

MÉXICO 2010



**GOBIERNO
FEDERAL**

SAGARPA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN TAMAULIPAS

Noé MONTES GARCÍA, Jaime Roel SALINAS GARCÍA, Alberto GONZÁLEZ JIMÉNEZ,
Refugio LOREDO PÉREZ y Gabriel DÍAZ PADILLA

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional del Noreste
Campo Experimental Río Bravo
Río Bravo, Tamaulipas, Diciembre de 2010
Folleto Técnico Núm. 49, ISBN: 978-607-425-468-6

25 Aniversario
Ciencia y Tecnología
para el Campo Mexicano



Vivir Mejor

**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural
Pesca y Alimentación**

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda
Secretario

M. C. Mariano Ruiz-Funes Macedo
Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez
Subsecretario de Desarrollo Rural

Dr. Pedro Adalberto González Hernández
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. Arturo Cruz Vázquez
Encargado del Despacho de la Coordinación de Planeación
y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo
Coordinador de Administración y Sistemas

Lic. Ricardo Noverón Chávez
Director General Adjunto de la Unidad Jurídica

Centro de Investigación Regional del Noreste

Dr. Sebastián Acosta Núñez
Director Regional

Dr. Jorge Elizondo Barrón
Director de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. Nicolás Maldonado Moreno
Director de Planeación y Desarrollo

M. A. José Luis Cornejo Enciso
Director de Administración

GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN TAMAULIPAS

Dr. Noé MONTES GARCÍA¹
Dr. Jaime Roel SALINAS GARCÍA¹
Dr. Alberto González Jiménez²
Ing. Refugio LOREDO PÉREZ²
Dr. Gabriel DÍAZ PADILLA³

¹ Investigador del Campo Experimental Río Bravo de la RII de Bioenergía;

² Investigador del Campo Experimental Huastecas de la RII de Bioenergía;

³ Investigador del Campo Experimental Cotaxtla de la RII de Bioenergía,
especialista en potencial productivo.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional del Noreste
Campo Experimental Río Bravo
Diciembre, 2010

Folleto Técnico Núm. 49, ISBN: 978-607-425-468-6

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias**

Progreso 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C.P. 04010 México, D. F.
Teléfono (55) 3871-8700

**GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE [*Sorghum
bicolor* (L.) Moench] EN TAMAULIPAS**

ISBN: 978-607-425-468-6
Primera Edición 2010

Clave CIRNE: INIFAP/CIRNE/A-464

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación,
ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea
electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el
permiso previo y por escrito de la Institución.

CONTENIDO

	Página
ANTECEDENTES	1
EL SORGO DULCE	2
VENTAJAS DEL SORGO DULCE	4
PRODUCCIÓN DE BIOMASA	5
PRODUCCIÓN DE AZÚCARES	6
PRODUCCIÓN DE ETANOL	7
POTENCIAL PRODUCTIVO	8
TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	9
PREPARACIÓN DEL TERRENO	10
DESVARE	10
BARBECHO	10
RASTREO	10
EMPAREJAMIENTO	11
BORDEO	11
FERTILIZACIÓN	11
RIEGOS	13
VARIEDADES	14
FECHA DE SIEMBRA	21
MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA	22
CONTROL DE MALEZAS	24
A) CONTROL MECÁNICO	24
B) CONTROL QUÍMICO	25
a) EN PREEMERGENCIA	25
b) EN POSTEMERGENCIA	25
PLAGAS	26
ENFERMEDADES	27
COSECHA	29
LITERATURA CITADA	30
AGRADECIMIENTOS	36

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Distribución de azúcares (°Brix) en tallos de sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas. Etapa de grano masoso. 2009.	7
Cuadro 2. Efecto de la dosis de fertilizante en la producción de biomasa y azúcares del genotipo de sorgo dulce RB Cañero, evaluado en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo P-V 2009-2009.	13
Cuadro 3. Características de genotipos de sorgo dulce evaluados en Río Bravo, Tamaulipas. P-V 2009-2009.	16
Cuadro 4. Características de variedades de sorgo dulce evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo P-V 2009-2009.	18
Cuadro 5. Promedios de características agronómicas de genotipos de sorgo dulce evaluados bajo riego en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo O-I 2008-2009.	19
Cuadro 6. Promedio de variables de producción observados en genotipos de sorgo dulce evaluados en el sur de Tamaulipas. P-V 2009-2009.	20
Cuadro 7. Peso de la biomasa (g) de partes de la planta de sorgo dulce RB Cañero en diversas fechas de siembra en Río Bravo, Tamaulipas. 2009.	22
Cuadro 8. Efecto de la densidad de población en la producción de biomasa y contenido de azúcar del sorgo dulce en el norte de Tamaulipas. Ciclo P-V 2009-2009.	23
Cuadro 9. Principales plagas que atacan al sorgo dulce y su control químico.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Biomasa de sorgo dulce observada en Tamaulipas durante el ciclo P-V 2009-2009.	6
Figura 2. Potencial productivo para el sorgo dulce en el noreste de México.	9
Figura 3. Variedades de sorgo dulce evaluadas en Tamaulipas.	15
Figura 4. Siembra en surcos a 81 cm de separación.	23
Figura 5. Escarda mecánica realizada para controlar malezas durante la etapa vegetativa.	24
Figura 6. La aplicación en postemergencia se realiza con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas verdaderas.	26
Figura 7. Presencia de pulgón <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch) en sorgo dulce durante la etapa vegetativa.	27
Figura 8. Cosecha mecanizada de caña de azúcar, similar a la de sorgo dulce.	29

GUÍA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN TAMAULIPAS

Dr. Noé MONTES GARCÍA
Dr. Jaime Roel SALINAS GARCÍA
Dr. Alberto GONZÁLEZ JIMÉNEZ
Ing. Refugio LOREDO PÉREZ
Dr. Gabriel DÍAZ PADILLA

ANTECEDENTES

El calentamiento global debido al uso de recursos contaminantes, es uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad actualmente. Aunado a este grave problema, la reducción en la cantidad de recursos energéticos no renovables ha provocado que en los últimos años los precios de los combustibles se hayan elevado, originando incertidumbre entre la población por las consecuencias de una crisis energética. Es por ello que resulta importante iniciar programas de producción de energía alternativos que no causen tanta contaminación y que reduzcan los gases con efecto invernadero que desestabilizan el clima. Entre estas acciones está el uso de los biocombustibles, los cuales producen energía limpia y eficiente que puede reducir los gases de efecto invernadero, las importaciones de gasolina y remplazar al MTBE (Methyl tert-butyl ether), que es uno de los mayores contaminantes del aire y del agua subterránea (Almodares y Hadi, 2009).

Según Goldemberg y Macedo (1994), el 50 % de la gasolina que requiere Brasil para 10 millones de automóviles ha sido desplazada por el etanol producido de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), lo que representa un uso de 250 mil barriles de alcohol por día. En Estados Unidos de América, se están produciendo biocombustibles a partir de granos de maíz (*Zea mays* L.) y de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Sin embargo, la utilización de granos de cereales para producir etanol ha tenido serias oposiciones desde la década de los 70's (Weizz y Marshall, 1979; Hall, 1983) hasta nuestros días (FAO, 2010), ya que existe un déficit mundial de granos y alimentos. De acuerdo con el Argonne National Laboratory (2005) cuando la biomasa proviene de otras fuentes de celulosa que no son granos, tanto el balance energético como el rendimiento energético final se incrementan, así como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

EL SORGO DULCE

El sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es una planta tolerante a la sequía, altas temperaturas, inundaciones, salinidad del suelo y toxicidad por acidez (Almodares y Hadi, 2009). Además, posee amplia adaptabilidad, rápido crecimiento y alta acumulación de azúcar. Es la principal materia prima alternativa que puede complementar el uso de la caña de azúcar en la producción de etanol. El sorgo dulce es nativo de África y muchas de las variedades conocidas

actualmente han sido generadas en ese continente. Se cree que antes de que la historia lo registrara fue producido en la India y en Asiria desde 700 años A. C. Su cultivo llegó a China durante el siglo XIII y posteriormente llegó al hemisferio occidental. El sorgo dulce fue introducido a los Estados Unidos de América después del siglo XVII, sin embargo, no creció extensivamente en este país hasta 1850, cuando fue introducido de Francia. Desde entonces, muchas otras variedades se han introducido de otros países o se han desarrollado en este país.

El sorgo dulce es un cultivo que no compite con los granos, ya que puede sembrarse en áreas no aptas para otros cultivos y ofrece en algunos casos grano y forraje, siendo el tallo el principal órgano que se aprovecha, el cual presenta un alto contenido de azúcar (Almodares y Hadi, 2009). Con el sorgo dulce se puede hacer azúcar refinada (Rajvanshi *et al.*, 1993), techos, papel y miel (Schaffert, 1992). Uno de los principales usos de los sorgos dulces ha sido su amplia utilización en la producción de alimentos balanceados (Undersander *et al.*, 1990). El sorgo dulce puede ser transformado biológicamente en alcohol etílico de primera generación, etanol celulósico o para producir energía propia (House *et al.*, 2000; Lemus y Parrish, 2009) o como aditivo (Schaffert y Gourley, 1982).

El tallo del sorgo dulce concentra grandes cantidades de azúcar (Harlan y de Wet, 1972; Vietor y Miller, 1990); estas cantidades pueden ser similares o más altas que los de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), aunque el mecanismo

de acumulación del azúcar es diferente (Lingle, 1987; Tarpley y Vietor, 2007); la caña de azúcar requiere de 12 a 16 meses de clima tropical para madurar, mientras que el sorgo requiere de 3 a 5 meses (Hills et al., 1990). Estos azúcares pueden ser convertidos a etanol, el cual es una excelente fuente de bioenergía. El agregar un 10 % de etanol a la gasolina reduce hasta en 30 % las emisiones de monóxido de carbono y entre 6 y 10 % las de dióxido de carbono (Smith y Buxton, 1993; Gnansounou et al., 2005). Debido a su rápido crecimiento, a su alto valor de producción de energía y su amplia adaptabilidad, el sorgo dulce resulta una excelente fuente biomasa para producir etanol a partir del jugo del tallo (Smith et al., 1987; Smith y Buxton, 1993) o del bagazo o residuo post extracción de los azúcares, ya que este puede también ser utilizado como energía para el proceso de fabricación de etanol (Woods, 2000).

VENTAJAS DEL SORGO DULCE

El sorgo dulce además de su rápido crecimiento, alta eficiencia en el uso del agua, bajos requerimientos de fertilizante y amplia adaptación (Prasad et al., 2007), presenta ventajas en relación a otros cultivos que son usados comúnmente para la obtención de biocombustibles. Entre estas ventajas se encuentran que el sorgo dulce tiene un requerimiento de agua de 4000 m³ por ciclo de cultivo, mientras que la caña de azúcar tiene un requerimiento de agua de 36000 m³ por ciclo (Bielecki, 1962). Los costos de

producción del sorgo dulce son tres veces menores que los de la caña de azúcar. El sorgo dulce se propaga por semilla y el sistema de producción del cultivo es totalmente mecanizable.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA

En sorgo dulce, al igual que la caña de azúcar, el diámetro del tallo y el área foliar de las hojas superiores de las variedades mejoradas se han incrementado drásticamente, con la finalidad de tener una mayor superficie fotosintética y de almacén de sacarosa (Daie, 1985). Alrededor del 93 % del etanol es producido a través de la fermentación de algún tipo de biomasa, y un 7 % por métodos sintéticos (García-Breijo y Primo Yúfera, 1986). En Tamaulipas, en el sorgo dulce RB Cañero, el tallo representa la mayor proporción de biomasa (Figura 1), teniendo en promedio el 79 % del peso total de la planta, mientras que las hojas representan el 11.5 % y la panoja el 9.5 % (Montes *et al.*, 2010).

El sorgo dulce produce altas cantidades de biomasa total, la cual varía de acuerdo a la localidad, sin embargo en evaluaciones realizadas en California, USA, la producción de biomasa ha llegado a 118 ton ha⁻¹, con una producción de tallo de 98 ton ha⁻¹, suficiente para producir de 3,750 a 4,800 litros de etanol (Hills, *et al.*, 1990). Si bien existe mucha información de prácticas de manejo para el sorgo dulce, estas fueron realizadas con variedades con un potencial de rendimiento limitado (Cassou *et al.*, 1983; Smith y Buxton, 1993; Gnansounou *et al.*, 2005).



Figura 1. Biomasa de sorgo dulce observada en Tamaulipas durante el ciclo P-V 2009-2009.

PRODUCCIÓN DE AZÚCARES

El sorgo dulce puede tener una altura de hasta 3 m, con 12 a 14 entrenudos. El contenido de azúcar en el tallo varía de acuerdo a la variedad utilizada (Almodares *et al.*, 1994) y los °Brix fluctúan entre 14 y 22 (Almodares y Sepahi, 1996). En Tamaulipas, el tallo del sorgo dulce es jugoso y rico en azúcares fermentables con valores de hasta 17.8 °Brix (Cuadro 1), y ha mostrado un potencial superior a las 70 ton/ha de biomasa. En estudios realizados en Tamaulipas (riego durante el ciclo O-I y temporal en el ciclo P-V), el mayor contenido de azúcar en el tallo se logra antes de la madurez fisiológica del grano, alrededor de 20 días después de la floración.

Cuadro 1. Distribución de azúcares en °Brix en tallos de sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas. Etapa de grano masoso. 2009.

Entrenudo*	RB Cañero	Fortuna	Sureño
2	** 13.8 ab	10.7 b	14.2 a
4	15.2 a	10.9 b	15.2 a
6	17.1 a	11.3 b	15.8 ab
8	17.8 a	11.8 b	15.9 ab
10	17.4 a	12.1 b	15.9 ab

*Iniciando de la panoja hacia la base de la planta.

**Variedades con la misma letra dentro de cada entrenudo son estadísticamente iguales según Tukey (P<0.05).

PRODUCCIÓN DE ETANOL

Hasta los años 30, el etanol de grado industrial fue producido a nivel mundial vía la fermentación de la melaza. Hoy en día, el alto costo del azúcar de caña ha hecho que estas fuentes de producción pierdan terreno contra otras tecnologías. En relación a esto, los tallos del sorgo dulce contienen azúcares fermentables en el jugo, equivalentes a 3,500-5,500 litros de etanol por hectárea, el cual es el doble comparado con el obtenido del grano de maíz (Baker y Zahniser, 2006). Según Prasad *et al.*, (2007), en una producción de 50 ton ha⁻¹ de tallo, el 73 % (36.5 ton) corresponden a agua, 6.49 ton son de azúcar, 2.66 ton de celulosa, 1.87 ton de hemicelulosa,

1.35 ton de lignina y 1.15 ton corresponden a otros compuestos. Lo anterior, al añadirse 5 ton de agua para la fermentación producen jugo ($39.67 \text{ ton ha}^{-1}$) y bagazo $15.33 \text{ ton ha}^{-1}$). El jugo se compone de agua (33.24 ton), azúcar (5.65 ton) y otros compuestos (0.78 ton), mientras que el bagazo se compone de agua (8.26 ton), azúcar (0.83 ton), celulosa (2.61 ton), hemicelulosa (1.83 ton), lignina (1.31 ton) y otros compuestos (0.49 ton). Del jugo se obtienen alrededor de 3,451 litros de etanol anhidro y del bagazo 2,422 litros, dando un total de $5,873 \text{ L ha}^{-1}$, lo cual es muy factible de obtener en Tamaulipas de acuerdo a los resultados de evaluaciones realizadas, donde se superan las 50 ton ha^{-1} de tallo de sorgo dulce.

POTENCIAL PRODUCTIVO

De acuerdo a las estimaciones realizadas por el INIFAP, el área con posibilidades de cultivarse con sorgo dulce en el noreste de México, abarca una superficie de 4.38 millones de hectáreas, siendo la mayor superficie en el estado de Tamaulipas (Figura 2). De esta área el 49.7% ($2'180,435 \text{ ha}$) presentan un potencial de producción alto.

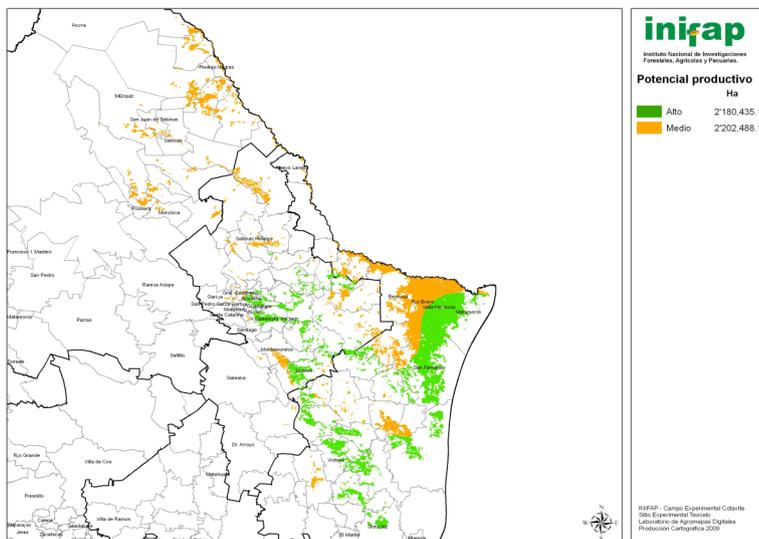


Figura 2. Potencial productivo para el sorgo dulce en el noreste de México.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Para aumentar la rentabilidad de la producción de sorgo dulce es necesario utilizar los diferentes paquetes tecnológicos diseñados por el INIFAP para las regiones productoras, con lo cual se hará un uso más eficiente de los recursos.

El sorgo dulce ofrece la ventaja de que puede ser mecanizado en su totalidad, razón por la que su productividad puede aumentarse a base de un buen manejo.

Las indicaciones que a continuación se detallan son el resultado de varios estudios de investigación y tienen como objetivo dar a conocer al productor la tecnología aplicable a nivel comercial para mejorar la rentabilidad del cultivo.

PREPARACIÓN DEL TERRENO

Desvare. Dependiendo del cultivo anterior y del tiempo disponible para el establecimiento del sorgo, es recomendable realizar esta labor, pues contribuye a eliminar insectos y algunos patógenos hospedados en los residuos vegetales, asimismo facilita la realización de las labores siguientes.

Barbecho. En el caso de siembras durante el ciclo de P-V, esta labor debe efectuarse a principios de marzo a una profundidad de 30 centímetros. Sirve para favorecer la infiltración y captura del agua de riego o de lluvia, así como para voltear la tierra y exponer plagas y patógenos a los rayos solares. Para el caso de siembras durante el ciclo de O-I se recomienda realizarla en agosto.

Rastro. Una vez barbechado, rastrear en forma cruzada al menos en dos ocasiones para desmenuzar bien los terrones que hayan quedado después del barbecho. De esta manera se tendrá una mejor cama de siembra, donde la semilla germinará bien y se tendrá una adecuada población de plantas por hectárea.

Emparejamiento. Después de rastrear, nivelar el terreno lo mejor posible usando una niveladora o en su defecto emparejarlo con un pedazo de riel o un tablón de madera pesada. Esta labor evitará encharcamientos en caso de lluvias intensas y/o facilitará el manejo del agua en caso de los riegos.

Bordeo. Se realiza para preparar la cama de siembra de la futura planta. Los surcos se realizan a 76 y 81 cm de distanciamiento entre ellos, dependiendo de la sembradora que se disponga.

FERTILIZACIÓN

Una fertilización balanceada puede incrementar el rendimiento (Rego *et al.*, 2003). La fertilización nitrogenada y su época de aplicación (Almodares *et al.*, 1996) promueven el contenido de sacarosa y la tasa de crecimiento en sorgo dulce (Tsialtas y Maslaris, 2005). Los requerimientos de fertilizante dependen en gran medida del tipo de suelo, la humedad disponible, la historia del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el terreno. De acuerdo a algunos estudios, la respuesta positiva en el rendimiento de sorgo dulce a la aplicación de fertilizante se ha observado en aplicaciones de nitrógeno (N) de 45 a 150 kg ha⁻¹ (Freeman *et al.*, 1973; Jackson, 1980; Turgut *et al.*, 2005). Un exceso en la cantidad de N puede estimular el crecimiento vegetativo a expensas de la acumulación de azúcares. La deficiencia de fósforo (P) puede afectar la calidad del jugo, habiéndose recomendado dosis moderadas de este nutriente

(Wiedenfeld, 1984). Según este autor, cuando se aplicaron 112 kg ha^{-1} de N, los rendimientos de biomasa y la absorción de nitrógeno se incrementó, mientras que los niveles de carbohidratos en el tallo se redujeron. Por su parte, la aplicación de 224 kg ha^{-1} incrementó la absorción en una variedad, pero no incrementó los rendimientos de biomasa. Asimismo, la aplicación de P al suelo donde había altos niveles de este nutriente, no tuvo ningún efecto en el rendimiento del sorgo dulce.

En el norte de Tamaulipas, bajo condiciones de riego en el ciclo O-I se ha observado que el mayor rendimiento de biomasa total (76 ton ha^{-1}), se obtiene al aplicar 180 unidades de N y 40 unidades de P, superando al testigo con 15.7 %. Esta misma dosis aportó $67.23 \text{ ton ha}^{-1}$ de tallo, superior en 18.4 % al testigo. En relación al contenido de azúcar, este varió de 11.5 °Brix en el testigo sin fertilización a 12.7 °Brix en la mayoría de las dosis aplicadas (Cuadro 2). A pesar de estos valores, la dosis óptima económica para el norte de Tamaulipas debe de ser de 120 unidades de N y de 40 de P, ya que este nutriente es requerido para tener un buen arranque. Se recomienda aplicar el 50 % (60 kg ha^{-1}) de la dosis de N y todo el P (40 kg ha^{-1}) antes de la siembra o al momento de la misma. El resto del nitrógeno se aplicará antes del cierre del cultivo.

Según Rosolem y Machado (1985), los más altos rendimientos fueron observados cuando el N fue aplicado temprano en el ciclo, mostrando que para el sorgo dulce la aplicación de N en banda no fue necesaria. Todo el N puede ser aplicado a la siembra, lo cual hace que el uso de fertilizante sea más eficiente.

Cuadro 2. Efecto de la dosis de fertilizante en la producción de biomasa y azúcares del genotipo de sorgo dulce RB Cañero, evaluado en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo P-V 2009-2009.

Dosis kg ha ⁻¹ (N-P-K)	Biomasa Planta (ton ha ⁻¹)	*	Biomasa Tallo (ton ha ⁻¹)		° Brix	
180-40-00	76.02	a	67.2	a	11.7	ed
180-80-00	75.32	ab	65.0	a	12.0	be
120-80-00	74.57	ab	64.4	ab	12.2	bd
120-00-00	74.13	ac	64.3	ab	12.3	ab
180-00-00	73.02	bc	64.4	ab	11.5	e
120-40-00	71.86	cd	62.1	ab	12.5	ab
60-80-00	71.67	cd	62.6	ab	12.7	a
60-40-00	70.40	d	61.7	ab	12.2	ac
60-00-00	70.01	d	60.9	ab	12.4	ab
00-80-00	69.80	d	60.9	ab	12.1	bd
00-40-00	66.31	e	56.8	b	12.1	cd
00-00-00	65.68	e	56.8	b	11.7	ed

* Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P < 0.05).

RIEGOS

Tomando en cuenta que el sorgo dulce se adapta a una amplia gama de condiciones, tiene un rápido crecimiento y consume cantidades modestas de agua, tiene un alto potencial para ser utilizado como una fuente energía renovable (Wiedenfeld, 1984).

En el caso de disponer de riegos, se recomienda aplicar un riego de asiento con una lámina de 10 cm antes de la siembra y sembrar a "tierra venida", o bien sembrar en seco y aplicar el riego de iniciación. Además se deberán aplicar dos riegos de auxilio de 20 cm de lámina, siendo el primero a los 40 días después de la siembra y el segundo a los 65-70 días después de la siembra.

VARIEDADES

Se han desarrollado experimentos en el norte de Tamaulipas y los resultados que se han obtenido muestran que en el ciclo de Primavera-Verano, las variedades con mayor producción de biomasa de tallo son TOPPER 76-6 con 101 ton ha⁻¹ (Figura 3), FORTUNA con 99.2 ton ha⁻¹, DALE con 69.7 ton ha⁻¹, RB CAÑERO con 65.2 ton ha⁻¹ e INDÚ con 55.6 ton ha⁻¹ (Cuadro 3). Estas variedades también se han adaptado a las siembras del ciclo O-I.

La semilla de las variedades RB Cañero y Fortuna se pueden conseguir en el INIFAP, mientras que la semilla de DALE, THEIS y TOPPER 76-6 se consigue en el extranjero.



Figura 3. Variedades de sorgo dulce evaluadas en Tamaulipas.

RB CAÑERO es una de las variedades de ciclo intermedio, mientras que las demás son de ciclo intermedio-tardío, y ofrece significativamente la mayor altura de planta (2.58 m), seguido por INDÚ y DALE (2.54 m), mientras que la menor altura se observó en la variedad MAZATLÁN 16 (1.60 m). Esta característica es de importancia debido a que se puede almacenar mayor cantidad de jugo y obtener mayor cantidad de etanol. El mayor peso de panoja se observó en los genotipos FORTUNA (78 g) y Sinaloense-202 (69 g) debido a que estos materiales se han desarrollado para la producción de grano. Por su parte, INDÚ presentó el menor peso de panoja (21 g) debido a que es un material que produce bajas cantidades de grano, lo cual es ideal en la producción de etanol.

Cuadro 3. Características de genotipos de sorgo dulce evaluados en Río Bravo, Tamaulipas. P-V 2009-2009.

VARIETADES	ALTURA DE PLANTA (m)	PESO DE PANOJA (g)	PESO DE TALLO (g)	RENDIMIENTO BIOMASA (TON/HA)	°BRIX					
Indú	2.54	ab*	21	e	336	ce	55.6	bd	18.5	a
RB Cañero	2.58	a	30	de	364	cd	65.2	bc	16.3	ac
Jalisco	1.86	ef	34	de	110	h	25.7	fg	14.5	bd
Dulce	2.14	cd	55	bc	137	gh	29.5	eg	10.3	e
S-202	2.05	de	69	ab	253	dg	50.8	be	13.8	ce
Fortuna	1.80	fh	78	a	526	ab	99.2	a	11.4	de
Dale	2.54	ab	35	de	421	bc	69.7	b	16.8	ab
Topper 76-6	2.32	bc	47	ce	585	a	101	a	12.7	ce
Theis	2.30	c	29	de	272	df	47.5	ce	14.8	ce
Sureño	1.84	eg	53	bd	231	eh	47.1	cf	15.4	bd
Mazatlán 16	1.60	h	41	ce	109	h	23.9	g	12.7	de

* Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P 0.05).

En lo que respecta al peso total de hojas, el peso significativamente superior se presentó en los genotipos FORTUNA (105 g), TOPPER 76-6 (86 g) y RB CAÑERO (72 g). El menor peso de hojas se observó en DULCE y MAZATLÁN 16 (18 y 21 g, respectivamente) a pesar de que este último es un

material de doble propósito. Tomando en consideración que el tallo es el principal órgano de importancia en la producción primaria de etanol se observó que los materiales que presentaron un porcentaje de tallo de alrededor del 80 % en relación al peso total de biomasa, fueron DALE, INDÚ, RB CAÑERO, THEIS y TOPPER 76-6, con lo cual se constituyen en los genotipos idóneos a utilizar en la producción de tallo de sorgo dulce.

En lo referente a la producción de azúcares, los genotipos INDÚ, DALE y RB CAÑERO, fueron los que estadísticamente ofrecieron la mayor cantidad de azúcar en su jugo, el cual varió de 16.3 a 18.5 °Brix. Los genotipos que menor contenido de azúcar presentaron fueron FORTUNA y DULCE con 11.4 y 10.3 °Brix, respectivamente.

Por su parte, se observa que el RB CAÑERO rinde alrededor de 51 ton ha⁻¹ de tallo, el cual representa el 78.1 % de la biomasa total, significativamente superior al 74.0 y 69.0 % obtenidos en las variedades FORTUNA y SUREÑO, respectivamente (Cuadro 4). Otra ventaja del RB CAÑERO es la producción de un promedio de 16.26 °Brix a través de sus entrenudos, el cual es 43 y 6 % superior a los observados en las variedades FORTUNA y SUREÑO, respectivamente. Además, debido a su porte alto, 40 % superior con relación a FORTUNA y SUREÑO, puede almacenar una mayor cantidad de jugo en el tallo.

Cuadro 4. Características de variedades de sorgo dulce evaluadas en Río Bravo, Tamaulipas, durante el ciclo P-V 2009-2009.

Característica	RB Cañero	Fortuna	Sureño
Biomasa (ton/ha)	65.24 b*	99.12 a	47.04 c
Tallo (ton/ha)	50.96 b	73.50 a	32.34 c
Promedio de °Brix en tallo	16.26 a	11.36 b	15.40 ab
Altura de planta (cm)	258 a	180 b	184 ab

*Variedades con la misma letra dentro de cada característica son estadísticamente iguales según Tukey (P<.05).

Por otra parte, en evaluaciones realizadas durante el ciclo de Otoño-Invierno bajo condiciones de riego, el sorgo dulce ha proporcionado buenos rendimientos de biomasa. Los genotipos RB CAÑERO, INDÚ y DALE han mostrado significativamente la mayor altura de planta (254 a 258 cm), mientras que TOPPER 76-6 y Fortuna han proporcionado la mayor cantidad de biomasa, la cual ha sido superior a las 120 ton ha⁻¹ (Cuadro 5), seguidos por DALE y RB CAÑERO con más de 80 ton ha⁻¹. En lo que respecta a los grados brix, los genotipos con mayor cantidad de sólidos solubles en su jugo han sido INDÚ, DALE, RB CAÑERO y THEIS (15.6 a 18.7 °Brix).

Cuadro 5. Promedios de características agronómicas de genotipos de sorgo dulce evaluados bajo riego en Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo O-I 2008-2009.

GENOTIPO	ALTURA PLANTA (cm)	BIOMASA TOTAL (ton ha ⁻¹)	BIOMASA TALLO (ton ha ⁻¹)	°BRIX
	*	*	*	*
Indú	254 ab	71.5 bd	60.5 ce	18.7 a
RB Cañero	258 a	83.9 bc	65.5 cd	17.1 ac
Pampa Verde	186 ef	33.1 fg	19.8 h	14.8 ad
Dulce	214 cd	38.0 eg	24.7 gh	10.8 ef
S-202	205 de	65.3 be	45.5 dg	14.3 be
Fortuna	180 fh	127.6 a	94.7 ab	11.3 df
Dale	254 ab	89.6 b	75.8 bc	17.3 ab
Topper 76-6	232 bc	129.2 a	105.3 a	13.4 cf
Theis	230 c	61.0 ce	49.0 df	15.6 ac
Perla 101	133 i	62.1 be	35.6 fh	9.8 f
Costeño 201	163 gh	45.5 dg	29.2 fh	13.2 cf
Sureño	184 eg	60.7 cf	41.6 eh	15.8 ac
RB Paloma	163 gh	41.4 eg	26.1 gh	13.9 be
Mazatlan 16	160 h	30.8 g	19.6 h	11.7 df

*Variedades con la misma letra dentro de cada característica son estadísticamente iguales según Tukey (P<.05).

En relación al comportamiento de las variedades en el sur del estado, se observó que este fue muy similar a la observada en el norte del estado. Así tenemos que THEIS e INDÚ mostraron la mayor altura de planta (3.60 m), la cual fue superior en 38 y 48% a la mostrada por JALISCO y MAZATLÁN 16, respectivamente (Cuadro 6).

Los genotipos que ofrecieron la mayor cantidad de azúcares en su jugo fueron THEIS, TOPPER 76-6, INDÚ, DALE y RB CAÑERO con un rango entre 13.8 y 17.1 °Brix. En cuanto al rendimiento de tallo, en general se observó que la mayoría de las variedades superaron a JALISCO y FORTUNA.

De acuerdo a la proporción de tallo producida, los genotipos comerciales que tienen adaptación en esta área para la producción de biocombustibles a partir de biomasa son THEIS, INDÚ, DALE, TOPPER 76-6 y RB CAÑERO. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el INIFAP, Campo Experimental Río Bravo solamente cuenta con semilla básica de la variedad de sorgo RB Cañero para su producción comercial, por lo cual esta variedad es la que por sus características agronómicas se presenta tanto en el norte como en el sur del estado, como la opción más viable para la producción comercial de etanol en Tamaulipas.

Cuadro 6. Promedios de variables de producción observadas en genotipos de sorgo dulce evaluados en el sur de Tamaulipas. P-V 2009-2009.

GENOTIPO	ALTURA DE PLANTA (cm)	PESO TOTAL PLANTA (g)	° BRIX	REND. TALLO (ton/ha)
RB CAÑERO	340	670	13.8	87.12
SUREÑO	340	670	7.8	87.12
FORTUNA	241	648	6.5	68.64
TOPPER 76-6	296	672	16.4	81.05
THEIS	361	678	17.1	85.43
DALE	338	872	15.2	99.14
MAZATLÁN 16	209	718	7.0	83.56
INDÚ	360	905	15.8	105.99
DULCE	342	793	11.2	93.53
JALISCO	224	378	3.1	41.09

FECHA DE SIEMBRA

La fecha de siembra (Almodares y Mostafafi, 2006) usualmente inicia cuando la temperatura del aire esta por encima de los 12 °C (Almodares y Hadi, 2009). Las siembras tardías reducen la longitud del ciclo de cultivo, el rendimiento y el contenido de azúcares (Almodares *et al.*, 1994). Asimismo, causa un retraso y problemas en la cosecha y puede exponer el cultivo a la presencia de plagas y enfermedades, los cuales son predominantes al final del ciclo de cultivo (Almodares y Hadi, 2009).

Por otra parte, en Tamaulipas el sorgo dulce no es afectado significativamente por la fecha de siembra en cuanto a la proporción de las partes de la planta en cada fecha de siembra. Sin embargo, la producción de biomasa si es afectada por la fecha de siembra, donde las reducciones en la producción de biomasa de tallo son de 43.8 y de 47.8 % en las siembras realizadas en agosto y septiembre, respectivamente, en relación a la fecha de siembra realizada en julio (Cuadro 7).

La reducción observada en las fechas posteriores a la siembra de julio puede ser debida a la disminución paulatina en el área foliar y en la altura de la planta, esto a consecuencia de sensibilidad al fotoperíodo o días más cortos.

Cuadro 7. Peso de la biomasa (ton ha⁻¹) de partes de la planta de sorgo dulce RB Cañero en diversas fechas de siembra en Río Bravo, Tamaulipas. 2009.

Órganos de la planta	15 Julio	15 Agosto	15 Septiembre	Promedio
Tallo	59.2 a*	33.3 b	30.9 b	41.1
Hoja	5.9 a	5.8 ab	4.7 b	5.5
Panoja	7.1 a	4.5 b	3.1 c	4.9

*Fechas de siembra con la misma letra dentro de cada órgano son estadísticamente iguales según Tukey (P<.05).

MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA

La semilla de sorgo dulce debe sembrarse lo suficientemente profunda para que tenga disponibilidad de humedad para germinar y asimismo de que la raíz profundice al subsuelo a través del suelo mojado (Almodares y Hadi, 2009). La siembra se realiza en seco y a "tierra venida" en forma mecanizada. Es conveniente calibrar la sembradora para asegurar una buena distribución de la semilla procurando depositar 12 semillas por metro lineal, a cinco centímetros de profundidad en surcos individuales separados a 81 cm en ambas condiciones de humedad y en ambos ciclos de producción (Figura 4). Con estas recomendaciones, aproximadamente se utilizan 5 a 6 kg de semilla por hectárea, logrando una población de 140 mil plantas por hectárea, en la cual se ha obtenido la más alta producción de biomasa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la densidad de población en la producción de biomasa y contenido de azúcar del sorgo dulce en el norte de Tamaulipas. Ciclo P-V 2009-2009.

Densidad de población (plantas/ha)	Peso total de planta (ton/ha)	Peso de tallo (ton/ha)	Peso de hojas (ton/ha)	Peso de panoja (ton/ha)	° Brix
70,000	42.7 c*	33.9 c	4.5 b	4.3 b	10.2 b
140,000	76.9 a	60.8 a	8.2 a	7.9 a	10.3 ab
210,000	75.2 b	58.8 b	8.6 a	7.8 a	10.8 a

* Densidad de población con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales según Tukey (P<.05).



Figura 4. Siembra en surcos sencillos a 81 cm de separación.

CONTROL DE MALEZAS

A) Control mecánico. El sorgo debe estar libre de malezas, especialmente durante los primeros 40 días después de la siembra (Figura 5). En caso de sembrar en surco se debe efectuar una tumba de bordo a los 15-20 días después de la emergencia, y posteriormente dar un cultivo a los 30 días después de la emergencia. Si se requiere, se debe dar otro cultivo a los 35-40 días después de emergidas las plántulas.



Figura 5. Escarda mecánica realizada para combatir malezas durante la etapa vegetativa.

B) Control químico.

a) En Preemergencia al cultivo:

Paraquat: Se aplica para el control de malezas de hoja ancha y angosta anuales presentes en el terreno, ya sea antes de la siembra o una vez concluida, pero que el cultivo aún no ha emergido. La dosis es de 1.5 a 2.0 L ha⁻¹.

Atrazina: Este producto se aplica al suelo antes del riego y/o antes de que emerja el cultivo, y elimina las principales malezas de hoja ancha, debido a la inhibición de la germinación de las mismas. La dosis es de 1.0 L ha⁻¹.

b) En Postemergencia al cultivo:

2-4-D Amina: Se puede aplicar en post-emergencia temprana para el control de malezas de hoja ancha. La dosis es de 1.5 a 2.0 L ha⁻¹. Se debe aplicar cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas, y la maleza tenga menos de 20 cm.

Prosulfurón: Este herbicida es selectivo para el sorgo y controla las principales malezas de hoja ancha en postemergencia (Figura 6). La dosis por aplicar es de 30 g ha⁻¹. Se debe aplicar con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas, y la maleza tenga menos de 10 cm.

Para la aplicación de cualquier producto herbicida, es indispensable que exista humedad en el suelo, de lo contrario, el control será deficiente. Además, es requisito leer bien las instrucciones del producto antes de usarlo o asesorarse con personal técnico de la SAGARPA.



Figura 6. La aplicación en postemergencia se realiza con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas verdaderas.

PLAGAS

Entre las plagas que son de importancia económica en la producción de sorgo dulce se encuentran la gallina ciega *Phyllophaga* spp, el gusano de alambre *Agriotes* spp, el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), el gusano barrenador de la caña de azúcar *Diatraea considerata* Heinrich, y el pulgón *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), (Figura 7). En el Cuadro 9 se indican los ingredientes activos, dosis y época de aplicación para su control.



Figura 7. Presencia de pulgón *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) en sorgo dulce durante la etapa vegetativa.

ENFERMEDADES

Hasta la fecha en este cultivo no se han presentado enfermedades de importancia económica, sin embargo se pueden presentar roya (*Puccinia purpurea* Cooke), tizón foliar [*Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard & Suggs] y antracnosis foliar [*Colletotrichum graminícola* (Ces.) G.W. Wilson].

Cuadro 9. Principales plagas que atacan al sorgo dulce y su control químico.

Plaga	Ingrediente activo	i.a. ha ⁻¹	Época de aplicación
Gallina ciega y gusano de alambre	Carbofuran Diazinone	1 - 2.25 kg 2.25 kg	Cuando se hayan observado daños en el cultivo anterior, aplicar mezclado con el fertilizante al momento de la siembra.
Gusano cogollero	Deltametrina Permetrina	0.25 L 100-150 mL	Aplicar directo al cogollo de la planta, al encontrar 10 o más plantas dañadas, de 100 muestreadas.
Pulgón	Dimetoato Diazinon	0.25 - 0.37 L 0.28 L	Cuando se encuentren al menos 20 plantas infectadas de 100 muestreadas.
Barrenador	Carbarilo Carbofuran	1.2 - 1.6 kg 1 - 2.25 kg	Aplicar al fondo del surco antes de tapar la semilla.

COSECHA

Cuando se considere próxima la época de cosecha, se debe realizar un muestreo de azúcares a través del tallo. Generalmente se ha observado que la distribución de azúcares durante la etapa de grano masoso (20-30 días después de la floración) es más homogénea a través del perfil del tallo. La cosecha se realiza manualmente o con la cosechadora de caña de azúcar (Figura 8).



Figura 8. Cosecha mecanizada de caña de azúcar, similar a la de sorgo dulce.

LITERATURA CITADA

1. Almodares, A., Sepahi, A., Dalilitajary, H., and Gavami, R. 1994. Effect of phenological stages on biomass and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. *Ann. Plant Physiol.* 8: 42-48.
2. Almodares, A., and Sepahi, A. 1996. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. *Ann. Plant Physiol.* 10: 50-55.
3. Almodares, A., Aghamiri, A., and Sepahi, A. 1996. Effects of the amount and time of nitrogen fertilization on carbohydrate contents of three sweet sorghum cultivars. *Ann. Plant Physiol.* 10: 56-60.
4. Almodares, A., Mostafafi, D.S.M. 2006. Effects of planting date and time of nitrogen application on yield and sugar content of sweet sorghum. *J. Environ. Biol.* 27: 601-605.
5. Almodares, A., and Hadi, M.R. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research.* 4 (9):772-780.
6. Argonne National Laboratory. 2005. Ethanol study: key points. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. US Department of Energy. 3 pp.
7. Baker, A., and Zahniser, S. 2006. Ethanol reshapes the corn market. 20/10/2010.
www.usda.gov/AmberWares/May07SpecialIssue/Features/Ethanol.htm
8. Bielecki, R.L. 1962. The physiology of sugarcane. V. Kinetics of sugar accumulation. *Aust. J. Biol. Sci.* 15:429-444.

9. Cassou, S., Valdenegro, J.G. y Verde, R. 1983. Efecto de tres factores de producción en sorgo sacarígeno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 158 p.
10. Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops. *Horticultural Reviews* 7: 69-108.
11. FAO, 2010. Food and Agriculture Organization Statistics. <http://faostat.fao.org>, consulta: 25/10/2010.
12. Freeman, K.C., Broadhead, D.M. and Zummo, N. 1973. Culture of sweet sorghum for sirup production. USDA Agric. Handb. 441, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, pp. 19--20.
13. García-Breijo, F.J. y Primo-Yúfera, L. 1986. Alcohol de biomasa. I. Azúcares solubles fermentables en tallos de variedades de maíz y sorgo dulce. *Rev. Agroquím. Tecnolo. Aliment.* 26(4):571-580.
14. Gnansounou, E., Dauriat, A. and Wyman, C.E. 2005. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology* 96: 985-1002.
15. Goldemberg, J. and Macedo, I. 1994. The Brazilian alcohol program: An overview. *Energy for Sustainable Development.* 1:17-22.
16. Hall, D.O. 1983. Biomass for energy fuels now and in the future. pp 1-22, *In: Biomass utilization.* W.A. Coté (ed.). Plenum press, New York, USA.
17. Harlan, J.R. and de Wet, J.W.J. 1972. A simplified classification of sorghum. *Crop Sci.* 12:172-176.

18. Hills, F.J., Lewellen, T. and Skoyen, I.O. 1990. Sweet sorghum cultivars for alcohol production. *California Agric.* 44: 14-16.
19. House, H.R., Gomez, M., Murty, O.S., Sun, Y. and Verma, B.N. 2000. Development of some agricultural industries in several African and Asian countries. pp 131-190. *In: Sorghum: Origin, history, technology and production.* Smith *et al.* (ed.). John Wiley & Sons, New York, USA.
20. Jackson, D.R. 1980. Development of Sweet Sorghum as an Energy Crop. Vol. I, Agricultural Research. Rep. BMI-2054, National Technical Information Service, Springfield, VA, pp. 93-111.
21. Lemus R., and Parrish D.J. 2009. Herbaceous crops with potential for biofuel production in the USA. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 4, No. 057.
22. Lingle, S.E. 1987. Sucrose metabolism in the primary culm of sweet sorghum during development. *Crop Sci.* 27: 1214-1219.
23. Montes, G.N., Pecina, Q.V., Cisneros, L. M.E., y García, G.M.A. 2010. RB Cañero: Sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para la producción de etanol. Folleto técnico No. 43, 31 p.
24. Prasad, S., Singh, A., Jain, N., and Joshi, H.C. 2007. Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. *Energy Fuels* 21 (4): 2415-2420.

25. Rajvanshi, A. K., De, T. K., Jorapur, R. M., and Nimbkar, N. 1993. Jaggery and syrup from sweet sorghum. Publication No. NARI-GUR, published by Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), Phaltan, India.
26. Rego, T.J., Rao, V.N., Seeling, B., Pardhasaradhi, G., and Rao, J.V.D.K. 2003. Nutrient balances a guide to improving sorghum and ground based dry land cropping systems in semi-arid topical India. *Field Crop Res.* 81: 53-68.
27. Rosolem, C.A. and Machado, J.R. 1985. Efficiency of nitrogen fertilization in sweet sorghum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 16(7):693-706.
28. Schaffert, R. E. and Gourley, L. M. 1982. Sorghum as an energy source. pp 605-623. In: *Sorghum in the eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum, 2-7 Nov. 1981, ICRISAT Center, Patancheru, India.*
29. Schaffert, R. E. 1992. Sweet sorghum substrate for industrial alcohol. pp. 131-137. In: *Utilization of sorghum and millets: proceedings of the International workshop on policy, practice, and potential relating to uses of sorghum and millets, 8-12 Feb. 1988, ICRISAT Center, Bulawayo, Zimbabwe.*
30. Schubert, C. 2006. Can biofuels finally take center stage? *Nat. Biotechnol.* 24: 777-784.
31. Smith, G.A., Bagby, B.O., Lewellen, R.T., Doney, D.L., Moore, P.H., Hills, F.J., Campbell, L.G., Hogaboam, G.J., Coe, G.E. and Freeman, K. 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Sci.* 27:788-793.

32. Smith, G.A. and Buxton, D.R. 1993. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. *Bioresource Technology*, Volume 43 (1):71-75.
33. Tarpley, L., and Vietor, D.M. 2007. Compartmentation of sucrose during radial transfer in mature sorghum culm. *BMC Plant Biol.* 7:33.
34. Tsialtas, J.T., and Maslaris, N. 2005. Effect of N Fertilization Rate on Sugar Yield and Non-Sugar Impurities of Sugar Beets (*Beta vulgaris*) Grown Under Mediterranean Conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 330-339.
35. Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A., and Acikgoz, E. 2005. Production of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) increases with increased plant densities and nitrogen fertilizer levels. *Acta Agriculturae Scandinavica, B*, 55 (3):236-240.
36. Undersander, D.J., L.H. Smith., A.R. Kaminski., K.A. Kelling, and J.D. Doll 1990. Sorghum- Forage. In <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/AFCM/forage.html>
37. Vietor, D.M., and Miller, F.R. 1990. Assimilation, partitioning, and non-structural carbohydrate in sweet compared with grain sorghum. *Crop Sci.* 30: 1109-1115.
38. Wiedenfeld, R.P. 1984. Nutrient requirements and use efficiency by sweet sorghum. *Energy Agric.*, 3: 49-59.
39. Weizz, P.B., and Marshall, F.J. 1979. High-grade fuels from biomass farming and constraints. *Science* 206: 24-29.

40. Woods, J. 2000. Integrating Sweet Sorghum and Sugarcane for Bioenergy: Modelling the Potential for Electricity and Ethanol Production in SE Zimbabwe. PhD Thesis, King's College London.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación forma parte de los entregables del proyecto “ESTUDIO DE INSUMOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO” financiado por el fondo SAGARPA-CONACYT y que tiene el No. PRECI 6017012A.



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



-  Sede de Centro de Investigación Regional
-  Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
-  Campo Experimental

Revisión Técnica

MC. Leonardo Soltero Díaz
MC. Héctor Williams Alanís
Dr. Jesús Loera Gallardo
MC. Cesar A. Reyes Méndez

Comité Editorial de CIR-Noreste

Presidente

Dr. Jorge Elizondo Barrón

Secretario

Ing. Hipólito Castillo Tovar

Vocales

M. C. Antonio Cano Pineda
Dr. Jesús Loera Gallardo
Dr. Raúl Rodríguez Guerra
Dr. Antonio Palemón Terán Vargas
M. C. Nicolás Maldonado Moreno
Dr. Jorge Urrutia Morales

Código INIFAP

MX-0-310301-45-03-13-09-49

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2010 en los talleres de CITY PIXEL, Sierra Tarahumara No. 911, Col. Las Puentes 10° Sector, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Su tiraje consta de 1000 ejemplares

www.gobiernofederal.gob.mx
www.sagarpa.gob.mx
www.inifap.gob.mx