

“SUPER SORGO: EL SORGO DULCE COMO UNA ALTERNATIVA RENTABLE PARA ALGUNAS REGIONES DEL TROPICO MEXICANO”

GARCÍA BERBER ABRAHAM,
RAMÍREZ VALENCIA FRANCISCO JAVIER
y SANTOSCOY PADILLA ARMANDO



DIRECTORIO INSTITUCIONAL

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

Lic. José Eduardo Calzada Rovirosa

Secretario

Lic. Jorge Armando Narváez Narváez

Subsecretario de Agricultura

Lic. Mely Romero Celis

Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Ricardo Aguilar Castillo

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

T.A. Carlos Salazar Preciado

Delegado de la SAGARPA en Colima

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Luis Fernando Flores Lui

Director General

Dr. Raúl Gerardo Obando Rodríguez

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.C. Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Mtro. E. Francisco Berterame Barquín

Coordinador de Administración y Sistemas

Lic. Elisa Concepción Elguézabal Dávila

Titular de la Unidad Jurídica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL PACÍFICO CENTRO

Dr. José Antonio Rentería Flores

Director Regional CIR Pacífico Centro

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

Director de Investigación CIR Pacífico Centro

Lic. Miguel Méndez González

Director de Administración CIR Pacífico Centro

M.C. Isaac Vizcaíno Vargas

Director de la Unidad de Coordinación y Vinculación en Colima y
Encargado de la Jefatura del Campo Experimental Tecomán

”SUPER SORGO: El sorgo dulce como una alternativa rentable para algunas regiones del tropico mexicano”

García Berber Abraham ¹

Ramírez Valencia Francisco Javier²

Santoscoy Padilla Armando²

1 Investigador INIFAP Campo Experimental Tecomán

2 Apoyo técnico EARTHNOTE

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro
Campo Experimental Tecomán
Tecomán, Colima, México
Folleto técnico No. 15. Noviembre, 2016

“SUPER SORGO: El sorgo dulce como una alternativa rentable para algunas regiones del trópico mexicano”

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, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo por escrito de la institución.

Derechos Reservados ©

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Progreso 5. Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán

México, D.F. 04010

Teléfonos: (55) 3971-8700; 01800 088 22 22 conmutador

www.inifap.gob.mx. Correo-e: contactenos@inifap.gob.mx

Primera Edición. Noviembre de 2016

Impreso en México

ISBN: 978-607-37-0711-4

Registro de Derechos de Autor: 03-2016-120712010700-01

Folleto Técnico Núm.15

CAMPO EXPERIMENTAL TECOMÁN

Km. 35 Carretera Colima - Manzanillo

Apartado Postal No. 88

C.P. 28100 Tecomán, Colima. México

Tel. y Fax 01 800 088 22 22 Ext. 84328

La presente publicación de terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2016 en los Talleres Gráficos de Prometeo Editores, S.A de C.V. Libertad 1457. Col. Americana, Guadalajara.

Su tiraje consta de 10100 ejemplares.

La cita correcta de esta obra es:

García-Berber A; Ramírez-Valencia FJ; Santoscoy-Padilla A. 2016. SUPER SORGO: El sorgo dulce como una alternativa rentable para algunas regiones del trópico mexicano” INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Folleto **técnico No 15**. Tecomán, Colima. México 37 p.

CONTENIDO

Página

Introducción	1
Respuesta de la planta.....	4
Diferentes usos del sorgo dulce “Super Sorgo”.....	10
Producción de Forraje	11
Producción de bioetanol.....	14

MANEJO AGRONÓMICO

Preparación del terreno	16
Siembra	18
Híbridos	18
Riego	20
Nutrición	21
Fertilización	23
Control de maleza	24
Control de plagas	26
Control de enfermedades	31
Cosecha	32
Rendimiento	33

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

Página

Cuadro 1. Comportamiento en alturas y tasa de crecimiento de genotipos de sorgo dulce. Primer corte evaluación en Campo Experimental Tecomán 2015. Ciclo Primavera-verano.	5
Cuadro 2. Comportamiento de sorgo dulce en producción de materia verde relativo al maíz y caña. Evaluación Campo Experimental Tecomán 2015. Primer corte ciclo Primavera-verano.	6
Cuadro 3. Valores referidos en grados brix (°B) de diferentes híbridos de sorgo dulce, evaluados en el Campo Experimental Tecomán 2015. Primer corte ciclo Primavera-verano.	7
Cuadro 4. Producción de materia verde (segundo corte) -Campo Experimental Tecomán 2015. Ciclo Primavera-verano.	8
Cuadro 5. Valores en grados brix (°B) y principal uso de híbridos de SUPER SORGO dulce evaluados en el Campo Experimental Tecomán 2015. Segundo corte.	9

Cuadro 6. Comportamiento bromatológico % Base seca de ensilado de sorgo en referencia al ensilado de maíz.....	12
Cuadro 7. Resultados de análisis bromatológico de forraje de SUPER SORGO verde o ensilado y maíz ensilado. Acatic, Jalisco. 2015.....	14
Cuadro 8. Híbridos de sorgo probados y rendimientos obtenidos en diferentes regiones de México.	20

|

FIGURAS

Página

Figura 1. Esquema de usos del súper sorgo.....	10
Figura 2. Cosecha del Sorgo Dulce para aprovechamiento como forraje ensilado.....	13
Figura 3. Rastreo para asegurar na buena cama de siembra.....	17
Figura 4. Siembra de otoño invierno al fondo del surco	18
Figura 5. Preparación del fertilizante antes de la siembra.....	23
Figura 6. Maleza en etapa crítica para el desarrollo del sorgo dulce	24
Figura 7. Parcela de sorgo dulce con manejo adecuado de fertilización.....	25
Figura 8. Larva de Gallina ciega	27
Figura 9. Larva de Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda).	28

Figura 10. Aspecto de gusano cogollero después de control químico	28
Figura 11. Pulgón amarillo en hoja de sorgo dulce..	30
Figura 12. Aplicación de insecticida para el control de pulgón amarillo	30
Figura 13. Gráfica de producción de materia verde de sorgo dulce. Ciclo Primavera-Verano 2015. Campo Experimental Tecomán.	34

“SUPER SORGO: EL SORGO DULCE COMO UNA ALTERNATIVA RENTABLE PARA ALGUNAS REGIONES DEL TROPICO MEXICANO”

INTRODUCCIÓN

El sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es uno de los cultivos que ofrece buena rentabilidad en la agricultura convencional; la superficie dedicada a esta gramínea tiende a crecer por ser un insumo para la producción de etanol, combustible alternativo al uso de combustibles fósiles, que cada vez tenderán a ser más escasos. Por otra parte los niveles de contaminación generados por el petróleo, obligan a la búsqueda de fuentes de energía menos contaminantes. El etanol es uno de los biocombustibles más usados y representa el 90 % del consumido en el mundo (Bueno, *et al.* 2009). En los programas de desarrollo de la SAGARPA se plantea el aprovechamiento de tres cultivos principales para la producción de etanol, estos son Caña de azúcar, Remolacha y el Sorgo dulce, ubicándose como áreas de potencial para este último, toda las zonas agrícolas del país (SAGARPA, 2009) sin embargo, los mejores rendimientos se logran en altitudes menores a los 1000 metros sobre el nivel del mar (CENTA, 2007). Esta planta no requiere un manejo especial o diferente al sorgo común, es tolerante al estrés hídrico (Tesso *et al.*, 2005 citado por Alvarado, *et al.*, 2011), tiene un consumo de agua nueve veces menor que la utilizada para el cultivo de

caña de azúcar (Bieleski, 1962) además se comporta bien en condiciones de altas temperaturas, inundaciones, salinidad del suelo y acidez por altos contenidos de aluminio (Almodares & Hadi, 2009). El sorgo dulce es una planta de crecimiento rápido, algunos híbridos pueden alcanzar los 3.1 metros de altura a los 60 días después de la siembra, (García, 2015). Es una planta de ciclo fotosintético tipo C4, lo que le facilita ser más eficiente en el uso de agua, bióxido de carbono y nutrimentos (Chuck–Hernández, et al., 2011). Por esta razón se consideran las plantas del futuro, dado su poco requerimiento de agua y altos niveles de CO2 en el ambiente (Keeley y Rundel, 2003 citado por Serna-Saldívar, *et al.* 2012, Rey y Torrecilla, 2015). Además, esta planta logra una alta acumulación de azúcar en los tallos, que puede utilizarse para la industria alimenticia, forraje, combustible y fibras (Ashok, et al., 2010), por lo tanto puede ser utilizada en sustitución de la caña de azúcar y el maíz para la producción de etanol. Estas características la hacen una planta especial, pero más aún cuando algunos de los genotipos señalados en el presente documento son cultivares de sorgo que superan en más de 50% a a sorgos dulces cultivados comercialmente (Montes, et al 2010).

Las tierras marginales o degradadas se suelen caracterizar por la falta de agua, lo que limita tanto el crecimiento vegetal como la disponibilidad de nutrimentos. Algunos de los problemas frecuentes en estas zonas son la degradación de la vegetación, la erosión causada por el agua y por el viento, la salinización, la compactación y el encostramiento de los suelos. Algunos lugares

también podrían sufrir acidificación, alcalización o anegamiento (INEGI, 2007).

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 citado por Montes, et al 2010).

El sorgo dulce es uno de los cultivos para biocombustibles que pueden tolerar condiciones ambientales en las que cultivos para la alimentación no podrían sobrevivir, lo cual ofrece la oportunidad de emplear productivamente las tierras que en la actualidad generan escasos beneficios económicos (FAO, 2008).

De la planta del sorgo dulce, el tallo presenta un alto contenido de azúcar y es el principal componente que se aprovecha para la producción de etanol. Además del uso para obtener etanol y como forraje para el ganado, el sorgo dulce ofrece más alternativas de como son la producción de azúcar, el bagazo como materia prima para la fabricación de pasta de papel, para la fabricación de aglomerados así como para la elaboración de composta y biogas (Belayachi y Delmas, 1995, citados por (Negro, et al., 1995).

De manera comparativa con la caña de azúcar, el sorgo dulce requiere un menor tiempo para la producción de un volumen de biomasa igual o mayor por unidad de superficie. Mientras que la caña de azúcar requiere de 11 a 17 meses eso dependiendo del ambiente y variedad; el sorgo dulce solo de 3.5 a 4 meses (Bueno, et al., 2009), dato también obtenido en el ensayo de rendimiento de sorgos dulces en Tecomán, Colima en 2015 (García, 2015).

La SAGARPA en su Programa de Producción Sustentable de Insumos para bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico considera satisfacer en una primera etapa la producción de la biomasa para producir alrededor de 176 millones de litros de etanol por año, que permitan mezclarlo en las gasolinas de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco; y en una segunda etapa alrededor de 630 millones de litros por año para bastecer las zonas de Monterrey, Nuevo León; y de la Ciudad de México (SAGARPA, 2009).

RESPUESTA DE LA PLANTA

El sorgo dulce es una planta con una tasa de crecimiento que llega a ser de 6.4 cm por día, lo que lo hace eficiente en la producción de biomasa; dando así, la oportunidad de contar con un cultivo que presenta, alternativas de manejo eficiente para su aprovechamiento, tales como forraje o como insumo para la producción de bioetanol.

A continuación, se detalla de manera puntual, el comportamiento que tuvieron algunos sorgos pre-comerciales evaluados en el Campo Experimental Tecomán del INIFAP.

Cuadro 1. Comportamiento en alturas y tasa de crecimiento de genotipos de sorgo dulce. Primer corte evaluación en Campo Experimental Tecomán 2015. Ciclo Primavera-verano.

HIBRIDO	TASA DE CRECIMIENTO CM/DÍA	ALTURA DE PLANTA M (BASE DE PANOJA A 81 DIAS DESPUES DE SIEMBRA)
SE 19	6.4	5.18
SE 34	5.5	4.43
SE 1	5.3	4.30
SE 23	3.9	3.17
SE 24	4.1	3.31
SE 5	5.3	4.29
SE 30	4.6	3.75
SE 16	5.5	4.45

La producción de materia verde o biomasa para ser utilizada como una fuente de alimentación animal o para la industria del etanol, es de suma importancia ya que en un par de ciclos puede ser mucho más rentable que la producción de maíz, inclusive por periodo, dada la precocidad del sorgo dulce.

Cuadro 2. Comportamiento de sorgo dulce en producción de materia verde relativo al maíz y caña. Evaluación Campo Experimental Tecomán 2015. Primer corte ciclo Primavera-verano.

HIBRIDO	PRODUCCIÓN. DE MATERIA VERDE t ha ⁻¹	VALOR DE LA PRODUCCIÓN \$/HA*	COSTO DE PRODUCCION. \$/HA+	BENEFICIO \$/HA
SE 19	171 b'	64,980	22,300	42,680
SE 34	166 bc	63,080	22,300	40,780
SE 1	145 c	55,100	22,300	32,800
SE23	169 b	64,220	22,300	41,920
SE24	173 b	65,740	22,300	43,440
SE 5	139 cd	52,820	22,300	30,520
SE 30	185 a	70,300	22,300	48,000
SE 16	188 a	71,440	22,300	49,140
MAÍZ	65	20,140	16,800	7,900
CAÑA	120	50,000	26,000	24,000

* Con un valor de \$ 380 / ton de materia verde.

+ Costo hasta el corte de la materia verde.

'significancia estadística 5% tukey

Al hacer un análisis comparativo de rentabilidad del sistema de cultivo de sorgo dulce con el del maíz, resulta menos atractivo este último, lo que está determinado por los volúmenes de producción por unidad de superficie. Otra ventaja del sorgo dulce es que se puede aprovechar un ciclo por rebrote después del corte (con el maíz no es posible); el cual resulta una oportunidad adicional para el productor.

La calidad del producto como materia verde está relacionado con la cantidad de sólidos solubles totales (°Brix) el cual es un indicador de la cantidad de azúcar que se puede obtener de este cultivo. Algunos de los híbridos señalados en el cuadro anterior tuvieron comportamientos aceptables en este parámetro, lo que los hace de buena calidad para su aprovechamiento como materia prima para la producción de etanol.

Cuadro 3. Valores referidos en grados brix (°B) de diferentes híbridos de sorgo dulce, evaluados en el Campo Experimental Tecomán 20015. Primer corte ciclo Primavera-verano.

HIBRIDO	GRADOS BRUX (°B)	PRINCIPAL USO
SE 19	13.5	FORRAJE
SE 34	16.0	ETANOL
SE 1	19.2	ETANOL
SE23	5.0	FORRAJE
SE24	16.2	ETANOL
SE 5	8.5	FORRAJE
SE 30	20.1	ETANOL

En el segundo ciclo o segundo corte, la producción se ve reducida en relación al primero, sin embargo, los rendimientos obtenidos siguen siendo competitivos con el maíz. Otra alternativa ante esta situación, es el establecimiento o nueva siembra después del primer corte, con lo que se logran mejores rendimientos por unidad de superficie, con una inversión mínima adicional.

Cuadro 4. Producción de materia verde (segundo corte) -Campo Experimental Tecomán 2015. Ciclo Primavera-verano.

HIBRIDO	PROD. DE MATERIA VERDE t ha ⁻¹	VALOR DE LA PRODUCCION \$/HA*	COSTO DE PRODUCCION \$/HA+	BENEFICIO \$/HA
SE 19	64.2 a [†]	24,396	10,700	13,696
SE 34	42.3 c	16,074	10,700	5,374
SE 1	40.3 c	15,314	10,700	4,614
SE23	46.4 c	17,632	10,700	6,932
SE24	48.0 bc	18,240	10,700	7,540
SE 5	37.0 d	14,060	10,700	3,360
SE 30	63.0 a	23,940	10,700	13,240
SE 16	53.3 b	20,254	10,700	9,554
MAÍZ	53.0	20,140	16,800	3,340

* Con un valor de \$ 380 / ton de materia verde.

+ Costo hasta el corte de la materia verde.

[†] significancia estadística 5% Tukey

En el cultivo de caña de azúcar el ciclo de “plantilla” (primer periodo a cosecha) lleva más tiempo que tres ciclos de sorgo dulce y dos de maíz, por lo que su rentabilidad por unidad de superficie en un año resulta menor, debido a que la caña de azúcar es un cultivo, en el que la tasa de crecimiento es más lenta que el sorgo dulce, por lo tanto, la acumulación de biomasa resulta ser menos en determinado tiempo.

La cantidad de grados Brix para el segundo corte, se muestra el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Valores en grados brix (°B) y principal uso de híbridos de SUPER SORGO dulce evaluados en el Campo Experimental Tecomán 2015. Segundo corte

HIBRIDO	GRADOS BRUX (°B)	PRINCIPAL USO
SE 19	13.4	FORRAJE
SE 34	8.8	FORRAJE
SE 1	17.6	ETANOL
SE23	8.8	FORRAJE
SE24	11.9	FORRAJE
SE 5	9.3	FORRAJE
SE 30	18.8	ETANOL

Para el segundo corte los Híbridos SE 34 y SE 24 mostraron valores de grados Brix por debajo de los obtenidos en el primer corte por lo que su rendimiento en producción de etanol se ve reducido.

DIFERENTES USOS DEL SORGO DULCE.

En la figura 1, se aprecia la diversidad de alternativas de uso del sorgo dulce.

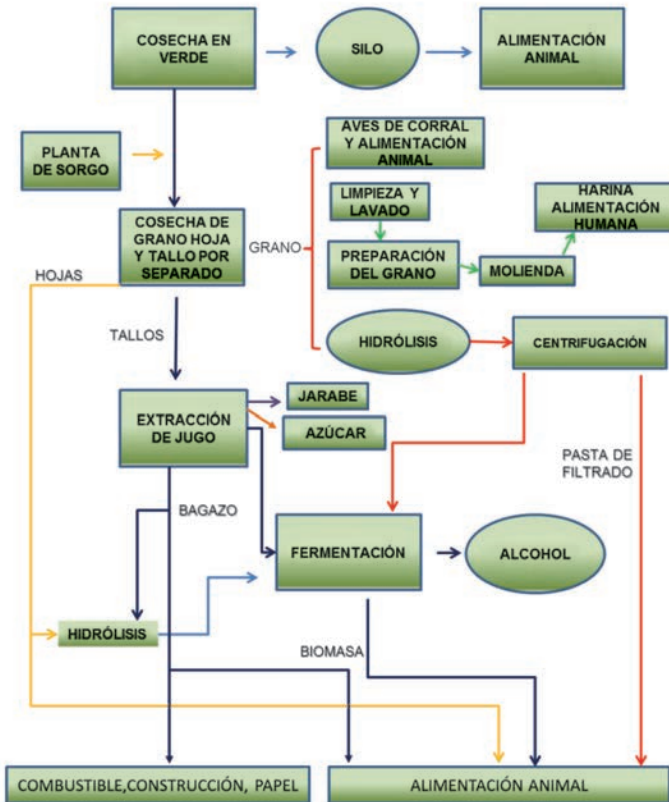


Figura 1. Esquema de usos del súper sorgo.

PRODUCCION DE FORRAJE

Los híbridos forrajeros de SUPER SORGO son plantas de crecimiento rápido y alto valor nutricional con un promedio de 18% de proteína cruda y 76% de digestibilidad (González, 2013), características que les permiten ser aprovechadas como forraje verde o bien conservado como ensilado. Entre los factores tomados en cuenta para valorar un forraje, se encuentran el aporte de fibra, proteína, energía y Total de Nutrientes Digestibles (TND) principalmente (Rodríguez, *et al.* 2013, Di marco, 2011). También deben tomarse en cuenta otros factores determinantes de la calidad forrajera como el contenido de pared celular vegetal y sus componentes, principalmente celulosa, hemicelulosa y lignina, cuyo contenido es el principal factor que influye en la degradación de la pared celular ya que se incrementa a medida que madura la planta y reduce la digestibilidad o aprovechamiento por parte de los animales, por lo que se relaciona con la edad de la planta (Valencia y Chongo, 2016).

Debido a su alto potencial de crecimiento, los híbridos de SUPER SORGO, pueden alcanzar alturas superiores a los 4 m., según fechas de siembra, manejo agronómico y condiciones climáticas; además poseen alta capacidad de macollaje y buena capacidad de rebrote, lo cual permite su utilización en dos o hasta tres cortes en un mismo ciclo agrícola.

En el cuadro 6, Se muestran los resultados de análisis bromatológico de SUPER SORGO.

Cuadro 6. Comportamiento bromatológico % Base seca de ensilado de sorgo en referencia al ensilado de maíz

Determinación	% Base seca	
	Ensilado de Sorgo dulce ¹	Ensilado de maíz ²
Humedad	78.25	74.00
Proteína cruda	9.86	8.00
Grasa cruda (EE)	2.41	2.8
Fibra Cruda	34.69	26.00
FDN	60.48	60.0
FDA	43.91	32.0
Cenizas	11.94	6.0
Calcio	0.253	0.4
Fósforo	0.228	0.27

(1) Laboratorio de bromatología Centro Universitario Sur.

Universidad de Guadalajara

(2) BEEF MAGAZINE. FEED NUTRITION TABLES, 2011.

EE= Extracto etéreo FDN= Fibra detergente neutro. FAD= Fibra detergente ácido.



Figura 2. Cosecha del Sorgo Dulce para aprovechamiento como forraje ensilado.

El contenido de proteína de los forrajes de corte es muy variable al igual que otros indicadores y depende del estado de madurez del cultivo, por lo que es muy importante cosechar en el momento oportuno para obtener un equilibrio entre rendimiento y valor nutricional. El punto más adecuado para cosecha de los híbridos de SUPER SORGO en términos generales es cuando el grano se encuentra en estado lechoso y no esperar que madure el grano, pues si se alarga el momento de cosecha, se tendrá el riesgo de que el peso de la panoja propicie acame de plantas y se reduce el período de crecimiento del rebrote para un eventual segundo corte de forraje.

En una investigación realizada en Acatic, Jalisco, Villarreál y Arias en el 2015 evaluaron las características nutricionales del

forraje de SUPER SORGO verde, ensilado y ensilado de maíz. Los resultados se muestran en el cuadro número 7.

Cuadro 7. Resultados de análisis bromatológico de forraje de SUPER SORGO verde o ensilado y maíz ensilado. Acatic, Jalisco. 2015.

Forraje	MS %	CEN %	PROT. %	EE %	FAD %	FDN %	ENI Mcal/kg	DMS %	VRF
Ensilado Maíz	30.4	7.0	8.3	2.5	34.9	53.0	1.36	61.7	109
Ensilado Súper Sorgo	36.1	8.5	9.4	2.7	35.3	44.9	1.35	61.4	127
Súper Sorgo Verde	24.9	8.4	10.2	1.8	36.1	47.2	1.32	60.8	120

MS= Matera seca; CEN= Cenizas; PROT.= Proteína; EE= Extracto Etéreo; ENI= Energía Neta para lactancia; DMS= Digestibilidad. de MS. VRF= Valor relativo de forraje.

Los indicadores evaluados fueron similares en general para los tres tipos de forraje; sin embargo, el contenido de proteína cruda fue superior para SUPER SORGO verde y ensilado, lo cual se refleja en un mejor valor relativo de forraje (VRF).

PRODUCCION DE BIOETANOL

El sorgo representa una buena opción por ser un cultivo resistente a sequía y condiciones agronómicas adversas (C. Chuck-Hernandez, 2011). Es un cultivo multifacético ya que existen genotipos de sorgo granífero, dulce y de alta-biomasa

que pueden ser biotransformados (Cifuentes, *et al.*, 2014). La conversión del grano almidonoso con tecnologías similares a las del maíz permiten producir 360 a 400 L de bioetanol/ton. La conversión de sorgo dulce permite obtener jugo y material lignocelulósico con excelentes rendimientos (13,200 L ha⁻¹ de bioetanol considerando una producción de 100 t h⁻¹ de sorgo dulce) (SENER-BID-GTZ, 2005). Las nuevas variedades de sorgo de alta biomasa pueden ser convertidas en etanol con tecnologías de lignocelulosa y con un potencial productivo de hasta 14,800 L h⁻¹ de bioetanol (C. Chuck-Hernandez, 2011). Este cultivo, sin embargo, supone desafíos tecnológicos como desarrollo de maquinaria de molienda, modificación o ingeniería genética de cultivos y de microorganismos fermentadores, así como métodos de pretratamiento de grano y bagazo. En esta revisión se describen tecnologías viables especialmente en el contexto mexicano para transformar sorgo granífero, dulce y su biomasa en etanol.

La biomasa lignocelulósica consiste principalmente de lignina y celulosa de polisacáridos (compuesta por azúcares de hexosa) y hemicelulosa (que contiene una mezcla de azúcares de hexosa y pentosa) (Guarnizo, *et al.*, 2009). En comparación con la producción de etanol a partir de materias primas de primera generación, la utilización de biomasa lignocelulósica es un proceso más complicado, debido a que los polisacáridos son más estables y a que los azúcares de pentosa no son fácilmente fermentables con la ayuda de *Saccharomyces cerevisiae*. Para convertir biomasa lignocelulósica en biocombustibles,

primero se debe hidrolizar, o descomponer, los polisacáridos en azúcares simples, usando para ello ácido o enzimas (Cepeda y Jaramillo, 2009). En la actualidad se aplican diversos enfoques basados en la biotecnología para superar tales problemas, en particular mediante el desarrollo de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* que puedan fermentar los azúcares de pentosa, el uso de especies alternativas de levadura que fermentan de manera natural los azúcares de pentosa y la creación de enzimas que puedan descomponer la celulosa y la hemicelulosa en azúcares simples. Además de subproductos agrícolas y forestales y otros subproductos, es probable que la biomasa lignocelulósica para biocombustibles de segunda generación tenga como fuente principal materias primas dedicadas a la producción de biomasa, como ciertas especies de perennes y árboles del bosque (wolfgang, 2008).

MANEJO AGRONOMICO

PREPARACION DEL TERRENO

Si hay residuos de cosecha del cultivo anterior, es recomendable incorporarlos al suelo, con ello, se logra un mejor control de hospederos de pulgón amarillo, plaga que hoy en día es la principal limitante del cultivo, También con la incorporación se aumenta el contenido en materia orgánica y se mejora la estructura así como la permeabilidad, absorción y retención de agua, sobre todo para suelos con deficiente capacidad de retención de agua o de textura gruesa. Esta práctica además

tiene como finalidad favorecer la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta, lo cual depende del tipo de suelo. De acuerdo a la experiencia de los productores en el manejo o preparación del suelo para la siembra, esta actividad deberá de iniciarse un mes antes de la sembrar cuando la tierra esté a punto, por debajo de un 10% de humedad en suelos francos y de 15% en suelos arcillosos.

Se recomienda hacer un subsoleo profundo para mullir bien el suelo, descompactar la superficie y conseguir una estructura granular que favorezca la aireación, la infiltración del agua y el desarrollo radicular. El subsoleo se recomienda hacerlo cada 3 años y en forma cruzada



Figura 3. Rastreo para asegurar na buena cama de siembra

diagonal simulando la formación de “X”, posteriormente dar 2 pasos de rastra en forma cruzada, lo que da la oportunidad al suelo de tener una mejor estructura, esta práctica de cultivo es muy generalizada entre los productores y ofreció buenos resultados en el manejo de este cultivo para el trabajo realizado en la evaluación de sorgos en la localidad de Tecomán Colima.

SIEMBRA

Para el ciclo de primavera verano la siembra, se deberá de efectuar al inicio del temporal o ciclo de lluvias que corresponde de manera frecuente en el mes de junio, una vez que la tierra este suficientemente mojada. Sin embargo es



Figura 4. Siembra de otoño invierno al fondo del surco

importante señalar que el ciclo de lluvias puede establecerse en diferente fecha para cada región agroecológica de México, y esto marcara el inicio de la práctica de preparación de terreno. En el ciclo de otoño invierno, normalmente las siembras se hacen de **noviembre a enero** en el fondo del surco. La siembra debe quedar a una profundidad no mayor de 2 cm. para evitar que la plántula tenga dificultades para emerger, sobre todo en suelos franco arcilloso en caso de que el terreno se compacte por el efecto de la lluvia. La densidad recomendada de siembra depende del porcentaje de germinación de la semilla, por lo que es conveniente usar semilla de buena calidad y depositar una semilla cada 13 cm, cuando la distancia entre surcos sea de 70 cm o separadas a 11 cm cuando la distancia entre estos surcos sea de 80 cm con lo que se logra una población de 109 857 y 113 600 pl ha⁻¹ respectivamente. Aun cuando la siembra sea

manual se deberá de procurar depositar una semilla por golpe simulando la sembradora mecánica de precisión, con esto se logrará un mejor aprovechamiento de nutrientes y un desarrollo satisfactorio de la planta dado que su **porte es de 4 a 5.5 m de altura.**

En el ciclo Primavera-verano y en sitios donde la precipitación es abundante, se puedan tener problemas con encharcamientos, entonces es conveniente acondicionar la sembradora para que la semilla quede en el lomo del surco. En caso de que la siembra sea manual procurar que en donde se deposite la semilla también en lomo de surco.

Las siembras con mejores porcentajes de nacencia son las que se hacen cuando el suelo está “a punto” o también conocido como a “tierra venida”. La cantidad de semilla por hectárea es de 5 a 6 Kg.

HIBRIDOS

Al referirse a híbridos recomendados se debe considerar que los factores ambientales modifican significativamente las características de desarrollo y producción de la planta; por esto la importancia de conocer el grado de respuesta que tengan dichos sorgos en diferentes ambientes. La manera como se comporta el híbrido en diferentes ambientes, es definitivo en la elección del mejor genotipo. De la cosecha de estos híbridos no se debe volver a utilizar semilla para un siguiente ciclo, dado

que el rendimiento se disminuye y esta es una desventaja si se consideran las mermas de producción que no se comparan con el costo de la semilla. Se sugieren enseguida algunos sorgos que hasta la fecha han sido evaluados por el INIFAP, mismos que pueden conseguirse en empresas exclusivas para la venta de esta semilla (Cuadro 8)

Cuadro 8. Híbridos de sorgo probados y rendimientos obtenidos en diferentes regiones de México.

Climas	Híbrido	Rendimiento t ha ⁻¹ Ton/ha Materia verde	Propósito
Clima Aw ¹ wig, Aw ² wig (Calido subsúmelo) Ac w ¹ (Templado)	SE 19	171	Etanol/Forraje
	SE 23	169	Etanol/Forraje
	SE 24	173	Forraje
	SE 1	145	Forraje
	SE 30	185	Forraje

RIEGOS

Esta práctica puede ser útil en lugares donde se tienen temporales erráticos o de menos de 500 mm de precipitación anual. Los riegos pueden ser más ligeros en la época de lluvias dado que la humedad del suelo no se abate tan fácilmente por la presencia de las lluvias. El riego de nacencia deberá ser procurando que a la semilla le llegue la humedad por “trasporo”, evitando el encharcamiento en el área donde

emergerá la plántula, si esto sucede es muy probable que se dé encostramiento dificultando la emergencia. Ya establecido el cultivo es conveniente que el agua de riego si es “rodada” se distribuya en el terreno para evitar las corrientes por la línea de plantas, para evitar la erosión de suelo y la pérdida de nutrientes que se depositan junto a la planta.

NUTRICIÓN

La planta del sorgo dulce al igual que la mayoría de los vegetales, absorben los nutrimentos que las alimentan, principalmente a través de sus raíces. En este proceso, las raíces que se desarrollan de manera extensiva en el suelo absorben los nutrimentos en forma iónica por lo que es importante considerar el tipo de fertilizante a aplicar y su relación con las condiciones químicas y físicas del suelo. Para que pueda darse esa absorción, los nutrimentos deben encontrarse disueltos en agua, que sirve de vehículo y que se constituye en una condición esencial para una buena alimentación vegetal, por tal razón es indispensable la humedad ya sea de riego y de lluvias para poder tener buena eficiencia de los fertilizantes.

También, se puede complementar la nutrición de la planta por medio de sus hojas, llamándose a este proceso nutrición foliar.

Para crecer, las plantas necesitan una gran diversidad de nutrimentos, algunos en grandes cantidades, llamados macro

nutrimentos, y otros en menores cantidades, llamados micro nutrientes. Los macro nutrientes que se requieren de forma general durante todo el proceso de crecimiento de la planta, en ciertos momentos críticos no pueden faltar, ya que afectarían su desarrollo.

Cuando a una planta le faltan los nutrientes no muere, sigue viva, pero reduce su crecimiento y no se desarrolla, puede afectar de manera decisiva la producción y la rentabilidad del cultivo.

En estos casos presenta síntomas que pueden reconocerse a simple vista, como el color verde pálido en las hojas o laminas con puntas rojizas.

Normalmente se recomienda la aplicación de los macro nutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio; sin embargo, para tener una nutrición más adecuada para las plantas es indispensable un análisis de suelo donde se podrá decidir en base a la demanda del cultivo y las cantidades disponibles en el suelo, cual es la cantidad adecuada de fertilizante a aplicar. Aun cuando el máximo flujo de nutrientes es a partir de la séptima hoja, el fósforo y Potasio deberán estar disponibles desde el inicio de desarrollo de la plántula, debido a su limitada movilidad que tienen y a los requerimientos de la planta.

FERTILIZACION

La fertilización es la práctica agrícola más importante, por lo que la primera fertilización se hace a la siembra con el tratamiento 60-90-80 usando para suelos con pH alcalinos el sulfato de amonio y el superfosfato de calcio triple. Para suelos ácidos usar preferentemente los fertilizantes



Figura 5. Preparación del fertilizante antes de la siembra

como Fosfato diamónico y nitrato de amonio. Al hacer la fertilización con éste último, la mezcla debe hacerse inmediatamente antes de sembrar. Esta práctica dio resultados satisfactorios para localidades del estado de Colima. La segunda fertilización deberá hacerse a los 30 o 35 días después de la siembra, incorporando el producto con una escarda o aplicarlo inmediatamente después de riego o lluvia. La cantidad de fertilizante nitrogenado depende del análisis del suelo. En la segunda aplicación de fertilizante, usar para la altitud de más de 800 msnm, el tratamiento 120-00-00 y para altitudes de 0 a 800 msnm aplicar 90-00-00 de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, como esto se completa el tratamiento de fertilización.

El Nitrógeno que tiene una movilidad muy rápida en el suelo deberá fraccionarse en dos aplicaciones; el 33% a la siembra;

33% a los 30 o 35 días después de la siembra y el resto 34% cuando la planta esté en embuche.

CONTROL DE MALEZA

La maleza, compite con el sorgo por nutrientes tales como agua y luz principalmente; esta competencia es crítica entre los 40 a 45 días después de la siembra, por lo que es recomendable mantener limpio el cultivo durante este periodo. El control de maleza puede ser manual, mecánico o químico, resultando este último el más rentable.



Figura 6. Maleza en etapa crítica para el desarrollo del sorgo dulce

Para hacer un control eficiente de la maleza es importante determinar qué tipo de maleza persiste, y de esta manera seleccionar equipo e insumos específicos. Al hacer la aplicación de herbicidas químicos la mezcla de estos debe ser con agua limpia para evitar la reacción del herbicida. La aplicación puede hacerse con aspersora mecánica (aguilón) con maquinaria o con mochila manual siempre usando las boquillas apropiadas, procurando que se den condiciones adecuadas. Para lograr mayor efectividad en el control de maleza en aplicación preemergente, se debe tener suelo húmedo y con la superficie con menos “terrones” para que se logre de manera

adecuada el “sellado”. En el tractor es recomendable no superar los 8 km/h y la presión a que debe de trabajar el aguilón debe de ser entre 20 y 40 libras por pulgada cuadrada. En el control preemergente de maleza se utilizan productos a base de Atrazina y para aplicaciones en post emergencia utilizar productos a base de Dicamba y 2,4-D (2,4-dichlorofenoxiacético) para maleza de hoja ancha principalmente, utilizando las dosis del producto comercial de acuerdo a la etiqueta de recomendación y validado por la SAGARPA.

Cuando el control de malezas no fue lo suficientemente bueno se recomienda hacer una escarda para librar al cultivo de la maleza y brindarle un mejor anclaje a la planta. Esta actividad se debe hacer a los 30 días después de la siembra lo que se puede aprovechar para hacer la segunda fertilización. Se sugiere que esta labor sea lo menos profunda posible para evitar arrastres de suelo cuando las lluvias se presenten con gran intensidad.



Figura 7. Parcela de sorgo dulce con manejo adecuado de fertilización

CONTROL DE PLAGAS

Para combatir cualquier problema sanitario (plaga o enfermedad) es necesario conocer cuál es el agente causal, el estado de su ciclo evolutivo, su incidencia de ataque y su impacto económico para poder tomar medidas que prevengan, limiten o bien lo erradiquen. Para el control de plagas en el sorgo dulce se utilizan principalmente productos químicos, sin embargo se tiene la obligación de incidir en que el control sea de manera integrado usando otros métodos, para evitar mayores desequilibrios en los ecosistemas. Un plaguicida puede ser comercializado en muy diversas formulaciones, cada una de las cuales pueden tener diferentes características; puede ser líquido, polvo, granulado o inclusive gas. La decisión del tipo de formulación que interesa utilizar en un caso concreto debe considerarse principalmente la forma de aplicación o equipo con que se cuenta. Todos los plaguicidas están compuestos por la sustancia activa (i.a), surfactantes y sustancias inertes. Para realizar una correcta aplicación de los agroquímicos es muy importante leer las etiquetas y tomar en cuenta las indicaciones. Sus etiquetas nos presentan el nombre comercial del producto, el ingrediente o sustancia activa (nombre común) y el nombre químico, además indican las dosis y cultivos donde se puede aplicar. Todos los plaguicidas, son tóxicos en mayor o menor grado; es decir, también constituyen un riesgo para la vida de las personas, animales domésticos y silvestres.

GALLINA CIEGA (Familia *Scarabaidae*).

De estos insectos hay más de 100 especies, se alimentan de las raíces del sorgo y dependiendo del grado de infestación puede haber de una a 25 larvas por planta. Los síntomas se manifiestan



cuando las plantas detienen su crecimiento, se marchitan, se secan y mueren. Las plantas

Figura 8. Larva de Gallina ciega

con ataques severos pueden ser fácilmente arrancadas ya que la mayor parte del sistema radical ha sido destruido por los insectos. Cuando el ataque está en etapa avanzada de la planta su sistema radicular es tan débil que vientos moderados pueden provocar el acame. El control se logra con la aplicación de insecticida granulado a concentración de 3% a 5% a base de Clorpirifos.

GUSANO CÖGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*).

Uno de los problemas más serios que afronta constantemente el cultivo del sorgo dulce, es el ataque plagas, principalmente el del gusano “Cogollero”. Este insecto es una plaga muy agresiva, pues causa destrozos desde la etapa de plántulas temprana

hasta la premadurez. Al inicio son larvas grises de cabeza negra que se alimentan en grupo de una hoja y, a medida que crecen se devoran entre sí hasta que sólo queda una, la cual es de color café claro con líneas longitudinales café oscuro o casi negro que cuando el sorgo ya supera los 30 cm de altura, este insecto se refugia en el cogollo, en cuyo interior se alimenta haciendo grandes daños, hasta que la planta alcanza 2.0 a 2.5 m de altura (Camacho, 2012). La plaga al morir por efecto del insecticida



Figura 9. Larva de Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)



Figura 10. Aspecto de gusano cogollero después de control químico

toma una coloración negra. Para su control se deberán de tener en cuenta las siguientes recomendaciones: utilizar insecticidas de distintos grupos toxicológicos con el fin de abatir la resistencia que logren estos insectos, entre estos productos están la cypermetrina (cipermetrina) perteneciente al grupo de los piretroides; clorpirifos (Lorsban 480 E) que es un insecticida organofosforado y en casos de infestación

fuerte utilizar sulfoxalor (Rodríguez y Teràn, 2014; García y Tarango, 2009). Las dosis a que se debe de aplicar son las recomendadas por los productos comerciales por lo que es indispensable leer las etiquetas del producto antes de aplicarlo.

PULGON AMARILLO. (*Melanaphis sacchari*)

Esta especie de insecto no es exclusiva del cultivo de sorgo, puede atacar diversos cultivos principalmente gramíneas, tiene una marcada preferencia por el sorgo. Se hospeda también en diversos pastos y malezas, como el zacate Johnson. Se considera que esta plaga entró a México por el noreste en el año 2013, desde esa fecha se ha extendido en casi toda la República Mexicana donde se cultiva sorgo. Las pérdidas de la producción por el pulgón amarillo varían dependiendo de los niveles de infestación y pueden ser hasta del 100%.

En la región Tamaulipas al norte del país se trabajó con el control de esta plaga y los mejores cinco insecticidas para el control de *Melanaphis sacchari* en el sorgo fueron: Imidacloprid a una dosis de 105 g de ingrediente activo (ia) por ha; Sulfoxalor a una dosis de 12 g de (ia)/ ha; Spirotetramat a dosis de 45 g de (ia); Thiametoxam aplicando 125 g de i.a.ha-1 y Metamidofos a una dosis de 900 g de ia /ha) (Rodríguez y Terán, 2014). Los insecticidas deben aplicarse cuando el umbral económico haya alcanzado los 50 pulgones/hoja. De ser necesario, deberá realizarse una segunda aplicación, 20 días después

de la primera. Debe considerarse el uso de mejoradores del pH del agua para garantizar la eficacia de los insecticidas. Es indispensable el uso de un dispersante y volúmenes de agua de al menos 200 Lha-1 en las aplicaciones terrestres. Si la presencia de la plaga es en manchones, se deberá aplicar con mochila de motor sólo en esos sitios.



Figura 11. Pulgón amarillo en hoja de sorgo dulce.



Figura 12. Aplicación de insecticida para el control de pulgón amarillo.

ENFERMEDADES

En general las enfermedades del sorgo son hasta la fecha un problema al que no se le ha dado importancia para implementar prácticas de control químico, debido a que no hay un evidente impacto económico, y para la mayoría de los productores queda en una situación casual, lo cual se obedece a dos razones principales: los sorgos mejorados generalmente se liberan con tolerancia a las enfermedades comunes.

Las enfermedades más comunes en el cultivo de sorgo para clima tropical sub húmedo son las que se relacionan a continuación.

Roya del sorgo (*Puccinia sorghi*), Mancha zonada de la hoja (*Gloeocercospora sorghi*), Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*), Tizón de la hoja (*Helminthosporium sp.*), Antracnosis o/y Pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*), Pudrición del tallo (*Fusarium sp.*), Cogollo retorcido (*Fusarium moniliformis*) y Mildiú vellosa (*Peronosclerospora sorghi*). También de manera esporádica se presenta la enfermedad de la panoja conocida como Ergot o enfermedad azucarada del sorgo (*Sphacelia sp. = Claviceps africana*).

La roya del sorgo es una enfermedad poco común en los sorgos mejorados, dado que se les incorpora resistencia en el proceso de mejoramiento genético, y solo en condiciones muy

favorables para la enfermedad se manifiesta y esto en genotipos poco tolerantes. La enfermedad se hace presente con mayor frecuencia en los cultivares criollos y cuando las condiciones de ambiente lo favorecen.

El tizón de la hoja es una enfermedad que en muy raras ocasiones repercute en el rendimiento del cultivo, el daño se caracteriza por áreas que se tornan secas.

La pudrición del tallo es una enfermedad causada por un hongo, dicha enfermedad se controla desde la selección del híbrido o variedad mediante pruebas a los progenitores en las que se busca la tolerancia. Normalmente no se hacen aplicaciones de productos químicos para su control. Esta al igual que otras enfermedades tiene su tratamiento en el origen de los genotipos, dado que la aplicación de agroquímicos para el control de enfermedades es poco costeable y con menor éxito que el manejo de la tolerancia en la formación de los híbridos o variedades.

COSECHA

La cosecha para silo se debe hacer cuando la planta tenga entre 68 a 72 % de humedad, antes de esto el ensilado puede dificultarse por el exceso de humedad.

Por el porte que presenta esta planta la cosecha mecánica pareciera ser un problema sin embargo trabajos sobre el tema

realizados en Acatic, Jalisco durante el ciclo Primavera verano del 2015 asesorados por INIFAP (Villarrreal y Arias, 2015) muestran que la cosecha se puede realizar de manera normal con una ensiladora para maíz.

Una vez cosechado el sorgo deberá de llevarse al silo en el que se deberá de compactar el sorgo para eliminar en su máximo el aire y logra una fermentación anaeróbica para a su vez obtener un producto de calidad.

RENDIMIENTO

La producción de sorgo dulce materia verde (MV) depende de muchos factores siendo los que de manera general determinan la respuesta: el medio ambiente suelo-clima y el manejo. La producción de sorgo dulce promedio es alrededor de 150 t ha⁻¹. La producción que se puede lograr una vez hechos el primer y segundo corte, es de 250 a 300 ton/ha

La producción promedio de maíz MV por hectárea se sitúa entre las 60 y 80 toneladas en el estado de Jalisco, lo que de manera relativa muestra que el sorgo dulce es una mejor alternativa para la alimentación de ganado.

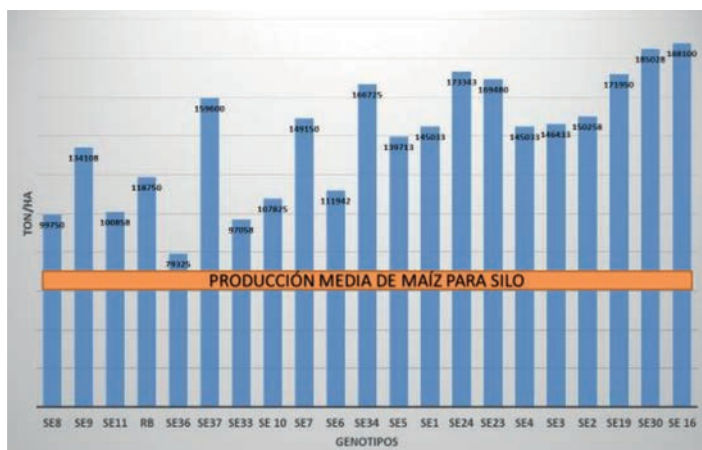


Figura 13. Gráfica de producción de materia verde de sorgo dulce. Ciclo Primavera-Verano 2015. Campo Experimental Tecomán.

BIBLIOGRAFIA

- Almodares, A. & Hadi, M., 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9), pp. 772-780.
- Alvarado, P. J. I. *et al.* 2011. Genotipos de sorgo dulce potenciales para la producción de Bioetanol en el valle de Mexicali. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 19(52), pp. 15-20.
- Ashok, K. A. y *et al.* 2010. Enhancing the harvest window for supply chain management of sweet sorghum for ethanol production. *Journal of SAT Agricultural Research*, 8(1), pp. 1-5.
- Bieleski, R. L. 1962. The physiology of sugarcane of sugar accumulation. *Aust. Biology Science* (15) pp 429-444
- Bueno, G., Cordovez, M. & Delgado, G., 2009. Sorgo Dulce: sus potencialidades productivas. *ICIDCA*, pp. 14-21.

- Camacho, A. M. I., 2012. *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Facultad de Ingeniería Agronómica ed. Ambato, Ecuador: Universidad técnica de Ambato.
- CENTA, 2007. Guía técnica del sorgo Sorghum bicolor, L. Moench, La Libertad, El Salvador: Impresiones digitales diversas.
- Cepeda, Q. & Jaramillo, A., 2009. Evaluación a escala de laboratorio del proceso de obtención de bioetanol a partir de sorgo dulce. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander.
- Chuck-Hernández, C., Pérez-Carrillo, E., Heredia, E. y Olea S. S., 2011. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: Tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(3), pp. 529-549.
- Cifuentes, R., Bressani, R. y Rolz, C., 2014. El potencial del sorgo dulce como fuente de energía y proteína. *Energy for sustainable development*, Issue 21, pp. 13-19.
- Di Marco, O., 2011. *Producir XXI*, Bs. As., 20(240): 24-30. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada
- FAO, 2008. *Biocombustibles: Perspectivas, riesgos y oportunidades*. [En línea]
 Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s05>
 [Último acceso: 18 ABRIL 2016].
- García-Berber A., 2015. Evaluación de genotipos de sorgo dulce por su producción de biomasa y contenido de azúcares para la producción de etanol, en Tecomán Colima. Informe de investigación CIRPAC. CE. Tecomán.
- García, N. G. & Tarango, R. S., 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. Cd. Delicias Chihuahua, México.: Comité editoria. C. Experimental Delicias.

- Gonzalez, M. 2013. Evaluación de rendimiento y calidad de sorgos forrajeros para pastoreo directo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica de Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluación-rendimiento-calidad-sorgos.pdf> [2016]
- Guarnizo, F., Martínez, Y. P. y Valencia, S. F., 2009. Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación. *Scientia et Technica*, Issue 42, pp. 284-289.
- INEGI, 2007. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf. [En línea] Disponible en: www.semarnat.gob.mx [Último acceso: 29 Septiembre 2016].
- Montes, G. N. y otros, 2010. Guía técnica de producción de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en Tamaulipas. Rio Bravo Tamaulipas: CIRNE.
- Negro, M. J., Solano, M. L., Carrasco, J. y Ciria, P., 1995. Cultivo de Sorgo Dulce. Efecto de la Aplicación de Compost. *CIEMAT*, pp. 1-27.
- SAGARPA, 2009. Programa de producción sustentable de insumos para bionergéticos y de desarrollo científico y tecnológico, México, D F: SAGARPA.
- Prasad, S., Singh, A., Jain, N. y Joshi, H. 2007 Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. Division of Environmental Science, Indian Agriculture Research Institute. *India* 21 (4), pp 2415–2420
- Rey, J. & Torrecilla, M., 2015. Sorgo dulce para bioenergía: Ajustando el manejo del cultivo. *Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 2(1), pp. 21-26.

- Rodríguez, del B. L.A y Terán V. A.P 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Ficha técnica. INIFAP. SAGARPA. México.
- SAGARPA, 2009. Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, MÉXICO, DF.: SAGARPA.
- SENER-BID-GTZ, 2005. <http://www.bioenergeticos.gob.mx/bio/index.php/bioetanol/produccion-a-partir-de-sorgo-dulce.html>. [En línea] Available at: www.bioenergeticos.gob.mx [Último acceso: 29 Septiembre 2016].
- Serna-Saldívar, S., Chuck-Hernández, C., Pérez-Carrillo, E. y Eredia-Olea, E., 2012. Sorghum as a Multifunctional Crop for the Production of Fuel Ethanol: Current Status and Future Trends. Bioethanol ed. Monterrey(Nuevo Leon): BOARDS.
- Valadez, G. J., Garcia, J. & Zavala, G. F., 2011. Producción de biomasa y concentración de azúcares de dos variedades de sorgo dulce en la región Huasteca Tamaulipeca. UDO Agrícola, 11(1), pp. 58-70.
- Valenciaga, Daiky, Chongo, Bertha, La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola [en línea] 2004, 38 [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2016] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017793001>> ISSN 0034-7485
- wolfgang, R., 2008. <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/criterios-de-greenpeace-sobre.pdf>. [En línea] Available at: [www.greenpeace](http://www.greenpeace.org) [Último acceso: 29 septiembre 2016].

AGRADECIMIENTOS

A la empresa SUPER SORGHUM MEXICO S.A. de C.V. por el financiamiento para la impresión de este folleto.

A la empresa EARTHNOTE por su colaboración para la realización del proyecto de Investigación.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL PACÍFICO CENTRO

Dr. José Antonio Rentería Flores

Director Regional

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

Director de Investigación

Lic. Miguel Méndez González

Director de Administración

M.C. Isaac Vizcaíno Vargas

Director de Coordinación y Vinculación y

Jefe del Campo Experimental Tecomán

Personal Investigador

Campo Experimental Tecomán

Dr. Mario Orozco Santos	Frutales
Dr. José J. Velázquez Monreal	Frutales
M.C. Manuel Silva Luna	Pastizales y cultivos forrajeros
M.C. Alejandro Yáñez Muñoz	Carne de rumiantes.
Ing. Marcelino Álvarez Cilva	Caña de Azúcar
M.C. Manuel de J. Bermúdez G.	Biotecnología
M.C. Silvia H. Carrillo Medrano	Frutales
M.C. Jeovani Fco. Cervantes P.	Caña de Azúcar
Ing. Abraham García Berber	Maíz
M.C. Karina García Mariscal	Bioenergía
M.C. José Concepción García P.	Fertilidad de suelos y nutrición
Dr. Alfredo González Sotelo	Pastizales y cultivos forrajeros
M.C. Rosa Martínez Pamatz	Fertilidad de suelos y nutrición
M.C. Miguel Á. Manzanilla Ramírez	Frutales
M.C. Rubén Arreola Ortega	Arroz
M.C. Héctor M. Olivares Soto	Frutales
M.C. Nayeli S. Quiñones Islas	Bioenergía
M.C. Altigracia Reyes Castillo	Caña de azúcar

En el proceso editorial de la presente publicación participó el siguiente personal:

COORDINADORES DE LA INFORMACION

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

M.C. Isaac Vizcaíno Vargas

REVISIÓN TÉCNICA EDICIÓN

Ing. Abraham García Berber

MC. María Rosario Rodríguez Ramírez

FORMACION

LA. Martha Alicia Calvario Romero

FOTOGRAFIAS

Ing. Abraham García Berber

CÓDIGO INIFAP

MX-0-310301-45-05-28-09-15

Para mayor información escriba, llame o acuda al:

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL
PACÍFICO CENTRO - INIFAP**

Interior del Parque Los Colomos S/N

Colonia Providencia

Guadalajara, Jalisco, México

CP. 44660

Teléfono: 01 800 088 22 22 Ext. 84704

**CAMPO EXPERIMENTAL TECOMÁN. CIRPAC -
INIFAP**

Kilómetro 35 Carretera Colima-Manzanillo

Tecomán, Colima, México

C.P. 28100

Teléfono: 01 800 088 22 22 Ext. 84328 y 84324

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL PACÍFICO CENTRO (CIRPAC)

El CIRPAC comprende los cuatro Estados del Pacífico Central de la República Mexicana, que son Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit. Estos en su conjunto abarcan una superficie de 154,364 km², que representan 7.5 % de la superficie nacional. En esta región viven 12,235,866 habitantes (INEGI, 2005), correspondiendo más de la mitad de ellos al Estado de Jalisco.

Un 42.6 % de la Región Pacífico Centro es apta para la ganadería; 34.56 % tiene vocación forestal y 22.84 % comprende terrenos apropiados para las actividades agrícolas.

La Región Pacífico Centro, posee una gran variedad de ambientes, que van desde el templado subhúmedo frío, hasta el trópico árido muy cálido.

En la figura de abajo se muestra la distribución de los ambientes en la Región Pacífico Centro.

Los sistemas productos más relevantes para la Región Pacífico Centro y para los que el CIRPAC realiza investigación y transferencia de tecnología son: aguacate, limón mexicano, mango, *Agave tequilana*, aves-huevo, porcinos carne, maíz, bovinos-leche, melón, maderables, pastizales y praderas, sorgo, caña de azúcar, bovinos-carne, no maderables, garbanzo, copra, bovinos-doble propósito, sandía, plátano, frijol, papaya, durazno, guayaba y ovinos-carne.

El CIRPAC atiende las demandas del sector en investigación, validación y transferencia de tecnología, a través de cinco campos experimentales estratégicos, tres sitios experimentales y una oficina regional en la Cd. De Guadalajara, Jalisco. La ubicación de campos y sitios experimentales se muestra enseguida.




Esta obra se terminó de imprimir en los talleres gráficos de
Prometeo Editores S.A de C.V:
Calle Libertad No. 1457, Col. Americana, Guadalajara, Jalisco,
México CP 44160
Tel. (33) 38 26 27 26 y 38 26 27 82
Tiraje de 10100 ejemplares
Noviembre del 2016
Impreso en México Printed in Mexico



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

WWW.INIFAP.GOB.MX

El sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es una alternativa para la agricultura con las posibilidades de ser adoptado en aquellas áreas de suelos degradados, de baja fertilidad y de limitada precipitación en temporal. Por su alta producción de biomasa que llega a superar las 150 toneladas en un primer corte, es una alternativa forrajera con un valor relativo de forraje de 127. También es un cultivo de alto impacto económico para zonas de buen potencial agrícola. La superficie dedicada a esta gramínea tiende a crecer por ser un insumo para la producción de etanol, combustible alternativo a las gasolinas.