

Emergencia y crecimiento del zacate banderilla [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] con biosólidos en condiciones de sequía

Emergence and growth of sideoats grama grass
[*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] with biosolids
under drought conditions

PEDRO JURADO-GUERRA^{1,4}, HÉCTOR DOMÍNGUEZ-CARAVEO², ALICIA MELGOZA-CASTILLO³
Y CARLOS MORALES-NIETO¹

Recibido: Agosto 1, 2011

Aceptado: Noviembre 21, 2011

Resumen

La baja y errática precipitación ocasiona un bajo establecimiento de zacates en resiembros de pastizales en zonas áridas y semiáridas. La aplicación de biosólidos ha mostrado un incremento en la infiltración y retención de agua del suelo en pastizales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de biosólidos sobre la emergencia y supervivencia del zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*). Se evaluaron dosis de 0 (testigo), 10, 20, 30, 40 y 50 t.ha⁻¹ y dos métodos de aplicación: superficial (BIOSUP) e incorporado al suelo (BIOINC) bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron macetas de plástico con suelo franco-arenoso de un pastizal degradado y 15 semillas por maceta. Se aplicó un patrón de riego simulando condiciones de sequía. Se evaluaron algunas propiedades del suelo. El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial. Los datos de emergencia y supervivencia se analizaron con modelos logísticos. La emergencia y supervivencia del zacate banderilla disminuyeron linealmente a medida que se incrementó la dosis de biosólidos. La biomasa y altura de plántulas emergidas se incrementaron de 7 cm y 8.0 mg.pl⁻¹ en el testigo hasta un máximo de 17 cm y 45.4 mg.pl⁻¹, respectivamente en la dosis de 10 t.ha⁻¹ con BIOINC. El nitrógeno del suelo se incrementó de 150 mg.kg⁻¹ en el testigo hasta 350 mg.kg⁻¹ en la dosis de 50 t.ha⁻¹. La aplicación de dosis bajas de biosólidos en el método BIOINC, presentó mejor crecimiento del zacate banderilla con buen potencial para mejorar el establecimiento de zacate banderilla en condiciones de sequía.

Palabras clave: zacate, lodos, supervivencia plántulas, resiembra, pastizales.

Abstract

Low and erratic rainfall causes a low grass establishment on reseeded of grasses in arid and semiarid regions. The application of biosolids has shown to increase infiltration and soil water retention in rangelands. The objective was to evaluate the application of biosolids on the emergence and survival of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*). Biosolids rates at 0 (control), 10, 20, 30, 40 or 50 t.ha⁻¹ and two application methods: surface (BIOSUR) and incorporated into the soil (BIOINC) were evaluated under greenhouse conditions. Plastic pots with sandy loam soil from a degraded rangeland with fifteen grass seeds per pot were used. An irrigation pattern simulating drought conditions was applied. Some soil properties were chemically analyzed. A completely random design with a factorial arrangement was used for data analysis. Seedling emergence and survival data were analyzed with logistic models. The emergence and survival of sideoats grama decreased linearly with increasing biosolids rates. Plant height and biomass of emerged seedlings increased from 7 cm and 8 mg.pl⁻¹ in the control up to 17 cm and 45 mg.pl⁻¹, respectively at the rate of 10 t.ha⁻¹ with BIOINC. Soil nitrogen increased from 150 mg.kg⁻¹ in the control to 350 mg.kg⁻¹ in 50 t.ha⁻¹. Low biosolids rates under the BIOINC method showed better growth of sideoats grama with good potential to improve its establishment under drought conditions.

Keywords: grass, sewage sludge, plant survival, reseeded, rangelands.

¹ Sitio Experimental La Campana, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. Km 33 Carretera Chihuahua-Ojinaga, Cd. Aldama, Chihuahua. C.P. 32910. Tel. (614) 451-0601.

² Centro de Investigación en Recursos Naturales (CIReNa). Salaises, Chihuahua.

³ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Km 1 Perif. F.R. Almada, Chihuahua, Chih.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: jurado.pedro@inifap.gob.mx.

Introducción

La resiembra de pastizales es una práctica recomendada para recuperar la cobertura de especies forrajeras en pastizales degradados. La resiembra de zacates nativos de buen valor forrajero como el navajita [*Bouteloua gracilis (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.*], banderilla [*Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.*] y gigante [*Leptochla dubia (H.B.K.) Nees*] en zonas áridas y semiáridas conlleva un gran riesgo debido sobre todo a la baja disponibilidad de humedad del suelo como consecuencia de la precipitación errática en estas zonas.

Uno de los métodos para mejorar las condiciones de humedad en el suelo, es la aplicación de abonos orgánicos, ya que incrementan la infiltración y la retención de agua (Tisdale *et al.*, 1993; Brady y Weil, 1996). Los biosólidos son un subproducto orgánico de las plantas de tratamiento de aguas residuales, cuya aplicación en forma superficial ha demostrado un incremento en la infiltración y conservación de humedad del suelo (Moffet *et al.*, 2005; Hahm y Wester, 2004; Jurado *et al.*, 2007) en pastizales áridos y semiáridos. La aplicación superficial de biosólidos ha incrementado la producción de forraje en zacates como toboso [*Hilaria mutica (Buckl.) Bent.*] y navajita en zonas áridas y semiáridas (Jurado y Wester, 2001; Jurado *et al.*, 2006a). Con base en estos resultados, la aplicación superficial de biosólidos podría mejorar la emergencia y crecimiento de zacates en zonas áridas y semiáridas.

Pocos estudios han evaluado el establecimiento de gramíneas con el uso de biosólidos. En uno de ellos, se encontró que la aplicación superficial de estos materiales no favoreció la emergencia de zacates navajita y gigante bajo condiciones de invernadero; sin embargo, la emergencia sí se incrementó con la aplicación superficial de biosólidos y riego moderado en condiciones de campo en un pastizal árido de Texas (Hahm y Wester, 2004). En otros estudios realizados bajo condiciones de invernadero se han observado efectos negativos en la germinación de zacate ballico perenne (*Lolium perenne*) y mijo común (*Panicum miliaceum*) con el uso de los biosólidos (Zubillaga y Lavado, 2006; Banks *et*

al., 2006). En un estudio reciente se observó que los biosólidos aplicados en forma superficial e incorporados al suelo disminuyeron la emergencia y supervivencia del zacate navajita en condiciones de invernadero (Domínguez-Caraveo *et al.*, 2010). Sin embargo, no existe información sobre el establecimiento del zacate banderilla con la aplicación de biosólidos.

El zacate banderilla es una planta perenne, nativa de Chihuahua, de buen valor forrajero y con una amplia distribución en casi todos los tipos de pastizales del estado, siendo muy importante para la ganadería (COTECOCA, 1979; Morales y Melgoza, 2010). Este zacate se recomienda para resiembras en pastizales erosionados (Esqueda *et al.*, 2004) con el fin de mejorar la condición de los pastizales, recuperando la funcionalidad de estos ecosistemas. Desafortunadamente, varios estudios de campo han demostrado que los pastos nativos como banderilla y navajita bajo siembra tienen un bajo crecimiento y establecimiento en condiciones de campo (Cox *et al.*, 1986; Morales, 2001; Esqueda *et al.*, 2005).

Dado que los biosólidos pueden mejorar las condiciones de humedad del suelo y aportar algunos nutrimentos para las plantas, la hipótesis de este trabajo es que los biosólidos incrementan la emergencia y crecimiento del zacate banderilla en condiciones áridas. Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la aplicación de cinco dosis de biosólidos y dos métodos de aplicación en la emergencia y supervivencia de zacate banderilla, simulando condiciones de sequía en invernadero.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, durante los meses de abril y mayo del 2005. Las temperaturas promedio máxima y mínima en el invernadero fueron de 40 °C y 20 °C, respectivamente. Se utilizó suelo de un pastizal mediano abierto erosionado de la región central del estado de Chihuahua, el cual fue previamente tamizado con malla de 0.5 cm. La textura del suelo es franco-arenosa. Los biosólidos de tipo doméstico-anaeróbico fueron obtenidos de la planta tratadora de aguas residuales de la ciudad de Chihuahua. Se tomaron seis muestras de biosólidos de aproximadamente 1 kg. Una sub-muestra de aproximadamente 25 g fue tomada de cada muestra y secada en horno a 105 °C durante 24 h para determinar humedad de los biosólidos y la dosis de aplicación. De las seis muestras de biosólidos se formó una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg para análisis químico. Para los biosólidos y el suelo se evaluaron los siguientes parámetros: pH (potenciómetro), materia orgánica (MO) con el método de Walkley y Black; conductividad eléctrica (CE) (Solubridge), nitrógeno disponible (Brucina y colorimetría) y fósforo disponible. El potasio, calcio, magnesio y sodio fueron extraídos con acetato de amonio, mientras que el cobre, manganeso, fierro y zinc fueron extraídos con DTPA y analizados con espectrofotómetro de absorción atómica. Para el análisis de Pb, Ni y Cr, éstos fueron extraídos con digestión ácida y analizados con equipo de espectrofotometría de absorción atómica de flama (EAAF), mientras que el As y Hg fueron analizados con EAAF y generador hídrico. En el Cuadro 1 se muestran algunas propiedades químicas del suelo y de los biosólidos utilizados en el estudio.

Estos biosólidos son similares en algunos parámetros como el pH, Ni y Cd a los biosólidos utilizados en otros estudios (Jurado *et al.*, 2006a; Jurado-Guerra *et al.*, 2006b). Además, estos biosólidos se encuentran por debajo de los

límites permisibles para metales pesados, de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (SEMARNAT, 2003). Por lo tanto, están clasificados como «Excelente» en función del contenido de dichos metales y pueden ser utilizados para usos agrícolas, forestales y mejoramiento de suelos.

Cuadro 1. Propiedades químicas del suelo de un pastizal mediano abierto degradado de la región semiárida y de biosólidos anaeróbicos de Chihuahua.

Parámetro	Suelo	Biosólidos	Elemento	Suelo (mg.kg ⁻¹)	Biosólidos (mg.kg ⁻¹)
pH	6.5	6.7	Cu	1	9
MO* (%)	0.55	12	Fe	4	30
CaCO ₃ (%)	Libre	Libre	Mn	14	15
CE* (dS m ⁻¹)	1.4	3	Zn	2.7	111
N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	60	66	Pb	NA	84
P (mg kg ⁻¹)	8	7	Ni	NA	20
K (mg kg ⁻¹)	362	962	Cd	NA	5
Ca (mg kg ⁻¹)	850	3,412	Hg	NA	3
Mg (mg kg ⁻¹)	125	1,037	As	NA	2
Na (mg kg ⁻¹)	237	1,312	Cr	NA	155

*MO=Materia Orgánica;CE=Conductividad Eléctrica;NA=No Analizado. N-NO₃ y los demás elementos fueron analizados con base en materia seca en suelo y biosólidos.

Se utilizaron macetas de plástico de 15 cm de diámetro por 20 cm de alto. Antes de la siembra, las macetas fueron regadas diariamente para germinar las semillas presentes en el suelo. Después de dos semanas de riego, se eliminaron todas las plantas emergidas. Se evaluaron doce tratamientos: seis dosis de biosólidos: 0, 10, 20, 30, 40 y 50 t.ha⁻¹ en base seca y dos métodos de aplicación: superficial (BIOSUP) e incorporados al suelo (BIOINC). Para las variables de respuesta de emergencia y supervivencia en los primeros 30 días del estudio, se utilizaron ocho repeticiones (doce tratamientos x ocho repeticiones=96 macetas). Para las demás variables de respuesta, se

utilizaron tres repeticiones (doce tratamientos x tres repeticiones=36 macetas). En BIOSUP, se sembraron 15 semillas de zacate banderilla variedad Reno en cada maceta, las cuales se distribuyeron en forma uniforme en las macetas, y se aplicó una capa del mismo suelo en forma manual para tapar la semilla, dejando las semillas a una profundidad aproximada de 0.5 cm. Los biosólidos, con un contenido de humedad de 60.5%, fueron aplicados en la maceta, cuya área fue de 0.070686 m², en forma superficial y uniforme en la maceta, siendo 178.7 gr maceta⁻¹ para la dosis de 10 t.ha⁻¹, hasta 893.5 gr maceta⁻¹ en base húmeda para la dosis de 50 t. ha⁻¹. En BIOINC, los biosólidos fueron mezclados completamente con el suelo y enseguida se sembraron las semillas similarmente a como se hizo en el tratamiento BIOSUP.

El patrón de riego de las macetas fue similar a la precipitación pluvial promedio de 35 años que ocurre durante el verano en los Valles Centrales de Chihuahua para el mes de julio, de acuerdo al análisis de datos históricos según Esqueda *et al.* (2005); aunque la cantidad de agua total fue un poco menor de la media histórica, para evaluar el efecto de los biosólidos, simulando condiciones de sequía. Se aplicó una cantidad de agua equivalente a una precipitación de 10 mm por evento, que es el dato promedio que se presenta con mayor frecuencia para el mes de julio en esta misma zona según Esqueda *et al.* (2005), bajo una secuencia de 1-2, 1-2, 1-1, 1-1, 2-4 y 2-12 días con-y-sin riego. Por lo tanto, la cantidad total de agua fue 80 mm, mientras que la precipitación normal es de 86 mm (Medina *et al.*, 2006).

La emergencia del zacate banderilla se cuantificó a los 7, 14 y 21 días, contando el número de plántulas emergidas diariamente en cada maceta. La supervivencia se determinó a los 30 días después de la siembra mediante el conteo de plántulas vivas en cada maceta (Ries y Svejcar, 1991). En esta misma fecha se realizaron las siguientes estimaciones: altura de plantas, medida desde el suelo hasta la hoja más larga; biomasa aérea por medio de corte

manual. La longitud y la biomasa de la raíz fueron estimadas extrayendo la raíz del suelo por medio de lavado con agua a través de una malla de 1 mm. La longitud de raíz se estimó midiendo la raíz más larga en cada planta. La parte aérea y la raíz fueron secadas a 60 °C por 48 h para estimar la biomasa seca. La biomasa aérea y la de raíz fueron estimadas con tres repeticiones.

El estudio se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar bajo un arreglo factorial (Kirk, 1982) con seis dosis y dos métodos de aplicación de biosólidos, siendo la maceta la unidad experimental. Para el análisis de la información de emergencia y supervivencia de zacate banderilla se utilizaron modelos logísticos con PROC CATMOD (SAS, 2005). Primero se probaron modelos completos y enseguida modelos incompletos hasta encontrar aquel donde la(s) variable(s) fueran significativas y el coeficiente de probabilidad (CP) ajustara al modelo. Para emergencia, el modelo completo no ajustó, donde la dosis fue significativa ($P \leq 0.0001$), el método y su interacción fueron no significativas ($P \leq 0.5338$; $P \leq 0.1977$) y $CP=0.0001$. El modelo de mejor ajuste para emergencia de zacate banderilla incluyó solamente la dosis de biosólidos ($P \leq 0.0001$; $CP=0.006$). Similarmente, para supervivencia de zacate banderilla el modelo completo no ajustó ($CP=0.0178$), siendo significativas la dosis, el método y su interacción. El modelo de mejor ajuste para supervivencia fue el de dosis de biosólidos ($P \leq 0.0001$; $CP=0.0187$).

Las variables de crecimiento de planta y propiedades del suelo fueron analizadas con análisis de varianza. La emergencia y supervivencia de plantas y la altura de plantas fueron analizadas con ocho repeticiones debido a que estos muestreos no son destructivos, mientras que las variables de biomasa aérea y de raíz, longitud de raíz y las propiedades del suelo fueron analizadas con tres repeticiones por ser muestreos destructivos con alta inversión de tiempo y para reducir los costos de análisis de suelos.

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (1965) para revisar la normalidad de los errores experimentales y la prueba de Tukey (Kirk, 1982) para realizar la separación de medias de tratamientos cuando se encontraron efectos significativos.

Resultados y discusión

Emergencia y supervivencia. La emergencia del zacate banderilla fue influenciada solamente por la dosis de biosólidos ($P \leq 0.0001$). La emergencia de plántulas mostró una tendencia lineal negativa, disminuyendo al incrementarse la dosis de biosólidos (Figura 1). Los datos presentados en esta figura son porcentajes convertidos de los valores observados. La máxima emergencia fue de 88.3% en el control y la mínima con 14.5% en la dosis de 50 t.ha⁻¹. Al igual que la emergencia, la supervivencia de plántulas de zacate banderilla fue afectada por la dosis de biosólidos ($P \leq 0.0001$). La supervivencia de las plántulas disminuyó al aumentar la dosis de biosólidos (Figura 1).

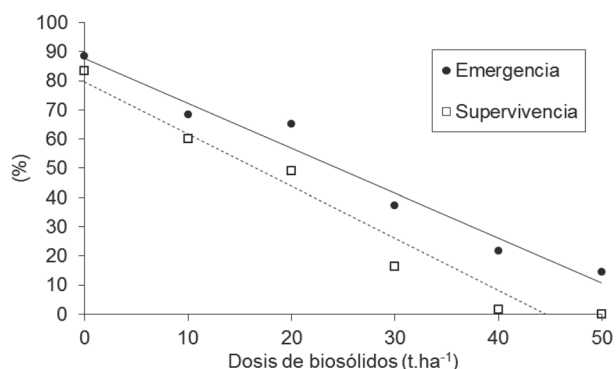
Considerando que el crecimiento óptimo de gramíneas como el maíz, trigo, cebada y zacate azul de Kentucky (*Poa pratensis*) se encuentra en el rango de un pH del suelo de 5.5-6.5 (Tisdale *et al.*, 1993) y que el aumento de la salinidad del suelo afecta el crecimiento de las plantas (Kramer, 1983; Hillel, 1998), la disminución de la emergencia y supervivencia del zacate banderilla podría atribuirse parcialmente a la disminución del pH del suelo en el método BIOSUP y al incremento de la salinidad del suelo en el método BIOINC, sobre todo en las dosis altas. Además, las dosis altas de biosólidos aplicadas superficialmente pudieron haber obstruido físicamente la emergencia de los zacates, ya que los biosólidos forman una capa gruesa y una cobertura alta en las dosis de 40 a 50 t.ha⁻¹.

Estos resultados concuerdan con investigaciones realizadas bajo condiciones de invernadero, donde se reporta un efecto negativo de la aplicación de biosólidos en la

germinación de gramíneas como el ballico perenne y mijo común (Banks *et al.*, 2006; Zubillaga y Lavado, 2006). Ellos atribuyeron estos resultados negativos al incremento de la conductividad eléctrica del extracto/suelo con la aplicación de biosólidos, lo cual también pudo haber sucedido en este trabajo. La disminución del pH del suelo con la aplicación de biosólidos en este trabajo y otros similares (Fresquez *et al.*, 1990; Jurado *et al.*, 2006a), también pudiera haber tenido una influencia negativa en la emergencia del zacate banderilla.

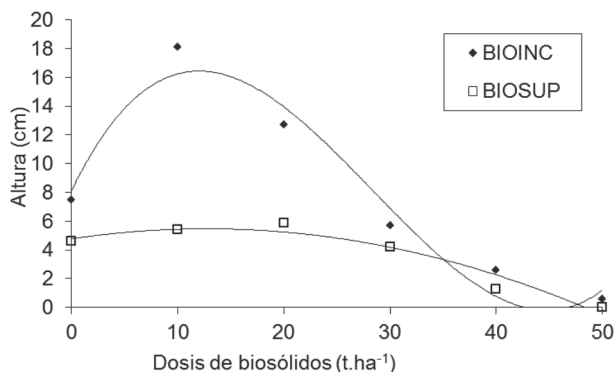
Domínguez-Caraveo *et al.* (2010) reportan tendencias similares en emergencia de zacate navajita bajo condiciones similares, aunque con valores más bajos. En ese mismo trabajo, se encontró que la supervivencia del zacate navajita fue afectada por la interacción dosis x método de aplicación de biosólidos, mientras que en este trabajo la supervivencia del zacate banderilla sólo fue afectada por la dosis de biosólidos. Sin embargo, las tendencias fueron similares, observándose una disminución de la supervivencia del zacate banderilla con el incremento en la dosis de biosólidos. Por lo contrario, en un trabajo de invernadero pero sin limitante de humedad no se reporta disminución en la emergencia de zacates banderilla y gigante con la aplicación superficial de biosólidos hasta 34 t.ha⁻¹ (Hahm y Wester, 2004).

Figura 1. Emergencia (%) y supervivencia (%) de zacate banderilla con diferentes dosis de biosólidos bajo condiciones de invernadero. ($Y_{\text{Emergencia}} = 87.571 - 1.5362x$; $r^2=0.96$; $n=16$; $Y_{\text{Supervivencia}} = 79.651 - 1.7838x$; $r^2=0.95$; $n=16$).



Altura y biomasa aérea. La altura del zacate banderilla fue influenciada por la dosis de aplicación ($P \leq 0.0001$), el método de aplicación ($P \leq 0.0001$) y por la interacción dosis x método de aplicación de biosólidos ($P \leq 0.0002$) (Figura 2). En términos generales, la altura del zacate banderilla fue similar entre dosis de biosólidos con BIOSUP; sin embargo, con BIOINC, se observó un ligero incremento con las dosis de 10 y 20 t.ha⁻¹. La biomasa aérea fue influenciada por la dosis ($P \leq 0.0001$), el método ($P \leq 0.0001$) y la interacción dosis x método de aplicación ($P \leq 0.0001$) (Figura 3). El valor más alto fue de 45.4 mg pl⁻¹ en la dosis de 10 t.ha⁻¹ con BIOINC, disminuyendo hasta 8.0 mg pl⁻¹ en el testigo. Por otro lado, los valores de biomasa más bajos fueron en las dosis altas, 40 y 50 t.ha⁻¹ en ambos métodos de aplicación.

Figura 2. Altura (cm) de zacate banderilla con diferentes dosis y dos métodos de aplicación de biosólidos bajo condiciones de invernadero. (BIOINC=Biosólidos incorporados al suelo; BIOSUP=Biosólidos aplicados en la superficie del suelo; $Y_{BIOINC} = 8.1167 + 1.5228x - 0.0804x^2 - 0.0009x^3$; $r^2=0.95$; $n=8$; $Y_{BIOSUP} = 4.775 + 0.1095x - 0.0043x^2$; $r^2=0.94$; $n=8$).

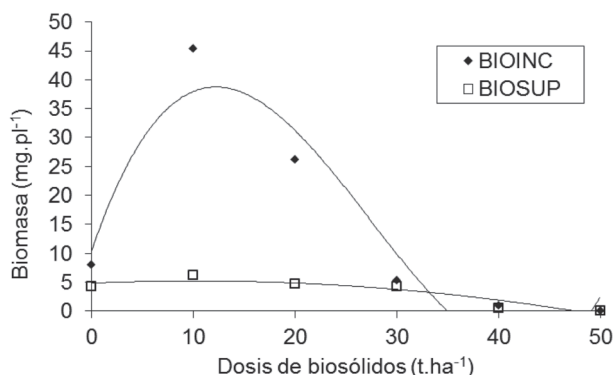


El incremento en altura y biomasa aérea de zacate banderilla en dosis bajas con BIOINC podría atribuirse a la mayor disponibilidad de humedad en el suelo con biosólidos, como se ha reportado en diferentes trabajos de invernadero (Hahm y Wester, 2004; Domínguez-Caraveo *et al.*, 2010) y de campo (Moffet *et al.*, 2005; Jurado *et al.*, 2007). Además, el incremento de los nutrimentos del suelo como el N y P con la aplicación de

biosólidos, como se observó en este trabajo y en otros estudios (Jurado *et al.*, 2006a; Jurado-Guerra *et al.*, 2006b), podría también haber contribuido a mejorar las condiciones de crecimiento de las plantas de banderilla. En las dosis altas de biosólidos, la altura y biomasa aérea pudieron haber sido afectadas por las condiciones de bajo pH y alta CE del suelo, lo cual ha sido reportado como condiciones inadecuadas para el crecimiento de plantas. Los resultados de este trabajo indican que las plántulas de zacate banderilla pudieron tener una sensibilidad más alta a las dosis altas de biosólidos que las plantas maduras, como se ha observado en otros estudios.

Hahm y Wester (2004) también observaron un comportamiento similar de los zacates navajita y gigante, donde la altura de plántulas fue similar entre el testigo y la dosis de 34 t.ha⁻¹ con biosólidos aplicados en forma superficial. Sin embargo, en zacates establecidos o maduros se reportan incrementos lineales de altura con la aplicación superficial de biosólidos (Benton y Wester, 1998; Jurado *et al.*, 2006a).

Figura 3. Biomasa aérea (mg.planta⁻¹) de zacate banderilla con diferentes dosis y métodos de aplicación de biosólidos bajo condiciones de invernadero ($Y_{BIOINC} = 10.456 + 5.124x - 0.27x^2 + 0.0033x^3$; $r^2=0.89$; $n=3$; $Y_{BIOSUP} = 4.8257 + 0.0763x - 0.0037x^2$; $r^2=0.87$; $n=3$).



Resultados similares se han observado en dosis de hasta 45 t.ha⁻¹ en pastizales de zonas áridas y semiáridas con la biomasa de zacates navajita, toboso y zacatón alcalino (Benton y

Wester, 1998; Jurado *et al.*, 2007; Domínguez-Caraveo *et al.*, 2010). En trabajos con biosólidos en pastizales, pero en condiciones de campo, se ha reportado que la producción de biomasa muestra una tendencia positiva en dosis de 34 hasta 90 t.ha⁻¹ (Jurado y Wester, 2001; Jurado *et al.*, 2006a) en pastizales áridos y semiáridos con plantas maduras.

Longitud y Biomasa de Raíz. La longitud de la raíz fue afectada por la dosis de biosólidos ($P \leq 0.0001$) (Cuadro 2) y por el método de aplicación de biosólidos ($P \leq 0.0013$), mientras que la interacción de dosis x método no presentó efecto significativo ($P \geq 0.5633$). Con respecto a la dosis de aplicación, la longitud de raíz fue similar entre el testigo y las dosis bajas y disminuyó con las dosis altas. En el método de aplicación BIOINC presentó un promedio de 5.3 cm de longitud de raíz, y BIOSUP con un promedio de 2.8 cm de longitud de raíz. En la biomasa de la raíz se observó una tendencia similar a la mostrada por la biomasa aérea, encontrándose efectos significativos de la dosis ($P \leq 0.0008$), el método de aplicación ($P \leq 0.0040$) y una interacción significativa ($P \leq 0.0027$) entre la dosis y el método de aplicación de biosólidos (Cuadro 2). Los valores más altos fueron 11.8 mg. planta⁻¹ en la dosis de 10 t.ha⁻¹ y 2.2 mg.planta⁻¹ para la dosis de 20 t.ha⁻¹ en el método BIOINC, comparadas con el testigo de 2.0 mg.planta⁻¹; las dosis altas y el método BIOSUP produjeron valores más bajos. Los resultados tan variables en biomasa y longitud de raíz pueden ser atribuidos parcialmente a los efectos tan variables observados en las propiedades de suelo con la aplicación de biosólidos. El mayor crecimiento de la raíz fue observado en la dosis baja de 10 t.ha⁻¹ con el método BIOINC se puede atribuir a las condiciones óptimas tales como pH cerca del neutro, baja CE del suelo y alto contenido de nutrimentos del suelo como N y P, además de una mayor disponibilidad de agua con los biosólidos como ha sido reportado en diferentes estudios. Por el contrario, el bajo crecimiento de raíces en las dosis altas de biosólidos en ambos métodos de aplicación se puede atribuir

a la alta sensibilidad del zacate banderilla a los efectos negativos de las dosis altas de biosólidos, tales como una disminución del pH del suelo en el método BIOSUP y alta CE del suelo.

Estos resultados concuerdan con el trabajo reportado por Mata-González *et al.* (2002) donde se observó una reducción en la biomasa de raíz con biosólidos aplicados superficialmente en zacate toboso trasplantado bajo condiciones de invernadero. También los resultados de Hahm y Wester (2004) muestran una reducción en longitud de raíz con la aplicación superficial de biosólidos en plántulas de zacate gigante en invernadero, aunque en plántulas de zacate navajita no hubo diferencia. En relación a esto, Chapin (1991) establece que, en general, las plantas sin estrés muestran un menor crecimiento de raíces, puesto que no necesitan mayor volumen para satisfacer sus necesidades.

Cuadro 2. Biomasa (mg.planta⁻¹) y longitud de raíz (mm) (media \pm error estándar) de zacate banderilla con diferentes dosis y métodos de aplicación de biosólidos bajo condiciones de invernadero.

Dosis (t.ha ⁻¹)	Biomasa raíz (mg.pl ⁻¹ , n=3)		Longitud raíz, n=6 (mm)
	BioInc*	BioSup*	
0	2.0 \pm 0.3 ^b	1 \pm 0.2 ^a	5.5 \pm 0.9 ^a
10	11.8 \pm 2.3 ^a	0.9 \pm 0.1 ^a	7.5 \pm 0.3 ^a
20	2.2 \pm 0.5 ^b	0.6 \pm 0.3 ^a	5.7 \pm 0.5 ^a
30	1.9 \pm 0.9 ^b	0.6 \pm 0.3 ^a	4.5 \pm 1.7 ^a
40	0.06 \pm 0.01 ^b	0.3 \pm 0.2 ^a	0.8 \pm 0.3 ^b
50	0.06 \pm 0.01 ^b	0.0 \pm 0.0 ^a	0.2 \pm 0.1 ^b

*BioInc=Biosólidos incorporados al suelo; BioSup=Biosólidos aplicados en forma superficial. Medias con literales iguales dentro de columnas son similares estadísticamente ($P \geq 0.05$).

Propiedades del suelo. El pH del suelo fue influenciado por el método de aplicación de biosólidos ($P \leq 0.0001$) y la interacción dosis x método ($P \leq 0.0001$) (Cuadro 3), mientras que la dosis de aplicación no tuvo efecto significativo ($P \geq 0.6768$). El pH del suelo permaneció similar

entre las dosis en el método BIOINC, disminuyendo a medida que se incrementa la dosis en el método BIOSUP. La CE del suelo fue influenciada por la dosis de aplicación ($P \leq 0.0001$), el método de aplicación ($P \leq 0.0001$) y la interacción dosis x método de aplicación de biosólidos ($P \leq 0.0007$) (Cuadro 3). Para la CE del suelo, los valores más altos se presentaron con las dosis altas de biosólidos en el método BIOINC, mientras que no hubo diferencias entre las dosis en el método BIOSUP. Además, el fósforo ($P \leq 0.0001$) y la materia orgánica ($P \leq 0.0001$) del suelo fueron influenciados solamente por la dosis de biosólidos (Cuadro 3), mientras que las interacciones dosis x método no fueron significativas ($P \geq 0.1556$ y $P \geq 0.0673$). El P del suelo se incrementó con la aplicación de biosólidos, principalmente en las dosis altas desde 20 hasta 50 t.ha⁻¹; mientras que la MO del suelo sólo se incrementó en la dosis de 50 t.ha⁻¹ comparado con el testigo.

Cuadro 3. Propiedades químicas del suelo (media \pm error estándar) con diferentes dosis y métodos de aplicación de biosólidos bajo condiciones de invernadero.

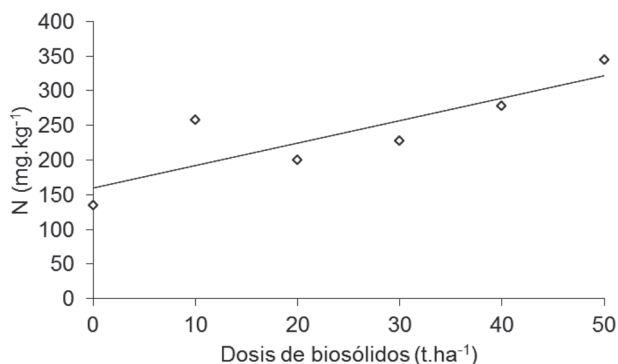
Dosis (t.ha ⁻¹)	pH (n=3)		CE* (dS.m ⁻¹ , n=3)		P* (n=6) (mg.kg ⁻¹)	MO* (n=6) (%)
	BioInc*	BioSup*	BioInc	BioSup		
0	5.6 \pm 0.2 ^a	5.6 \pm 0.5 ^a	1.18 \pm 0.3 ^c	1.60 \pm 0.3 ^a	11 \pm 6 ^b	0.48 \pm 0.1 ^b
10	5.6 \pm 0.1 ^a	5.2 \pm 0.0 ^{ab}	2.58 \pm 0.1 ^b	1.59 \pm 0.2 ^a	33 \pm 26 ^{ab}	0.55 \pm 0.2 ^b
20	5.9 \pm 0.2 ^a	5.2 \pm 0.0 ^{ab}	2.66 \pm 0.6 ^b	1.72 \pm 0.1 ^a	40 \pm 30 ^a	0.55 \pm 0.2 ^b
30	6.2 \pm 0.1 ^a	4.8 \pm 0.1 ^b	2.63 \pm 0.4 ^b	1.94 \pm 0.1 ^a	39 \pm 26 ^a	0.45 \pm 0.2 ^b
40	6.2 \pm 0.1 ^a	4.9 \pm 0.2 ^b	3.40 \pm 0.3 ^{ab}	2.20 \pm 0.2 ^a	33 \pm 16 ^{ab}	0.73 \pm 0.2 ^{ab}
50	6.2 \pm 0.0 ^a	4.8 \pm 0.2 ^b	3.70 \pm 0.4 ^a	2.41 \pm 0.1 ^a	37 \pm 19 ^a	0.87 \pm 0.3 ^a

*CE=Conductividad Eléctrica; P=Fósforo; MO=Materia Orgánica; BioInc=Biosólidos incorporados al suelo; BioSup=Biosólidos aplicados en forma superficial. Medias con literales iguales dentro de columnas son similares estadísticamente ($P \geq 0.05$).

El potasio del suelo no fue influenciado ($P \geq 0.1047$) por la aplicación de biosólidos, con un promedio de 372 mg.kg⁻¹. La Figura 4 muestra el efecto de los biosólidos sobre el contenido de nitrógeno, observándose un efecto significativo ($P \leq 0.0001$) de la dosis de biosólidos, mientras que la interacción dosis x método no fue significativa ($P \geq 0.8139$). La

disminución del pH, el aumento de la CE del suelo y el aumento de nutrientes del suelo con la aplicación de biosólidos, son el resultado de los procesos de descomposición microbial de la materia orgánica de los biosólidos. Algunos autores (Tisdale *et al.*, 1993; Brady y Weil, 1996) reportan que la adición de materiales orgánicos al suelo promueve la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos del suelo, resultando en la generación de diferentes compuestos y sustancias tales como H⁺, CO₂, nitratos, fosfatos y otros derivados de la materia orgánica.

Figura 4. Contenido de nitrógeno en el suelo a los 30 días después de la siembra de zacate banderilla con diferentes dosis de biosólidos bajo condiciones de invernadero. ($Y=159.57 + 3.2371x$; $r^2=0.72$; $n=6$).



Resultados similares sobre el pH, la CE y algunos nutrientes del suelo como P y N se han observado en trabajos de campo con aplicaciones superficiales de biosólidos en pastizales (Jurado *et al.*, 2006a; Jurado *et al.*, 2007). Otro estudio de campo reporta incrementos similares en la CE del suelo y elementos disponibles como el nitrógeno y fósforo, aunque el pH y la MO permanecieron similares con aplicaciones superficiales de biosólidos en un pastizal semiárido de España (Martínez *et al.*, 2003). La incorporación al suelo de los biosólidos tuvo un efecto más notorio que la aplicación superficial sobre algunas variables, lo cual se atribuye a que los biosólidos estuvieron en contacto directo con el suelo, por lo tanto, los procesos de descomposición

fueron más rápidos. En un trabajo similar, la incorporación de biosólidos al suelo en condiciones de invernadero con zacate navajita mostró resultados similares en CE del suelo, nitrógeno disponible y MO del suelo y un poco diferentes en pH, fósforo y potasio (Domínguez-Caraveo *et al.*, 2010), mientras que algunos resultados con la incorporación de biosólidos al suelo en cultivos como maíz forrajero (Uribe *et al.*, 2003) reportan incrementos en nitrógeno del suelo.

Aun cuando los biosólidos inhibieron la emergencia y supervivencia del zacate banderilla, es importante señalar que las dosis bajas de biosólidos (10 y 20 t.ha⁻¹) produjeron plántulas más grandes y pesadas que el testigo. Lo anterior es importante, ya que el tamaño de plántulas y raíz es primordial para el establecimiento de zacates nativos en pastizales (Ries y Svejcar, 1991). Por lo anterior, sería mejor tener pocas plántulas de buen tamaño con dosis bajas de biosólidos que un mayor número de plantas con menor talla y peso con el testigo, ya que las primeras tienen más probabilidades de sobrevivir el invierno y la sequía durante el primer año de crecimiento. Briske y Wilson (1978) coinciden que el establecimiento de las plántulas de zacate navajita depende del crecimiento de la raíz, lo cual también podría aplicarse a otros zacates como el banderilla. De acuerdo con Booth y Haferkamp (1995) la supervivencia de las plántulas dependerá del aporte continuo de recursos durante la etapa de crecimiento. Lo anterior es más factible con la aplicación de biosólidos, ya que como se observó en este trabajo y en otros similares, los biosólidos tienen el potencial de incrementar la humedad y algunos nutrimentos esenciales para las plantas como el N y el P del suelo.

Los biosólidos son un recurso por su contenido de materia orgánica y nutrimentos, los cuales pueden ser aprovechados como abono orgánico en pastizales, bosques y agricultura, ya que mejora la fertilidad del suelo, como ha sido demostrado en diversos estudios (Figuroa *et al.*, 2002; Uribe *et al.*, 2003; Jurado *et al.*, 2007). Además, el aprovechamiento de biosólidos como

abono orgánico es más recomendable que la disposición de biosólidos en rellenos sanitarios o la incineración (Tisdale *et al.*, 1993), opciones que actualmente se están desarrollando. Aunado a esto, la aplicación de biosólidos en agricultura podría incrementarse en respuesta al incremento en la generación de biosólidos, en concordancia con el aumento en el tratamiento de aguas residuales impulsado por el gobierno federal mexicano.

Conclusiones

La emergencia y supervivencia del zacate banderilla disminuyeron ligeramente con la aplicación de biosólidos en dosis de 10 a 20 t.ha⁻¹ en ambos métodos de aplicación, mientras que las dosis altas de 30 a 50 t.ha⁻¹ en ambos métodos de aplicación inhibieron en forma considerable la emergencia y supervivencia de zacate banderilla.


El crecimiento del zacate banderilla fue favorecido con la aplicación de biosólidos en dosis de 10 a 20 t.ha⁻¹, sobre todo en el método de aplicación incorporado, mientras que las dosis altas de 40 a 50 t.ha⁻¹ en ambos métodos de aplicación afectaron negativamente el crecimiento del zacate banderilla.

El uso de biosólidos en dosis bajas tiene potencial para mejorar el establecimiento de especies nativas como el zacate banderilla en condiciones de sequía, sin embargo, es recomendable evaluar el uso de biosólidos en condiciones de campo.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el apoyo financiero para la realización de esta investigación como parte del Proyecto «REHABILITACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS CON EL USO DE BIOSÓLIDOS Y SIEMBRA DE ZACATES NATIVOS EN ZONAS SEMIÁRIDAS» con PRECI 1246110P. También se agradece al Dr. José Luis Ibañez por permitirnos el uso del invernadero en la Universidad Autónoma de Chihuahua y al Dr. Jorge Jiménez Castro por su ayuda en el análisis estadístico de datos.

Literatura citada

- BANKS, M.K., A.P. Schwab, N. Cofield and J.E. Alleman. 2006. Biosolids-amended soils: Part I. Effect of biosolids application on soil quality and ecotoxicity. *Water Environment Research* 78: 2217-2231.
- BENTON, M.W. and D.B. Wester. 1998. Biosolids effects on tobosagrass and alkali sacaton in a Chihuahuan desert grassland. *Journal of Environmental Quality* 27: 199-208.
- BOOTH, D.T. and M.R. Haferkamp. 1995. Morphology and seedling establishment. In: D.J. Bedunah and R.E. Sosebee (eds.). *Physiological Ecology and Developmental Morphology. Society for Range Management, Denver*, pp. 239-290.
- BRADY, N.C. and R.R. Weil. 1996. The nature and properties of soils, eleventh ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- BRISKE, D.D. and A.M. Wilson. 1978. Moisture and temperature requirements for adventitious root development in blue grama seedlings. *Journal of Range Management* 31: 174-178.
- CHAPIN, F.S. 1991. Effects of multiple environmental stresses on nutrient availability and use, in: Mooney, H.A., Winner, W.E., Pell, E.J. (Eds.), *Response of plants to multiple stresses*. Academic Press, San Diego, pp. 67-88.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la determinación de los Coeficientes de Agostadero). 1979. Chihuahua. SARH. México, D.F. 234 p.
- COX, J.R., M. Martin, F. Ibarra and H. Morton. 1986. Establishment of range grasses on various seedbeds at creosotebush sites in Arizona and Chihuahua, Mexico. *Journal of Range Management* 39: 540-546.
- DOMÍNGUEZ-CARAVEO, H., P. Jurado y A. Melgoza-Castillo. 2010. Emergence and survival of blue grama with biosolids under greenhouse conditions. *Journal of Arid Environments* 74: 87-92.
- ESQUEDA, C.M.H., A. Melgoza, M. Sosa, R. Carrillo y J. Jiménez. 2005. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad en tres tipos de suelo. *Técnica Pecuaria en México* 43: 101-115.
- ESQUEDA, C.M.H., S. Echavarría, J.S. Santos, P. Jurado y R. Escobar. 2004. Tecnología para el establecimiento de gramíneas en áreas de agricultura marginal. Publicación Técnica #1. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Campana. 13 pp.
- FIGUEROA, V.U., M.A. Flores y M. Palomo. 2002. Uso de biosólidos en suelos agrícolas. Folleto técnico No.3. Campo Exp. Valle de Juárez. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC.
- FRESQUEZ, P.R., R.E. Francis y G.L. Dennis. 1990. Soil and vegetation responses to sewage sludge on a degraded semiarid broom snakeweed-blue grama plant community. *Journal of Range Management* 43: 325-331.
- HAHM, J.M. y D.B. Wester. 2004. Effects of surface-applied biosolids on grass seedling emergence in the Chihuahuan desert. *Journal of Arid Environments* 58: 19-42.
- HILLEL, D. 1998. Environmental Soil Physics, second ed. Academic Press, San Diego, CA.
- JURADO, P. and D.B. Wester. 2001. Effects of biosolids on tobosagrass growth in the Chihuahuan desert. *Journal of Range Management* 54: 89-95.
- JURADO, G.P., M. Luna, R. Barretero, M. Royo y A. Melgoza. 2006a. Producción y calidad de forraje y semilla del zacate navajita con la aplicación de biosólidos en un pastizal semiárido de Jalisco. *Técnica Pecuaria en México* 44: 289-300.
- JURADO-GUERRA, P., D.B. Wester and E. B. Fish. 2006b. Soil nitrate nitrogen dynamics after biosolids application in a tobosagrass desert grassland. *Journal of Environmental Quality* 35: 641-650.
- JURADO, P., T. Arredondo, E. Flores, V. Olalde y J. Frias. 2007. Efecto de los biosólidos sobre la humedad y nutrientes del suelo y producción de forraje en pastizales semiáridos. *Terra Latinoamericana* 25: 211-218.
- KIRK, R. 1982. Experimental Design, second ed. Brooks/Cole, Monterey, CA.
- KRAMER, J.P. 1983. Water Relations of Plants, first ed. Academic Press, San Diego, CA.
- MARTÍNEZ, F., G. Cuevas, R. Calvo and I. Walter. 2003. Biowaste on soil and native plants in a semiarid ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 32: 472-479.
- MATA-GONZÁLEZ, R., R.E. Sosebee and C. Wan. 2002. Shoot and root biomass of desert grasses as affected by application of biosolids. *Journal of Arid Environments* 50: 477-488.
- MEDINA, G., G. Díaz, M. Berzoza, M. Silva, A.H. Chávez y A.D. Báez. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua. Libro Técnico No. 1. INIFAP-SAGARPA.
- MOFFET, C.A., R.E. Zartman, D.B. Wester and R.E. Sosebee. 2005. Surface biosolids application: Effects on infiltration, erosion, and soil organic carbon in Chihuahuan desert grasslands and shrublands. *Journal of Environmental Quality* 34: 299-311.
- MORALES, N.C.R. 2001. Establecimiento de pastos en agostaderos utilizando obras para captar agua de lluvia. Folleto Técnico Núm. 6. Campo Experimental La Campana-INIFAP-SAGARPA.
- MORALES, N.C. y A. Melgoza C. 2010. Características productivas de zacates forrajeros importantes en el norte de México. Folleto Técnico 28. INIFAP-CIRNOC-Sitio Exp. La Campana-Madera. 51 pp.
- RIES, R.E. and T.J. Svejcar. 1991. The grass seedling: when is it established? *Journal of Range Management* 44 : 574-576.
- SAS, 2005. SAS User's guide for linear models. SAS Institute Inc., Cary.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección Ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/normas/pages/normasoficialesmexicanasvigentes. (accesado Mayo 2011).
- SHAPIRO, S.S. and M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591-611.
- TISDALE, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton and J.L. Havlin. 1993. Soil fertility and fertilizers, fifth ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- URIBE, M.H.R., N. Chávez S., G. Orozco H. y M.S. Espino V. 2003. Biosólidos digeridos anaeróbicamente en la producción de maíz forrajero. *Agricultura Técnica en México* 29: 25-34.
- ZUBILLAGA, M.S. and R.S. Lavado. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at different degrees of maturity to biosolids and animal manures. *Compost Science & Utilization* 14: 267-271. 

Este artículo es citado así:

Jurado-Guerra, P., H. Domínguez-Caraveo, A. Melgoza-Castillo y C. Morales-Nieto. 2012: *Emergencia y crecimiento del zacate banderilla [Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.] con biosólidos en condiciones de sequía*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 6(1): 57-67.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

PEDRO JURADO GUERRA. Terminó su licenciatura en 1985, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Estados Unidos, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencias de Pastizales en 1996 por la Texas Tech University, y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Ciencias de Pastizales en 2000 por la Texas Tech University. Desde 1985 labora en el INIFAP y posee la categoría de Investigador Titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2001 a la fecha. Su área de especialización es el manejo de pastizales, con énfasis en rehabilitación de pastizales y almacén/captura de carbono en pastizales. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, 4 de maestría y 2 de doctorado. Es autor/coautor de aproximadamente 20 artículos científicos, más de 50 ponencias en congresos nacionales e internacionales, y 2 capítulos de libros técnico-científicos; ha dirigido 5 proyectos de investigación sobre conservación, rehabilitación y manejo de pastizales. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundaciones Produce. Es árbitro de revistas científicas a nivel nacional (Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias) e internacional (Rangeland Ecology and Management). Es miembro de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales (SOMMAP), el Colegio Nacional de Ingenieros Zootecnistas y la Society for Range Management. Es Presidente del grupo Colegiado del Campo Experimental La Campana-INIFAP. Es líder nacional del Programa de Investigación de Pastizales y Forrajes del INIFAP. Integrante del Cuerpo Académico No. 16 «Recursos Naturales y Ecología» de la UACH. Perteneció al Grupo de Expertos en Pastizales de la Comisión para la Cooperación Ambiental.

HÉCTOR DOMÍNGUEZ CARAVEO. Obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1980 por la Escuela Superior de Agricultura de la Universidad Autónoma de Chihuahua. En la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua realizó estudios de posgrado obteniendo en el año 2000 el grado de Maestro en Ciencias en el área de Manejo de Pastizales y Ecología, y en 2008 el grado de Doctor en Filosofía en área de Manejo de Recursos Naturales. Desde 1979 ha desempeñado diversas labores dentro de la Secretaría de Educación Pública, y desde 1992 está adscrito al Centro de Investigación para los Recursos Naturales, ubicado en Salta, Chih.; del cual fue director fundador, también se ha desempeñado dentro de ese Centro de Investigación como Subdirector de Investigación y actualmente funge como Subdirector Técnico. Se ha especializado en estudios de la flora nativa de una porción del «Desierto Chihuahuense». Ha participado como ponente en 28 congresos nacionales y 3 internacionales. Ha dirigido 25 proyectos de investigación y transferencia de tecnología financiados por diferentes fuentes.

ALICIA MELGOZA CASTILLO. Terminó su licenciatura en 1977, año en que le fue otorgado el título de Biólogo por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó su posgrado en EUA, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Manejo de Pastizales en 1985 por la Universidad de Arizona y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Ecología de Pastizales en 1995 por la Universidad Estatal de Nuevo México. De 1978 al 2007 laboró en el Campo Experimental La Campana del INIFAP. A partir del 2007 ha estado trabajando en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1990 (candidato 1990-1996; Nivel 1 2006-2009). Su área de especialización está relacionada con taxonomía y ecofisiología de plantas nativas. Ha dirigido 12 tesis de licenciatura, 7 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de aproximadamente 50 artículos científicos, más de 100 ponencias en congresos, 4 capítulos de libros científicos y 1 libro; además ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua y es árbitro de revistas científicas de circulación nacional e internacional.

CARLOS RAÚL MORALES NIETO. Ingeniero Zootecnista egresado en 1982 de la Facultad de Zootecnia (UACH) con doctorado en el Colegio de Posgraduados en 2006, Texcoco, Edo. México. Investigador en Manejo de Pastizales, Recursos Genéticos y Biotecnología en el Campo Experimental Campana-Madera de 1982 a la fecha, INIFAP. Integrante del Cuerpo Académico No. 16 «Recursos Naturales y Ecología» de la UACH. Investigador nacional Nivel I (SNI). Autor de 11 artículos científicos y siete como coautor. Dos libros técnicos y participación en ocho capítulos de libros, 58 resúmenes científicos nacionales, 29 resúmenes científicos internacionales, 22 resúmenes científicos en publicaciones especiales, ponente en 42 congresos, simposios o reuniones científicas, autor de nueve diagnósticos descriptivos, participación como instructor en 38 cursos cortos a profesionistas y en 27 cursos cortos a productores, autor de 14 folletos técnicos y 10 como colaborador. Asesor de ocho tesis concluidas y cinco en proceso. Participación en 18 conferencias sobre pastizales, forrajes y recursos genéticos. Participación en 30 revistas divulgativas con temas de manejo de pastizales, forrajes y recursos genéticos. Líneas de investigación enfocadas a la caracterización morfológica y molecular de recursos genéticos, manejo y conservación de los recursos genéticos. Actualmente, Líder Nacional del Programa de investigación en Recursos Genéticos Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos. Revisor del Comité Evaluador de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Revisor del Comité Evaluador de la Revista Colombiana de Biotecnología, Miembro del Registro de CONACYT de Evaluadores Acreditados. Área. Biotecnología, Miembro del Cuerpo Colegiado Nacional del INIFAP y del Campo Experimental Campana-Madera y Evaluador de Proyectos de Investigación de la Fundación Produce Chihuahua.