

Rendimiento y calidad de forraje de maíz y sorgo de temporal a cuatro y seis hileras en Aguascalientes, México*

Yield and quality of rainfed maize and sorghum forage at four and six rows in Aguascalientes, México

Esteban Salvador Osuna-Ceja¹ y Miguel Ángel Martínez-Gamiño

¹Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes- INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. AP. 20. ²Autor para correspondencia: osuna.salvador@inifap.gob.mx.

Resumen

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de nervadura café presenta características de adaptación y calidad de forraje de potencial importancia para la zona de temporal de Aguascalientes. En este estudio se evaluó el rendimiento y calidad de forraje en tres métodos de siembra: a) surco de 0.76 m en hilera sencilla para maíz y sorgo, b) camas de 1.6 m a cuatro hileras para maíz (*Zea mays* L.) “Cafime” y c) camas de 1.6 m a seis hileras para “sorgo de nervadura café”. La unidad experimental consistió de 15 surcos a 0.76 m, y 8 camas de 1.6 m de ancho por cultivo, y 160 m de longitud con una separación de 0.76, 0.3 y 0.2 m para la siembra sencilla, cuatro y seis hileras, respectivamente. El estudio se hizo en el Sitio Experimental Sandoval, del INIFAP (El Llano, Aguascalientes, México) durante el verano de 2014. Se determinó la evapotranspiración y las unidades calor; a la madurez fisiológica se estimó el rendimiento de materia seca (MS), calidad de forraje en términos de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) y la eficiencia en el uso del agua de lluvia. El rendimiento de materia seca obtenido fue mayor en camas de 1.6 m para maíz y sorgo a cuatro y seis hileras,

Abstract

Brown midrib sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) shows adaptation and quality forage characteristics of potential importance for the rainfed area of Aguascalientes. In this research the yield and quality of forage in three planting methods were assessed: a) 0.76 m groove in single row for maize and sorghum, b) 1.6 m beds with four rows for maize (*Zea mays* L.) “Cafime” and c) 1.6 m beds with six rows for “brown midrib sorghum”. The experimental plot consisted of 15 rows at 0.76 m and 8 beds of 1.6 m wide by crop and 160 m long with a spacing of 0.76, 0.3 and 0.2 m for easy planting, four and six rows, respectively. The research was performed at the Sitio Experimental Sandoval of INIFAP (El Llano, Aguascalientes, México) during the summer of 2014. Evapotranspiration and heat units were determined; the dry matter yield (MS) was estimated at physiological maturity, forage quality in terms of crude protein (PC), neutral detergent fiber (FDN) and acid detergent fiber (FDA) and the efficiency in the use of rainwater. The dry matter yield obtained was higher in 1.6 m beds for maize and sorghum at four and six rows, respectively. Sorghum surpassed maize in the two planting methods (furrows and

* Recibido: julio de 2017
Aceptado: septiembre de 2017

respectivamente. El sorgo superó al maíz en los dos métodos de siembra (surcos y camas). Lo anterior determina que el cultivo de sorgo bajo la siembra en camas de 1.6 m con seis hileras es una alternativa de producción de forraje para esta zona de temporal deficiente, con respecto a la siembra convencional a 0.76 m. En calidad de forraje, el sorgo tuvo un mayor contenido de PC (14.5%) que el maíz (12.9%); sin embargo, su valor de FDA fue mayor, lo cual sugiere que presentó una menor proporción de fibra potencialmente digestible que el maíz. El sorgo presentó mayor eficiencia en el uso de agua de lluvia que el maíz sembrado en camas con cuatro hileras y en surco sencillo y, en consecuencia, mayor rendimiento de MS.

Palabras clave: análisis bromatológico, arreglo topológico, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, proteína.

Introducción

En Aguascalientes, el sistema de producción de lechería familiar (hatos menores a 30 vacas en producción) está estrechamente relacionado con la agricultura de temporal que se practica en el estado, principalmente a través del cultivo de maíz forraje, lo cual condujo a la siembra de áreas marginales, con limitantes condiciones edafoclimáticas. El cultivo de maíz apoya a la producción lechera mediante la producción de forraje y esquilmos para la alimentación del ganado de traspatio (Luna-Flores y Gaytán-Bautista, 2001; Carranza *et al.*, 2007). Sin embargo, en esta región la sequía intermitente o terminal y el pobre nivel de fertilidad de los suelos limitan la producción de ésta gramínea bajo el sistema de producción tradicional (Osuna *et al.*, 2012). Lo anterior, provoca un déficit anual de más de 350 000 t de forraje. La deficiencia más crítica ocurre en el período primaveral, dada la ausencia de lluvias y la escasez de agua para riego (Peña *et al.*, 2012). Por esta razón, se requiere evaluar la capacidad de producción de materia seca y de adaptación a las condiciones ambientales de la región de otras especies forrajeras, así como la implementación de prácticas agronómicas que sean eficientes para aprovechar mejor el agua de lluvia.

En esta región del altiplano semiárido templado del centro de México, muchas especies con potencial forrajero no han sido utilizadas; tal es el caso del sorgo de nervadura café (*Sorghum bicolor* L. Moench). Conociendo la falta de forraje que existe en el estado de Aguascalientes, sobre todo por

beds). This determines that sorghum cultivation under sowing in beds of 1.6 m with six rows is an alternative of forage production for this zone of deficient rainfall, with respect to the conventional planting at 0.76 m. Regarding to forage quality, sorghum had a higher PC content (14.5%) than maize (12.9%); however, its FDA value was higher, suggesting that it had a lower proportion of potentially digestible fiber than maize. Sorghum showed greater efficiency in the use of rainwater than the maize planted in beds with four rows and in single rows and, consequently, higher MS yield.

Keywords: acid detergent fiber, bromatological analysis, neutral detergent fiber, protein, topological arrangement.

Introduction

In Aguascalientes, the family dairy production system (herds smaller than 30 cows in production) is closely related to rainfed agriculture practiced in the state, mainly through the cultivation of forage maize, which led to the sowing of marginal areas, with limited edaphoclimatic conditions. Maize crops supports milk production by producing forage for backyard cattle feeding (Luna-Flores and Gaytán-Bautista, 2001; Carranza *et al.*, 2007). However, in this area intermittent or terminal drought and the poor level of soil fertility, limit the production of this grass under the traditional production system (Osuna *et al.*, 2012). This causes an annual deficit of more than 350 000 t of fodder. The most critical deficiency occurs in the spring period, given the lack of rain and a shortage of irrigation water (Peña *et al.*, 2012). For this reason, it is necessary to evaluate the capacity of dry matter production and adaptation to the environmental conditions of the region of other forage species, as well as the implementation of agronomic practices that are efficient to make better use of rainwater.

In this temperate semi-arid region of central México, many species with forage potential have not been used yet; such is the case of brown midrib sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Knowing the lack of fodder that exists in the state of Aguascalientes, especially due to water scarcity, it is essential for new fodder crops to be adapted to this region. Sorghum is a crop that requires less water than maize, so it has potential as a forage plant that can be grown in this region, and its nutritional value is equal to or slightly higher in comparison to maize, and with a superior productive response (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2012).

la escasez de agua, es fundamental que se busquen nuevos cultivos forrajeros que se adapten a esta región. El sorgo es un cultivo que requiere menos agua que el maíz, por ello tiene potencial como una planta forrajera que se puede cultivar en esta región, ya que además su valor nutricional es igual o ligeramente superior en comparación al maíz, y con una respuesta productiva superior (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2012).

A pesar de lo anterior, y en particular bajo condiciones de temporal, la especie por sí misma no puede garantizar la obtención de altos rendimientos, por lo que es necesario acompañar su siembra con prácticas adecuadas de captación *in situ* del agua de lluvia, mismas que llevan implícitas técnicas que además de aprovechar mejor la lluvia (porque aumenta la cantidad de agua disponible para las plantas), siguen prácticas que ayudan a conservar el suelo, con los consiguientes beneficios (Martínez y Jasso, 2004; Osuna *et al.*, 2007; Ventura y Acosta, 2008).

El uso del sistema de corrugación con “Aqueel” y el “pileteo”, son dos prácticas que consisten en la construcción de micro-reservorios sobre la superficie del terreno y bordos de tierra transversales en medio de los surcos, respectivamente, para almacenar el agua de lluvia y eliminar o disminuir las pérdidas de agua por los escurrimientos. El uso de dichas prácticas ha contribuido a incrementar los rendimientos de los cultivos bajo temporal (Osuna *et al.*, 2007; Padilla *et al.*, 2008; Osuna *et al.*, 2015).

Por otra parte, el manejo de la densidad de siembra es una de las prácticas agrícolas más recomendables para lograr un incremento en la productividad de los cultivos, debido a que con un número apropiado de plantas por unidad de superficie se logra un mejor aprovechamiento de los recursos hídrico y nutricional. Al elevar la densidad se reduce la biomasa y el rendimiento por planta; sin embargo, la producción de biomasa y el rendimiento de semilla por unidad de superficie son más altos (Soltero *et al.*, 2010; Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013).

Para incrementar el rendimiento por unidad de superficie, además del método tradicional de surco sencillo, se han adaptado otros como el de sembrar a doble y triple hilera. Dichos métodos consisten en sembrar, en el primero hileras dobles, 20 cm dentro de cada par y 80 cm entre pares de hileras, y en el segundo establecer camas de 1.60 m con tres hileras a 40 cm entre líneas (Rodríguez *et al.*, 1994; Osuna *et al.*, 2015). De esta forma, el sorgo se puede sembrar con una sembradora triguera tapando tres orificios y dejando

Despite the foregoing, and particularly under rainfed conditions, the species itself can not guarantee high yields, so it is necessary to accompany its sowing with suitable *in situ* rainwater collection practices, that involves techniques that take advantage of rainfall (because it increases the amount of water available for plants), follows practices that help conserve soil, with consequent benefits (Martínez and Jasso, 2004; Osuna *et al.*, 2007; Ventura and Acosta, 2008).

The use of the corrugation system with “Aqueel” and “furrow diking” are two practices that consist of the construction of micro-reservoirs on the land surface and transverse land borders in the middle of the grooves, respectively, to store the rainwater and to eliminate or reduce water losses due to runoff. The use of these practices has helped to increase crops yields under rainfed conditions (Osuna *et al.*, 2007; Padilla *et al.*, 2008; Osuna *et al.*, 2015).

On the other hand, the management of the sowing density is one of the most recommended agricultural practices to achieve an increase in crops yield, because with an appropriate number of plants per unit area, a better use of the water and nutritional resources is achieved. Increasing density reduces biomass and yield per plant; however, the production of biomass and seed yield per unit area are higher (Soltero *et al.*, 2010; Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013).

In order to increase yield per unit area, in addition to the traditional simple groove method, others have been adapted such as planting in double and triple row. Such methods include seeding, double rows in the first, 20 cm within each pair and 80 cm between pairs of rows, and in the second to set beds of 1.6 m with three rows at 40 cm between lines (Rodríguez *et al.*, 1994; Osuna *et al.*, 2015). Thus, sorghum can be planted with wheat seeder covering three holes and leaving two for double row or covering two and leaving three free for planting at triple row (Soltero, 1992; Rodríguez *et al.*, 1994).

However, there is a very wide range in population density that is used when planting in double or triple row, which ranges from 200 thousand to 400 thousand plants per hectare. This wide range is because to date there is no enough information both regarding the method and the optimal density (Rodríguez *et al.*, 1994). The population density and the spatial distribution of plants are factors associated with the effective management of this culture to express its full yield potential (Maroni *et al.*, 2003; Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013).

dos libres para el doble hilera o bien tapando dos y dejando tres libres para la siembra a triple hilera (Soltero, 1992; Rodríguez *et al.*, 1994).

Sin embargo, existe un rango muy amplio en densidad de población que se emplea al sembrar en doble o triple hilera, el cual va de 200 mil a 400 mil plantas por hectárea. Este amplio rango se debe a que a la fecha se carece de información suficiente tanto sobre el método mismo como sobre la densidad óptima (Rodríguez *et al.*, 1994). La densidad poblacional y la distribución espacial de las plantas son factores asociados al manejo eficaz de un cultivo para que este exprese su máximo potencial de rendimiento (Maroni *et al.*, 2003; Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013).

Con base en estos antecedentes, en 2014 se realizó el presente trabajo con el objetivo de mejorar los rendimientos y la calidad de forraje del maíz y sorgo en condiciones de temporal con siembra en camas de 1.6 m de ancho con cuatro y seis hileras para evaluar sus ventajas y desventajas en comparación con la siembra tradicional en surco sencillo.

Materiales y métodos

En 2014, se realizó un trabajo con maíz y sorgo de temporal en el Sitio Experimental Sandoval, Aguascalientes, México, sitio localizado en las coordenadas 21° 53' 09" latitud norte y 102° 04' 14" longitud oeste, a una altura de 2 100 msnm, donde se registran en promedio 300 mm de precipitación en el ciclo de cultivo, una temperatura media de 16.3 °C y un ciclo de cultivo de 110 días (finales de junio a mediados de octubre); el suelo es de ±0.3 m de profundidad, con menos de 1% de materia orgánica, textura franco arcillo-arenosa, 2% de pendiente y pH de 6.6. Bajo estas condiciones, se sembraron dos lotes semicomerciales, con el propósito de evaluar tres sistemas de siembra y su efecto combinado sobre el rendimiento y calidad de forraje de maíz (Cafime) y "sorgo de nervadura café en altas densidades de siembra.

Los métodos de siembra evaluados fueron: a) surcos a 76 cm en hilera sencilla para maíz y sorgo, b) camas de 1.6 m con cuatro hileras para maíz y c) camas de 1.6 m con seis hileras para sorgo. En el caso de la siembra en cama, ésta se estableció conforme a las curvas a nivel, mientras que la siembra tradicional se estableció en surcos rectos realizados en sentido transversal a la pendiente principal del terreno. La

Based on this background, this research was carried out in 2014 with the objective of improving yields and forage quality of maize and sorghum under rainfed conditions with 1.6 m wide beds with four and six rows sowing to evaluate the advantages and disadvantages compared to traditional single-row sowing.

Materials and methods

In 2014, a paper about maize and sorghum was carried out at the Sitio Experimental Sandoval, Aguascalientes, México, located at 21° 53' 09" north latitude and 102° 04' 14" west longitude, at a height of 2 100 masl, where an average of 300 mm of rainfall is recorded in the growing cycle, an average temperature of 16.3 °C and a crop cycle of 110 days (late June to mid October); the soil is ±0.3 m deep, with less than 1% organic matter, clay-sandy loam texture, 2% slope and pH of 6.6. Under these conditions, two semi-commercial lots were planted aiming to evaluate three sowing systems and their combined effect on yield and quality of maize fodder (Cafime) and "brown midrib sorghum at high planting densities.

The sowing methods evaluated were: a) rows at 76 cm in single row for maize and sorghum, b) wide beds of 1.6 m with four rows for maize and c) wide beds of 1.6 m with six rows for sorghum. In the case of wide bed sowing, it was established according to the curves at the level, while the traditional sowing was established in straight rows made transversely to the main slope of the land. The experimental unit was of 15 rows to 76 cm, and 8 beds of 1.6 m wide per crop, and 160 m of length for both sowing methods. Plants density per hectare evaluated in maize and sorghum crops were: maize 90 000 plants ha⁻¹ for wide bed planting of 1.6 meters wide with four rows at 30 cm apart between rows and 30 cm between plants; sorghum 372 000 plants ha⁻¹ for wide bed sowing of 1.6 m with six rows, its distribution was 10 to 12 seeds per linear meter. Maize and sorghum with 45 000 and 132 000 plants ha⁻¹, respectively, for single row sowing.

The ground was barked and crawled before sowing, the previous crop was rainfed bean. The sowing took place on June 28 in damp soil. The maize was planted with a versatile precision mechanical seed drill designed for sowing in wide beds of 1.6 m wide with four rows, coupled to a system of water harvesting (Aqueel roller that prints micro-basins on

unidad experimental fue de 15 surcos a 76 cm, y 8 camas de 1.60 m de ancho por cultivo, y 160 m de longitud para ambos métodos de siembra. La densidad de plantas por hectárea evaluadas en los cultivos de maíz y sorgo fueron: maíz 90 000 plantas ha⁻¹ para la siembra en cama de 1.6 m de ancho con cuatro hileras a 30 cm de separación entre hileras y 30 cm entre plantas; sorgo 372 000 plantas ha⁻¹ para la siembra en camas de 1.6 m con seis hileras, su distribución fue de 10 a 12 semillas por metro lineal. El maíz y sorgo con 45 000 y 132 000 plantas ha⁻¹, respectivamente, para siembra a hilera sencilla.

El terreno se barbechó y rastreó antes de la siembra, el cultivo anterior fue frijol de temporal. La siembra se realizó el 28 de junio en suelo húmedo. La siembra del maíz se realizó con una sembradora mecánica de precisión versátil diseñada para siembras en camas de 1.6 m de ancho con cuatro hileras, acoplada a un sistema de captación de agua (rodillo Aqueel que imprime microcuencas sobre la cama de siembra para la captación de agua *in situ* y reducción de la erosión del suelo), el cual está ubicado en la parte posterior de la sembradora. La siembra de sorgo se realizó con una sembradora mecánica para cultivos forrajeros diseñada para siembras en camas de 1.6 m de ancho con seis hileras, acoplada a un sistema de captación de agua *in situ* (rodillo Aqueel).

Ambos equipos fueron diseñados por el Programa de Mecanización del Campo Experimental Pabellón, del INIFAP (Rojas *et al.*, 2013). Además, en la siembra en camas se implementó el sistema de pileteo en ambos cultivos; esta práctica que consiste en levantar un bordo de tierra de 20 cm de alto en los costados de la cama de siembra a distancias regulares para almacenar agua y disminuir la erosión del suelo. La siembra de maíz tradicional se realizó con una sembradora mecánica convencional, propiedad de un productor cooperante. El sorgo tradicional se sembró con la sembradora mecánica para cultivos forrajeros del INIFAP, la cual fue ajustada para realizar la siembra en surcos a 0.76 m. Se fertilizó al suelo con la fórmula 40-40-30 de NPK aplicada en la escarda; práctica que se dio a los 20 días después de la siembra; se aplicaron insecticidas para controlar algunas plagas del follaje y herbicida para el control de malezas.

Las variables medidas en clima, suelo y planta fueron:

Clima: En el año de estudio, se registraron diariamente las temperaturas máxima y mínima, la evaporación y la precipitación. Esta información se obtuvo de la estación meteorológica automatizada de Sandoval, ubicada a

the wide bed for the *in situ* collection of water and reduced soil erosion), which is located on the back of the drill. Sowing sorghum was carried out with a mechanical drill for forage crops intended for planting in wide beds of 1.6 m wide with six rows, coupled to a *in situ* water harvesting system (Aqueel roller).

Both equipments were designed by the Mechanization Program of the Campo Experimental Pabellón, INIFAP (Rojas *et al.*, 2013). In addition, in the wide beds sowing it was implemented the furrow diking system for both cultures; this practice consists of raising a 20 cm high ground edge at the sides of the seedbed at regular distances to store water and reduce soil erosion. Traditional maize sowing was performed with a conventional mechanical seed drill owned by the cooperating producer. Traditional sorghum was planted with the INIFAP mechanical sowing machine for fodder crops, which was adjusted to perform furrow sowing at 0.76 m. Soil was fertilized with the 40-40-30 NPK formula applied in the weeding; this practice took place 20 days after sowing; insecticides were applied to control some foliage pests and herbicide for weed control.

The measured variables in climate, soil and plant were:

Weather: In the year the research, the maximum and minimum temperatures, evaporation and rainfall were recorded daily. This information was obtained from the automated meteorological station of Sandoval, located at a distance of 300 m from the experimental unit. The accumulation of heat units (UC) was calculated by the residual method (Morales and Escalante, 2006).

$$UC = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - TB$$

Where: T_{max}= maximum daily temperature (°C); T_{min} = daily minimum temperature (°C); TB= base temperature or threshold (10 and 15 °C for maize and sorghum, respectively) (Ruíz *et al.*, 1998). Evapotranspiration in both crops under different sowing methods was estimated by the FAO method (Allen *et al.*, 1998).

Soil: prior to sowing, soil samples were taken between 0 and 30 cm depth, in strata of 10 cm (0-10, 10-20 and 20-30 cm), in which texture, organic matter (MO), pH and electrical conductivity (CE) of the production unit were determined. The following procedures were used: texture (Bouyoucos hydrometer); CE in extract; MO (Walkley *et al.*, 1982), and pH in a 2.5:1 water/soil ratio (Page *et al.*, 1982).

una distancia de 300 m de la unidad experimental. La acumulación de unidades calor (UC) se calculó por el método residual (Morales y Escalante, 2006).

$$UC = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2 - TB$$

Donde: $T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima diaria ($^{\circ}\text{C}$); $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima diaria ($^{\circ}\text{C}$); TB = temperatura base o umbral (10 y 15 $^{\circ}\text{C}$ para maíz y sorgo, respectivamente) (Ruíz *et al.*, 1998). La evapotranspiración en ambos cultivos bajo los diferentes métodos de siembra se estimó por el método de FAO (Allen *et al.*, 1998).

Suelo: previo a la siembra, se tomaron muestras de suelo entre 0 a 30 cm de profundidad, en estratos de 10 cm (0-10, 10-20 y 20-30 cm), en las que se determinaron textura, materia orgánica (MO), pH y conductividad eléctrica (CE) de la unidad de producción. Se utilizaron los siguientes procedimientos: textura (Hidrómetro de Bouyoucos); CE en extracto; MO (Walkley *et al.*, 1982), y pH en una relación agua: suelo 2.5:1 (Page *et al.*, 1982).

Planta: las etapas de crecimiento registradas para maíz y sorgo fueron: días a emergencia (EC_1), desarrollo vegetativo (EC_2), inicio de floración (EC_3) y madurez fisiológica (EC_4). La cosecha se realizó en todos los tratamientos a 97 dds, cuando los granos de maíz mostraban un estado lechoso-masoso y en sorgo grano masoso. La altura de corte fue de 5 cm del nivel de suelo. El forraje cortado se pesó, obteniéndose posteriormente una submuestra de 0.5 kg por parcela cosechada y por tratamiento, la cual se llevó al laboratorio para ser secada en una estufa de aire forzado a 60 $^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante, para tener el porcentaje de materia seca y transformar los resultados en base seca (Reta *et al.*, 2007).

Se evaluó la calidad de los forrajes mediante un análisis bromatológico. Este implicó la determinación de los porcentajes de proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN). Se utilizó la técnica de absorción en el infrarrojo cercano (NIR Systems, Inc., Silver Spring, MD 20904, USA).

Para la determinación del rendimiento de materia seca, dentro de cada unidad experimental se tomaron al azar diez parcelas de 2 m de ancho por 5 m de longitud. La información de las características cuantificadas en los cultivos se analizó con base en un diseño completamente al azar, con diez

Plant: growth stages recorded for aize and sorghum were: days to emergence (EC_1), vegetative development (EC_2), flowering beginning (EC_3) and physiological maturity (EC_4). Harvest was carried out in all treatments at 97 dds, when the maize kernels showed a milky-dough-like appearance and dough-like-grain in sorghum. The cut height was 5 cm from the ground level in all cases. The cut forage was weighed and a 0.5 kg subsample per harvested plot and treatment was taken, which was taken to the laboratory to be dried in a forced air oven at 60 $^{\circ}\text{C}$ until constant weight was reached, to obtain the percentage of dry matter and transform the results on a dry basis (Reta *et al.*, 2007).

The quality of the forages was evaluated through a bromatological analysis. This implied the determination of crude protein percentages (PC), acid detergent fiber (FDA) and neutral detergent fiber (FDN). The near-infrared absorption technique (NIR Systems, Inc., Silver Spring, MD 20904, USA) was used.

To determine the yield of dry matter, ten plots 2 m wide and 5 m long were randomly taken into each experimental plot. The information of the quantified characteristics in the cultures was analyzed based on a completely random design, with ten replicates per crop. For data analysis package Statistical Analysis Systems, version 8 (SAS, 2009) was used and when significance was detected between treatments, the least significant difference test (DMS_{05}) was applied.

Results and discussion

Figure 1 shows the maximum (T_{max}) and minimum (T_{min}) temperature data; in the latter is observed that the decadal average during the development of maize and sorghum fluctuated between 24 and 26 $^{\circ}\text{C}$, for T_{max} and between 11 and 14 $^{\circ}\text{C}$, for T_{min} . It should be noted that both T_{max} and T_{min} remained constant throughout the crop development. Seasonal precipitation was 575.4 mm, 81% (466.3 mm) occurred during the crop development (118 mm rained in a single event in 1 day, which represented 25% of the total precipitation). Of the 466.3 mm, 76% (349.7 mm) occurred during the vegetative stage and 24% (116.6 mm) during the reproductive stage of maize and sorghum; this indicates an erratic distribution for crop needs.

repeticiones por cultivo. Para el análisis de datos se usó el paquete Statistical Analysis Systems, versión 8 (SAS, 2009) y cuando se detectó significancia entre tratamientos, se aplicó la prueba diferencia mínima significativa (DMS_{05}).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presentan los datos de temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) y mínima ($T_{m\acute{i}n}$); se observa que el promedio decenal durante el desarrollo de maíz y sorgo fluctuó entre 24 y 26 °C, para $T_{m\acute{a}x}$ y entre 11 y 14 °C, para $T_{m\acute{i}n}$. Cabe señalar, que $T_{m\acute{a}x}$ como $T_{m\acute{i}n}$ se mantuvieron constantes durante el desarrollo del cultivo. La precipitación estacional fue de 575.4 mm, 81% (466.3 mm) de ésta ocurrió durante el desarrollo del cultivo (llovió 118 mm en 1 día, que representó 25% de la precipitación total). De los 466.3 mm, 76% (349.7 mm) ocurrieron durante la etapa vegetativa y 24% (116.6 mm) durante la etapa reproductiva del maíz y el sorgo; esto indica una distribución errática para las necesidades del cultivo.

En relación a las etapas fenológicas de ambos cultivos evaluados, éstas fueron similares: en maíz Cafime, la emergencia (EC_1) se presentó a 8 DDS, el periodo vegetativo (EC_2) de 8 a 55 días DDS, el inicio de floración (EC_3) a 62 días DDS y madurez fisiológica (EC_4) a 97 DDS, en ambos métodos de siembra. Para sorgo, EC_1 ocurrió a 9 DDS, EC_2 periodo vegetativo de 10 a 80 días, EC_3 inicio de floración a 85 días y EC_4 la madurez fisiológica a 100 DDS, tanto en la siembra tradicional como en camas al contorno con cuatro y seis hileras, respectivamente.

La acumulación de UC, con relación a la fenología del maíz y el sorgo se presenta en la Figura 2. El requerimiento térmico de maíz para alcanzar cada etapa fue de 101 UC a EC_1 , 664 UC a EC_2 , 815 UC a EC_3 y 980 UC a EC_4 . Para sorgo, en la emergencia, período vegetativo, inicio de floración y etapa de corte, las UC fueron de 46.2, 322, 422 y 505, respectivamente. Medina *et al.* (2006), reportaron que la región de El Llano, Aguascalientes se encuentra por arriba de los 2 000 msnm, y estas regiones no son reconocidas como viables para la producción de sorgo para grano o forraje debido a las condiciones ambientales, en la información que se presenta en el Cuadro 1 se puede apreciar que la disponibilidad de calor usando una temperatura base de 15 °C, en el verano sólo se disponen de 714 UC, lo cual difiere en más de 2000 UC a las regiones sorgueras por excelencia como Tamaulipas y Sinaloa.

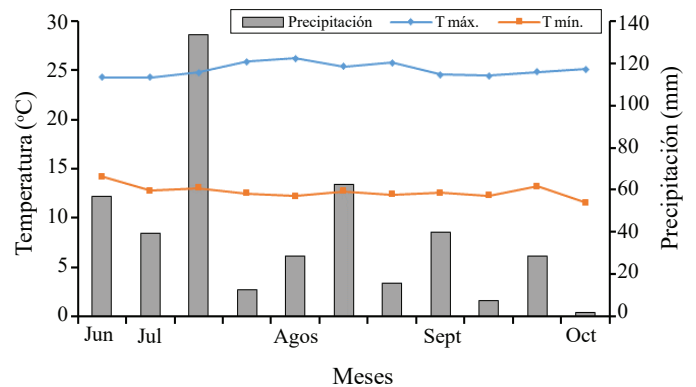


Figura 1. Temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) y mínima ($T_{m\acute{i}n}$, media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de maíz y sorgo de temporal. Sandoval, Aguascalientes. 2014.

Figure 1. Maximum (T_{max}) and minimum temperature (mean and decennial T_{min}) and precipitation (decennial sum) during rainfed maize and sorghum crop cycle. Sandoval, Aguascalientes. 2014.

Regarding to the phenological stages of both evaluated crops, they were similar: in CAFIME maize, emergence (EC_1) occurred at 8 DDS, the vegetative period (EC_2) from 8 to 55 days DDS, the flowering onset (EC_3) at 62 days DDS and physiological maturity (EC_4) at 97 DDS, in both sowing methods. For sorghum, EC_1 occurred at 9 DDS, EC_2 vegetative period from 10 to 80 days, EC_3 flowering beginning at 85 days and EC_4 physiological maturity at 100 DDS, both in traditional seeding and in wide beds with four and six rows on the edge, respectively.

UC accumulation, related to the phenology of maize and sorghum, are shown in Figure 2. The thermal requirement of maize to achieve each stage was 101 UC at EC_1 (emergency), 664 UC to EC_2 (vegetative period), 815 UC to EC_3 and 980 UC to EC_4 (milky-doughy grain). For sorghum, in emergence, vegetative period, flowering beginning and cutting stage, UC were 46.2, 322, 422 and 505, respectively. Medina *et al.* (2006) reported that the El Llano region of Aguascalientes is above 2 000 masl, and these regions are not recognized as viable for the production of sorghum for grain or forage due to environmental conditions, Table 1 shows that the availability of heat using a base temperature of 15 °C, in the summer only 714 UC are available, which differs in more than 2000 UC to the sorghum regions par excellence such as Tamaulipas and Sinaloa.

Cuadro 1. Unidades calor disponibles para el cultivo de maíz y sorgo en Sandoval, Aguascalientes con 10 y 15 °C de temperatura base. 2014.**Table 1. Heat units available for maize and sorghum cultivation in Sandoval, Aguascalientes with 10 and 15 °C base temperature, 2014.**

Periodo decenal	Tmáx.	Tmín.	OTérm.	UC _{maíz}	UC _{sorgo}
1	18.15	4.81	13.34	14.8	0
2	18.16	2.5	15.66	3.3	0
3	22.22	5.01	17.21	36	0
4	24.09	6.74	17.35	54.1	0
5	25.09	6.43	18.66	57.6	7.6
6	24.5	8.54	15.96	65.2	20.7
7	24.14	7.26	16.88	57	7
8	25.08	6.46	18.62	57.7	7.7
9	27.04	9.7	17.34	83.7	33.7
10	27.01	8.57	18.44	77.9	27.9
11	28.22	11.16	17.06	96.9	46.9
12	28.75	11.44	17.31	100.95	50.95
13	26.6	11.69	14.91	91.45	41.45
14	28.02	11.63	16.39	98.25	48.25
15	26.73	13.47	13.26	111.1	56.1
16	28.22	13.6	14.62	109.1	59.1
17	27.61	14.04	13.57	108.25	58.25
18	24.28	14.12	10.16	101.2	46.2
19	24.25	12.75	11.5	93.5	35
20	24.78	13.04	11.74	88.1	38.1
21	25.87	12.49	13.38	101	46
22	26.2	12.24	13.96	91.75	41.75
23	25.36	12.72	12.64	88.95	38.95
24	25.76	12.39	13.04	99.85	44.85
25	24.55	12.54	12.01	76.15	31.15
26	24.43	12.27	12.16	74.45	29.45
27	24.85	13.24	11.61	81.65	36.65
28	25.09	11.56	13.53	83.25	33.25
29	25.96	9.95	16.01	79.55	29.55
30	24.78	8.27	16.51	71.8	16.8
31	22.18	8.12	14.06	51.5	1.5
32	21.68	7.64	14.04	46.6	0
33	24	5.7	18.3	27.05	0
34	22.07	4.92	17.15	38.44	0
35	21.26	8.35	12.91	52.86	0
36	20.69	4.98	15.71	31.2	0
Anual	24.65	9.73	14.92	2602.15	934.8

Tmáx.= temperatura máxima; Tmín.= temperatura mínima; OTérm.= oscilación térmica; UC= unidades calor para maíz y sorgo.

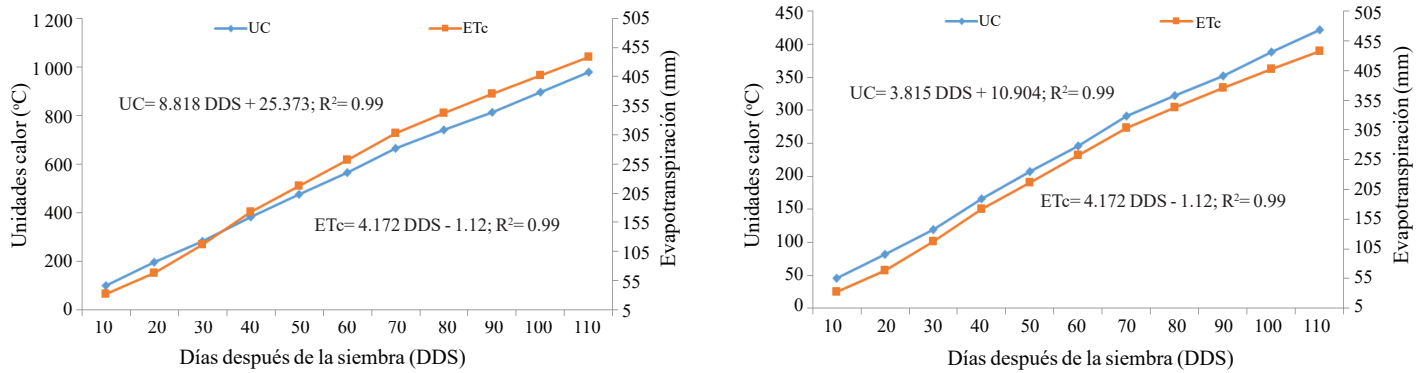


Figura 2. Unidades calor y evapotranspiración acumulada en el agrosistema de maíz y sorgo. Sandoval, Aguascalientes. Verano 2014.

Figure 2. Heat and evapotranspiration units accumulated in the maize and sorghum agrosystem. Sandoval, Aguascalientes. Summer 2014.

Si se considera un período de cultivo de junio a septiembre (120 días), que es cuando se dispone de más 70% de UC en el año (714 UC), se podría pensar que para un cultivo como el sorgo que requiere temperaturas más altas, el período señalado sería el más adecuado para su cultivo bajo condiciones de temporal. Martín del Campo *et al.* (1987) mencionaron que no obstante, que la disponibilidad de calor es reducida, al observar la oscilación térmica promedio que se tiene en el año, resulta que es más elevada que la que se tiene en las regiones sorgueras antes indicadas.

Esta característica de la región determina que durante el día se tengan temperaturas altas y durante la noche más fresca (bajas), lo cual, para una especie de tipo fotosíntesis C-4 como sorgo, es sumamente importante para la producción de materia seca, ya que se tienen temperaturas dentro de las óptimas durante el día para la realización de fotosíntesis, y por otra parte las temperaturas bajas de la noche reducen las tasas respiratorias y en consecuencia la producción de materia seca es más eficiente (Keating y Carberry, 1993).

Un factor ambiental que influye en gran medida en la producción de materia seca de un cultivo es la evapotranspiración potencial. En la Figura 2 se presenta la relación que existió entre la evapotranspiración acumulada (ETc) del maíz y el sorgo y su fenología. De la siembra a la emergencia se observó que la ETc fue de 36 mm para ambos cultivos. Debido a que en esta etapa de desarrollo del dosel vegetal es muy limitado, se supone que la mayor parte de ETc es evaporación directa del suelo. Para el período de emergencia-floración, la ETc fue de 257 y 353 mm para maíz y sorgo. La ETc acumulada durante todo el ciclo de cultivo fue de 403 mm (Morales y Escalante, 2006).

Considering a growing period from June to September (120 days), which is when there is more than 70% of UC in the year (714 UC), it could be thought that for a crop like sorghum that requires higher temperatures, the indicated period would be the most suitable for its cultivation under rainfed conditions. Martín del Campo *et al.* (1987) mentioned that, even when the heat availability is reduced, when observing the average thermal oscillation trough the year, it turns out to be higher than the one in the regions indicated above.

This characteristic of the region determines that high temperatures are present during the day and cooler temperatures during the night (lower), which, for a C-4 photosynthesis type such as sorghum, is extremely important for the production of dry matter, since temperatures are within the optimum during the day for the accomplishment of photosynthesis, and on the other hand the low temperatures of the night reduce the respiratory rates and consequently the dry matter production is more efficient (Keating and Carberry, 1993).

Another environmental factor that greatly influences the dry matter production of a crop is potential evapotranspiration. Figure 2 shows the relationship that existed between accumulated evapotranspiration (ETc) of maize and sorghum and its phenology. From sowing to emergence it was observed that ETc was 36 mm for both crops. Because at this stage of plant development it is very limited, it is assumed that most of ETc is direct evaporation of the soil. For the emergence-flowering period, ETc was 257 and 353 mm for maize and sorghum. The ETc accumulated throughout the crop cycle was 403 mm (Morales and Escalante, 2006).

Características físicas y químicas

La textura del suelo es franco arenosa y arcillo-arenosa, con un pH de 6.6 a 7.6, el valor más bajo correspondió a la capa 0-10 cm. La CIC varió de 2.2 a 4.6 $\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$, la MO de 0.5 a 1.3% y el N total de 0.1 a 0.2% (Cuadro 2). Por tanto, la fertilidad del suelo en estos agrosistemas es baja. En general, es un suelo con fuertes problemas de compactación en todo el perfil, ya que el ámbito de variación de la densidad aparente del suelo estudiado es alto y osciló entre 1.43 a 1.54 Mg m^{-3} , los valores tendieron a aumentar con la profundidad del suelo debido a la reducción de la actividad biológica desarrollada en el horizonte A. Son de bajo contenido de materia orgánica y capacidad limitada para retener humedad, sus valores son típicos de los suelos de zonas áridas (Salazar-Sosa *et al.*, 2010).

Physical and chemical characteristics

The texture of the soil is sandy loam and clay-sandy, with a pH of 6.6 to 7.6, the lowest value corresponded to the layer 0-10 cm. CIC ranged from 2.2 to 4.6 $\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$, the MO from 0.5 to 1.3% N total from 0.1 to 0.2% (Table 2). Therefore, the soil fertility in these agrosystems is low. In general, it is a soil with strong compaction problems throughout the profile, since the variation range of the apparent density of the studied soil is high and ranged from 1.43 to 1.54 Mg m^{-3} , values tended to increase with depth soil due to the reduction of biological activity in the horizon A. They have low organic matter content and limited ability to retain moisture, their values are typical of arid soils (Salazar-Sosa *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo en el agrosistema donde se evaluaron los cultivos alternativos de temporal. Sandoval, Aguascalientes, 2014.

Table 2. Physical and chemical characteristics of the soil in the agrosystem where the alternative rainfed crops were evaluated. Sandoval, Aguascalientes, 2014.

Características	Profundidad de suelo (cm)		
	0-10	10-20	20-30
Textura	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco arcillo-arenoso
Arena (%)	53.44	56.88	51.44
Arcilla (%)	18.2	17.12	20.2
Limo (%)	28.36	26	28.36
DA (Mg m^{-3})	1.43	1.5	1.54
Pt (%)	45	42.3	40.8
pH (1:2.5)	6.6	6.7	7.6
CIC ($\text{cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$)	4.6	2.3	2.2
MO (%)	1.3	1	0.5
N total (%)	0.2	0.1	0.1

DA= densidad aparente; Pt= porosidad total; CIC= capacidad de intercambio catiónico; MO= materia orgánica.

El incremento en la lámina total de agua en el suelo aportado al cultivo durante todo el ciclo, por la combinación de la siembra en camas al contorno y la microcaptación *in situ* (con el sistema Aqueel y el pileteo) fue en promedio de 32% adicional con relación al sistema de siembra tradicional (ST) con surcos rectos en sentido de la pendiente y sin captación de agua de lluvia.

En la Figura 3 se observa la lámina retenida en el perfil del suelo a 0.3 m de profundidad durante el desarrollo de los dos cultivos en sus diferentes etapas fenológicas, con y sin captación de agua. Se aprecia en esta figura que el maíz y

The increase in the total amount of water in the soil contributed to the crop during the whole cycle, by the combination of sowing in wide beds in the edge and the microcaptation *in situ* (with Aqueel system and furrow diking) averaged 32% extra in relation to the traditional sowing system (ST) with straight rows in the direction of the slope and without rainwater harvesting.

Figure 3 shows the retained lamina in the soil profile at 0.3 m depth during the development of the two crops in their different phenological stages, with and without water collection. It is shown in this figure that maize and sorghum

el sorgo sembrados en camas al contorno con cuatro y seis hileras (SC-MS), tuvieron una lámina de agua retenida mayor en todas las etapas de crecimiento al sistema tradicional con los mismos cultivos y sin captación.

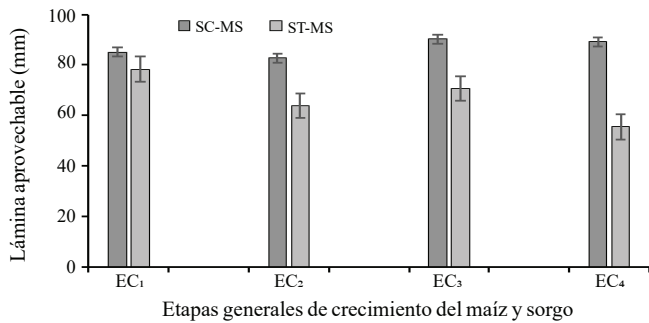


Figura 3. Lámina de agua retenida en el perfil (0.3 m) durante el desarrollo de maíz y sorgo en sus diferentes etapas fenológicas bajo dos sistemas de siembra. Sandoval, Aguascalientes. 2014.

Figure 3. Water lamina retained in the profile (0.3 m) during the maize and sorghum development in its different phenological stages under two sowing systems. Sandoval, Aguascalientes. 2014.

Los valores promedio de lámina retenida en ambos sistemas de siembra para las diferentes etapas de crecimiento del maíz y el sorgo fueron EC₁ [SC-MS 85.08 mm vs ST-MS 78.31 mm], EC₂ [SC-MS 82.72 mm vs ST-MS 63.80 mm]; EC₃ [SC-MS 90.29 mm vs ST-MS 70.49 mm] y EC₄ [SC-MS 89.21 mm vs ST-MS 55.43 mm], respectivamente; se observa que en todas las etapas de crecimiento del cultivo se registraron los valores más altos de lámina retenida, en SC-MS, lo cual se atribuye a la acción combinada de las prácticas de corrugación con aqueel y pileteo y las camas al contorno que produjeron un almacenamiento *in situ* casi total del agua de lluvia y eliminaron la escorrentía y disminuyeron la salida del agua del terreno.

Rendimiento de materia seca, calidad de forraje y eficiencia en el uso de agua de lluvia

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de materia seca y en la calidad del forraje entre tratamientos. En el Cuadro 3 se muestra que el rendimiento del maíz en los dos métodos de siembra fue estadísticamente similar (3.49 y 4.2 t ha⁻¹), pero inferior al del sorgo bajo la siembra en camas de 1.6 m con seis hileras. El máximo rendimiento, tanto para maíz como para sorgo, se obtuvo bajo la siembra en camas de 1.6 m de ancho con cuatro

planted in wide beds at the edge with four and six-rows (SC-MS) had a larger retained water amount in all growth stages than the traditional system with the same crops and without water catchment.

The average values of retained lamina in both planting systems for different growth stages of maize and sorghum were EC₁ [SC-MS 85.08 mm vs ST-MS 78.31 mm], EC₂ [SC-MS 82.72 mm vs ST-MS 63.8 mm]; EC₃ [SC-MS 90.29 mm vs ST-MS 70.49 mm] and EC₄ [SC-MS 89.21 mm vs ST-MS 55.43 mm], respectively; it is observed that in all stages of crop growth the highest values of retained lamina were recorded in SC-MS, which is attributed to the combined action of the corrugation practices with aqueel and furrow diking and the wide beds at the edge that produced *in situ* storage almost as total as rainwater and eliminated the runoff and also decreased the water output to the soil.

Dry matter yield, forage quality and rainwater efficiency

Significant statistical differences were found in dry matter yield and in forage quality between treatments. Table 3 shows that maize yield in the two sowing methods was statistically similar (3.49 and 4.2 t ha⁻¹), but less than sorghum under wide bed planting in 1.6 m with six rows. The maximum yield for both maize and sorghum was obtained under wide beds sowing of 1.6 m width with four and six rows, respectively. On the other hand, in the two topological distributions, sorghum surpassed maize. Reta *et al.* (2007) and Bolaños-Aguilar *et al.* (2013) found that by reducing the distance between rows in forage maize sowing by 38 cm, the yield of dry matter increased by 15.5%, whereas in brown midrib sorghum, by reducing the distance between lines to 20 cm, the dry matter yield increased 68% on average, compared to the conventional sowing to 76 cm, which agrees with the results obtained in this research.

Regarding to fodder quality, the content of crude protein (PC) of sorghum was higher ($p < 0.05$) than maize, while in FDA and FDN it was the same ($p > 0.05$) or lower ($p < 0.05$), according to the evaluation. The quality of evaluated sorghum forage in the two sowing methods is considered acceptable, mainly due to its PC content and low values of FDA and FDN (Table 3).

Regarding to the efficiency of rainwater use (EUA_{LL}), in terms of DM yield per mm of used water, sorghum obtained similar values in both sowing methods, but above than maize at 11 and 39%, respectively.

y seis hileras, respectivamente. Por otro lado, en las dos distribuciones topológicas, el sorgo superó al maíz. Reta *et al.* (2007) y Bolaños-Aguilar *et al.* (2013) encontraron que al reducir a 38 cm la distancia entre surcos en la siembra de maíz forrajero se incrementa el rendimiento de materia seca 15.5%, mientras que en sorgo de nervadura café, al reducir la distancia entre líneas a 20 cm, se incrementa el rendimiento de materia seca 68% en promedio, respecto a la siembra convencional a 76 cm, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo.

En calidad de forraje, el contenido de proteína cruda (PC) del sorgo fue superior ($p < 0.05$) al del maíz, mientras que en FDA y FDN fue igual ($p > 0.05$) o inferior ($p < 0.05$), de acuerdo con la evaluación. La calidad de forraje de sorgo evaluado en los dos métodos de siembra se considera aceptable, debido sobre todo a su contenido de PC y valores bajos de FDA y FDN (Cuadro 3).

En relación con la eficiencia de uso del agua de lluvia (EUA_{LL}), en términos de producción de MS por mm de agua aprovechada, el sorgo obtuvo valores similares en ambos métodos de siembra, pero superiores al de maíz en 11 y 39%, respectivamente.

El forraje de sorgo presentó un contenido de fibra total (FDN) más bajo que el maíz, lo cual puede significar un mayor consumo potencial de forraje por el ganado (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013). La mejora de la calidad del forraje mediante la siembra en camas de 1.6 m de ancho a seis hileras con captación de agua *in situ* resultó posible en sorgo de nervadura café, donde el contenido de fibra total (FDN) fue significativamente menor ($p < 0.05$) al del maíz en ambos métodos de siembra; sin embargo, el valor de FDA no mostró diferencia estadística, aunque en promedio éste disminuyó en 2.6% en comparación con maíz, tanto en siembra tradicional como en camas al contorno a cuatro hileras. Esto indica que el sorgo produjo forraje con una mayor proporción de fibra digestible respecto a maíz (Reta *et al.*, 2010).

Asimismo, el incremento en la materia seca se debió a una mayor cobertura de terreno, resultado del mejor arreglo espacial que se logra en la siembra de sorgo en camas al contorno de 1.6 m con seis hileras, respectivamente; lo cual es una práctica importante de manejo que incrementa el porcentaje de radiación interceptada, al lograr un buen dosel y una mayor cobertura de terreno (Keating y Carberry, 1993).

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca, características de calidad de forraje de maíz y sorgo y eficiencia en el uso de agua bajo diferentes sistemas de siembra. Sandoval, Aguascalientes, 2014.

Table 3. Dry matter yield, maize and sorghum forage quality characteristics and efficiency in water use under different sowing systems. Sandoval, Aguascalientes, 2014.

Tratamientos	Materia seca (t ha ⁻¹)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	EUA _{LL} MS (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Maíz tradicional ¹	3.49 b	12.93 b	51.44 a	25.68	3.62 b
Sorgo tradicional ¹	4.02 b	14.34 a	43.07 b	22.85	4.014 a
Maíz en camas a 4 hileras	4.2 b	10.45 c	51.28 a	25.57	2.925 b
Sorgo en camas a 6 hileras	6.33 a	14.54 a	42.44 b	23.38	4.069 a
DMS ₀₅	1.054	1.144	5.062	ns	0.32

¹Siembra de maíz y sorgo a 76 cm entre surcos; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EUA_{LL}= eficiencia en el uso de agua de lluvia.

Sorghum forage showed a total fiber content (FDN) lower than maize, which can mean a higher potential fodder consumption by livestock (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2013). Improved forage quality by planting in wide beds of 1.6 m at six rows with water uptake *in situ* was possible in brown midrib sorghum where the total fiber content (FDN) was significantly lower ($p < 0.05$) to that of maize in both sowing methods; however, the FDA value did not show statistical difference, although on average it decreased by 2.6% compared to maize, both in traditional and 4-row edge wide beds. This indicates that sorghum produced forage with a higher proportion of digestible fiber than maize (Reta *et al.*, 2010).

Also, the increase in dry matter was due to a greater coverage of land, resulting from the better spatial arrangement that is obtained in the sorghum planting in wide beds at the edge of 1.6 m with six rows, respectively; which is an important management practice that increases the percentage of intercepted radiation, achieving a good canopy and a greater land coverage (Keating and Carberry, 1993).

Conclusiones

Las condiciones climáticas de El Llano, Aguascalientes son adecuadas para la producción de sorgo para forraje bajo temporal, ya que se satisfacen los requerimientos térmicos del cultivo.

El cultivo de sorgo para forraje sembrado en camas al contorno con captación *in situ* a seis hileras es una opción viable para los problemas de escasez de agua de lluvia en la zona de temporal deficiente en la región de El Llano, Aguascalientes, debido a su mayor eficiencia en el uso de este recurso.

En la región del Llano, Aguascalientes, aunque se dispone de menor cantidad de calor para el cultivo que en las zonas sorgueras de México, la oscilación térmica es más elevada, lo que le permite una buena adaptación.

El sorgo de nervadura café sembrado en camas al contorno con seis hileras y captación de agua de lluvia *in situ* presentó mayor rendimiento de materia seca y calidad de forraje, así como mejor eficiencia en el uso de agua de lluvia, que el maíz sembrado en camas con cuatro hileras y en surco sencillo.

Literatura citada

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56. FAO, Rome, Italy. 300 p.
- Bolaños, A. E. D. y Jean, C. E. 2013. Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad de forraje de sorgo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(2):161-176.
- Bolaños, A. E. D.; Jean, C. E. y Guillaume, A. 2012. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. *Rev. Mex. Cienc. Agr.* 3(2): 441-449.
- Carranza, T.; Rodrigo, G.; Macedor, B. R.; Cámara, C. J.; Sosa, R. J.; Meraz, J. A. de J. y Valdivia, F. A. G. 2007. Competitividad en la cadena productiva de leche en el estado de Aguascalientes, México. *Agrociencia.* 41(6):701-709.
- Keating, B. A. and Carberry, P. S. 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Res.* 34: 273-301.
- Luna, F. M. y Gaytán, B. R. 2001. Rendimiento de maíz de temporal con tecnología tradicional y recomendada. *Agric. Téc. Méx.* 27(2):163-169.
- Martínez, G. M. A. y Jasso, C. C. 2004. Agricultura de conservación para la producción de sorgo y maíz de temporal en la zona media de San Luis Potosí. SAGARPA-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. Folleto técnico núm. 23. 19 p.

Conclusions

The climatic conditions of El Llano, Aguascalientes are suitable for the production of forage sorghum under rainfed conditions, since the thermal requirements of the crop are satisfied.

The cultivation of sorghum for forage planted in wide beds at the edge with water capture *in situ* with six rows is a viable option for rainwater shortages in the poor rainfed season in the region of El Llano, Aguascalientes, due to the higher efficiency in the use of this resource.

In the Llano region, Aguascalientes, although less heat is available for cultivation than in Mexico's sorghum zones, the thermal oscillation is higher, allowing a good adaptation.

Brown midrib sorghum planted in wide beds at the edge with six rows and rainwater capture *in situ* showed higher dry matter yield and forage quality as well as better efficiency of rainwater use, than the maize planted in wide beds with four rows and single row.

End of the English version



- Medina, G. G., L. H. Maciel P., J.A. Ruíz C., V. Serrano A. y M. M. Silva S. 2006. Estadística climatológicas básicas del estado de Aguascalientes (Período 1961-2003). Libro Técnico Núm.2. Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Fundación Produce, Ags., SAGARPA. 155 p.
- Morales, R. E. J.; Escalante, E. L.; Tijerina, C. V. H.; Volker, H. y Sosa, M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoam.* 24:55-64.
- Osuna, C. E. S.; Núñez, G. H.; González, F. C.; Reyes, L. M.; Arias, L. E.; Sánchez, C. R. G.; Cortés, M. A. C.; Maciel, L. H. P. y Tovar, M. R. G. 2012. Agricultura de conservación: Alternativa integral para la producción sustentable de forraje de temporal. Folleto técnico núm. 45. INIFAP-SAGARPA. 26 p.
- Osuna, C. E. S.; Padilla, R. J. S.; Martínez, G. M. A.; Martínez, M. E. y Acosta, G. J. A. 2007. Componentes tecnológicos y fórmulas integrales para el cultivo de frijol de temporal en el Altiplano de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto científico núm. 123 p.
- Osuna, C. E. S.; Padilla, R. J. S.; Martínez, G. M. A. and Reyes, M. L. 2015. Grain yield of dry beans under rainfall catchment systems and at four rows sowing. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 58:111-112.

- Padilla, R. J. S.; Osuna, C. E. S.; Martínez, M. E.; Martínez, G. M. A. y Acosta, G. J. A. 2008. Captación *in situ* del agua de lluvia y métodos de labranza en el rendimiento de frijol de temporal Campo Experimental San Luis, CIRNE-INIFAP, SAGARPA, CONACYT. Capítulo 4. 50-65 p. Libro técnico núm. 4. 206 p.
- Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney. 1982. Methods of soil analysis. 2. Chemical and microbiological properties, .2. Aufl. 1184S. American Soc. of Agronomy No. 9, Part 2. ASA and SSSA. Madison, WI, USA. 363-364.
- Peña, R. A.; González, C. F.; Núñez, H. G.; Tovar, G. M. R.; Vidal, M. V. A. y Ramírez, D. J. L. 2012. Heterosis y aptitud combinatoria para la producción y calidad de forraje en seis poblaciones de maíz. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 3(3):389-406.
- Reta, S. D. G.; Cueto, W. J. A.; Gaytán, M. A. y Santamaría, C. J. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. Agr. Téc. Méx. 33(2): 145-151.
- Reta, S. D. G.; Cruz, S. C.; Palomo, G. A.; Santos, J. S. C. y Cueto, W. J. A. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x sudán nervadura café. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1(1):13-23.
- Rodríguez, R. H.; Torres, H. W. y Montes, N. 1994. Sorgo a doble hilera vs surco simple en el noreste de México. Agron. Mesoam. 5:104-108.
- Rojas, S. C.; Osuna, C. E. S. y Yakovleva, N. y Cabral, Z. R. 2013. Sembradora mecánica de precisión, versátil para agricultura de conservación. CEPAB-INIFAP. Folleto técnico núm. 51. 19 p.
- Ruiz, C. J. A.; Sánchez, J. J. G. and Goodman, M. M. 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 mexican maize races. Maydica. 43:277-282.
- Soltero, D. L. 1992. Interacción entre densidad de siembra y genotipo en sorgo para grano en Ocotlán, Jalisco. Rev. Fitotec. Mex. 15(1):95-100.
- Soltero, D. L.; Garay, L. C. y Ruiz, C. J. A. 2010. Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. Rev. Méx. Cienc. Agric. 1(2):149-158.