

## Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de bioetanol en el Valle de Mexicali

Sweet sorghum genotypes potentials for bioethanol production in the Mexicali Valley

Jorge Iván Alvarado Padilla, Benjamín Hernández Vázquez, Antonio Morales Maza, Eva Ávila Casilla, Sergio Payán Ochoa, Mario Camarillo Pulido<sup>1</sup>

Alvarado Padilla, J. I.; Hernández Vázquez, B.; Morales Maza, A.; Ávila Casilla, E.; Payán Ochoa, S.; Camarillo Pulido, M., Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de bioetanol en el Valle de Mexicali, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 52, 15-20, 2011.

### RESUMEN

Los azúcares fermentables de los tallos y el rendimiento de biomasa fresca de sorgo dulce varían de acuerdo a la variedad: lugar donde se siembra, fertilidad, humedad, fecha de siembra y cosecha. Se evaluaron fechas de siembra y genotipos de sorgo dulce con potencial para la producción de biomasa y azúcares totales usados para elaborar bioetanol en el Valle de Mexicali. Los experimentos se establecieron en el Campo Experimental Valle de Mexicali, en cuatro fechas de siembra, bajo el diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluó rendimiento total de materia fresca, caña, follaje, panoja y azúcares totales. En las cuatro fechas de siembra se encontraron diferencias significativas entre genotipos para las variables evaluadas. En conclusión, la siembra de marzo es la más indicada para la siembra de primavera y junio para la siembra de verano, con los genotipos Silo Miel II, Fortuna y Silo Select NC.

### ABSTRACT

Fermentable sugars from the stalks and biomass yield of sweet sorghum vary according to variety, location sowing, fertility, moisture, sowing date

**Palabras clave:** Fechas de siembra, genotipos, rendimiento, azúcares, bioetanol.

**Key words:** Sowing date, genotype, yield, sugar, bioethanol.

Recibido: 11 de Mayo de 2011, aceptado: 1 de Julio de 2011

<sup>1</sup> Todos los autores pertenecen al Campo Experimental Valle de Mexicali-INIFAP, alvarado.jorge@inifap.gob.mx.

and harvest. Planting dates and sweet sorghum genotypes, with the potential for biomass production and total sugars used to make bioethanol in the Mexicali Valley were evaluated. The experiments were established at the Mexicali Valley Experimental Field, four sowing dates, under randomized block design with seven treatments and four replications. Assessing total fresh matter yield, tiller, leaf, panicle and total sugars took place. In the four planting there were significant differences among genotypes for all variables. In conclusion, March is the most suitable date for sowing in spring and June for sowing in summer, with genotypes Silo Miel II, Silo Select NC and Fortuna.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de sorgo en el Valle de Mexicali ha tenido un papel importante a través del tiempo, sembrándose sorgo escobero (Cortes y Flores, 1997), sorgo grano (Loza y Valenzuela, 2010), sorgo forrajero (Hernández *et al.*, 2010) y, actualmente, se está pretendiendo establecer sorgo dulce (Alvarado *et al.*, 2011) como cultivo de reconversión a mediano plazo (figura 1). Existen genotipos de sorgo dulce con alto rendimiento de biomasa fresca y grados Brix, que se pueden sembrar en ciclos de primavera y verano, pero en el Valle de Mexicali los productores desconocen mucha información agronómica sobre los genotipos, por lo que el objetivo del estudio fue evaluar las fechas de siembra y genotipos de sorgo dulce con potencial para la producción de biomasa y azúcares totales para la elaboración de bioetanol.



**Figura 1.** Genotipos de sorgo dulce sembrados en el Valle de Mexicali, en el ciclo de primavera 2009.

Los biocombustibles son una alternativa energética al ser considerados fuente de energía renovable (Anglani, 1998); una de estas fuentes es el bioetanol que favorece el medio ambiente, la economía y la sociedad (Montiel, 2010). Este biocombustible se produce de una gran gama de cultivos, como maíz, trigo, cebada, caña de azúcar, yuca, camote, remolacha azucarera, sorgo dulce, entre otros (Drapcho *et al.*, 2008).

El sorgo dulce es una planta C4 muy eficiente en el proceso fotosintético (Fazaeli *et al.*, 2006), puede desarrollarse en suelos compactos y soporta el paso de la maquinaria en sus primeras etapas fenológicas (Smith y Frederiksen, 2000). Es resistente al estrés hídrico (Tesso *et al.*, 2005) y en zonas de riego se pueden obtener dos cortes por año, con rendimientos de 50 a 70 ton·ha<sup>-1</sup> de biomasa fresca por corte (Alvarado *et al.*, 2010).

En el jugo de sorgo dulce se encuentran diferentes tipos de azúcares, como: sacarosa, glucosa, fructosa, maltosa y xilosa (Almodares *et al.*, 2008), los cuales al fermentarse pueden producir aproximadamente 74 litros de etanol por tonelada de caña (Smith y Frederiksen, 2000).

El bioetanol se obtiene por fermentación de los azúcares y estos varían de acuerdo al genotipo, etapa fenológica, lugar donde se siembra, fertilidad (Almodares *et al.*, 2008a, 2008b), humedad, fecha de siembra y cosecha; siembras tardías reducen la longitud de la estación de crecimiento, afectando rendimiento y contenido de azúcares, de igual manera pueden causar retrasos en la cosecha del cultivo, el cual es más vulnerable a plagas, enfermedades y condiciones agroclimáticas, debido a que requiere de tem-

peraturas superiores de 12 °C para su desarrollo y producción (Almodares *et al.*, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el lote 47 de la colonia Chapultepec, Campo Experimental Valle de Mexicali (CEMEXI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), situado a los 32°32' latitud Norte y 115°24' longitud Oeste a 5 msnm, en un suelo de textura Franca.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, usando siete genotipos (Sorgo Dulce Sabrosa, Sorgo Forrajero Reyna, Sorgo Excelencia, Silo Milo III, Silo Miel II, Silo Select NC y Fortuna) en cuatro fechas de siembra: 25 de febrero, 31 de marzo, 29 de junio y 5 de agosto de 2009. Se establecieron cuatro parcelas de 28 m de ancho por 31 m de largo, con un área total de 868 m<sup>2</sup>, cada parcela fue constituida por 28 unidades experimentales de cuatro surcos separados a 1 por 6 m de largo (24 m<sup>2</sup>, por unidad experimental); la parcela útil fue tomada de la parte central de la unidad experimental (8 m<sup>2</sup>). La siembra se realizó de forma manual a doble hilera con una densidad poblacional de 160,000 plantas por hectárea; se fertilizó con la fórmula 100-52-00 (N-P-K), la cual se distribuyó en dos aplicaciones, la primera fue al momento de la siembra depositando todo el fósforo y el 60% de nitrógeno, y la segunda a los 25 días después de la siembra, depositando el 40% restante; se aplicaron seis riegos incluyendo el de germinación para el ciclo de primavera y siete incluyendo el de germinación para el ciclo verano.

Las variables evaluadas fueron rendimiento total de materia fresca, caña, follaje, panoja y azúcares totales, determinándose cuando los genotipos presentaban grano lechoso-masoso. Para el rendimiento de panoja, follaje y caña, se consideró el peso de la parcela útil y con la suma se obtuvo el rendimiento total. Para la variable de azúcares totales se logró una muestra de tres cañas tomadas al azar en cada parcela útil, las cuales se les extrajo el jugo y a este se le midieron los grados Brix con un refractómetro digital y con la ecuación de Lu Nan *et al.* (1994) se determinaron los azúcares totales.

$$Y = (-10.24 + 1.974) X$$

donde:

Y = Contenido de azúcares totales.

X = Grados Brix.

Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey  $\alpha=0.05$  con el paquete estadístico SAS 9.2.

## RESULTADOS

En la fecha de siembra de febrero (tabla 1) se encontraron diferencias estadísticas en rendimiento de panoja, follaje y caña. Para rendimiento de panoja, Silo Miel II y Silo Milo III se encontraron estadísticamente superiores a Silo Select NC. En rendimiento de follaje, Silo Milo III superó estadísticamente a Silo Miel II y Sorgo Forrajero Reyna. Para el rendimiento de caña, Sorgo Dulce Sabrosa superó estadísticamente a Fortuna con 26,573 kg·ha<sup>-1</sup>. En rendimiento total no se encontraron diferencias significativas entre genotipos; sin em-

bargo, Sorgo Dulce Sabrosa generó la mayor cantidad de biomasa total.

En la fecha de siembra de marzo (tabla 1) se encontraron diferencias significativas entre genotipos en rendimiento de panoja, follaje y caña. En rendimiento de panoja, Silo Miel II, Silo Milo III y Sorgo Forrajero Reyna constituyeron el grupo estadístico mayor a Silo Select. Para rendimiento de follaje, Silo Milo III fue estadísticamente diferente de Silo Miel II y Sorgo Dulce Sabrosa. Sorgo Excelencia superó a Sorgo Forrajero Reyna en rendimiento de caña con 20,740 kg·ha<sup>-1</sup>. No se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos para rendimiento total; sin embargo, Sorgo Excelencia tuvo el mayor rendimiento (66,219 kg·ha<sup>-1</sup>).

**Tabla 1.** Rendimiento de materia fresca de órganos y planta completa de sorgo dulce para el ciclo de primavera 2009

Variedades	FEBRERO											
	Panoja (kg ha <sup>-1</sup> )			Follaje (kg ha <sup>-1</sup> )			Caña (kg ha <sup>-1</sup> )			Planta (kg ha <sup>-1</sup> )		
FORTUNA	5,396	a	b	11,094	a	b	28,948		b	45,438	a	
SORGO DULCE SABROSA	5,208	a	b	11,479	a	b	55,521	a		72,208	a	
SORGO EXCELENCIA	4,042	a	b	11,125	a	b	43,562	a	b	58,729	a	
SORGO FORRAJERO REYNA	5,250	a	b	8,024		b	39,167	a	b	52,441	a	
SILO MIELII	7,500	a		8,563		b	48,646	a	b	64,708	a	
SILO MILO III	7,479	a		13,938	a		43,167	a	b	64,583	a	
SILO SELECT NC	2,500		b	9,292	a	b	39,896	a	b	51,688	a	
DMS	2,076			2,027			10,727			11,641		
CV	38.9			19.3			25.1			19.9		
MARZO												
Variedades	Panoja (kg ha <sup>-1</sup> )			Follaje (kg ha <sup>-1</sup> )			Caña (kg ha <sup>-1</sup> )			Planta (kg ha <sup>-1</sup> )		
FORTUNA	2,875	a	b	11,313	a	b	c	30,646	a	b	44,833	a
SORGO DULCE SABROSA	2,906	a	b	9,021		b	c	44,792	a	b	56,719	a
SORGO EXCELENCIA	2,979	a	b	15,021	a	b		48,219	a		66,219	a
SORGO FORRAJERO REYNA	4,271	a		8,854			c	27,479		b	40,604	a
SILO MIELII	4,250	a		9,460		b	c	37,990	a	b	51,700	a
SILO MILO III	5,437	a		15,604	a			39,521	a	b	60,563	a
SILO SELECT NC	1,396		b	10,084	a	b	c	37,996	a	b	49,475	a
DMS	2,689			6,121				19,740			25,849	
CV	33.4			23.1				22.2			20.9	

**Nota.** Valores con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

Los menores rendimientos para el ciclo de primavera se obtuvieron en la siembra de febrero, debido a que las temperaturas en la región aún son bajas, por lo que detiene el desarrollo del cultivo; y en marzo éstas aumentan favoreciendo la germinación y desarrollo del cultivo, sin embargo, ambas fechas llegan con una diferencia de 5 a 7 días a su etapa fenológica de grano lechoso-masoso, durante la cual se recomienda cosechar.

En la fecha de siembra de junio (tabla 2) se presentaron diferencias estadísticas para las variables evaluadas. En el rendimiento de panoja, Silo Milo III superó con 3,208 kg·ha<sup>-1</sup> respecto a Silo Select NC (1,687 kg·ha<sup>-1</sup>), que tuvo el menor rendimiento. En follaje, Fortuna y Sorgo Dulce Sabrosa superaron a Silo Select NC en 4,333 kg·ha<sup>-1</sup> y 3,395 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el rendimiento de caña, Sorgo Dulce Sabrosa fue 2.7 veces mayor

a Silo Milo III y Silo Select NC. El mayor rendimiento de biomasa fresca total se tuvo con Silo Miel II (71938 kg·ha<sup>-1</sup>), superando a Silo Milo III y Silo Select NC con 22,521 y 27,730 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En la siembra de agosto (tabla 2) se encontraron diferencias significativas en rendimiento de follaje, rendimiento de caña y total; el rendimiento de panoja no presentó diferencias estadísticas. El mayor rendimiento de follaje se logró con Silo Miel II (13,250 kg·ha<sup>-1</sup>), superando a Sorgo Excelencia, Silo Milo III y Silo Select NC con 3,125, 5,416 y 5,958 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En rendimiento de caña, Sorgo Dulce Sabrosa (47,437 kg·ha<sup>-1</sup>), Silo Miel II (43,708 kg·ha<sup>-1</sup>) y Sorgo Forrajero Reyna (42,000 kg·ha<sup>-1</sup>) fueron estadísticamente las de mayor rendimiento, mientras Silo Milo III y Silo Select NC presentaron los rendimientos más bajos (26,010 y 25,188 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente). En biomasa fresca total, Sorgo Dulce Sabrosa y Silo Miel II superaron a Silo Milo III y Silo Select NC.

**Tabla 2.** Rendimiento de materia fresca de órganos y planta completa de sorgo dulce para el ciclo de verano 2009

Variedades	JUNIO												
	Panoja (kg ha <sup>-1</sup> )			Follaje (kg ha <sup>-1</sup> )			Caña (kg ha <sup>-1</sup> )			Planta (kg ha <sup>-1</sup> )			
FORTUNA	2,958	a	b	13,042	a		43,458	a	b	59,458	a	b	c
SORGO DULCE SABROSA	3,229	a	b	12,104	a		54,125	a		69,458	a	b	
SORGO EXCELENCIA	3,125	a	b	11,042	a	b	40,854	a	b	55,021	a	b	c
SORGO FORRAJERO REYNA	4,333	a		11,563	a	b	53,615	a		69,510	a	b	
SILO MIELII	4,208	a		11,563	a	b	56,167	a		71,938	a		
SILO MILO III	4,896	a		10,396	a	b	34,125		b	49,417		b	c
SILO SELECT NC	1,688		b	8,708		b	33,813		b	44,208			c
DMS	2,213			3,221			17,491			22,035			
CV	27.1			12.3			16.6			15.8			
Variedades	AGOSTO												
	Panoja (kg ha <sup>-1</sup> )			Follaje (kg ha <sup>-1</sup> )			Caña (kg ha <sup>-1</sup> )			Planta (kg ha <sup>-1</sup> )			
FORTUNA	2,250	a		11,375	a	b	36,250	a	b	49,875	a	b	c
SORGO DULCE SABROSA	3,062	a		10,521	a	b	47,437	a		61,021	a		
SORGO EXCELENCIA	2,594	a		10,125		b	35,000	a	b	47,719	a	b	c
SORGO FORRAJERO REYNA	3,750	a		11,021	a	b	42,000	a		56,771	a	b	
SILO MIELII	4,417	a		13,250	a		43,708	a		61,375	a		
SILO MILO III	6,250	a		7,833			26,010		b	40,094		b	c
SILO SELECT NC	3,333	a		7,292			25,188		b	35,812			c
DMS	4,959			3,019			12,575			18,114			
CV	57.9			12.7			14.7			15.4			

**Nota.** Valores con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

En azúcares totales se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos, para las fechas de siembra de primavera y sólo para la primera fecha de siembra de verano (figura 1). En la siembra de febrero, Silo Select NC presentó el mayor contenido de azúcares totales ( $18 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), mientras Sorgo Excelencia, Sorgo Forrajero Reyna y Silo Miel II tuvieron valores arriba de  $14 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . En la siembra de marzo, Sorgo Excelencia fue el de mayor contenido de azúcares ( $21 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), de igual manera Silo Select NC, Silo Miel II, Sorgo Dulce Sabrosa y Fortuna superaron los  $14 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Para la siembra de junio, Sorgo Excelencia, Sorgo Dulce Sabrosa y Fortuna superaron los  $14 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . En la siembra de agosto no se presentaron diferencias estadísticas y los genotipos no acumularon más del  $14 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  de azúcares totales.

## DISCUSIÓN

En promedio, los genotipos evaluados en el Valle de Mexicali generan rendimientos de biomasa fresca total de  $50$  a  $60 \text{ Ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , por lo que coincide con lo reportado por Almodares y Had, (2010), quienes dicen que en sorgo dulce no hay genotipos con rendimientos superiores a las  $7 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dentro de los materiales establecidos existen genotipos resistentes al acame y susceptibles al mismo, por lo que se puede mencionar que Sorgo Dulce Sabrosa, a pesar de ser el material de mayor rendimiento, con porte alto y tallo de gran grosor, es susceptible al acame; es por eso que no es apto para su siembra en el Valle de Mexicali, ya que se complicaría la cosecha. Sin embargo, Silo Select NC, es un genotipo que presenta rendimientos menores a  $40 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ , pero puede ser sembrado en ambos ciclos mostrando rendimientos estables y con resistencia al acame.

Almodares *et al.* (2006) encontraron que los sólidos solubles acumulados en el tallo de sorgo

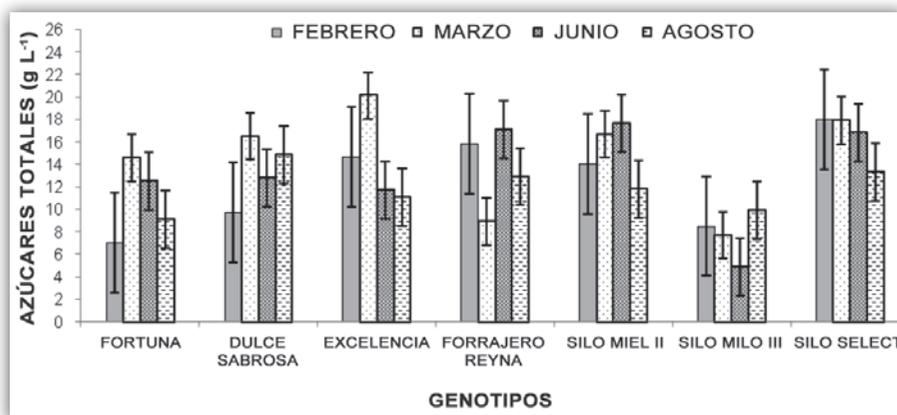
dulce varían de  $14$  a  $23$  grados Brix, y al aplicar la fórmula de Lu Na *et al.* (1994), los resultados de los azúcares totales se encuentran en los rangos obtenidos en este trabajo.

Al realizar el trabajo de investigación bajo condiciones favorables de humedad, fertilización y donde se controlaron los problemas de plagas y malezas, se considera que las diferencias en rendimiento de biomasa fresca y acumulación de azúcares totales, se atribuyen a los genotipos dentro de la misma fecha y la interacción del genotipo entre fechas de siembra.

## CONCLUSIONES

El cultivo de sorgo se puede sembrar en el Valle de Mexicali en el ciclo de primavera y verano. Por lo que para el caso de sorgo dulce, los meses más indicados para su siembra son: marzo para el ciclo de primavera y junio para el ciclo de verano, ya que fueron los que presentaron mayor rendimiento de biomasa fresca y azúcares totales, esta información dará pauta para que a mediano plazo el sorgo dulce forme parte del grupo de cultivo que se proponen para la reconversión productiva del Valle de Mexicali.

Actualmente, existen genotipos con altos rendimientos de biomasa, de los cuales se evaluaron siete en este estudio, sobresaliendo Silo Miel II en siembras de primavera y Fortuna en siembras de verano; Silo Select NC es un genotipo que muestra estabilidad en rendimiento de biomasa y acumulación de azúcares a través de las diferentes fechas de siembra. Por consiguiente, con estos genotipos los productores del Valle de Mexicali podrán incursionar en la siembra de sorgo dulce para la producción de bioetanol.



**Figura 1.** Producción de azúcares totales en cuatro fechas de siembra con siete genotipos de sorgo dulce.

**LITERATURA CITADA**

- ALMODARES, A., HADI, M R.d AHMADPOUR, H., Sorghum Stem yield and soluble carbohydrates under different salinity levels. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 22, No. 7, pp. 4051-4055. 2008a.
- ALMODARES, A., TAHERI, R., CHUNG, M.; FATHI, M., The effect of nitrogen and potassium fertilizers on growth parameters and carbohydrate content of sweet sorghum cultivars. *J. Environ Biol*. No. 29, pp: 849-854. 2008b.
- ALMODARES, A., SEPAHI, A., DALILITAJARY, H.; GARAMI, R., Effect of phenological stages on biomass and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. *Ann. Plant Physiol*. No. 8, pp.:42-48. 1994.
- ALMODARES, A., SEPAHI, A., REZAEI, A., Effect of breaking night period in sugar production in sweet sorghum plant. *Ann. Plant. Physiol*. No. 14, pp: 21-25. 2006.
- ALMODARES, A., TAHERI, R., ADELI, S., Stalk yield and carbohydrate composition of sweet sorghum (sorghum bicolor L. Moench) cultivars and lines at different growth stages. *J. Malaysian Appl. Biol*. No. 37: 31-36. 2008.
- ALMODARES, A.; HADI, M R., Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural*. No. 4, pp: 772-780. 2010.
- ALVARADO PADILLA, J I., AVILA CASILLA, E.; CAMARILLO PULIDO, M.; Sorgho Dulce para la Producción de Bioetanol en el Valle de Mexicali. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Desplegable para Productores Núm. 40. 2011.
- ALVARADO PADILLA, J I., AVILA CASILLA E., CAMARILLO PULIDO, M.; OCHOA ESPINOZA, X M., Sorgho Dulce: Avances de Investigación en Cultivo de Bioenergéticos en el Valle de Mexicali, B. C. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Desplegable para Productores Núm. 22. 2010.
- ANGLANI, C., Sorghum carbohydrates-A Rev. *Plant Food Human Nutr*. No. 52: 77-83. 1998.
- CORTÉS NAVARRO, J.y FLORES, M., Sorgho Escobero en el Valle de Mexicali. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Desplegable para Productores Núm. 87. 1997.
- DRAPCHO, C M., NHUAN, N P., WALKER, T H. *Biofuels Engineering Process Technol*. USA: The McGraw-Hill companies. 2008.
- FAZAEI, H., GOLMOHAMMADI, H A., ALMODARES, A., MOSHARRAF, S., SHAEI, A.. Comparing the performance of sorghum silage with maize silage in feedlot calves. *Pakistan J. Biol. Sci*. No. 9, pp: 2450-2455, 2006
- HERNÁNDEZ VÁZQUEZ, B., ALVARADO PADILLA, J I., AVILA CASILLA, E., PAYAN OCHOA, S., MORALES MAZA, A. LOZA VENEGAS, E., Guía Técnica para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle de Mexicali. Sorgho Forrajero. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Guía Técnica Núm. 1. pp. 107-111, 2010.
- LOZA VENEGAS, E.y VALENZUELA PALAFOX, J A., Sorgho Grano en los Valles de Mexicali, B. C. y San Luis Río Colorado, Son. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Desplegable para Productores Núm. 26. 2010.
- LU, Nn, BEST, G.d CARVALHO NETO, C., The Production of Ethanol from Sweet Sorghum. IN: *Integrated Energy Systems in China: The Cold Northeastern Region Experience*. USA: FAO. 414 p., 1994.
- MONTIEL MONTOYA, J., Potencial y Riesgo Ambiental de los Bioenergéticos en México. *Ra Ximhai*. No. 6, pp: 57-62. 2010.
- SMITH, C W.; FREDERIKSEN, R A., *Sorghum: origin, history, technology and production*. New York, John Wiley and Sons,.811 p., 2000.
- TESSO, T T., CLAFLIN, L E.; TUINSTRAN, M R., Analysis of Stalk Rot Resistance and Genetic Diversity among Drought Tolerant Sorghum Genotypes. *Crop Sci*. No. 45, pp: 645-652. 2005.