

**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



## TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE PARA LA ELABORACIÓN DE BIOETANOL EN TAMAULIPAS



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

Centro de Investigación Regional del Noreste  
Campo Experimental Río Bravo  
Río Bravo, Tamaulipas, Diciembre de 2013  
Folleto para productores Núm. MX-0-310305-45-03-13-10-21  
ISBN: 978-607-37-0134-1

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

**Lic. Enrique Martínez y Martínez**  
Secretario

**Lic. Jesús Aguilar Padilla**  
Subsecretario de Agricultura

**Prof. Arturo Osornio Sánchez**  
Subsecretario de Desarrollo Rural

**MC. Ricardo Aguilar Castillo**  
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**Lic. Marcos Bucio Mújica**  
Oficial Mayor

**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.Sc. Arturo Cruz Vázquez**  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Lic. Luis Carlos Gutiérrez Jaime**  
Coordinador de Administración y Sistemas



**Centro de Investigación Regional del Noreste**

**Dr. Sebastián Acosta Núñez**  
Director Regional

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

**Dr. Isidro Humberto Almeyda León**  
Director de Planeación y Desarrollo



**Dr. José Luis Cornejo Enciso**  
Director de Administración



# TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE PARA LA ELABORACIÓN DE BIOETANOL EN TAMAULIPAS

Dr. Noé MONTES GARCÍA<sup>1</sup>  
MC. Eloy VARGAS VALERO<sup>1</sup>  
Dr. Jaime Roel SALINAS GARCÍA<sup>2</sup>  
Dr. Martín ESPINOSA RAMIREZ<sup>1</sup>  
Ing. Refugio LOREDO PÉREZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Río Bravo; <sup>2</sup> Ex-Investigador del Campo Experimental Río Bravo. <sup>3</sup> Ex-Investigador del Campo Experimental Las Huastecas.



**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias**  
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán, C.P. 04010 México D. F.  
Teléfono (55) 3871-8700

**TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE PARA LA  
ELABORACIÓN DE BIOETANOL EN TAMAULIPAS**

ISBN: 978-607-37-0134-1  
Primera Edición 2013

Clave: INIFAP/CIRNE/A-522

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
OBJETIVO DE LA PUBLICACIÓN	2
TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN	2
PREPARACIÓN DEL TERRENO	3
DESVARE	3
BARBECHO	3
RASTREO	4
BORDEO	5
FERTILIZACIÓN	7
RIEGOS	9
VARIETADES	10
FECHA DE SIEMBRA	13
MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA	17
CONTROL DE MALEZA	18
A) CONTROL MECÁNICO	18
B) CONTROL QUÍMICO	19
a) EN PREEMERGENCIA AL CULTIVO	19
b) EN POSTEMERGENCIA AL CULTIVO	20
PLAGAS	21
ENFERMEDADES	22
COSECHA	22
COSTO DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE	23
AGRADECIMIENTOS	26

## INDICE DE CUADROS

		Página
<b>Cuadro. 1.</b>	Características observadas en la etapa de grano masoso de sorgos dulces evaluados en condiciones de riego en el norte de Tamaulipas durante el ciclo O-I en el periodo 2009-2011.	<b>11</b>
<b>Cuadro. 2.</b>	Promedios de variables de producción observadas en genotipos de sorgo dulce evaluados en el sur de Tamaulipas. Ciclo PV 2009.	<b>12</b>
<b>Cuadro. 3.</b>	Efecto de la fecha de siembra en la producción de biomasa de sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo condiciones de temporal.	<b>13</b>
<b>Cuadro. 4.</b>	Reducción de componentes de biomasa de sorgos dulces por efecto de la fecha de siembra en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo condiciones de temporal.	<b>14</b>
<b>Cuadro. 5.</b>	Producción de biomasa de tallo de diversos genotipos en varias fechas de siembra bajo condiciones de temporal. Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV 2010.	<b>15</b>
<b>Cuadro. 6.</b>	Efecto de la fecha de siembra en el contenido de azúcares (°Brix) observados en sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo temporal.	<b>16</b>
<b>Cuadro. 7.</b>	Principales plagas que atacan al sorgo dulce y su control químico.	<b>21</b>
<b>Cuadro. 8.</b>	Costo de producción del sorgo dulce cultivado en el norte de Tamaulipas.	<b>24</b>
<b>Cuadro. 9.</b>	Rentabilidad del sorgo dulce sembrado en el norte de Tamaulipas considerando solamente el tallo.	<b>25</b>
<b>Cuadro. 10.</b>	Rentabilidad del sorgo dulce sembrado en el norte de Tamaulipas considerando tallo, hojas y panoja.	<b>25</b>

## INDICE DE FIGURAS

		Página
<b>Figura 1.</b>	Desvarar inmediatamente después del cultivo anterior.	<b>3</b>
<b>Figura 2.</b>	El barbecho permite la incorporación de residuos y facilita la infiltración del agua de riego o de lluvia.	<b>4</b>
<b>Figura 3.</b>	La rastra y cruza son importantes para dejar una buena cama de siembra.	<b>5</b>
<b>Figura 4.</b>	El bordeo se recomienda realizarlo a 76-81 cm entre surcos.	<b>6</b>
<b>Figura 5.</b>	Establecimiento de diques en surcos para captar agua de lluvia.	<b>7</b>
<b>Figura 6.</b>	Producción de biomasa de tallo de sorgo dulce RB Cañero en bajas y altas dosis de nitrógeno evaluadas en el norte de Tamaulipas durante el periodo 2009-2010.	<b>8</b>
<b>Figura 7.</b>	Efecto de la dosis de fósforo en la producción de biomasa de tallo de sorgo dulce RB Cañero evaluado en el norte de Tamaulipas durante el periodo 2009-2010.	<b>9</b>
<b>Figura 8.</b>	Riego de auxilio aplicado a los 40 días después de la siembra.	<b>10</b>
<b>Figura 9.</b>	Siembra en surcos sencillos a 81 cm de separación.	<b>18</b>
<b>Figura 10.</b>	Escarda mecánica realizada para combatir maleza durante la etapa vegetativa.	<b>19</b>
<b>Figura 11.</b>	La aplicación de prosulfuron en postemergencia se realiza con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas.	<b>20</b>
<b>Figura 12.</b>	Etapa de corte del sorgo dulce.	<b>22</b>
<b>Figura 13.</b>	Procesos en la producción de sorgo dulce desde la etapa de producción a la etapa de venta.	<b>23</b>



## TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE PARA LA ELABORACIÓN DE BIOETANOL EN TAMAULIPAS

Dr. Noé MONTES GARCÍA  
MC. Eloy VARGAS VALERO  
Dr. Jaime Roel SALINAS GARCÍA  
Dr. Martín ESPINOSA RAMIREZ  
Ing. Refugio LOREDO PÉREZ

### ANTECEDENTES

Algunos cultivos se han utilizado ampliamente ya sea para la producción de grano como en el caso del sorgo y el maíz, o para la acumulación de sacarosa en el tallo como en el caso de la caña de azúcar y el sorgo dulce. La caña de azúcar se ha utilizado por décadas para la obtención de azúcar y sus derivados, y en la fabricación de alcohol. El sorgo dulce es un cultivo muy cercano a la caña de azúcar y al igual que en ella, en el sorgo el órgano de importancia es el tallo. El sorgo dulce es una planta que tolera la sequía, las altas temperaturas y la salinidad del suelo. Además, posee amplia adaptación, es de rápido crecimiento y alta acumulación de azúcar. Es la principal materia prima alternativa que puede suplementar el uso de la caña de azúcar en la producción de alcohol etílico o bioetanol. El sorgo dulce es un cultivo que no compete con los granos, ya que puede sembrarse en áreas no aptas para otros cultivos y ofrece en algunos casos grano y forraje. Con el sorgo dulce se puede hacer azúcar, miel y con el bagazo se puede fabricar papel. Además, el sorgo dulce puede ser transformado en alcohol etílico de primera generación, etanol celulósico o del bagazo, o para producir energía propia.





Dentro del tallo del sorgo dulce se encuentran grandes cantidades de azúcar que pueden ser similares o superiores a las de la caña de azúcar, ya que mientras la caña de azúcar requiere de 12 a 16 meses de clima tropical para madurar, el sorgo requiere de 3 a 5 meses. El sorgo dulce puede tener una altura de hasta 3 m con 12 a 14 entrenudos. El contenido de azúcar en el tallo varía entre 14 a 22 °Brix, los cuales pueden llegar a producir hasta 3,500-5,500 litros de etanol por hectárea. Al agregar un 10 % de etanol a la gasolina se reduce hasta en 30 % las emisiones de monóxido de carbono y entre 6 y 10 % las de bióxido de carbono.

#### **OBJETIVO DE LA PUBLICACIÓN**

Este folleto tiene como objetivo presentar de una manera práctica, la tecnología de producción del sorgo dulce, la cual se ha obtenido en su mayoría en el proyecto “Evaluación de híbridos de sorgo dulce con potencial productivo para la producción de biomasa para bioenergía”, el cual fue financiado por la Fundación Produce Tamaulipas A.C. en el periodo 2009 a 2012.

#### **TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN**

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 siguientes recomendaciones 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 de este cultivo.

## PREPARACIÓN DEL TERRENO

**Desvare.** Esta labor consiste en destruir y desmenuzar los residuos de la cosecha anterior. 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 (Figura 1).



**Figura 1.** Desvarar inmediatamente después del cultivo anterior.

**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 (Figura 2). 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.



**Figura 2.** El barbecho permite la incorporación de residuos y facilita la infiltración del agua de riego o de lluvia.

**Rastreo.** Una vez barbechado, se sugiere rastrear en forma cruzada al menos en dos ocasiones para desmenuzar bien los terrones que hayan quedado después del barbecho (Figura 3). De esta manera se tendrá una mejor cama de siembra, donde la semilla germinará bien y se tendrá una adecuada población por hectárea.



**Figura 3. La rastra y cruza son importantes para dejar una buena cama de siembra.**

**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 (Figura 4). Bajo condiciones de temporal la implementación de diques es recomendable en suelos desnivelados con pendientes mayores de 2 %. Consiste en levantar bordos transversales dentro de los surcos, creando con esto contras o pequeñas represas con separaciones de 1.30 a 1.60 m una de otra (Figura 5).



**Figura 4.** El bordeado se recomienda realizarlo a 76-81 cm entre surcos.

En áreas de temporal, los diques permiten que el agua de lluvia quede contenida en estos hasta que sea absorbida por el suelo, evitando que el agua corra sobre la superficie y se pierda. Esta práctica tiene como finalidad almacenar el agua de lluvia, evitar el flujo del agua en los surcos, contrarrestar la erosión, disminuir el movimiento de partículas de suelo causado por la erosión eólica y proporcionar la humedad necesaria a los cultivos para la siembra y gran parte del desarrollo fenológico de los cultivos.



**Figura 5. Establecimiento de diques en surcos para captar agua de lluvia.**

### **FERTILIZACIÓN**

La fertilización nitrogenada y su época de aplicación promueven el contenido de sacarosa y la tasa de crecimiento en sorgo dulce. Los requerimientos de fertilizante dependen en gran medida del tipo de suelo, la humedad disponible, cultivos anteriores y la

disponibilidad de nutrientes en el terreno. De acuerdo a los resultados obtenidos, la respuesta positiva en el rendimiento de biomasa de sorgo dulce a la aplicación de fertilizante se ha observado en su máximo (61.7 ton/ha) en aplicaciones de nitrógeno (N) de 120 kg/ha. Sin embargo el usar dosis de 60 y 180 kg/ha de nitrógeno aportan rendimientos similares, por lo que pudiera ser la dosis de 60 kg/ha de nitrógeno la ideal para estas condiciones (Figura 6). La aplicación del nitrógeno debe realizarse antes o al momento de la siembra para que su aprovechamiento por la planta sea más eficiente. En cuanto a la fertilización fosforada (Figura 7), se encontró que al promediar los resultados de las evaluaciones realizadas, la mayor producción de biomasa (59.3 ton/ha) se obtiene al utilizar dosis de fósforo de 40 kg/ha.

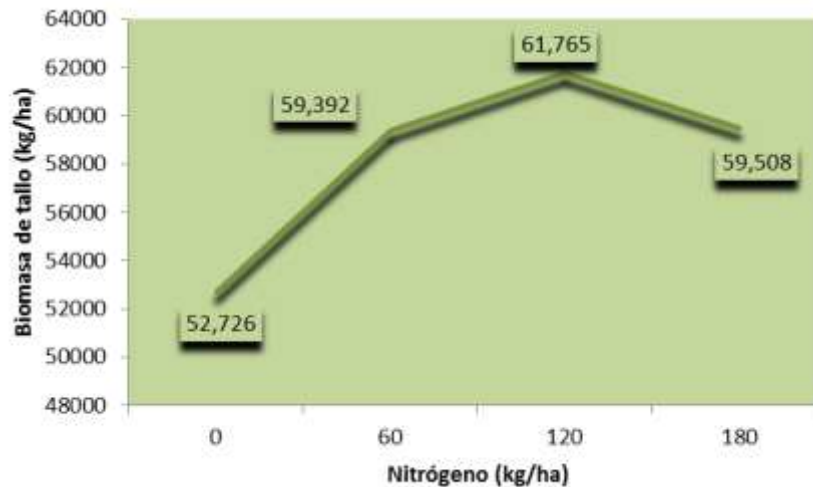


Figura 6. Producción de biomasa de tallo de sorgo dulce RB Cañero en bajas y altas dosis de nitrógeno evaluadas en el norte de Tamaulipas durante el periodo 2009-2010.

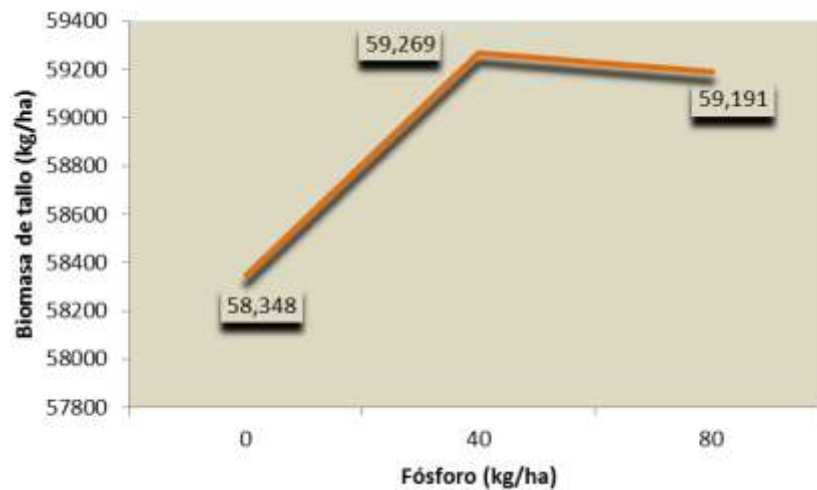


Figura 7. Efecto de la dosis de fósforo en la producción de biomasa de tallo de sorgo dulce RB Cañero evaluado en el norte de Tamaulipas durante el periodo 2009-2010.

Previo a la aplicación del fertilizante es recomendable realizar un muestreo de suelo para determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo, y de esa manera complementar con la adición del fertilizante la dosis adecuada.

## RIEGOS

El sorgo dulce se adapta a una amplia gama de condiciones de humedad; sin embargo, en el caso de disponer de riego, 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 (Figura 8) y el segundo a los 65-70 días después de la siembra.



Figura 8. Riego de auxilio aplicado a los 40 días después de la siembra.

### **VARIEDADES**

Los resultados obtenidos en el norte de Tamaulipas muestran (Cuadro 1) que los genotipos con mayor producción de biomasa de tallo son FORTUNA, RB CAÑERO y TOPPER 76-6 (74.2, 72.6 y 69.4 ton/ha, respectivamente). Además de que el RB CAÑERO ha sido conjuntamente con el URJA, los materiales más altos (286 y 276 cm).

**Cuadro 1. Características observadas en la etapa de grano masoso de sorgos dulces evaluados en condiciones de riego en el norte de Tamaulipas durante el ciclo O-I en el periodo 2009-2011.**

GENOTIPO	Altura planta (cm)	Días a flor	Peso total (ton/ha)	Peso Panoja (ton/ha)	Biomasa Tallo (ton/ha)	(°Brix)
Fortuna	209	101	100.38	4.64	74.2	12.3
RB Cañero	286	86	90.77	4.7	72.6	13.3
Topper 76-6	256	103	87.08	3.51	69.4	14.8
Urja	276	89	78.12	2.55	62.7	17.1
Theis	247	80	70.56	5.69	53.3	12.8
Dale	260	80	64.82	3.43	50.2	13.8
Tanol I	236	76	62.3	6.26	41.5	10.6
Tanol II	236	79	56.98	5.76	39.7	11.0
Sureño	188	86	56.56	6.76	36.2	9.5
Dulce	238	77	52.22	6.17	34.4	9.9



Asimismo, se observó que el genotipo con mayor cantidad de azúcares fue el URJA, seguido por TOPPER 76-6, DALE y RB CAÑERO.



En relación al comportamiento de las variedades en Estación Cuauhtemoc, Tamaulipas, se observó que este fue muy similar a la observada en el norte del estado. Así tenemos que THEIS e INDU mostraron la mayor altura de planta (3.60 m). Los genotipos que ofrecieron la mayor cantidad de azúcares en su jugo fueron THEIS, TOPPER 76-6, INDU, DALE y RB CAÑERO con un rango entre 13.8 y 17.1 °Brix (Cuadro 2). En cuanto al rendimiento de tallo, en general se observó que la mayoría de las variedades superaron a FORTUNA, el cual es un genotipo tardío. 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, INDU, DALE, TOPPER 76-6 y RB CAÑERO.

**Cuadro 2. Promedios de variables de producción observadas en genotipos de sorgo dulce evaluados en el sur de Tamaulipas. Ciclo PV 2009.**

GENOTIPO	ALTURA DE PLANTA (cm)	PESO TOTAL PLANTA (ton/ha)	° BRIX	REND. TALLO (ton/ha)
INDU	360	126.7	15.8	105.99
DALE	338	122.08	15.2	99.14
DULCE	342	111.02	11.2	93.53
RB CAÑERO	340	93.8	13.8	87.12
SUREÑO	340	93.8	7.8	87.12
THEIS	361	94.92	17.1	85.43
TOPPER	296	94.08	16.4	81.05
FORTUNA	241	90.72	6.5	68.64



## FECHA DE SIEMBRA

En sorgo dulce es una planta que ofrece buen crecimiento bajo condiciones de alta temperatura, por lo cual se puede sembrar en el periodo de marzo a septiembre (siempre y cuando las condiciones de humedad lo permitan). En el norte de Tamaulipas se han realizado siembras en diversos periodos, habiéndose observado que durante el ciclo de primavera-verano en la fecha del 15 de julio (Cuadro 3) se presentó la mayor altura promedio de planta (260 cm), el mayor peso total de planta (71.2 ton/ha), así como de tallo (58.1 ton/ha) y hoja (8.5 ton/ha). En relación a la altura de planta esta fue superior en 12.3 y 32.1% a las siembras realizadas en agosto y septiembre, respectivamente (Cuadro 4), mientras que en el peso de tallo, este también fue superior a esas fechas de siembra en 26.9 y 60.1%, respectivamente.

**Cuadro 3. Efecto de la fecha de siembra en la producción de biomasa de sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo condiciones de temporal.**

FECHA DE SIEMBRA	Altura de planta (cm)	Peso Biomasa total (ton/ha)	Peso Biomasa de tallo (ton/ha)	Peso Biomasa de hoja (ton/ha)	Peso Biomasa panoja (ton/ha)
15 JULIO	260.8	71.20	58.10	8.50	4.60
10 DE AGOSTO	228.6	52.20	42.50	2.40	7.30
14 DE SEPTIEMBRE	176.9	31.10	23.20	3.50	4.40



**Cuadro 4. Reducción de componentes de biomasa de sorgos dulces por efecto de la fecha de siembra en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo condiciones de temporal.**

FECHA DE SIEMBRA	Altura de planta (%)	Peso total (%)	Peso tallo (%)	Peso hoja (%)	Peso panoja (%)
15 JULIO	-----	-----	-----	-----	-----
10 DE AGOSTO	-12.34	-26.7	-26.9	-71.8	58.7
14 DE SEPTIEMBRE	-32.17	-56.3	-60.1	-58.8	-4.3

En relación al comportamiento de los genotipos en cada una de las fechas de siembra (Cuadro 5), se observó que la mayor producción de biomasa de tallo en la fecha del 15 de julio fue aportada por THEIS, FORTUNA y RB CAÑERO (73.7 a 75.7 ton/ha), mientras que en las fechas del 10 de agosto y del 14 de septiembre FORTUNA fue el genotipo que mayor biomasa de tallo presentó (58.8 y 37.9 ton/ha).

**Cuadro 5. Producción de biomasa de tallo de diversos genotipos en varias fechas de siembra bajo condiciones de temporal. Río Bravo, Tamaulipas. Ciclo PV 2010.**

GENOTIPO	BIOMASA DE TALLO (ton/ha)		
	JULIO 15	AGOSTO 10	SEPTIEMBRE 14
INDU	66.5	38.7	24.9
RB CAÑERO	73.7	42.7	19.2
TANOL-1	52.8	41.3	23.9
DULCE	34.5	19.9	18.9
TANOL-2	47.3	45.7	24.7
FORTUNA	75.2	58.8	37.9
DALE	55.7	46.3	23.2
TOPPER 76-6	63.2	38.3	20.6
THEIS	75.7	36.0	16.7
SUREÑO	36.4	27.0	21.6

En relación al promedio en el contenido de azúcares, este fue ligeramente superior en la fecha de siembra de septiembre, debido probablemente al menor desarrollo de las plantas y a la falta de humedad en el suelo, lo que originó una mayor concentración de azúcares en el tallo (Cuadro 6). De acuerdo a los valores observados, la mayor concentración de azúcares a través del tallo se observó en la etapa de grano masoso para los



genotipos INDU, RB CAÑERO, TANOL 1, TANOL 2 y SUREÑO, mientras que la mayor concentración de azúcares a la madurez fisiológica se observó en DULCE, FORTUNA, TOPPER 76-6 y THEIS. Por su parte DALE mostró una producción de azúcares bastante uniforme a través de diversas fechas de siembra.

**Cuadro 6. Efecto de la fecha de siembra en el contenido de azúcares (°Brix) observados en sorgos dulces evaluados en Río Bravo, Tamaulipas durante el ciclo PV 2010 bajo condiciones de temporal.**

GENOTIPO	CONTENIDO DE AZÚCARES (°BRIX)		
	JULIO 15	AGOSTO 10	SEPTIEMBRE 14
INDU	15.06	16.26	14.86
RB CAÑERO	15.22	15.66	12.04
TANOL-1	16.22	19.04	17.08
DULCE	14.76	14.02	17.62
TANOL-2	16.14	18.04	16.04
FORTUNA	14.84	11.98	15.76
DALE	16.76	16.26	16.52
TOPPER 76-6	16.18	14.48	19.38
THEIS	15.52	14.74	16.1
SUREÑO	13.94	15.2	13.72
PROMEDIO	15.48	15.6	16.1



## **MÉTODO Y DENSIDAD DE SIEMBRA**

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 5 cm de profundidad en surcos individuales separados a 76-81 cm en riego y temporal y en los ciclos de otoño-invierno y primavera-verano (Figura 9).

Con estas recomendaciones se utilizan de 4 a 5 kg de semilla por hectárea, para tener una población de 140 mil plantas por hectárea, con la cual se ha obtenido la más alta eficiencia en la producción de biomasa. Además, de acuerdo a estos resultados, un tallo con menor diámetro, como el obtenido en altas densidades, contiene menos biomasa y por lo tanto estaría afectando la producción final de jugo y etanol.





Figura 9. Siembra en surcos sencillos a 81 cm de separación.

## CONTROL DE MALEZA

**A) Control mecánico.** El sorgo debe estar libre de maleza, especialmente durante los primeros 40 días después de la siembra (Figura 10). 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 10. Escarda mecánica realizada para combatir maleza durante la etapa vegetativa.

## B) Control químico.

### a) En preemergencia al cultivo:

**Paraquat:** Se aplica para el control de maleza anual de hoja ancha y angosta presentes en el terreno, ya sea antes de la siembra o una vez concluida, pero cuando el cultivo aún no ha emergido. La dosis es de 1.5 a 2.0 L/ha.

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

b) En postemergencia al cultivo:

**2-4-D Amina:** Aplicar en post-emergencia temprana para el control de malezas de hoja ancha. Cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas y la maleza tenga menos de 20 cm, la dosis es de 1.5 a 2.0 L/ha.

**Prosulfurón:** Este herbicida es selectivo para el sorgo y controla las principales malezas de hoja ancha en postemergencia (Figura 11). Se aplica con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas y la maleza tenga menos de 10 cm. La dosis es de 30 g/ha.



**Figura 11.** La aplicación de prosulfuron en postemergencia se realiza con cobertura completa cuando el sorgo tenga entre 5 y 8 hojas.



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.

### PLAGAS

Entre las plagas que son de importancia económica en la producción de sorgo dulce se encuentran la gallina ciega, el gusano de alambre, el gusano cogollero, el gusano barrenador de la caña de azúcar y el pulgón. En el Cuadro 7 se indican las plagas más importantes, su control químico y época de aplicación.

**Cuadro 7. Principales plagas que atacan al sorgo dulce y su control químico.**

Plaga	Producto	Dosis/ha	Época de aplicación
Gallina ciega y gusano de alambre Barrenador	Furadan Semevin 350	8 a 20 kg 3-4 Litros/100 kg de semilla	Cuando se hayan observado daños en el cultivo anterior, aplicar mezclado con el fertilizante al momento de la siembra. Aplicar al fondo del surco antes de tapar la semilla.
Gusano cogollero	Pounce 0.4 G	15-20 kg	Aplicar directo al cogollo de la planta, al encontrar 10 ó más plantas dañadas de 100 muestreadas.
Pulgón	Folimat Afidox 40CE	400 a 600 mL 0.75 a 1 L	Cuando se encuentren al menos 20 plantas infectadas de 100 muestreadas.

## ENFERMEDADES

Hasta la fecha en este cultivo no se han presentado enfermedades de importancia económica; sin embargo se pueden presentar roya, tizón foliar y antracnosis foliar, para lo cual se deben utilizar genotipos tolerantes a estas enfermedades.

## COSECHA

Cuando se considere próxima la época de cosecha, se debe realizar un muestreo de los azúcares a través del tallo. Generalmente se ha observado que la concentración de azúcares durante la etapa de grano masoso (20-30 días después de la floración) se encuentra en los valores más altos. La cosecha se realiza manualmente o mecanizada con la cosechadora de caña de azúcar (Figura 12).

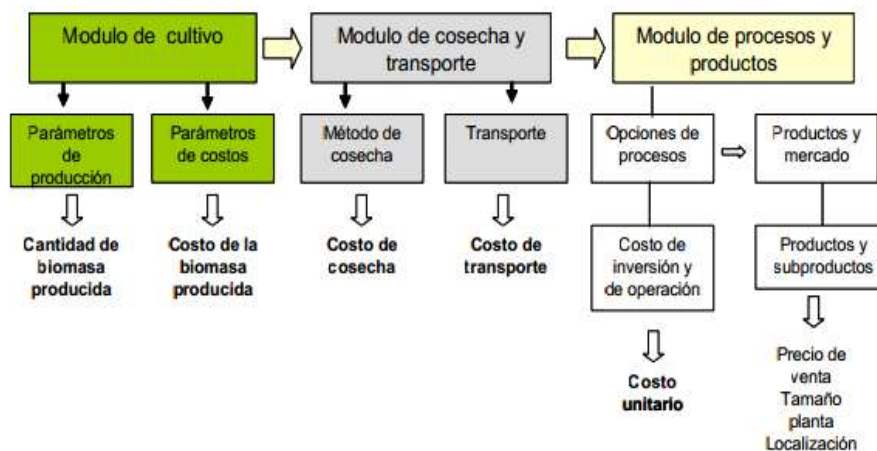


**Figura 12. Etapa de corte del sorgo dulce.**

## COSTO DE PRODUCCIÓN DE SORGO DULCE

El análisis y evaluación de costos de producción de bioetanol puede ser dividido en los siguientes módulos: i) Costos de cultivo, ii) Costos de cosecha y transporte, iii) Costo de proceso, y iv) Valor de subproductos. En la Figura 13 se muestra un esquema del proceso de costos global. Sin embargo, a nivel productor, los costos involucrados son los del cultivo más los costos de cosecha y transporte, los cuales arrojan un total aproximado de \$15,759.00 pesos/ha (Cuadro 8). El concepto con el costo más elevado en la producción de sorgo dulce es la cosecha y el flete, mismo que representa el 58 % de la suma total de costos. La aplicación de fertilizantes representa el segundo concepto de costo más elevado con el 14% del total.

**Figura 13. Procesos en la producción de sorgo dulce desde la etapa de producción a la etapa de venta.**





**Cuadro 8. Costo de producción del sorgo dulce cultivado en el norte de Tamaulipas.**

Labores e insumos	Costo (\$/ha)
Preparación de suelo	1,612
Fertilizantes	2,228
Siembra	715
Control de plagas y maleza	624
Labores culturales	440
Riegos	1,040
Cosecha y flete	9,100
<b>Costo total</b>	<b>15,759</b>

Bajo condiciones de riego se le pueden dar hasta dos cortes en un año, con un rendimiento acumulado superior a las 100 ton/ha de material verde. Si se considera que el sorgo dulce brinda en promedio 70 ton/ha de biomasa y se puede vender en un precio aproximado a los \$350.00/ton, se pueden obtener ingresos de hasta \$24,500.00/ha (Cuadro 9), lo que origina una ganancia neta de \$8,741.00/ha, lo que arroja una rentabilidad de 1.55; o sea, que por cada peso invertido se obtiene una ganancia de al menos 55 centavos. Esto es considerando solamente el recurso obtenido por la venta de la caña; si se considera que se pueden obtener hasta 14 ton/ha de materia seca de hojas y panoja, esto arroja una ganancia adicional de \$6,300.00/ha (\$0.45 por kilogramo), lo cual



incrementa la rentabilidad hasta 1.95, es decir se ganan 95 centavos por cada peso invertido (Cuadro 10).

**Cuadro 9. Rentabilidad del sorgo dulce sembrado en el norte de Tamaulipas considerando solamente el tallo.**

PARAMETROS	UNIDAD	IMPORTE	INDICADORES	UNIDAD	IMPORTE
Rendimiento	ton/ha	70,0	Ingresos	\$/ha	24,500.00
Precio de Venta	\$/ton	350.00	Egresos	\$/ha	15,759.00
			Utilidad	\$/ha	8,741.00
Costo por tonelada	\$	225.00	Punto de Equilibrio	ton/ha	45.00
			Relación B-C		1.55

**Cuadro 10. Rentabilidad del sorgo dulce sembrado en el norte de Tamaulipas considerando tallo, hojas y panoja.**

PARAMETROS	UNIDAD	IMPORTE	INDICADORES	UNIDAD	IMPORTE
Rendimiento	ton/ha	70.00	Ingresos ( tallo)	\$/ha	24,500.00
Precio de Venta	\$/ton	350.00	Ingresos (pacas)	\$/ha	6,300.00
			Ingresos totales	\$/ha	30,800.00
Costo por tonelada	\$	225.00	Egresos	\$/ha	15,759.00
			Utilidad	\$/ha	15,041.00
			Relación B-C		1.95





## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación es producto de los trabajos de investigación financiados por el INIFAP y la Fundación Produce Tamaulipas A.C. a través del proyecto titulado: Evaluación de híbridos de sorgo con potencial productivo para la producción de biomasa para bioenergía.

## 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

## **Comité Editorial del CIR-Noreste**

### **Presidente**

Dr. Jorge Elizondo Barrón

### **Secretario**

Ing. Hipólito Castillo Tovar

### **Vocales**

MC. Luis Mario Torres Espinosa  
Dr. Antonio Palemón Terán Vargas  
Dr. Isidro Humberto Almeyda León  
Dr. Héctor Cortinas Escobar  
Dr. Raúl Rodríguez Guerra  
Dr. Héctor Guillermo Gámez Vázquez

### **Revisión Técnica**

MC. Héctor Williams Alanis

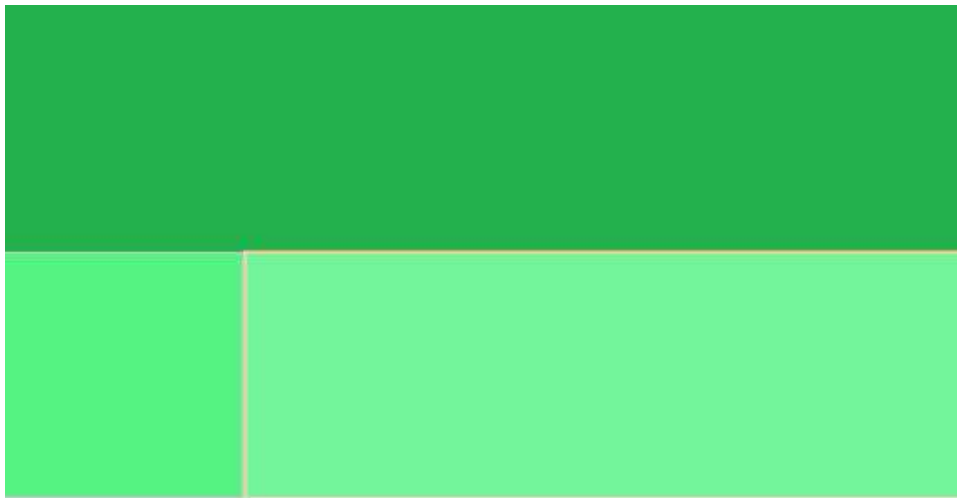
### **Código INIFAP**

**MX-0-310305-45-03-13-10-21**

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de diciembre del 2013 en los talleres de la empresa PRINTHOUSE, Independencia 300, Río Bravo, Tamaulipas, México.  
CP 88900.

Su tiraje constó de 500 ejemplares





[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)



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