores han reportado densidades de 1,677 semillas  $m^2$  en suelo invadido por este zacate<sup>(34)</sup>.

Existen numerosos factores ambientales que pueden afectar la producción de semilla en gramíneas:

Hernández<sup>(34)</sup> found intermediate viability levels in *M. repens* seed (40 to 46 %), which fell significantly (9 to 12 %) when put through ruminal action for 72 h. Therefore, it can be considered as unlikely bovines' contribution for dissemination of this species.

Significant differences were found in seed germination in both sites and time elapsed post harvest ( $P < 0.01$ ), but not for interaction ( $P > 0.05$ ). Dormancy showed highly significant differences ( $P < 0.01$ ) for sites and post harvest elapsed time, and for interaction too ( $P = 0.007$ ) in 2008, but not in 2009 ( $P = 0.377$ ). Dormancy is a strategy common in wild semiarid plants for conserving a seed bank able to germinate when conditions are adequate, known as dispersion in time<sup>(37)</sup>.

Seed germination rate improved after being stored for different periods, although at different rates in accordance with sites. For example, seed collected in Calvillo showed higher germination rates (25 %)

fotoperiodo, radiación solar, temperatura, lluvia, viento, alta fertilidad y humedad en el suelo la disminuyen, alta o baja humedad y temperatura del aire afecta la polinización y la maduración de semilla, puede haber microorganismos que afecten la producción y calidad de la semilla<sup>(35,36)</sup>.

En el caso de *M. repens*, la alta cantidad de semillas producidas, así como su cubierta plumosa, son indudablemente la principal forma de dispersión de la planta, ya que no presenta estolones o rizomas. Las plantas que viven en ambientes impredecibles e irregulares, tienden a producir un gran número de semillas pequeñas, que favorecen una amplia dispersión para asegurar su sobrevivencia<sup>(37)</sup>.

#### Calidad de la semilla

La viabilidad de la semilla sólo presentó diferencias significativas ( $P=0.0195$ ) entre sitios en el 2009 (Cuadro 4). Sin embargo en la comparación de medias no se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ). Se encontraron niveles medios en la viabilidad, con promedios de 40 a 46 % en 2008 y de 36 a 54 % en 2009 (Cuadros 4,5). La viabilidad en

and lower dormancy. Germination rate increased (decreasing dormancy) with storage period, reaching viability levels (43 %) at 18 mo post harvest (Tables 4,5). However, in El Llano, germination was very low (2 %) and after 24 mo reached just 15 %, that is to say, dormancy remains high (Table 4). This suggests that seed dormancy is influenced by environment conditions in each collection site, so, the adverse conditions existent in El Llano, could induce greater seed dormancy, that jointly to a greater seed yield as already mentioned, are adaptation strategies adopted by this species for ensuring survival in this unfavorable location. As conditions in Calvillo are more favorable, seed in this site shows both lower yield and dormancy.

Variations in seed germination and dormancy in a species is dependent on environment conditions, as rainfall total and distribution during seed formation and maturity<sup>(35)</sup>, which can affect those mechanisms that inhibit germination. In studies performed on tropical grasses, differences in seed dormancy were found, those coming from rainy areas showed lower dormancy, contrary to what was observed in those of drier areas<sup>(38,39)</sup>. In another study, a comparison

Cuadro 5. Viabilidad, germinación y latencia de semilla de *Melinis repens*, a diferente tiempo después de cosechada en 2009 (%)

Table 5. *Melinis repens* seed viability, germination and dormancy at different post harvest times in 2009 (%)

Sitie	Months post harvest	Viability	Germination	Dormancy
Calvillo	1	51.4 a	24.3 bc	27.2 abc
	6	49.5 a	34.0 ab	15.5 de
	12	48.6 a	40.8 a	7.9 e
El Llano	1	40.5 a	3.5 e	37.0 a
	6	40.9 a	7.0 de	33.9 ab
	12	41.4 a	11.0 de	30.4 ab
San Francisco de los Romo	1	54.5 a	16.8 cd	37.8 a
	6	50.5 a	26.0 bc	24.5 bcd
	12	51.8 a	33.0 ab	18.8 cde
Jesús María	1	39.3 a	6.5 de	32.8 ab
	6	41.3 a	9.5 de	31.8 ab
	12	36.5 a	17.7 cd	18.8 cde
Sandard error		±5.9	±3.9	±3.7

abcde Different small letters in columns indicate significant differences ( $P<0.05$ ).

semillas silvestres generalmente es menor que en las semillas cultivadas, lo cual se puede deber a que las condiciones ambientales no son las más adecuadas como en un cultivo, así como por la mayor variabilidad genética, por lo que no todas las semillas alcanzan la madurez fisiológica apropiada al tiempo de cosechar. Hernández<sup>(34)</sup> encontró niveles medios de viabilidad en semilla de *M. repens* (40 a 46 %), la cual al someterla a la acción ruminal, a las 72 h la viabilidad disminuyó significativamente (9 a 12 %). Por lo anterior se considera poco probable que los bovinos contribuyan a la dispersión de este pasto mediante el excremento.

En germinación se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) entre sitios y tiempo después de la cosecha, pero no en la interacción ( $P > 0.05$ ). La latencia presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) entre sitios y entre tiempos después de cosecha, así como en la interacción ( $P = 0.007$ ) en 2008, pero no en 2009 ( $P = 0.377$ ). La latencia es una estrategia común en las plantas silvestres de zonas áridas para conservar un banco de semilla que pueda germinar y prosperar en las mejores condiciones, es lo que se le llama "dispersión en el tiempo"<sup>(37)</sup>.

Después de un tiempo de almacenamiento, la semilla incrementó su germinación, aunque fue distinto para cada sitio. La semilla de Calvillo presentó mayores niveles de germinación con alrededor de 25 %, y menor latencia. La germinación fue en aumento (disminuyendo la latencia) al avanzar el tiempo de almacenamiento, hasta llegar a niveles similares a la viabilidad (43 %) a los 18 meses después de cosechada (Cuadros 4, 5). Sin embargo en El Llano, la germinación fue muy baja (2 %) y aún después de 24 meses sólo llegó a 15 %, es decir, que la latencia se mantiene alta (Cuadro 4). Esto sugiere que la latencia de la semilla está influenciada por las condiciones ambientales de cada sitio. En este caso las condiciones más adversas del El Llano, pueden conducir a una mayor latencia de la semilla. Esto, aunado a la mayor producción de semilla, son adaptaciones de la especie para asegurar la sobrevivencia en este sitio más adverso. Mientras tanto en Calvillo, que tiene condiciones más favorables, se presenta una menor producción de semilla así como menor latencia.

was made on seed germination in native and nonindigenous grasses, where *M. repens* showed a 31 % germination rate, higher than in the exotic species *E. lehmaniana* (3 %) but lower than in *E. curvula* (67 %), *E. superba* (89 %) and *P. coloratum* (61 %), and in the native species *B. gracilis* (68 %) and *B. curtipendula* (60 %)<sup>(33)</sup>. Rinsing *Eragrostis spp.* seed with water improved its germination rate, while soil sterilization inhibited germination in both *B. curtipendula* and *E. curvula*. The present authors believe that presence of both pathogen and beneficial specific microorganisms affects germination in these species.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

*Melinis repens* showed relatively high aerial biomass yield, which varied in response to rainfall. Regarding locations, Calvillo presented greater output, due to better rainfall and soil conditions. High spikelet levels yield with low pure seed rates were found, although seed yield is high. A trend for increasing or maintaining seed yield in both dry years and sites was found. Intermediate seed viability rates, without significant differences were found. Seed germination rate was lower than seed viability, indicating dormancy. Germination rate increased with time, but in El Llano (drier site), dormancy was higher and practically did not diminish with time.

*End of english version*

La variación en la germinación y latencia de semillas de una misma especie depende de las condiciones ambientales como la cantidad y distribución de lluvia, durante la formación y maduración de la semilla<sup>(35)</sup>, las cuales pueden modificar los mecanismos que inhiben la germinación. En estudios realizados en pastos tropicales se encontraron diferencias en la latencia de la semilla; las que provienen de regiones más lluviosas presentaron menor latencia, al contrario de las de regiones más secas<sup>(38,39)</sup>. En otro trabajo se comparó la germinación de semilla de gramíneas nativas e introducidas, donde *M. repens* presentó una

germinación de 31 %, la cual fue superior a *E. lehmaniana* (3 %) pero menor a *E. curvula* (67 %), *E. superba* (89 %) y *P. coloratum* (61 %), así como a las nativas *B. gracilis* (68 %) y *B. curtispindula* (60 %)(33). El lavado de la semilla favoreció la germinación de *Eragrostis* spp., mientras que la esterilización del suelo inhibió la germinación de *B. curtispindula* y *E. curvula*. Los autores sugieren la presencia de microorganismos patógenos y benéficos específicos que afectan la germinación de estas especies.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El pasto *Melinis repens* presentó niveles relativamente altos de producción de biomasa aérea, los cuales variaron como consecuencia principalmente de la precipitación ocurrida. Entre sitios se obtuvo mayor producción en Calvillo, que presenta mejores condiciones tanto de precipitación como de suelo. Se encontraron altos niveles de producción de espiguillas con bajos porcentajes de semilla pura; a pesar de ello, la producción de semillas por m<sup>2</sup> es alta. Se encontró una tendencia a producir igual o mayor cantidad de semilla en años o en sitios más secos. Se presentaron niveles intermedios de viabilidad en la semilla, sin diferencias significativas. La germinación de la semilla fue menor que la viabilidad, lo que indica la presencia de latencia. La germinación fue aumentando al avanzar el tiempo, pero en El Llano (sitio más seco) la latencia fue mayor y casi no disminuyó al avanzar el tiempo.

## LITERATURA CITADA

1. Crowl TA, Crist TO, Parmenter RR, Belovsky G, Lugo AE. The spread of invasive species and infectious diseases as drivers of ecosystem change. *Front Ecol Environ* 2008;6(5):238-246.
2. Simberloff D, Parker IM, Windle PN. Introduced species policy, management and future research needs. *Front Ecol Environ* 2005;3(1):12-20.
3. Pimentel D, Lach L, Zuniga R, Morrison D. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 2000;50(1):53-65.
4. Esqueda CMH, Carrillo RRL. Producción de forraje y carne en pastizales resembrados con gramíneas introducidas. *Tec Pecu Mex* 2001;39(2):139-152.
5. Arriaga L, Castellanos A, Moreno E, Alarcón J. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of México. *Conservation Biol* 2004;18(6):1504-1514.
6. Flanders AA, Kuvlesky WP, Ruthven DC, Zaiglin RE, Bingham RL, Fulbright TE *et al.* Effects of invasive exotic grasses on South Texas rangeland breeding birds. *The Auk* 2006;123(1):171-182.
7. Brooks ML, D'Antonio CM, Richardson DM, Grace JB, Keely JE, DiTomaso JM *et al.* Effects of invasive alien plants on fire regimes. *Bioscience* 2004;54(7):677-688.
8. Williams DG, Baruch Z. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions* 2000;2:123-140.
9. Masters RA, Sheley RL. Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *J Range Manage* 2001;54:502-517.
10. Arredondo JT, Jones TA, Johnson DA. Seedling growth of intermountain perennial and weedy annual grasses. *J Range Manage* 1998;51:584-589.
11. Esqueda CMH, Melgoza CA, Sosa CM, Carrillo RR, Jiménez CJ. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequia en tres tipos de suelo. *Tec Pecu Mex* 2005;43(1):101-115.
12. James JJ, Drenovsky RE. A basis for relative growth rate differences between native and invasive forb seedlings. *Range Ecol Manage* 2007;60(4):395-400.
13. Bogdan AV. *Pastos tropicales y plantas de forraje*. 1ª ed. México: AGT Editor; 1997.
14. Herrera AY. *Las Gramíneas de Durango*. 1ª ed. Durango, México: IPN-CONABIO; 2001.
15. De La Cerda LM. *Las Gramíneas de Aguascalientes*. 1ª ed. Aguascalientes, México: Universidad Autónoma de Aguascalientes; 1996.
16. March MIJ, Martínez JR. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad, prioridades en México*. México: IMTA, Conabio, GECL, AridAmérica, The Nature Conservancy; 2007.
17. Chambers N, Oshant TH. *Plantas invasoras del desierto sonorense: una guía de campo*. Sonoran Institute, Environmental Education Exchange, National Fish and Wildlife Foundation; 2004.
18. Yuan JG, Fang W, Fan L, Chen Y, Wang DQ, Yang ZY. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. *Restoration Ecology* 2006;14(3):349-356.
19. Leteinturier B, Laroche J, Matera J, Malaisse F. Reclamation of lead/zinc processing wastes at Kabwe, Zambia: a phytogeochemical approach. *South Afr J Sci* 2006;97(11-12):624-627.
20. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Red de estaciones agroclimáticas de Aguascalientes. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/default.aspx?estado=1>. Consultado: 30 Dic, 2010.
21. CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de estado*. México: Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes; 2008.
22. SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. [en línea] <http://www.semarnat.gob.mx/leyesyformas/>

## BIOMASA AÉREA, CANTIDAD Y CALIDAD DE SEMILLA DE *Melinis repens*. (Willd.) Zizka

- normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf. Consultado 2 Dic, 2010.
23. Butler JE. Seed testing. In: Loch DS, Ferguson JE editors. Forage seed production Volume 2: Tropical and subtropical species. New York, USA: CABI Publishing; 1999:267-282.
  24. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.; 1980.
  25. Wight JR, Hanson CL, Whitmer D. Using weather records with a forage production model to forecast range forage production. *J Range Manage* 1984;37:3-6.
  26. Smoliak S. Influence of climatic conditions on production of *Stipa-Bouteloua* prairie over a 50 year period. *J Range Manage* 1986;39:100-103.
  27. Gonzáles ORI, Javalera M. Dinámica de la producción de forraje del estrato herbáceo y su relación con la precipitación en el norte de Durango. *Revista Manejo de Pastizales* 1990;4(1):1-5.
  28. Khumalo G, Holechek J. Relationships between chihuahuan desert perennial grass production and precipitation. *Range Ecol Manage* 2005;58(3):239-246.
  29. Holecheck JL, Pieper RD, Herbel CH. Range management, principles and practices. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall; 2001.
  30. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Guía para la asistencia técnica agrícola: área de influencia del campo experimental Pabellón. 4ª ed. Pabellón de Arteaga, Ags., Méx.: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; 1998.
  31. Jiménez GCA, Maciel PLH, González CF, De Alba AA, Peña RA, Quesada PML. Reconversión de tierras marginales con pastos introducidos en Aguascalientes. Folleto Técnico 34. Pabellón de Arteaga, Ags., Méx.: INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón; 2007.
  32. Jurado GP, Negrete RF, Arredondo MJT, García HMR. Evaluación de especies nativas e introducidas bajo condiciones del altiplano central mexicano. *Tec Pecu Mex* 1990;28(1):40-44.
  33. Carrillo SSM, Arredondo TM, Huber-Sannwald E y Flores JR. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Tec Pecu Méx* 2009;47(3):299-312.
  34. Hernández QNS. 2009. Viabilidad y crecimiento del zacate rosado [tesis maestría]. México. Universidad Autónoma de Chihuahua. 2009.
  35. Desai BB. Seeds handbook: biology, production, processing, and storage. 2d ed. New York: Marcel Dekker Inc.; 2004.
  36. Febles G, Ruiz TE, Baños R. Effect of climate on production of seeds from tropical pastures of grasses. *Cuban J Agric Sci* 2009;43(2):103-110.
  37. Granados SD. Ecología y dispersión de las plantas. 1ª ed. México: Universidad Autónoma Chapingo; 1994.
  38. Hacker JB. Genetic variation in seed dormancy in *Digitaria milanjiana* in relation to rainfall at the collection site. *J Appl Ecology* 1984;21:947-959.
  39. Hacker JB, Ratcliff D. Seed dormancy and factors controlling dormancy breakdown in buffel grass accessions from contrasting provenances. *J Appl Ecology* 1989;26:201-212.

