

# Captación de agua de lluvia y retención de humedad edáfica en el establecimiento de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

## Rain water harvesting and soil moisture retention in the establishment of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)

Adriana Cruz Martínez<sup>a</sup>, Aurelio Pedroza Sandoval<sup>a</sup>, Ricardo Trejo Calzada<sup>a</sup>,  
Ignacio Sánchez Cohen<sup>b</sup>, José Alfredo Samaniego Gaxiola<sup>c</sup>,  
Ramón Hernández Salgado<sup>a</sup>

### RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de retenedores de humedad edáfica, en el establecimiento de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L) en un sistema de microcuencas captadoras de agua de lluvia. Se evaluaron cuatro dosis de hidrogel: 0, 5, 10 y 15 kg ha<sup>-1</sup> y dos dosis de vermicomposta: 0 y 40 t ha<sup>-1</sup>. El efecto de la dosis de hidrogel fue independiente del efecto de la dosis de vermicomposta, respecto a la retención de humedad en el suelo y el crecimiento y desarrollo de la planta. A los 241 días después de la siembra (dds), el contenido de humedad edáfica fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) cuando se aplicaron 5, 10, y 15 kg ha<sup>-1</sup>, con valores de 25, 23.2 y 23.4 %, respectivamente, sin diferencia estadística entre dosis, pero sí con el testigo (17.5 %). A los 346 dds, se observó un efecto similar, el cual se pierde a los 372 dds; en tanto que la emergencia de plántulas fue significativamente mayor (47.7 %) cuando se aplicaron 15 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel, respecto al testigo (29 %) ( $P \leq 0.05$ ). La altura de planta y el peso de materia seca, así como la actividad fotosintética, fueron significativamente mayores al testigo, cuando se aplicó el hidrogel en cualquiera de las dosis. Finalmente, la aplicación de 40 t ha<sup>-1</sup> de vermicomposta, incrementó significativamente el contenido de humedad en el suelo y produjo una mayor cantidad de materia seca de pasto buffel.

**PALABRAS CLAVE:** Humedad edáfica, Agua de lluvia, Pasto, Forraje.

### ABSTRACT

Drylands are of high ecological vulnerability due to low vegetative cover and erratic and torrential rainfalls. The aim of this study was to evaluate the use of different sources and rates of soil moisture retainers in the establishment of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L) in a micro watershed system of rainwater. A randomized block design with three replications was used. Four hydrogel doses: 0, 5, 10 and 15 kg ha<sup>-1</sup> and two vermicompost doses: 0 and 40 t ha<sup>-1</sup>, were tested. The dose effect of the hydrogel was independent of vermicompost dose effect, on soil moisture retention and the growth and development of the plant. The soil moisture values when 5, 10 and 15 kg hydrogel ha<sup>-1</sup> were applied (25, 23.2 and 23.4 %, respectively) were higher ( $P \leq 0.05$ ), than the control (17.5 %) 241 d after sowing (das). However, there were not statistical differences among doses of hydrogel other than the control. A similar effect was found at 346 das; but not to 372 das, where the effect was lost. Plant emergency was significantly higher (47.7 %) when 15 kg ha<sup>-1</sup> of hydrogel were applied, compared to the control (29 %) ( $P \leq 0.05$ ). Plant height and weight of dry matter and a higher photosynthetic activity were significantly greater in treatments with hydrogel than in the control; there were not statistical differences among doses. Finally, the application of 40 t ha<sup>-1</sup> vermicompost significantly increased the moisture content in the soil and a higher amount of buffel grass dry matter.

**KEY WORDS:** Soil moisture, Rainwater, Grass, Forage.

Recibido el 3 de septiembre de 2014. Aceptado el 24 de noviembre de 2014.

<sup>a</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, Chihuahua, México. apedroza@chapingo.uazu.edu.mx. Correspondencia al segundo autor.

<sup>b</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera, INIFAP. México.

<sup>c</sup> Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. México.

## INTRODUCCIÓN

México cuenta con ambientes áridos Clase B en una extensión territorial superior al 50 %, con diversos grados de aridez y de alto riesgo por el impacto ambiental por la escasez de recursos hídricos<sup>(1)</sup>. El manejo del agua en estas regiones, se orienta desde los sistemas de captación de agua de lluvia, hasta los sistemas eficientes de riego, así como las técnicas de retención de humedad edáfica y el uso de materiales genéticos tolerantes al estrés hídrico<sup>(2,3,4)</sup>. El sistema de microcuencas captadoras de agua de lluvia, suele ser una alternativa cada vez más generalizada en las regiones áridas. Usualmente se utilizan las microcaptaciones conjuntamente con técnicas auxiliares como la labranza y prácticas de conservación de la humedad en el suelo, entre otras.

La ventaja de las técnicas de microcaptación de agua de lluvia, es la posibilidad de combinarlas con las de conservación de humedad en el suelo, ante eventos de precipitación torrencial y altos escurrimientos y con ello tener un mejor control de la erosión. Las microcuencas son unidades espaciales de diversas dimensiones, desde las más pequeñas pudiendo ser desde 1 m<sup>2</sup> hasta de mayores dimensiones, según lo requieran las condiciones específicas del lugar, y que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua, tales como escorrentía, erosión hídrica y producción de sedimentos, normalmente se analizan sobre este tipo de unidades espaciales. De acuerdo al Manual de captación y aprovechamiento de agua de lluvia<sup>(5)</sup>, las técnicas de microcaptación involucran: conservación del suelo; aumento de la disponibilidad de agua para los cultivos; mitigar los efectos de la sequía y mejorar el entorno ecológico.

El establecimiento de especies vegetales, como pastos nativos o introducidos, es una alternativa adicional que coadyuva al proceso de

## INTRODUCTION

Mexico has Class B arid environments covering more than 50 % of its territorial expanse with varying degrees of aridity and high environmental impact risk due to shortage of water resources<sup>(1)</sup>. Water management in these regions includes using rainwater capture systems, efficient irrigation methods, as well as techniques of soil moisture retention and the use of genetic materials tolerant to water stress<sup>(2,3,4)</sup>. Micro-basin catchments systems to capture rainwater, are becoming an increasingly widespread alternative in arid regions. Micro catchments are usually used in conjunction with ancillary techniques such as tillage and soil moisture conservation practices, among others.

The advantage of the micro catchment rainwater techniques, is that it provides the possibility of combining conservation of soil moisture with events of torrential rainfall and high runoff, and thus provide better control of erosion. Micro-basins are spatial units of various sizes, the smallest can be from 1 m<sup>2</sup> to larger, as required by specific conditions, which rely primarily on the hydrological concept of land division. The processes associated with water resources, such as runoff, water erosion and sediment yield, are normally discussed in these types of spatial units. According to the Manual of collection and use of rainwater<sup>(5)</sup>, micro catchment techniques involve: soil conservation; increasing the availability of water for crops; mitigating effects of drought and improving the ecological landscape.

The establishment of plant species, both native and introduced grasses, is an alternative that contributes to the regeneration process, avoiding the loss of soil from erosion, and promoting moisture retention in the soil. If the application of soil moisture retainers as well as contributors of nutrients are added during the establishment of vegetation, the effect of water capture in micro-basins can be enhanced. In particular, vermicompost provides great benefits to agricultural crops, as well as promoting greater

regeneración, evitando la pérdida de suelo por efecto de la erosión, y favorecer la retención de humedad en el suelo. Si al establecimiento de vegetación, se agrega la aplicación de retenedores de humedad edáfica y a la vez aportadores de nutrimentos, el efecto de captación de agua en microcuencas se puede potenciar. En particular, la vermicomposta tiene grandes beneficios para los cultivos agrícolas, ya que además de propiciar una mayor retención de la humedad en el suelo, el humus obtenido en el proceso final del composteo ayuda a la formación de bacterias esenciales para facilitar la fijación de nitrógeno; acelera el desarrollo de la raíz y los procesos de floración y maduración del cultivo; los ácidos fúlvicos y húmicos proporcionan una gran cantidad de nutrientes asimilables de forma inmediata para la planta y con persistencia de hasta cinco años en el suelo; y contienen una alta carga microbiana (40 mil millones  $g^{-1}$  de suelo seco), la cual ejerce una actividad biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos<sup>(6)</sup>. Otra alternativa es el uso sintético de retenedores de humedad denominados copolímeros de poliácridamida, los cuales al ser adicionados en el suelo, absorben y retienen grandes cantidades de humedad y nutrientes, manteniéndolos disponibles para la planta<sup>(7)</sup>.

El objetivo de este estudio, fue evaluar la respuesta de diferentes dosis de hidrogel y vermicomposta en la retención de humedad edáfica y el establecimiento de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un sistema de microcuencas captadoras de agua de lluvia en suelos calcáreos de baja cobertura vegetal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Municipio de Mapimí, del estado de Durango, México, localizado a 25° 52' 23.65" N y 103° 43' 41.74" O, y altitud de 1,171 m. Con clima BWhw(e), que corresponde a muy árido, semicálido con lluvias en verano y de amplitud térmica extremosa. La precipitación promedio anual es

retention of moisture in the soil, the humus obtained at the end of the composting process helps the formation of bacteria essential for facilitating nitrogen fixation; thus accelerates root development and flowering and ripening processes of the crops; fulvic and humic acids provide a lot of nutrients that can be assimilated immediately by the plant and persist up to five years in soil; and they contain a high microbacterial load (40 billion  $g^{-1}$  dry soil), which encourages biodynamic activity and improves the organoleptic characteristics of the plants, flowers and fruits<sup>(6)</sup>. Another alternative is the use of synthetic moisture retainers called polyacrylamide copolymers, which when added to the soil absorb and retain large amounts of moisture and nutrients, keeping them available for the plant<sup>(7)</sup>.

The aim of this study was to evaluate the response of different dosages of hydrogel and vermicompost on soil moisture retention and the establishment of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) in rainwater micro-basin capturing systems that are in calcareous soils with low vegetation cover.

## MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the municipality of Mapimí, in the state of Durango, Mexico, located at 25° 52' 23.65" N and 103° 43' 41.74" W, at an altitude of 1,171 m. It has a BWhw(e) climate, which corresponds to a very arid, semi-arid with summer rains and extreme temperature ranges. The annual average rainfall is 240 mm and annual evaporation is 1,898 mm. The maximum monthly average temperature is 36.3 °C and the average monthly minimum temperature is 2.8 °C<sup>(8)</sup>. The soil where the experiment was carried out are calcareous topsoils with 13 % total carbonate ( $CaCO_3$ ), pH 8.2, relatively poor in organic matter with a value less than 2.3 % and of a clay loam texture<sup>(9)</sup>.

### *Experimental design*

The experimental design involved using a randomized block with three repetitions. Four

de 240 mm y la evaporación anual de 1,898 mm. El promedio de temperatura máxima mensual es de 36.3 °C y la temperatura mínima mensual media es de 2.8 °C<sup>(8)</sup>. El suelo donde se estableció el experimento, corresponde a un suelo superficial calcáreo con 13 % de carbonatos totales (CaCO<sub>3</sub>), pH de 8.2, relativamente pobre en materia orgánica con un valor menor de 2.3 % y de textura franco arcilloso<sup>(9)</sup>.

### *Diseño experimental*

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se probaron cuatro dosis de hidrogel: 0, 5, 10 y 15 kg ha<sup>-1</sup> y dos de vermicomposta: 0 y 40 t ha<sup>-1</sup> en base a peso seco, correspondiente a un factorial 4x2, con 8 tratamientos por repetición. La unidad experimental fue la microcuenca de 2 m<sup>2</sup> (2 m largo x 1 m ancho), construidas con maquinaria. Los 8 tratamientos de cada repetición fueron aleatorizados en sentido norte-sur, con tres hileras en las tres repeticiones (una por repetición) con una distancia de 4 m entre hileras y 4 m entre cada microcuenca dentro de cada hilera. En la parte central de cada microcuenca, se seleccionaron tres plantas que aleatoriamente fueron interceptadas por un transepto de 30 cm trazado a lo largo de la microcuenca. A partir de estas plantas, se obtuvieron las medidas de crecimiento y desarrollo.

La vermicomposta se obtuvo a partir de composteo por acción de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) procesada en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo y con un contenido nutrimental predeterminado<sup>(10)</sup>. El hidrogel utilizado es un producto comercial granulado, el cual tiene un contenido de materia seca de 85 a 90 %, densidad aparente de 0.85 g ml<sup>-1</sup>, peso específico de 1.10 g cm<sup>-3</sup>, y pH de 8.1. El producto ofrece un máximo de absorción de 150 veces su propio volumen y una capacidad de retención de 980 ml de agua L<sup>-1</sup>, con una disponibilidad de 95 % y una vida

dosages of hydrogel were tested: 0, 5, 10 and 15 kg ha<sup>-1</sup> as well as two vermicompost dosages: 0 and 40 t ha<sup>-1</sup> based on dry weight, corresponding to a 4x2 factorial, with 8 repeat treatments. The experimental unit was a micro-basin of 2 m<sup>2</sup> (2 m long x 1 m wide), built with machinery. The 8 treatments of each repetition were randomized in a north-south direction, with three rows for the three repetitions (one per repetition) with a distance of 4 m between rows and 4 m between each micro-basin within each row. In the center of each micro-basin, three plants were randomly selected that intercepts a 30 cm transect along the length of the micro-basin. From these plants, growth and development measurements were obtained.

The vermicompost was obtained from composting action of the Californian red worm (*Eisenia fetida*) processed at the University of Arid Zones Regional Unit of the Autonomous University of Chapingo with a predetermined nutritional content<sup>(10)</sup>. The hydrogel used was a granulated commercial product, which had a dry matter content of 85 to 90 %, bulk density of 0.85 g ml<sup>-1</sup>, specific gravity of 1.10 g cm<sup>-3</sup>, and pH of 8.1. The product has an absorption maximum of 150 times its own volume and retention capacity of 980 ml water L<sup>-1</sup>, with an availability of 95 % and a productive life of 5 yr. Dosages that are recommended are 5 to 25 kg ha<sup>-1</sup>, depending on the type of soil, crop and climate<sup>(7)</sup>.

Once micro-basins were built with use of pick and shovel, it was made a 20 cm bed floor where the vermicompost was mixed manually in the corresponding dosages per experimental unit. Later, grasses were planted simultaneously with the application of the hydrogel. The first at a density of 150 seeds m<sup>-2</sup> and second, corresponding to the dosage: 0, 5, 10 or 15 kg ha<sup>-1</sup>. For this exercise, a rake was used to remove the surface layer of soil, then the seed and hydrogel were "scattered", trying to leave the seed and hydrogel slightly covered by a thin layer of moist soil not more than 5 cm after raking. The experiment was begun on

productiva de cinco años. Las dosis en que se recomienda son de 5 a 25 kg ha<sup>-1</sup>, dependiendo del tipo de suelo, cultivo y clima<sup>(7)</sup>.

Una vez construidas las microcuencas, con uso de pico y pala se procedió a hacer una cama de suelo de 20 cm, en la cual se mezcló manualmente la vermicomposta en la dosis correspondiente por unidad experimental. Posteriormente se realizó la siembra del pasto de manera simultánea a la aplicación del hidrogel. La primera a una densidad de 150 semillas m<sup>-2</sup> y la segunda, según la dosis correspondiente: 0, 5, 10 o 15 kg ha<sup>-1</sup>. Para esta práctica, se usó rastrillo para remover la capa superficial de suelo, haciendo la aplicación de la semilla e hidrogel al "voleo", procurando dejar la semilla y el hidrogel ligeramente cubiertos por una delgada capa de suelo húmedo no mayor a 5 cm mediante paso de rastrillo. El experimento se estableció el 21 de junio de 2012 y las evaluaciones se realizaron durante 2012 y 2013.

#### *Variables*

Contenido de humedad edáfica (%) a 20 cm de profundidad medida en diferentes fechas: 14 y 29 de agosto y 4 y 19 de diciembre de 2012, que correspondieron a 84, 99, 196 y 211 días después de la siembra (dds), tomando el promedio de las lecturas de tres sitios dentro de la microcuenca (dos extremos y un sitio medio a lo largo del rectángulo), mediante el uso de un determinador de humedad Marca Lutron Modelo PMS-714, digital con medición en tiempo real. Porcentaje de emergencia de plántulas del pasto, obtenido del conteo de plántulas de las semillas germinadas, dividiendo el valor entre el total de semillas sembradas por unidad de superficie (m<sup>2</sup>) 10 días después de la siembra, multiplicado por 100. Altura de planta (cm), medida en tres plantas en cada microcuenca, con uso de cinta métrica graduada en centímetros. Cobertura registrada mediante uso de malla de 1 m<sup>2</sup> graduada en decímetros cuadrados. Vigor, referido específicamente a la condición de turgidez de la planta, en una escala

June 21<sup>st</sup>, 2012 and evaluations were conducted during 2012 and 2013.

#### *Variables*

Soil moisture content (%) at a depth of 20 cm were measured at different times: 14<sup>th</sup> and 29<sup>th</sup> of August and on the 4<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> of December 2012, corresponding to 84, 99, 196 and 211 d after planting (dap), average readings were taken by measuring three sites within the micro-basin (two at the extreme ends and a site in the middle along the rectangle) by using a moisture analyzer Brand Lutron Model PMS-714, with real-time digital measurement readout. Percentage of seedling emergence of grass seedlings were obtained by counting germinated seeds, dividing the value by the total of seeds sown per unit area (m<sup>2</sup>) 10 d after planting, multiplied by 100. Plant height (cm) was measured for three plants in each micro-basin, with use of tape graduated in centimeters. Coverage area was recorded by using a 1 m<sup>2</sup> square decimeter graded mesh. Vigor, specifically referring to the condition of relative plant turgidity, on a scale of 0 to 5, where 0 corresponded to the plant almost wilting and 5 to a turgid plant and the other correspond to intermediate values. The last four variables were measured six times on different dates: 4<sup>th</sup> of September, 10<sup>th</sup> of October, and the 25<sup>th</sup> of November 2012, and corresponded to 74, 110 and 156 dap, and on the 29<sup>th</sup> of May, 11<sup>th</sup> of September and the 7<sup>th</sup> of October 2013, which corresponded to 241, 346 and 372 dap, respectively; while the dry matter in g m<sup>-2</sup> oven-dried to a constant weight was measured only once at 241 dap. Additionally, in the first week of November 2013 photosynthesis was measured in units of mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, conductance in mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> and transpiration in mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, using an Infrared gas analyzer IRGA (for its acronym in English) Model LI-6400. For this end, leaf readings were taken from the upper middle third from each plant, in each of the micro-basins.

de 0 a 5, donde 0 correspondió a la planta casi en estado de marchitez y 5 a una planta túrgida y sus correspondientes valores intermedios. Estas últimas cuatro variables se midieron seis veces en el tiempo: 4 de septiembre, 10 de octubre y 25 de noviembre del 2012, correspondiente a 74, 110 y 156 dds y 29 de mayo, 11 de septiembre y 7 de octubre de 2013, correspondiente a 241, 346 y 372 dds, respectivamente; en tanto que la materia seca en  $g\ m^{-2}$  secada al horno a peso constante, se midió una sola vez a los 241 dds. Adicionalmente en la primera semana del mes de noviembre de 2013 se midió la fotosíntesis en  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , conductancia en  $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  y transpiración en  $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ , mediante el uso del analizador de gases por rayos infrarrojos IRGA (por sus siglas en inglés) Modelo LI-6400. Para ello, se tomó la lectura de una hoja del tercio medio superior de cada planta, de tres, en cada microcuenca.

#### *Procesamiento de datos*

Se usó el paquete SAS Versión 9.0, para realizar el análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias Tukey para determinar el efecto de tratamiento; así como el análisis de regresión para identificar la tasa de crecimiento de la planta. Adicionalmente se realizó un análisis de regresión y de varianza y prueba de rango múltiple de medias entre fechas de muestreo, mediante un arreglo de datos en parcelas divididas en el tiempo<sup>(11)</sup>. Para ello, esta técnica promedia los valores de los primeros factores de variación planteados en el estudio (dosis de hidrogel y dosis de vermicomposta) y los clasifica por repetición y fecha de muestreos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La baja precipitación registrada en 2012 y 2013 en el área de influencia donde se llevó a cabo el presente estudio, de 196 y 199.8 mm, respectivamente (la cual está por debajo de la media regional anual que es de 240 mm<sup>(8)</sup>), se estima de impacto negativo desde el punto de vista agropecuario y forestal, en particular sobre

#### *Data processing*

SAS version 9.0 package was used for analysis of variance and Tukey mean multiple range test to determine the effect of treatments, and regression analysis to identify the rate of plant growth. Additionally, an analysis of variance and regression and multiple range test of means was carried out by sampling dates by arranging data in plots as a function of time<sup>(11)</sup>. To do so, this technique averages the values of the first variation factors arising in the study (dosage of hydrogel and dosage of vermicompost) and then they are classified by repetition and sampling date.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The low rainfall recorded in 2012 and 2013 in the area where this study was conducted, corresponds to 196 and 199.8 mm, respectively, which is below the annual regional average of 240 mm<sup>(8)</sup> estimated negative impact from the point of view of agriculture and forestry, particularly on native vegetation, such as with grasses and other plant species that are part of the diet of grazing cattle<sup>(12)</sup>. During this evaluation phase, albeit with some degree of variability, some trends of treatment were identified, similar to that reported in other study, but in conditions of high rainfall when growing *Brachiaria* spp<sup>(13)</sup>. According to the analysis of variance and multiple range mean Tukey test ( $P \leq 0.05$ ) there was no interaction effect between the two factors of variation tested in this study (dosage of hydrogel and dosage of vermicompost), thus the database was analyzed for variation factors independently.

#### *Moisture content in soil*

At 241 dap (29 May, 2013), the moisture content was significantly higher ( $P < 0.05$ ), and then decreased at 346 dap (September 11) and 372 dap (October 7), with average values of 22.5, 16.8 and 8.2 %, respectively (Figure 1). This trend is related to precipitation events during May and June, followed by a period of drought during July and August, which is accompanied

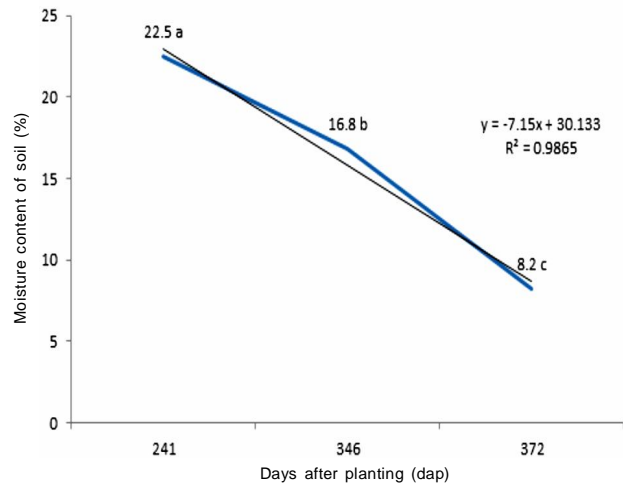
la vegetación nativa, como el pasto y otras especies de plantas que son parte de la dieta del ganado de pastoreo<sup>(12)</sup>. Durante esta fase de evaluación, aunque con cierto grado de variabilidad, se identificaron algunas tendencias de efecto de tratamiento, similar a lo reportado en otro estudio, pero en condiciones de alta precipitación en el cultivo de *Brachiaria* spp<sup>(13)</sup>. De acuerdo al análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ) no hubo efecto de interacción entre los dos factores de variación probados en este estudio (dosis de hidrogel y dosis de vermicomposta), por lo que se procedió a analizar la base de datos por factores de variación de manera independiente.

#### Contenido de humedad en el suelo

A los 241 dds (29 de mayo de 2013), el contenido de humedad fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ), para luego decrecer a los 346 dds (11 de septiembre) y 372 dds (7 de octubre), con valores promedios de 22.5, 16.8 y 8.2 %, respectivamente (Figura 1). Lo anterior relacionado a los eventos de precipitación durante los meses de mayo y junio, para posteriormente entrar al período de estiaje durante los meses de julio y agosto, el cual se acompaña de una ausencia significativa de precipitación pluvial<sup>(14)</sup>. Aun cuando no hay diferencia significativa de precipitación entre 2012 y 2013, el hecho de que ya estuviera establecido el pasto desde el año anterior, permitió una mayor expresión de los tratamientos aplicados en las microcuencas en el 2013. Aunque se registró una curva de abatimiento significativa en las tres fechas de muestreo, de acuerdo a lo identificado en la Figura 1, el contenido de humedad edáfica siempre fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) cuando se aplicó el hidrogel, al menos en las dos primeras fechas de muestreo (241 y 346 dds), con valores en la primera fecha (241 dds) de 25, 23.2 y 23.4 % al aplicar 5, 10 y 15 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, vs 17.5 % en el testigo; un comportamiento similar de efecto fue observado en la segunda fecha de muestreo (346 dds); en tanto que a los 372 dds, el efecto de retención de humedad

Figura 1. Curva de abatimiento de humedad del suelo en diferentes fechas de muestreo en días después de la siembra (2013)

Figure 1. Soil moisture content at different sampling dates in days after planting (2013)

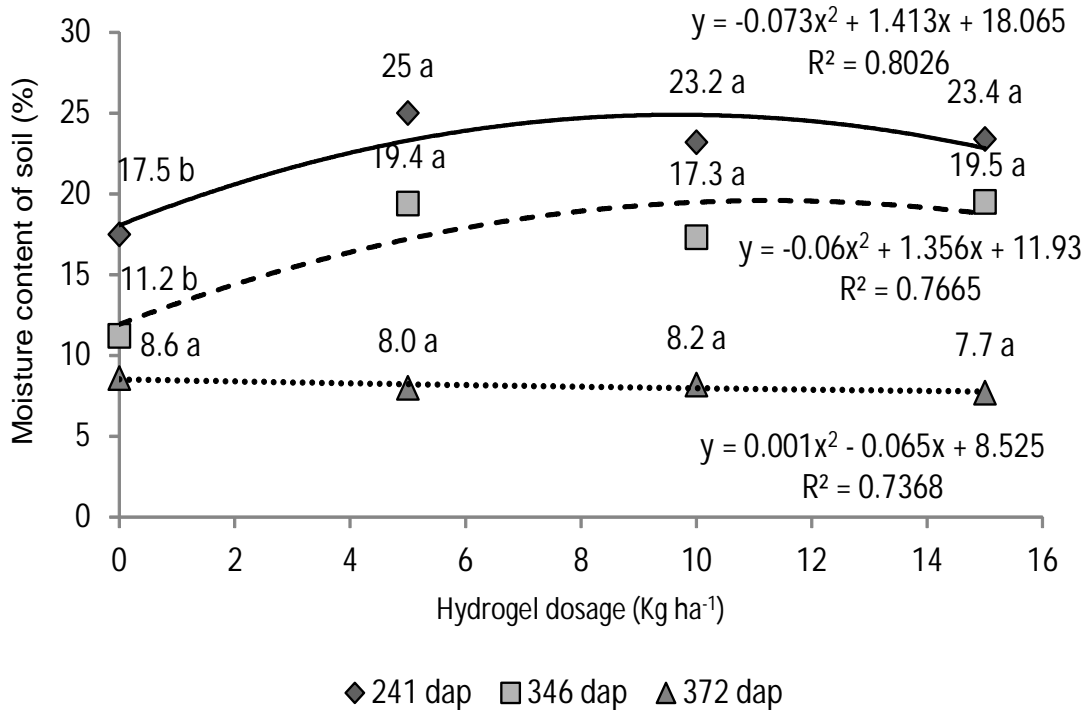


abc Values with different letters are different ( $P < 0.05$ ).

by a significant lack of rainfall<sup>(14)</sup>. Although there was no significant difference in precipitation between 2012 and 2013, that the grass was already established the previous year, allowed for a greater expression of treatments applied to the micro-basins in 2013. Although the curve declined and showed significant differences at all three sampling dates, the soil moisture content was always higher ( $P < 0.05$ ) when the hydrogel was applied at least for the first two sampling times (241 and 346 dap), with values on the first date (241 dap) of 25, 23.2 and 23.4 % when applying 5, 10 and 15 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, vs 17.5 % in the control. A similar pattern was observed in the second sampling date (346 dap); while at 372 dap, the effect of moisture retention ceased to manifest itself, where different dosages of hydrogel were equal to the control ( $P > 0.05$ ) (Figure 2). This means that after about 5.23 mo (157 d after the first sample) without a significant rain event, the effect of soil moisture retention of the hydrogel is diluted, as soil moisture approaches the wilting point. Based on the above, the effect

Figura 2. Contenido de humedad con diferentes dosis de hidrogel y diferentes fechas de muestreo en el suelo (2013)

Figure 2. Soil moisture content with different dosages of hydrogel and sampling dates (2013)



dap = days after planting.

abc Values with different letters in the same line, are different ( $P < 0.05$ ).

dejó de manifestarse, donde las diferentes dosis de hidrogel fueron iguales al testigo ( $P > 0.05$ ) (Figura 2). Lo anterior significa que después de transcurridos aproximadamente 5.23 meses (157 días después del primer muestreo) y de no haber ocurrido un evento significativo de lluvia, el efecto de retención de humedad edáfica del hidrogel se diluye, conforme se aproxima la humedad del suelo al punto de marchitez permanente. En base a lo anterior, se identificó el efecto del hidrogel, al menos en los dos primeros muestreos en cualquiera de las dosis probadas, lo cual indica que el producto tiene sus beneficios desde 5 a 10 kg ha<sup>-1</sup>, sin tener que aplicar dosis mayores. Lo anterior es parcialmente coincidente con lo identificado por Idrobo *et al*<sup>(15)</sup>, quienes evaluaron dosis de 0, 20, 30 y 40 g de hidrogel en 130 g de arena en cada tratamiento, encontrando que a mayor

of the hydrogel was identified, at least in the first two samples in any of the dosages tested, indicating that the product has benefits from 5 to 10 kg ha<sup>-1</sup>, without applying higher dosages. This is partially agreed with what Idrobo *et al*<sup>(15)</sup> identified, where they assessed dosages of 0, 20, 30 and 40 g of hydrogel in 130 g of sand in each treatment, finding that with higher dosages of hydrogel they obtained better moisture retention effect, at least in the dosages used in their study. There was no consistent effect when vermicompost was applied.

#### Seedling emergence, growth and plant development

Seedling emergence was 47.7 %, when 15 kg ha<sup>-1</sup> of hydrogel was applied, compared to 29 % for the control ( $P < 0.05$ ), which was higher by



dosis de hidrogel, se obtuvo un mejor efecto de retención de humedad, al menos en las dosis utilizadas en dicho estudio. No hubo un efecto consistente cuando se aplicó la vermicomposta.

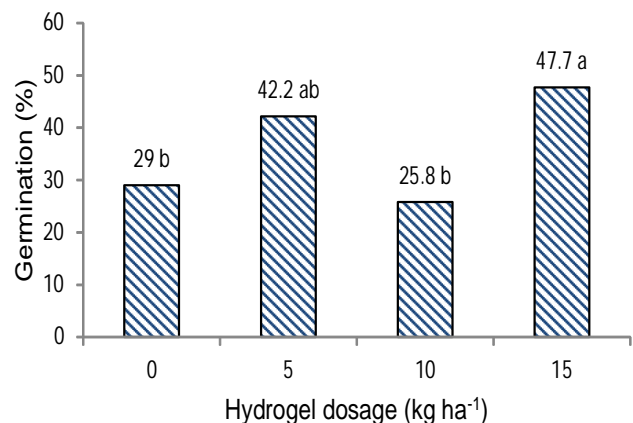
#### *Emergencia de plántulas, crecimiento y desarrollo de la planta*

La emergencia de plántulas fue de 47.7 % cuando se aplicaron 15 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel, comparado al 29 % en el testigo ( $P \leq 0.05$ ), lo cual es superior en 18.7 %. Las dosis de 5 y 10 kg ha<sup>-1</sup>, tuvieron valores intermedios, sin diferencia estadística con el testigo (Figura 3). Aunque desde la dosis menor (5 kg) tiende a manifestarse un efecto significativo, no logra diferenciarse del testigo, de tal manera que al aplicar 10 kg, se confirma la falta de efecto, ya que vuelve a aproximarse más al testigo. Lo anterior pudiera considerarse un tanto contradictorio, dado que al incrementarse la dosis de 5 a 10 kg de hidrogel, debería confirmarse el efecto de retención de humedad edáfica y ello repercutir en una mayor emergencia de plántulas; sin embargo, por el contrario, se identifica una disminución de efecto, lo cual podría interpretarse como una falta de consistencia en el efecto de respuesta, la que se manifiesta ya de manera definida al aplicar 15 kg, con un efecto significativamente mayor de emergencia de plántulas en base a la germinación de semilla, la cual en evaluación previa de laboratorio en promedio fue del 92.5 %. Los resultados anteriores son congruentes con lo reportado por Rojas *et al*<sup>(16)</sup> respecto a que el uso de hidrogel como retenedor de humedad edáfica, tiene un efecto positivo en la capacidad de germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)<sup>(16)</sup>. Las dosis de 5 y 10 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel usadas en este estudio, fueron menos expresivas y poco consistentes en la emergencia de plántulas, lo que pudiera significar que, en esta etapa de germinación de la semilla del pasto buffel, se requiere un alto contenido de humedad en el suelo, el cual se expresa hasta una dosis de 15 kg. No hubo ningún efecto de

18.7 %. The dosages of 5 and 10 kg ha<sup>-1</sup>, had intermediate values, with no statistical difference compared to the control (Figure 3). Although the lowest dosage (5 kg ha<sup>-1</sup>) tends to manifest an effect, it fails to differentiate itself from the control, and when applying 10 kg, a lack of an effect was confirmed since measured values are closer to the control. This can be considered contradictory, since with increasing dosages of 5-10 kg hydrogel, should confirm the effect of soil moisture retention and therefore have a greater impact on seedling emergence; nevertheless, the opposite was found, there was a decrease in the effect, which could be interpreted as a lack of consistency in response effect, which already manifests in a defined manner by applying 15 kg, with a significantly greater effect in terms of seedling emergence based on seed germination, which in previous laboratory evaluation was on average 92.5 %. The above results are consistent with those reported by Rojas *et al*<sup>(16)</sup> regarding the use of hydrogel as soil moisture retainer, it has a

Figura 3. Efecto de la dosis de hidrogel en el porcentaje de germinación de pasto buffel en microcuencas captadoras de agua de lluvia, durante el periodo de agosto de 2012

Figure 3. Effect of hydrogel dosages on germination percentage of buffel grass in rainwater capturing watersheds during August, 2012



ab Values with different letters between columns are different ( $P < 0.05$ ).

la vermicomposta en la germinación de la semilla del pasto.

Aún con el bajo régimen pluvial del 2012 y la ausencia de efecto de tratamiento en el contenido de humedad en el suelo, se identificó que el crecimiento del pasto buffel se mantuvo constante, con un crecimiento significativo en cada fecha de evaluación, a una tasa exponencial de 1.7 unidades por unidad de tiempo (Figura 4A). Lo anterior es un indicador de la alta capacidad de adaptación de esta especie forrajera, aún en años de sequía(17,18). Un comportamiento similar de desarrollo del pasto se observó durante el 2013, a una tasa exponencial de crecimiento de 1.5 (Figura 4B).

Se identificó una altura de planta significativamente mayor ( $P<0.05$ ) a los 241 dds en cualquiera de las dosis de hidrogel aplicada, sin diferencia estadística entre ellas, pero estadísticamente diferentes del testigo, con un promedio de 44.7 cm entre las primeras y 34.6 cm en el segundo; en consecuencia el peso de materia seca se comportó de manera muy similar, significativamente mayor en cualquiera de la dosis de hidrogel aplicada con un promedio de 108.2 g m<sup>-2</sup>, en comparación a los 81.7 g m<sup>-2</sup> registrados en el testigo.

No hubo diferencia significativa en la cobertura de la planta y el vigor, por dosis de hidrogel (Cuadro 1). Lo anterior significa que, bajo este sistema de captación de agua de lluvia, la humedad del suelo es retenida por el hidrogel, repercutiendo en una mayor altura de planta y peso de materia seca; aunque no se refleja tanto con respecto a la cobertura y el vigor de la planta. Lo anterior es acorde a lo reportado por Beltrán *et al*(19) quienes indican que al aplicar prácticas de conservación de agua y suelo, se incrementó la infiltración y por lo tanto la productividad en sitios de agostadero.

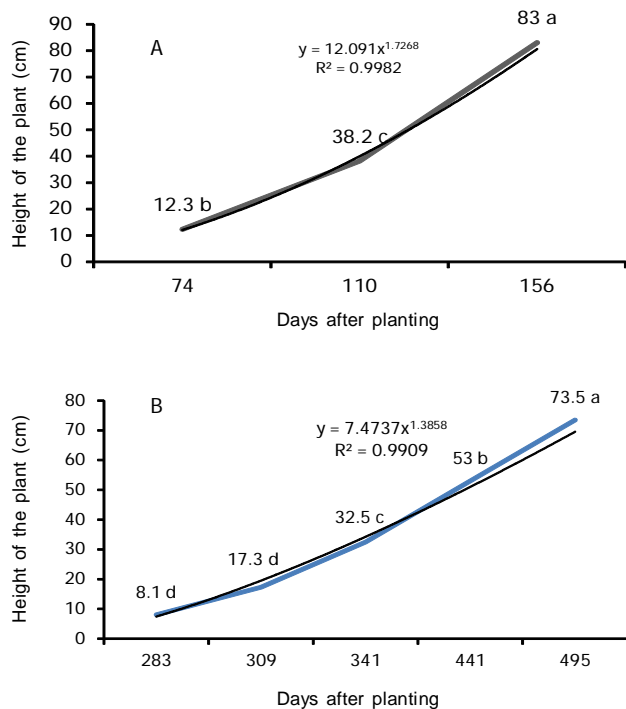
Para esta misma fecha de muestreo y en relación al efecto de la vermicomposta, no se identificó diferencia estadística en cobertura, vigor y altura de planta, aunque sí en términos de materia

positive effect on the capacity of germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill)(16). The dosages of 5 and 10 kg hydrogel used in this study were less expressive and inconsistent in seedling emergence, which could mean that at this stage of seed germination of buffel grass high moisture content is required in the soil, which is expressed to a dose of 15 kg. There was no effect with the vermicompost on seed germination of grasses.

Even with the low rainfall regime in 2012 and the absence of treatment effect on the moisture content in the soil, it was identified that the growth of buffel grass remained constant, with significant growth in each evaluation date, at an exponential rate of 1.7 units per unit time (Figure 4A). This is an indicator of the high

Figura 4. Crecimiento de buffel en microcuencas captadoras de agua de lluvia, en diferentes fechas de evaluación durante 2012 (A) y 2013 (B)

Figure 4. Growth of buffel grass in rainwater capturing watersheds, at different evaluation times during 2012 (A) and 2013 (B)



abc Values with different letter are different ( $P<0.05$ ).

seca, donde se obtuvieron 125.1 g m<sup>-2</sup> al aplicar la vermicomposta, con respecto a los 88.8 g m<sup>-2</sup> obtenidos en el testigo, 28.9 % más del primero, con respecto del segundo (Cuadro 2). El efecto de la vermicomposta fue menos consistente en relación al hidrogel, sobre todo en la respuesta de la planta, sin mostrar los beneficios que se le atribuyen a este componente<sup>(20)</sup>.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se confirma que el desarrollo del buffel depende en buena medida de la cantidad agua de alguna forma retenida en el suelo, esto último por la tasa de evaporación debido a las altas temperaturas<sup>(21)</sup>. De todo lo anterior, se desprende que el hidrogel y de alguna manera la vermicomposta, como retenedores de humedad en el suelo, el primero en cualquiera de sus dosis, mostraron tener efectos positivos, y ello repercute en un mejor desarrollo y crecimiento de la planta y por ende, en una mayor producción de biomasa, lo cual coincide con lo reportado en acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*)<sup>(22)</sup> y en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)<sup>(23)</sup>.

*Actividad fotosintética y de transpiración*

La fotosíntesis fue significativamente mayor ( $P<0.05$ ) en las dosis de 15 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel, con una tasa de asimilación de 6.67 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, en comparación con la tasa de asimilación obtenida cuando se aplicó 10, 5 y 0 kg ha<sup>-1</sup>, con valores de 4.05, 3.82 y 3.72,

adaptability of this forage species, even in drought years<sup>(17,18)</sup>. A similar behavior was observed with pasture development during 2013, with an exponential growth rate of 1.5 (Figure 4B).

The height of the plant was significantly higher ( $P<0.05$ ) at 241 dap in either dosages of hydrogel, without any statistical difference between them, but statistically different from the control, with an average of 44.7 cm for the first and 34.6 cm for the second; consequently the dry matter weight behaved very similarly, significantly higher compared to any dosages of hydrogel with an average of 108.2 g m<sup>-2</sup>, vs 81.7 g m<sup>-2</sup> for the control.

There was no significant difference in plant coverage and vigor in terms of hydrogel dosages (Table 1). This means that, under this system for capturing rainwater, soil moisture is retained by the hydrogel, affecting greater plant height and weight of dry matter; although it is not reflected both in terms of coverage and plant vigor. This is in line with that reported by Beltran *et al*<sup>(19)</sup> where they indicate that applying water conservation practices increased soil infiltration and thus productivity in rangeland sites.

For this same sampling date and in relation to the effect of vermicompost, no statistical difference was identified in terms of coverage, vigor and plant height, although in terms of

Cuadro 1. Efecto de la dosis de hidrogel en variables del crecimiento y desarrollo buffel en microcuencas captadoras de agua de lluvia, a los 241 días después de la siembra

Table 1. Effect of hydrogel dosages on variables of growth and development of buffel grass in rainwater capturing watersheds at 241 d after planting

Hydrogel dosage (kg ha <sup>-1</sup> )	Coverage (%)	Vigor (0-5)	Plant height (cm)	Dry matter (g m <sup>-2</sup> )
0	66.8 a	2.8 a	34.6 b	81.7 b
5	68.1 a	2.5 a	42.8 ab	96.5 ab
10	58.7 a	2.5 a	49.7 a	108.3 ab
15	67.0 a	2.6 a	41.8 ab	119.8 a

<sup>ab</sup> Values with different letters within the same column are different ( $P<0.05$ ).

Cuadro 2. Efecto de la dosis de vermicomposta en el contenido de humedad edáfica y variables del crecimiento y desarrollo buffel a los 241 días después de la siembra

Table 2. Effect of dosages of vermicompost on soil moisture content and variables of growth and development of buffel grass at 241 d after planting

Vermicompost dosages(t ha <sup>-1</sup> )	Soil moisture content (%)	Coverage (% m <sup>-2</sup> )	Vigor (0-5)	Height of plant (cm)	Dry matter (g m <sup>-2</sup> )
0	21.5 b	28.7 a	2.8 a	39.5 a	88.8 b
40	24.7 a	36.8 a	2.6 a	45.6 a	125.1 a

<sup>ab</sup> Values with different letters within the same column are different ( $P<0.05$ ).

respectivamente. En forma similar: a mayor fotosíntesis, una mayor conductancia y una mayor transpiración, y a la inversa (Cuadro 3). De esta manera, la presencia de humedad en el suelo favorece la actividad fotosintética de la planta, en tanto que el déficit hídrico la disminuye<sup>(24)</sup>. La actividad fotosintética del pasto se vio fuertemente influenciada por la condición de humedad del suelo, identificada el 6 de noviembre de 2013, cuando se tenía un porcentaje de humedad en el suelo promedio del 18.4 % cuando se aplicó el hidrogel, sin diferencia estadística entre las dosis, pero significativamente superior al testigo (16.4 %). Todo lo anterior, indica que el contenido de humedad en el suelo favorecido por el hidrogel, influencia la fisiología de la planta (Cuadro 4) y algunas variables de crecimiento y desarrollo, al menos en altura de planta y cobertura vegetal, con valores significativos de correlación de 0.5669 y 0.5452, respectivamente. De igual manera se obtuvo una correlación positiva significativa entre la altura de planta y cobertura vegetal con la materia seca producida (Cuadro 4). Para el caso del pasto buffel la actividad fisiológica como la fotosíntesis, conductancia y transpiración, así como el estado biológico de las plantas, dependen además de la luz y de otras condiciones ambientales, en particular la condición hídrica del suelo y de alguna manera de la temperatura<sup>(25)</sup>.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El contenido de humedad edáfica fue significativamente mayor cuando se aplicó

dry matter 125.1 g m<sup>-2</sup> was obtained by applying vermicompost, compared to 88.8 g m<sup>-2</sup> obtained in the control, 28.9 % more for the first compared to the second (Table 2). The effect of vermicompost was less consistent in relation to the hydrogel, especially in plant responses, without showing the benefits that are attributed to this component<sup>(20)</sup>.

According to the results obtained, the development of buffel grass depends largely on the amount water retained in the ground, the latter is affected by the rate of evaporation due to high temperatures<sup>(21)</sup>. From the foregoing, it follows that hydrogel and somewhat vermicompost retained moisture in the soil, the first showed to have positive effects at any dosage, and improved development and plant growth and hence, results in increased production of biomass, which is consistent with reports for Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cykla*)<sup>(22)</sup> and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill)<sup>(23)</sup>.

### *Photosynthetic activity and transpiration*

Photosynthesis was significantly higher ( $P<0.05$ ) in dosages of 15 kg ha<sup>-1</sup> of hydrogel at a rate of assimilation mmol 6.67 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>, compared to the assimilation rate obtained when 10, 5 and 0 kg ha<sup>-1</sup> were applied, with values of 4.05, 3.82 and 3.72, respectively. Similarly, at higher photosynthesis, increased conductance and transpiration, and vice versa (Table 3). Thus, the presence of moisture in the soil promotes

Cuadro 3. Efecto del hidrogel en la actividad fotosintética y otras variables fisiológicas en el pasto buffel. Noviembre, 2013

Table 3. Effect of hydrogel on photosynthetic activity and other physiological variables in buffel grass. November 2013

Hydrogel dosages	Soil moisture content (%)	Photosynthesis (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Conductance (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Transpiration (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
0	16.4 <sup>b</sup>	3.72 <sup>b</sup>	0.0055 <sup>b</sup>	0.214 <sup>c</sup>
5	19.5 <sup>a</sup>	3.82 <sup>b</sup>	0.0089 <sup>a</sup>	0.227 <sup>bc</sup>
10	17.2 <sup>ab</sup>	4.05 <sup>ab</sup>	0.0066 <sup>ab</sup>	0.255 <sup>b</sup>
15	18.4 <sup>a</sup>	6.67 <sup>a</sup>	0.0099 <sup>a</sup>	0.382 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Values with different letters within the same column are different ( $P < 0.05$ ).

hidrogel independientemente de la dosis aplicada, lo cual repercutió en una mayor emergencia de plántula, mayor altura, peso de materia seca por planta y cobertura vegetal. Un menor efecto se identificó al aplicar la vermicomposta tanto en contenido de humedad en el suelo, como de la respuesta en el crecimiento y desarrollo del pasto.

### LITERATURA CITADA

1. Velázquez MAG, Sánchez CI, Klauidia L, Oleschko, Ruiz CJA, Gabor KG. Spatial variability of the Hurst exponent for the daily scale rainfall series in the state of Zacatecas Mexico. *J Appl Meteor Climatol* 2013;(52):2771-2780.
2. Pedroza SA. El déficit hídrico en las plantas. Principios y técnicas de manejo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. 1995.
3. Núñez BA, Ritchie J, Smucker, AJM. El efecto de la sequía en el crecimiento, la fotosíntesis y la intercepción de luz en el frijol común. *Agron Mesoam* 1998;(9):1-8.
4. Lawlor DW, Cornic G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. *Plant Cell Environ* 2002;(25):275-294.
5. FAO. Food and Agriculture Organization. Manual de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, experiencias en América Latina. Santiago de Chile. Serie zonas áridas y semiáridas. 2000.
6. Ruiz FJF. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 2009.
7. SNF Inc. AQUASORB TM. Water retainers for soils. Data sheet. 2011. Available: <http://snf.com.au/downloads/Aquasorb>. Accessed April 15, 2013.
8. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República

plant photosynthetic activity, while water deficits decreases it<sup>(24)</sup>. The photosynthetic activity of the grass was strongly influenced by the condition of soil moisture; this was identified on November 6, 2013, when the average soil moisture was 18.4 % when the hydrogel was applied, with no statistical differences between the dosages, but significantly higher than the control (16.4 %). All this indicates that the moisture content in the soil is influenced by hydrogel, which effected positively the physiology of the plant (Table 4) and some variables of growth and development, at least in plant height and plant coverage, with significant correlation values of 0.5669 and

Cuadro 4. Correlación simple de Pearson del contenido de humedad edáfica con algunas variables de crecimiento y desarrollo del pasto buffel

Table 4. Pearson simple correlation of soil moisture content with some variables of growth and development of buffel grass

	SMC	PC	PH	DM
SMC	1.000	0.56690.043	0.54520.043	0.48980.106
PC		1.000	0.52460.054	0.83770.0001
PH			1.000	0.71760.003
DM				1.000

SMC= Soil moisture content; PC= Plant coverage; PH= Plant height; DM= Dry matter.

- Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, DF. 1973.
9. Ortiz-Cano HG, Trejo-Calzada R, Valdez-Cepeda, RD, Arreola-Ávila JG, Flores-Hernández A, López-Ariza, B. Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas. Revista Chapingo. Serie Horticultura 2009;15(2):161-168.
  10. Pedroza SA, CRJA, Trejo CR, Ruiz TJ. Sistema de producción de biocomposta y fertilizantes orgánicos líquidos a base de lombriz tigre (*Eisenia fetida*). Primer Congreso Nacional de Investigación e Innovación Tecnológica Ambiental. Centro Nuclear México. Toluca, Edo. de México; 2010:1-4.
  11. Pedroza SA, Samaniego GJA. Análisis del área bajo la curva del progreso de las enfermedades (ABPE) en patosistemas agrícolas. En: Bautista, MMN, Soto RL, Pérez PR editores. Tópicos selectos de estadística aplicados a la fitosanidad. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México; 2009:179-189.
  12. Ramírez LRG, Enríquez MA, Lozano GF. Valor nutricional y degradabilidad rumial de zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. Ciencia UANL 2001;4(3):324-320.
  13. Hernández SB, Peralta MA, Santos EO. Efecto del hidrogel sobre el rendimiento en tres cultivares de *Brachiaria* spp en el valle de Iguala, Gro. México. REDVET 2007;2(9):1-10.
  14. INIFAP. Red de Estaciones Agroclimáticas. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. clima.inifap.gob.mx/redclima/rednacional.html. Consultado Mar 14, 2014.
  15. Idrobo, H, AM Díaz, Ortiz JE. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Ingeniería de los recursos naturales y del ambiente 2010;19:27-31.
  16. Rojas de GB, Ramírez MA, RPJL, Torres C. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. Rev Iberoam Polím 2006;7(3):199-2010.
  17. Beltrán LS, Loredo, Osti C. Reconversión de áreas agrícolas marginales a praderas de pasto buffel. Folleto técnico. INIFAP 2002.
  18. Burquez A. El zacate buffel: transformación ecológica y social. CONABIO. Biodiversitas 2007;74:8-12.
  19. Beltrán LS, Loredo OC, Núñez T, González ELA. Buffel titán y buffel regio nuevas variedades de pasto para el altiplano de San Luis Potosí. Folleto técnico. INIFAP. 2008.
  20. Jurado GP, Domínguez CH, Melgoza CA, Morales NC. Emergencia y crecimiento del zacate banderilla [*Bouteloua curtipendula* (Michx.)] con biosólidos en condiciones de sequía. Tecnociencia Chihuahua 2012;(1):57-67.
  21. Alcalá GC. Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A. C. 1995.

0.5452, respectively. Similarly, a significant positive correlation was found between plant height and plant coverage with the amount of dry matter produced (Table 4). In the case of buffel grass the physiological activity such as photosynthesis, transpiration and conductance, as well as the biological condition of the plants, depends also on light and other environmental conditions, particularly the condition of the water in the soil and somewhat on temperature<sup>(25)</sup>.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Soil moisture content was significantly higher when the hydrogel was applied regardless of the dose, which resulted in more seedling emergence, greater height, more weight of dry matter per plant and plant coverage. A lesser effect was identified by applying vermicompost, in terms of both moisture content in the soil, as well as the response in growth and development of grass.

*End of english version*

---

<http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/p95009.php>. Consultado Abr 15, 2014.

22. Gutiérrez CIJ, Sánchez CI, Cueto WJ, Trucios CR, Trejo CR, Flores HA. Efecto del polímero Aquasorb® en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga (*Beta vulgaris* var. *cycla*). Rev Chapingo. Serie Zonas Áridas 2008;7(1):66-72.
23. Rivera HC, Baeza AA, Chavarriaga MW. Efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica. AgrocLEAR Agron 2007;15:1.
24. Tezara WM, Driscoll SD, Lawlor DW. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. Nature 1999;1401:914-917.
25. Cabrera HM. Respuestas ecofisiológicas de plantas en ecosistemas de zonas con clima mediterráneo y ambientes de alta montaña. Rev Chilena de Historia Natural 2002;75:625-637.