

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE DIEZ HÍBRIDOS DE SORGO  
DULCE (*Sorghum bicolor* L. Moench) CON POTENCIAL DE  
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNAS**

**GABRIEL JIMÉNEZ**

**4-781-1868**

**ABEL CHACÓN**

**4- 756-1424**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2013**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE DIEZ HÍBRIDOS DE SORGO  
DULCE (*Sorghum bicolor* L. Moench) CON POTENCIAL DE  
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNAS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS  
TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF. NORBERTO PITY**

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR**

**PROF. SIMÓN VÁSQUEZ**

\_\_\_\_\_

**ASESOR**

**PROF. JOSÉ CARLOS URETA**

\_\_\_\_\_

**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2013**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso sobre toda las cosas por haberme dado la sabiduría, la fuerza y el deseo de superación y por haberme conducido a la conclusión de este trabajo de tesis.

Al profesor Norberto Pitty, director de este trabajo de graduación, por brindar su apoyo necesario en la elaboración del trabajo al haber facilitado su conocimiento.

A los profesores Simón Vázquez y José Carlos Ureta, miembros asesores del comité de evaluación, por su valiosa colaboración y orientación en este trabajo

A mis compañeros de estudios y profesores que de una u otra forma contribuyeron a mi formación académica.

A mis familiares y amigos y todas aquellas personas que con gran voluntad me brindaron su apoyo en todo momento.

Gracias a todos.

**Gabriel Jiménez.**

## AGRADECIMIENTO

Primordialmente agradezco a Dios que me brindo las fuerzas y la sabiduría para culminar mis estudios y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias puesto que nos brindó conocimientos que nos ayudó para el desarrollo de nuestro proyecto.

A los profesores como lo son el **Norberto Pitty, José C. Ureta, Simón Vásquez, Zyddi S. Visuetti, José Bins** que nos brindaron su conocimiento en varios campos, ayudándonos así en varios aspectos que necesitamos para el desarrollo de nuestro proyecto.

También doy gracias a nuestros compañeros de clase que de varias maneras siempre estuvieron acompañándonos y ayudándonos en los momentos que requeríamos ayuda, por compartir conocimientos con nosotros, por compartir vivencias con nosotros y darnos sentimientos de alegría, amor, cariño que nos dejaran muchas enseñanzas y experiencias.

**Abel Chacón.**

## DEDICATORIA

**A Dios** quien me dió la vida, la fortaleza, la salud en todo momento. Por brindarme su amor y su luz divina y haberme permitido culminar con éxito mi carrera.

A mi madre **María Jiménez**, con respeto y admiración, quien en todo momento me fortaleció con sus valiosos consejos, enseñanzas y costumbres y haberme encaminado a la superación.

A mis hermanos: **Mario G., Abran G. y Octavio G.** y hermanas: **Catalina G., Llini G. y Yiva G.** por sus valiosas colaboraciones y apoyos que siempre me las han brindado con mucha voluntad.

También a mis amigos quienes me dieron su apoyo en todo momento y darme su confianza.

**Gabriel Jiménez.**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios puesto que me ha brindado sabiduría, amor y paciencia, me ayudó en los momentos más difíciles dándome el valor que me fortalece no solo en el trabajo en grupo, si no como personas.

Principalmente dedico este trabajo a mis padres **Carmen de Chacón, Ivan Chacón Araúz** y a mi esposa **Ingrid Morales** y a mi hijo, **Abel Chacón** ya que me brindaron el apoyo y fortaleza en el desarrollo y transcurso de éste, ayudándome a concluir satisfactoriamente el proyecto.

También les dedico al director y asesores del proyecto quienes nos brindaron la sabiduría para la elaboración total del mismo haciendo así posible el desarrollo totalmente de este.

Le dedico también a “**Manuel Miranda Rojas o como te decíamos M.M.**” este trabajo y un pensamiento:

***“En el corazón nos queda una herida pero los recuerdos nos animan, me dicen que perdí un amigo pero no fue así, se ausentó porque entre risas y amarguras, entre lágrimas y en enfermedades estuviste aquí y sé que siempre todo el tiempo estarás aquí le doy gracias a Dios porque te conocí”***

**Abel Chacón.**

# **“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE DIEZ HÍBRIDOS DE SORGO DULCE (*Sorghum bicolor* L. Moench) CON POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ALTERNAS”**

**Chacón y Jiménez, 2013.** Evaluación agronómica de diez híbridos de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L. Moench) con potencial de producción de energía alternas. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo en Cultivos Tropicales. Chiriquí, Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

## **RESUMEN**

Este trabajo se realizó en el corregimiento de Chiriquí, para evaluar diez híbridos de sorgo dulce a nivel agronómico y determinar el potencial como fuente de energía alterna por la concentración de azúcar en el tallo. Se utilizó un diseño experimental de Bloque Completo al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones.

Los diez híbridos evaluados fueron desarrollado por la empresa ANZU BROTHER, y distribuidos por la compañía INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS S.A, La numeración de estos híbridos es la siguiente: 36126, 3691, 36101, 54129, 56101, 56111, 5491, 36111, 54101 y 56126, Los parámetros evaluados fueron: altura (m), días a floración, porcentaje de acame, rebrote (promedio), potencial de producción de grano (kg/ha), biomasa (kg/ha) y sólidos totales en el jugo (Brix). Las variables más importantes en este trabajo fueron: **a-** rendimiento en grano (kg/ha) sobresaliendo de mayor a menor: 36101, 5491, 56126 y 54129 con rendimiento de 8865, 8712, 7737 y 7142 kg/ha, respectivamente; **b-** sólido totales en jugo (Brix): 56101, 5491, 36101 y 3691 con contenido de 18.1, 17.99, 17.55 y 16.8 ° brix respectivamente; y **c-** biomasa: 5491, 54101, 56101 y 36111 con rendimiento de 40817, 40197, 39591 y 38475 Kg/ha respectivamente.

**Palabras claves: sorgo dulce, evaluación agronómica, energía alternativa.**

## **“AGRONOMIC EVALUATION OF TEN SWEET SORGHUM HYBRIDS (*Sorghum bicolor* L. Moench) WITH POTENTIAL FOR ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION”**

Chacon y Jiménez, 2013. Agronomic evaluation of ten sweet sorghum hybrids (*Sorghum bicolor* L. Moench) with potential for alternative energy production. Thesis to fulfill for the degree of Agronomist Engineer in Tropical Crops. University of Panamá. School of Agricultural Sciences Chiriquí, Republic of Panamá.

### **ABSTRACT**

This work was conducted in the corregimiento de Chiriquí, to evaluate ten sweet sorghum hybrids agronomically and determine the potential as an alternative energy source due to their concentration of sugar in the stem. We used an experimental design of Randomized Complete Block (RCBD) with four replications.

The hybrids evaluated were developed by the company ANZU BROTHER, and distributed by the company INTERNACIONAL DE AGROQUIMICO SA. The hybrids codes were numbered: 36126, 3691, 36101, 54129, 56101, 56111, 5491, 36111, 54101 and 56126 the parameters evaluated were: height (m), days to flowering, percentage of lodging, sprouting, grain production potential (kg/ha), biomass yield (kg/ha) and total solids in the juice (brix). The most important variables in this work were: **a-** grain yield, with outstanding results, from top to bottom, 36101, 5491, 56126 and 54129 with yield of 8865, 8712, 7737 and 7142 kg/ha, respectively.; **b-** total solids in the juice (brix): 5491, 56101, 36101 and 3691 containing 18.1, 17.99, 17.55 and 16.8 ° brix respectively.; **c-** biomass: 5491, 54111, 56101 and 36111 with yield of 40817, 40197, 39591 and 38475 Kg/ha, respectively.

**Keywords: sweet sorghum, evaluation agronomic, alternative energy.**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 ANTECEDENTES.....	4
1.3.1 En Panamá.....	4
1.3.2 En el mundo.....	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	7
1.4.1 Generales.....	7
1.4.2 Específicos.....	7
1.5 HIPÓTESIS.....	7
1.6 Alcances y limitaciones.....	8
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	9
2.1 Aspectos generales del cultivo.....	9
2.2 Descripción botánica del sorgo dulce.....	10

2.3	Requerimientos edafoclimáticos.....	14
2.4	Plagas y enfermedades.....	16
2.4.1	Plagas.....	16
2.4.1.1	Plagas de suelo.....	16
2.4.1.2	Plagas parte aérea de la planta.....	17
2.4.2	Enfermedades.....	20
2.5	Rendimiento potencial del sorgo.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1	Localización.....	25
3.2	Análisis de suelo.....	25
3.3	Densidad de siembra.....	27
3.4	Fertilización.....	27
3.5	Híbridos de sorgo dulces evaluados.....	28
3.6	Diseño experimental.....	29
3.7	Control de malezas.....	32
3.8	Variables evaluados.....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
4.1	Altura de planta.....	36
4.2	Días a floración.....	38
4.3	Porcentaje de acame.....	40
4.4	Biomasa.....	42
4.5	Brix.....	44
4.6	Longitud de panoja.....	47
4.7	Peso de panoja.....	49
4.8	Hijo por planta.....	52
4.9	Rendimiento en grano.....	53
4.10	Rebrote.....	55

<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

		Pág.
<b>Cuadro I</b>	Requerimientos de agua para el cultivo de sorgo.....	14
<b>Cuadro II</b>	Composición de la biomasa del sorgo.....	22
<b>Cuadro III</b>	Producción de bioetanol (L/ha) en sistema de riego y temporal (Secano).....	23
<b>Cuadro IV</b>	Requerimientos agroclimáticos del sorgo.....	23
<b>Cuadro V</b>	Resultado de Análisis de suelo de la parcela 7 baja.....	25
<b>Cuadro VI</b>	Capacidad de intercambio catiónico efectiva, porcentaje de saturación de acidez y bases y relación catiónica del suelo analizado.....	26
<b>Cuadro VII</b>	Aporte de nutrientes del suelo y fertilización.....	28
<b>Cuadro VIII</b>	Híbridos de sorgo dulce (tratamientos) evaluados de la empresa ANZU BROTHER, a través de la compañía INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS S.A, provenientes de Texas, EE:UU.....	29
<b>Cuadro IX</b>	Distribución randomizada de los tratamientos en campo	31
<b>Cuadro X</b>	Variables climáticas registradas durante el ensayo en el centro de enseñanzas e investigaciones agropecuarias de Chiriquí (CEIACHI).....	35
<b>Cuadro XI</b>	Análisis de varianza para altura de planta.....	37
<b>Cuadro XII</b>	Análisis de varianza para días a floración.....	39
<b>Cuadro XIII</b>	Prueba de comparación de Tukey para la variable días a floración.....	39
<b>Cuadro XIV</b>	Análisis de varianza para la variable porcentaje de acame.....	41

<b>Cuadro XV</b>	Análisis de varianza para rendimiento de Biomasa.....	<b>43</b>
<b>Cuadro XVI</b>	Prueba de comparación de Tukey para rendimiento de Biomasa.....	<b>43</b>
<b>Cuadro XVII</b>	Análisis de varianza para la variable Brix.....	<b>45</b>
<b>Cuadro XVIII</b>	Prueba de comparación de Tukey para la variable Brix.....	<b>46</b>
<b>Cuadro XIX</b>	Análisis de varianza para la variable longitud de panoja.....	<b>47</b>
<b>Cuadro XX</b>	Prueba de comparación de Tukey para la variable longitud de Panoja.....	<b>48</b>
<b>Cuadro XXI</b>	Análisis de varianza par la variable peso de panoja.....	<b>50</b>
<b>Cuadro XXII</b>	Prueba de Tukey para la variable peso de panoja.....	<b>51</b>
<b>Cuadro XXIII</b>	Análisis de varianza para la variable hijo por planta.....	<b>52</b>
<b>Cuadro XXIV</b>	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano en kilogramos por hectárea.....	<b>54</b>
<b>Cuadro XXV</b>	Prueba de comparación de Tukey para rendimiento de grano.....	<b>54</b>
<b>Cuadro XXVI</b>	Análisis de varianza par porcentaje de rebrote.....	<b>56</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafica 1. Promedio de altura de planta de los 10 híbridos evaluados a los 58 días después de la siembra.....	37
Grafica 2. Media de días a floración de los tratamientos.....	40
Grafica 3. Promedio de acame (%) de los tratamientos.....	41
Grafica 4. Peso expresado en gramos (g), del promedio de biomasa de los híbridos evaluados.....	44
Grafica 5. Media de la variable Brix.....	46
Grafica 6. Promedio de longitud de la panoja para los híbridos evaluados.....	49
Grafica 7. Promedio de peso de panoja.....	51
Grafica 8. Cantidad de hijo por planta.....	53
Grafica 9. Rendimiento promedio de granos de los 10 híbridos de sorgo dulce.....	55
Grafica 10. Porcentaje promedio de rebrote de los 10 híbridos.....	56

## ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Siembra y fertilización .....	63
Anexo 2. Semillero realizado para compensar las pérdidas de plantas en Las parcelas.....	63
Anexo 3. Larvas del gusano cogollero ( <i>Spodoptera sp</i> ).....	64
Anexo 4. Larva de <i>Agrotis sp</i> .....	64
Anexo 5. Raleo.....	65
Anexo 6. Vista de la parcela a los 15 días después de la siembra.....	65
Anexo 7. Aplicación de paraquat para el control de malezas.....	66
Anexo 8. Medición de altura de planta en metros .....	66
Anexo 9. Acame inducido por los fuertes vientos por cambio de temporada (Invierno – verano).....	67
Anexo 10. Comportamiento agronómico de los híbridos evaluados.....	68
Anexo 11. Características de rendimientos para los diez híbridos evaluados.....	69

## 1. INTRODUCCIÓN

La crisis desencadenada a partir del incremento brusco en los precios internacionales del petróleo, añadida al ya evidente calentamiento global, hacen que no se dude en buscar alternativas para disminuir la dependencia energética del petróleo y consecuentemente la capacidad contaminante de sus derivados. (IDIAP y Corporación Varela S.A, 2007).

El Sorgo Dulce (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) está siendo utilizado en algunos países que han incursionado en la producción y uso de etanol como complemento energético a los derivados del petróleo. La caña de azúcar ha sido la más utilizada para el citado propósito, dado su uso durante muchísimo tiempo en la producción de azúcar, por sus características y comportamiento agronómico bien conocidas. (IDIAP y Corporación Varela S.A, 2007)

Las características del sorgo dulce incluyen un contenido energético comparable a la caña de azúcar, con posibilidad de hasta tres cosechas por año en climas tropicales y una mejor adaptabilidad a suelos pobres, hacen de esta planta un candidato ideal para la producción de combustibles a partir de fuentes renovables. Actualmente los mayores cultivadores de sorgo dulce en el mundo son India, China y Estados Unidos. (IDIAP y Corporación Varela S.A, 2007)

Bajo un escenario de producción más limpio y renovable se está impulsando a través de la compañía INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS, la producción de sorgo para biocombustible de manera que se pueda contribuir a la conservación del medio ambiente. Esta compañía ha traído desde Texas (EE.UU) híbridos de sorgo dulce para realizar las respectivas evaluaciones. Puesto que muchos autores argumentan como una alternativa viable ya que se trata de una alternativa energética renovable que promueve y contribuye a una reducción de gases de efectos invernaderos producidos por el uso de combustible fósil; generaría una diversificación en la obtención de energía. Actualmente no existe otra empresa u organización que esté trabajando con estos materiales.

Los beneficios que se busca mediante la producción de energía a partir del sorgo son diversos donde se puede mencionar los aspectos energéticos, socioeconómicos y los ambientales.

Mediante este trabajo se realizó la evaluación agronómica de diez híbridos de sorgo con potencial de producción de biocombustible para determinar la adaptabilidad agronómica y su rendimiento para que sean considerados en la oferta de cultivares de Panamá.

## 1.1 PROBLEMA

Recientemente se han introducido, desde Texas (Estados Unidos) de la empresa ANZU BROTHER, a través de la compañía INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS S.A, diez variedades de sorgo dulce que se evaluaron agronómicamente para determinar su adaptabilidad y rendimiento siendo necesario realizar los ensayos correspondiente para demostrar si son una opción viable desde el punto de vista agronómico y puedan constituir un punto de partida en un proyecto de biocombustibles.

La producción de sorgo dulce (*Sorghum bicolor L. Moench*) es una alternativa para el problema energético por lo que se hace con tanta insistencia en la prueba de variedades nuevas y la adaptación de cada una de ella en nuestro país.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de este proyecto puede ayudar a productores y a distintas empresas a incursionar en la producción de biocombustibles que son altamente rentables con perspectivas promisorias en el sector agrícola del país.

La evaluación agronómica de variedades constituye un factor estratégico en el proceso de producción de bioenergías como lo es el etanol y biodiesel. Sin la evaluación agronómica de los cultivares sería muy riesgoso incursionar en la producción de biocombustibles para alcanzar óptimos agronómicos y económicos de la producción.

## **1.3 ANTECEDENTES**

### **1.3.1 En Panamá**

En Panamá se ha realizado una investigación de sorgo dulce, como alternativa de biocombustible, por el IDIAP en conjunto con Corporación Varela S.A. denominada: “Estudio del Sorgo Dulce como alternativa de cultivo energético en la producción de energía alternas renovables”.

En Panamá la producción de sorgo se ha dado de manera usual como son sorgo de grano y otros tipos de sorgo a nivel de producción de cultivos extensivos. Otras variedades de sorgo cultivadas en nuestro país son los sorgos forrajeros los cuales son usados para la alimentación animal con la tecnología de silos para complementar sus dietas, pero no se ha incursionado en la producción de sorgo dulce (*Sorghum bicolor L. Moench*) como un cultivo energético.

### **1.3.2 En el mundo**

El sorgo dulce, una planta capaz de crecer en circunstancias ambientales extremas, podría ser el cultivo milagro que permita obtener alimentos, piensos y combustible a costos bajos, según los científicos del Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT), radicado en la India. «Creemos que el sorgo dulce es un cultivo inteligente ideal, porque produce alimento además de combustible», afirma el Director General del ICRISAT, William Dar. «Con una gestión adecuada, los pequeños

agricultores de las áreas de secano de la India podrían aumentar su renta un 20% en comparación con otros cultivos alternativos». El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, se cultiva más de 42 millones de hectáreas en 99 países. El ICRISAT calcula que el 50% de la superficie dedicada al sorgo de grano podría utilizarse para cultivar sorgo dulce. En la India, el costo de producción de un galón de etanol a partir de sorgo dulce es de 1,74 USD, en comparación con los 2,12 USD del maíz y los 2,19 USD de la caña de azúcar. El ICRISAT ha colaborado en la creación y gestión de la primera fábrica de bioetanol comercial del mundo en Andhra Pradesh, que utiliza sorgo dulce de producción local como principal materia prima. El ICRISAT y el Centro Nacional de Investigación del Sorgo (NRCS) de la India también han desarrollado variedades de sorgo dulce para asegurar un suministro fiable y constante de jugo dulce. Actualmente trabajan en el desarrollo de variedades de sorgos insensibles al fotoperiodo y a la temperatura. El ICRISAT también tiene en marcha varios proyectos de asociación con el sector público y privado y los agricultores en Filipinas, México, Mozambique y Kenia para la investigación de combustibles alternativos en estos países. (ICRISAT, 2008)

El especialista de la Estación Experimental Agrícola de Obispo Colombres en Tucumán, Eduardo Romero, analiza el potencial “desaprovechado” de la Argentina para producir bioenergías. Hizo hincapié, especialmente, en la producción de etanol con sorgos azucarados. (Romero, 2012).

Romero se refirió a las matrices energéticas y tomó como referente la de Brasil en su producción de Etanol, Alconafta o Bioetanol. Este último es el combustible renovable más utilizado en el mundo. Su principal productor es EEUU y lo hace a base de maíz. El segundo gran productor es precisamente Brasil, que lo obtiene de la caña de azúcar. (Romero 2012)

La posibilidad de conseguir etanol surge de cultivos como la remolacha o la caña de azúcar que son de primera generación, con fermentación directa. El sorgo dulce o azucarado es el candidato más preciso para ser incorporado a este primer grupo. El segundo grupo lo componen los almidones. Y el tercer paquete lo integran los alcoholes de segunda generación y tercera generación, que son los residuos forestales y de cosecha. (Martínez, 2013)

La perspectiva para estos cultivos de primera generación es excelente, especialmente en el sorgo que tiene la posibilidad de aumentar la producción en diferentes áreas geográficas, cosa que con la caña de azúcar no se ha logrado. (Romero, 2013)

Hay que mirar el cuerpo del sorgo, donde acumula el jugo azucarado, no hay que pensar en la panoja, sino en el tallo, que es el producto más importante de biomasa verde y los residuos de cosecha también pueden tener importancia. “Hay que empezar a reducir la panoja porque complejiza el proceso de lo más importante que es el tallo”, remarcó Romero.

Este tallo se compone de agua principalmente, sólidos solubles y Azúcares Fermentables Totales (sacarosa, glucosa y fructosa) que es lo que hay que fomentar y aprovechar. (Romero, 2013)

## **1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Generales**

Evaluar en la FCA las características y desempeño agronómico de diez híbridos de sorgo dulce (*Sorghum bicolor L Moench*) con potencial de producción de biocombustible.

### **1.4.2 Especifico**

- Evaluar diez híbridos de sorgo dulce y el comportamiento agronómico al clima local, en la FCA, corregimiento de Chiriquí.
- Evaluar el contenido de azúcar del jugo en la madurez, producción de biomasa vegetal y el rendimiento de grano.
- Determinar el porcentaje de acame de los híbridos en la etapa de floración.
- Evaluar la susceptibilidad a plagas y enfermedades

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **Hipótesis Nula**

Los híbridos de sorgo dulces en evaluación no pueden desarrollar su potencial de producción en el clima tropical del corregimiento de Chiriquí.

### **Hipótesis Alternativa**

Los híbridos de sorgo dulces en evaluación si pueden desarrollar su potencial de producción en el clima tropical del corregimiento de Chiriquí.

### **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

Este proyecto brinda la información preliminar sobre comportamiento agronómico para punto de partida para seleccionar a los mejores cultivares desde el punto de vista agronómico y continuar con las evaluaciones de rendimiento de etanol y la posterior promoción de un programa de biocombustibles.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del cultivo

El sorgo dulce es una planta C4 caracterizada por una alta eficiencia fotosintética, y amplia adaptación. Es una planta de ciclo anual, que logra la madurez fisiológica entre 90 – 120 días después de emergencia y alcanza una altura de 4 m. (Bernal, 2009)

El género tiene origen en África Tropical. Fue uno de los primeros cultivos domesticados por el hombre para su alimentación y la de sus animales. Su introducción en USA posibilitó su difusión extensiva. Se conocen sorgos de diferentes tipos o razas, estas son: a. Bicolor; b. Guinea; c. Caudatum; d. Kafir y e. Durra sobre la base de características de la panoja madura y espiguillas. Los primeros sorgos introducidos fueron de tipo Durra en USA, luego Kafir y Milo, el Shallu desde la India y luego de África Feterita y Hegari. Recién en el año 40 se difunden los sorgos aptos para cosecha con cortatrilla, gracias a la maquinaria que incidieron en el aumento de área sembrada. Es una gramínea subfamilia Panicoideas, tribu Andropogóneas. (INTA, 2013)

El sorgo dulce debido a su rápida tasa de desarrollo y crecimiento presenta un valor de energía muy alto, y por su alta capacidad de adaptación es un cultivo excelente que puede ser utilizado como fuente de producción de etanol. (Smith y Buxton, 1993)

## 2.2 Descripción botánica del sorgo dulce

La planta de sorgo tiene una altura de 1 a 2 m. y su sistema radicular puede llegar en terrenos permeables a 2 m de profundidad. Tiene tres clases de raíces: laterales, adventicias y aéreas. (INFOAGRO, 2012)

**Tallo:** el tallo también llamado caña, es compacto, a veces esponjoso, con nudos engrosados. Puede originar macollos, unidad estructural de la mayoría de las especies de gramíneas. Se forman a partir de las yemas axilares o secundarias del meristemo basal del eje principal, de maduración más tardía que el tallo principal. La presencia de macollos es varietal y está influenciada por la fertilidad, las condiciones hídricas y la densidad. (INFOAGRO, 2012)

**Hoja:** se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, son alternas, opuestas, de forma linear lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. Tiene lígula en la mayoría de los casos. El borde de la hoja presenta dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central del haz facilitando el arrollamiento de la lámina durante periodos de sequía. (INFOAGRO, 2012).

Las inflorescencias se presentan en panojas compactas, semi-compactas o semilaxas, con espiguillas que nacen a pares, una fértil y la otra estéril. (INFOAGRO, 2012).

**Grano:** cariósipide blanco, amarillo, castaño, rosado o castaño rojizo. Los granos castaños tirando a marrón café durante la madurez suelen contener alto nivel de tanino, sustancia astringente que afecta la digestibilidad del grano y ahuyenta a las aves. El peso de mil granos está entre 20 y 40 g. Los sorgos graníferos sin taninos condensados, tienen un valor nutritivo equivalente a un 96 % del valor nutritivo del maíz. Las semillas son esféricas y oblongas de 3 mm, de color negro, rojizo y amarillento. (INTA, 2007)

El sorgo (*Sorgo bicolor* L. Moench) es nativo de África, y muchas variedades de hoy son originadas allí. También fue producido en la India antes de que la historia lo registrara y en Asiria desde 700 a.C.

El cultivo llegó a China durante el siglo decimotercero y el hemisferio occidental mucho más adelante. El sorgo dulce fue introducido a los Estados Unidos de África en la parte anterior del decimoséptimo siglo. No creció extensivamente en este país hasta el 1850, hasta que el ámbar del negro de la variedad del forraje (también llamado "caña de azúcar china") fue introducido de Francia. Muchas

otras variedades se han introducido de otros países o se han desarrollado desde entonces nacionalmente. (De la Cruz, 2007)

La mayor parte del sorgo dulce fue producido sobre todo para el jarabe hasta que el establecimiento en el oeste semiárido creó una demanda para las plantas forrajeras resistentes. Por los años 50, cerca de 90% del área cultivada de sorgo dulce en los Estados Unidos fueron producidos para el forraje. El interés en jarabe de sorgo dulce está dado por los precios más altos del azúcar, (D.J. Undersander et al., 1990).

Del jugo de sorgo dulce se obtiene alcohol después de la fermentación. El bagazo fue utilizado con éxito para la cogeneración de la electricidad (cerca de 2086 calorías netas de energía/t). En la India sesenta granjeros podrían ganar una renta neta de (Rupia India) Rs 2.000/0,4 hectáreas de tallos solamente en una estación. Sin embargo el costo de etanol, producido actualmente del sorgo dulce es 56 (Centavos) por litro mayor que el de la melaza. La tecnología es beneficiosa para los granjeros pobres, es ambientalmente amistosa y sostenible. Con el uso a gran escala del sorgo dulce para producir el etanol, el costo puede disminuir. (De la Cruz, 2007).

En los últimos 50 años, el área plantada de este cereal por todo el mundo ha aumentado el 60% y el rendimiento en 244%. El área plantada es actualmente

constante en 41 millones de hectáreas con la producción que aumenta a 1,5 ton/ha proyectado antes de 2010 y la producción en 63 millones de toneladas. Una publicación de FAO/ICRISAT sugiere que el cambio tecnológico más importante del cultivo del sorgo dulce desde los años 50 ha sido el desarrollo de la semilla híbrida. Las estimaciones sugieren que el 51% de la cosecha se destina para la alimentación animal y el 49% para el alimento humano y otras aplicaciones. Los usuarios principales actuales de la alimentación con sorgo son México 10.7 millones de toneladas métricas seguido de los Estados Unidos con 6.1, la Argentina 2.4, y Japón 1.9 (De la Cruz, 2007).

La India, aunque todavía es el país con el área más grande cultivada de sorgo dulce, cultiva actualmente 10,5 millones de hectáreas comparadas con 16 millones en 1989. Más del 50% del área está en híbridos pero los rendimientos son solamente el 54% del promedio del mundo. El área y la producción del sorgo dulce en China ha disminuido mientras que el rendimiento ha aumentado a partir de 2.72 toneladas métricas en 1989 a 4.09 de 1999, un aumento del 50%. Aquí con el incremento del uso en la alimentación, la importación del cereal es una oportunidad probable. El continente africano produjo el 27% del total del mundo en el período 1992-94 con 21,8 millones de hectáreas más que la mitad del área total del mundo. A partir de 1980-97, el índice de crecimiento anual del área del sorgo dulce era 3,7%, la producción 2,9%, y el rendimiento 0,8%. (De la Cruz, 2007).

### 2.3 Requerimientos edafoclimáticos

**Agua:** el sorgo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad en el suelo que la mayoría de los cereales y crece bien bajo una amplia gama de condiciones en el suelo. Responde favorablemente a la irrigación, requiriendo un mínimo de 250 mm durante su ciclo, con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm. (INFOAGRO 2012).

#### CUADRO I. REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA EL CULTIVO DEL SORGO.

Requerimiento en el ciclo	Milímetros (mm)
Óptimo	400-550
Conveniente	350
Mínimo	250

Fuente: INFOAGRO, 2012

Es fundamental que el suelo tenga una adecuada humedad al momento de la siembra para lograr una emergencia rápida y homogénea y con ello una buena implantación del cultivo. (INFOAGRO 2012).

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de la emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de formación de panoja y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen mermas en los rendimientos. (INFOAGRO, 2012).

El sorgo, además tiene la capacidad de permanecer latente durante un periodo de sequía y reemprender su crecimiento en periodos favorables, aunque estas situaciones de estrés modifican su comportamiento. (INFOAGRO, 2012).

**Temperatura:** el sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensible a las bajas temperaturas que otros cultivos.

Para la germinación necesita una temperatura de suelo no inferior a los 18°C.

El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C situándose el óptimo hacia los 32 °C. Durante la floración requiere una mínima de 16 °C pues por debajo de este nivel se puede producir esterilidad de las espiguillas y reducir el rendimiento del grano. Por el contrario, resiste bien el calor, si el suelo es suficientemente fresco no se comprueba corrimiento de flores con los fuertes calores. (INFOAGRO, 2012).

**Suelo:** este cultivo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas.

Prefiere suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8. Es moderadamente tolerante a suelos con alguna salinidad y/o alcalinidad, siendo su comportamiento, ante esas condiciones mejor que la de otros cultivos como

maní, soja y maíz. Es un gran demandante de nitrógeno. (Naranjo M.J., 2012)

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. El tallo de sorgo dulce puede crecer hasta una altura que va de 2 a 4 metros. Sus granos son pequeños y amargos, pero su tallo es dulce.

Es apto para crecer en zonas con altas temperaturas, se adapta bien a terrenos pobres y requiere de poca agua, lo que en general lo hace ideal para crecer en tierras que no son atractivas para muchos otros cultivos. (SAGARPA 2012)

La cosecha se hace al inicio de la floración, impidiendo así la formación de grano. La primera entre los 60 y 80 días a partir de la siembra, la segunda y tercera, entre los 40 y 50 días después de la primera y segunda. La experiencia indica que es más eficiente limitar la cosecha a tres cortes. (SAGARPA 2012).

## **2.4 Plagas y enfermedades**

### **2.4.1 Plagas**

#### **2.4.1.1 Plagas del suelo**

Entre las plagas que afectan el cultivos se mencionan: Gusano de alambre, (*Melanotus sp.*, *Agriotes sp.*, *Dalopius sp*), Gusanos blancos, (*Anoxia villosa*), Gusanos grises, (*Agrotis segetum*), Tipúlidos, (*Tipulia oleracea*), Gusanos cortadores (Varias especies). Estos insectos cumplen una fase de su ciclo en el suelo y producen daños en la semilla durante los estadios de germinación y plántula. Pueden convertirse en factores limitantes para el crecimiento inicial e

implantación del cultivo. (INFOAGRO, 2012).

**Medidas de control:**

1. Labrar bien los campos de 5 a 6 semanas antes de la siembra, manteniéndolos limpios de malas hierbas.
2. Cuidar de que el sorgo se conserve sin malas hierbas hasta que esté bien desarrollado.
3. Curar las semillas con insecticidas específicos.
4. Utilizar con la sembradora, en el momento de la siembra algún insecticida de suelo. (INFOAGRO 2012).

**2.4.1.2 Plagas parte aérea de la planta:**

El sorgo, como otros cultivos, es atacado durante su crecimiento y desarrollo por insectos y otras plagas secundarias y ocasionales.

El control de los insectos debe realizarse mediante un manejo integrado de plagas, que comprende el uso de insecticidas, cultivares resistentes, métodos culturales (fecha de siembra, rotaciones, manejo de residuos de cosecha, etc.), control biológico (parásitos y predadores), y la verificación de poblaciones de plagas y daño causado. Estos medios no son excluyentes entre sí, sino que se complementan. (INFOAGRO, 2012).

Entre las principales plagas, se mencionan:

*Heliothis sp.* Es un lepidóptero que ataca a numerosas plantas. A veces se confunden los ataques de *Heliothis* con los de gardama (*Spodoptera exigua*); pero como los medios de lucha de esta última son los mismos que para el *Heliothis*, su distinción no tiene importancia práctica.

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se alimenta de las partes tiernas de las hojas. Daña la panícula antes de que emerja, y después de la emergencia de ésta se alimenta del grano en desarrollo. Puede actuar como cortador y barrenador.

Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), la palomilla de este insecto pone sus huevos en las hojas en grupos, son de color blanco amarillento y cubiertos de pelusa. Las larvas recién salidas raspan la superficie de las hojas, luego se alimentan de los márgenes de las hojas, avanzando hacia el centro de ésta dejando solamente la nervadura central. Puede alimentarse del grano en maduración.

Arañuela o araña roja (*Tetranychus sp.*): la araña roja es un pequeño ácaro, apenas visible a simple vista, que produce grandes daños en numerosas plantas, sobre todo en gran parte de España, pues le favorece el calor seco. Viven en el envés de las hojas. (INFOAGRO 2012).

Mosquita de la panoja (*Contarinia sorghicola*): ataca durante la floración, causando pérdidas cercanas al 100 % si no se controla oportunamente. Esta mosca pone los huevos en las flores, y sus larvas se alimentan del grano en

formación, impidiendo su desarrollo y causando la pérdida de éste. (INFOAGRO, 2012).

Pulgones (*Epitrix sp.*): son varias las especies de pulgones que afectan al sorgo. El que más daño produce en el cultivo es el pulgón verde de los cereales. Succionan la savia de la planta, introducen toxinas que pueden transmitir virus. Son vectores de enfermedades. Se alimentan en el envés de la hoja y producen una secreción dulce o mielecillas. Si su ataque tiene lugar poco después de la siembra puede llegar a producir graves daños por muerte de las plántulas, ya que succionan la savia de la planta, introducen toxinas que puedan transmitir virus Sin embargo los ataques más frecuentes se observan en época cercana a floración o estado de grano lechoso, afectando su llenado y debilitando la caña con la consiguiente pérdida de peso y predisposición al vuelco de la planta. (INFOAGRO, 2012).

Barrenadores del tallo (*Diatraea sp.*, *Elasmopalpus lignosellus*): son plagas que pueden ocasionar importantes pérdidas, principalmente en siembras tardías. Las mariposas ponen los huevos en el envés de las hojas y las larvas se alimentan primero del tejido de las hojas, perforan luego los tallos introduciéndose en su interior y haciendo galerías. Como consecuencia las plantas se quiebran antes o durante la cosecha. (INFOAGRO, 2012).

### 2.4.2 Enfermedades

Roya del sorgo (*Puccinia sorghi*): es una de las principales enfermedades con mayor incidencia y severidad que se presenta en el cultivo del sorgo. Los sorgos mejorados son afectados con menor incidencia, ya que se les ha incorporado resistencia a través de los programas de mejoramiento. Esta enfermedad aparece cuando inicia la maduración del grano hasta las últimas etapas del cultivo de sorgo, incrementando la severidad del daño en variedades susceptibles, volviendo inservible el follaje para la alimentación del ganado. (CENTA, 2013)

Mancha zonada de la hoja (*Gloeocercospora sorghi*): es una enfermedad que inicia su daño en plantas jóvenes alrededor de los 45 días de edad hasta los 80 días, que es cuando desaparece. Si la planta es susceptible puede dañar completamente la lámina foliar, afectando la fotosíntesis. (INFOAGRO, 2012)

Carbón (*Sporisorium reilianum*): la enfermedad se manifiesta por la aparición de grandes tumores, en los que se observa como la epidermis de la parte afectada encierra polvo negro, que son las clamidosporas. Las esporas acompañan a la semilla desde su germinación, penetra a través del embrión y permanece como micelio en el tallo hasta infectar y manifestarse en toda la panoja. Se produce una segunda infección, cuando esporas de panojas enfermas, infectan a las sanas. Las plantas tienen un crecimiento más lento, los tallos son más frágiles y

las panojas emergen antes que en las plantas sanas. El daño está limitado enteramente a las panojas, reduciendo el rendimiento y el valor como forraje. (INFOAGRO, 2012)

Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*), esta enfermedad aparece en el sorgo en la etapa intermedia del ciclo vegetativo del cultivo, aproximadamente a los 60-70 días después de siembra. Cuando las variedades son muy susceptibles el hongo daña completamente el follaje, causando muerte de las hojas viejas, que es donde inicia. (INFOAGRO, 2012)

Antracnosis y/o pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*), aparece en el sorgo en la etapa final de su ciclo vegetativo, aproximadamente a los 80-90 días después de la siembra. (INFOAGRO, 2012)

## **2.5 Rendimiento potencial del cultivo de sorgo**

El sorgo es un cultivo alternativo que puede sustituir al cultivo de caña de azúcar en la producción de etanol ya que puede producir hasta 5,600 L de etanol ha<sup>-1</sup> a partir de 70 ton ha<sup>-1</sup> de materia verde. (SAGARPA, 2012)

El rendimiento del sorgo dulce es directamente proporcional a la fertilidad del suelo y otros factores como el potencial genético, condiciones climáticas, y el manejo.

Por cada tonelada de tallos se obtienen 399 kilos de hojas, pedúnculos y panoja, para un total de 1,399 kilos de biomasa:

**CUADRO II. COMPOSICIÓN DE LA BIOMASA DEL SORGO**

Composición			Cantidad (kilo)
agua			1 083
Materia seca	Sólidos en solución	Azúcares fermentables y almidones	134
		Sólidos no fermentables	70
	Insolubles	Fibra	106
		Cenizas	4

Fuente: SAGARPA, 2012

Bioetanol de los fermentables del tallo (azúcares y celulosas): 132 litros por tonelada

**CUADRO III. PRODUCCIÓN DE BIOETANOL (L/HA) EN SISTEMA DE RIEGO Y TEMPORAL (SECANO).**

Rendimiento	Riego	Temporal
Rendimiento del sorgo (ton/Ha)	100	60
Bioetanol (litros)	13,200	7,920

Fuente: SAGARPA, 2012

**CUADRO IV. REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS DEL SORGO.**

Requerimientos agroecológicos del sorgo dulce ( <i>Sorghum saccharum L.</i> ) bajo condiciones de temporal en México			
Variable	Bajo	Medio	Alto
Altitud	0-500 m	500-1000 m	1000-1500 m
Precipitación	400-600 mm	600-800 mm	800-1500 mm
Temperatura	12°-22° C	22°-32° C	>35° C
Pendiente	0-4 %	4-10 %	>10 %

Fuente: SAGARPA, 2012

Su productividad es de aproximadamente 94 litros de etanol por tonelada de sorgo dulce verde, pero tiene la ventaja que su ciclo de cultivo es mucho más corto (3.5 meses), para una productividad total acumulada de entre 60 toneladas (en tierras de temporal) y 100 toneladas (en tierras de riego) de sorgo verde por hectárea. (SAGARPA 2012)

Aunque el sorgo (*Sorghum bicolor L moench*) es más conocido como cereal, su

variedad dulce se utiliza sobre todo como forraje. Su intensa fotosíntesis produce tallos frondosos de hasta cinco metros de altura que constituyen un excelente forraje. Además, los tallos también contienen mucha azúcar, de la que puede obtenerse piloncillo o destilarse para producir alcohol etílico. El sorgo azucarado se ha denominado "el camello de los cultivos", por su gran capacidad de adaptación, su gran resistencia a la sequía y a los suelos salino-alcalinos, y su tolerancia a las inundaciones. (FAO, 2002)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización

El ensayo se estableció en la parcela siete parte baja de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Corregimiento de Chiriquí, a una altura de 25 msnm; y coordenadas de 8°23'57" latitud Norte y 82°20'24" de Longitud.

El terreno del ensayo consistió en un suelo franco arcillo arenoso con un pH en agua de 5.5. El cultivo anterior era arroz.

#### 3.2 Análisis de suelo

Se tomó la muestra utilizando el método de zigzag, a una profundidad de 20 cm, la muestra fue de 1kg de la mezcla de submuestra. Lugar: parcela siete baja FCA

El suelo es Franco arcilloso arenoso, con un pH ácido de 5.5, además presenta un porcentaje de acidez bajo y desequilibrio en las relaciones de bases producto de un bajo contenido de potasio (K). (Ver cuadro V)

**CUADRO V. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO DE LA PARCELA SIETE BAJA**

	Macronutrientes					Micronutrientes				Cmol <sup>(+)</sup> /L
	Cmol <sup>(+)</sup> /L		ppm			Ppm				
pH	Ca	Mg	K	P	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	acidez
5.5	23.19	3.52	32.1	6	41.60	230.7	10.7	1.8	62	0.5

Fuente: Laboratorio de suelo y agua, FCA, 2012

**CUADRO VI. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (CICE), PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE ACIDEZ Y BASES Y RELACIÓN CATIÓNICA DEL SUELO ANALIZADO.**

<b>Relación</b>	<b>Rango</b>	<b>Resultado</b>
<b>CICE</b>	5-25	27.17 Cmol <sup>(+)</sup> /L
<b>SAT. ACIDEZ</b>	<20%	1.82%
<b>SAT. BASES</b>	>50%	98 %
<b>Ca/Mg</b>	2-5	6.58 Cmol <sup>(+)</sup> /L
<b>Ca/K</b>	5-25	282.47 Cmol <sup>(+)</sup> /L
<b>Mg/K</b>	2.5-15	42.87 Cmol <sup>(+)</sup> /L
<b>(Ca +Mg)/K</b>	10-40	325.8 Cmol <sup>(+)</sup> /L

Fuente: los autores

Esta zona presenta una precipitación promedio anual de 2856.9 mm, temperatura media anual de 26.7 °C

La siembra se realizó manualmente a dos semillas por golpe, a los 29 y 30 días del mes de octubre de 2012.

### 3.3 Densidad de siembra

La distancia de siembra fue de 0.16m entre plantas y 0.50m entre hilera, obteniéndose una población de 125 000 plantas / Ha.

La baja emergencia en campo por exceso de humedad en algunas unidades experimentales se compensó con la resiembra de plántulas producidas en bandeja de germinación para obtener la densidad deseada.

La preparación de terreno fue una labranza convencional que constó de dos pases de rastra.

Para la fertilización y el diseño experimental se tomaron como referencia al ICRISAT.

### 3.4 Fertilización

La fertilización con Nitrógeno se realizó en dos etapas (50% en cada etapa); la primera con abono completo 12-24-12 a razón de 5 qq ha<sup>-1</sup> a la siembra representando 60 Kg de N; 50 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 60 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> respectivamente. La segunda aplicación de nitrógeno se realizó a los 35 días después de siembra a razón de 60 kg de N utilizando urea (33.5 N) a razón de 4 qq ha<sup>-1</sup> aplicándose al voleo. El fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y el Potasio (K<sub>2</sub>O) se aplicó todo a la siembra. A los 38 días se aplicó abono foliar 18-46-0 a las parcelas.

Los fertilizantes utilizados son abono completo 12-24-12, urea al 33.5% de N, Cloruro de Potasio al 60% (KCl).

La fertilización se basó a partir de los requerimientos nutricionales del cultivo de sorgo: 120 kg de nitrógeno/ha, 50 kg de  $P_2O_5$ /ha, 60 kg de  $K_2O$ /ha.

#### **CUADRO VII. APOORTE DE NUTRIENTES DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN**

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg
Aporte del suelo ( $kg \cdot ha^{-1}$ )	* N. a.	12	64	9294	856
Fertilización ( $kg \cdot ha^{-1}$ )	120	22	49.8	-	-
Total	120	34	113.8	9294	856

\* N. a. = No analizado

### **3.5 Híbridos de sorgo dulce evaluado**

Se evaluaron 10 híbridos de sorgo dulce producidos por la empresa ANZU BROTHER de Texas e importados por Internacional de Agroquímicos S.A, cuyo nombre se presenta en el cuadro siguiente.

**CUADRO VIII. TRATAMIENTOS DE SORGO DULCE EVALUADOS DE LA EMPRESA ANZU BROTHER, A TRAVÉS DE LA COMPAÑÍA INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS S.A, PROVENIENTES DE TEXAS, EE.UU.**

Tratamiento	Híbrido
1	36126
2	3691
3	36101
4	54129
5	56101
6	56111
7	5491
8	36111
9	54101
10	56126

Fuente: los autores

### 3.6 Diseño Experimental:

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones.

#### Modelo Matemático:

$$UR = \mu + \beta_i + t_j + e_{ij}$$

Donde,  $\mu$  = media general

$\beta_i$  = Efecto de bloque

$t_j$  = efecto del tratamiento

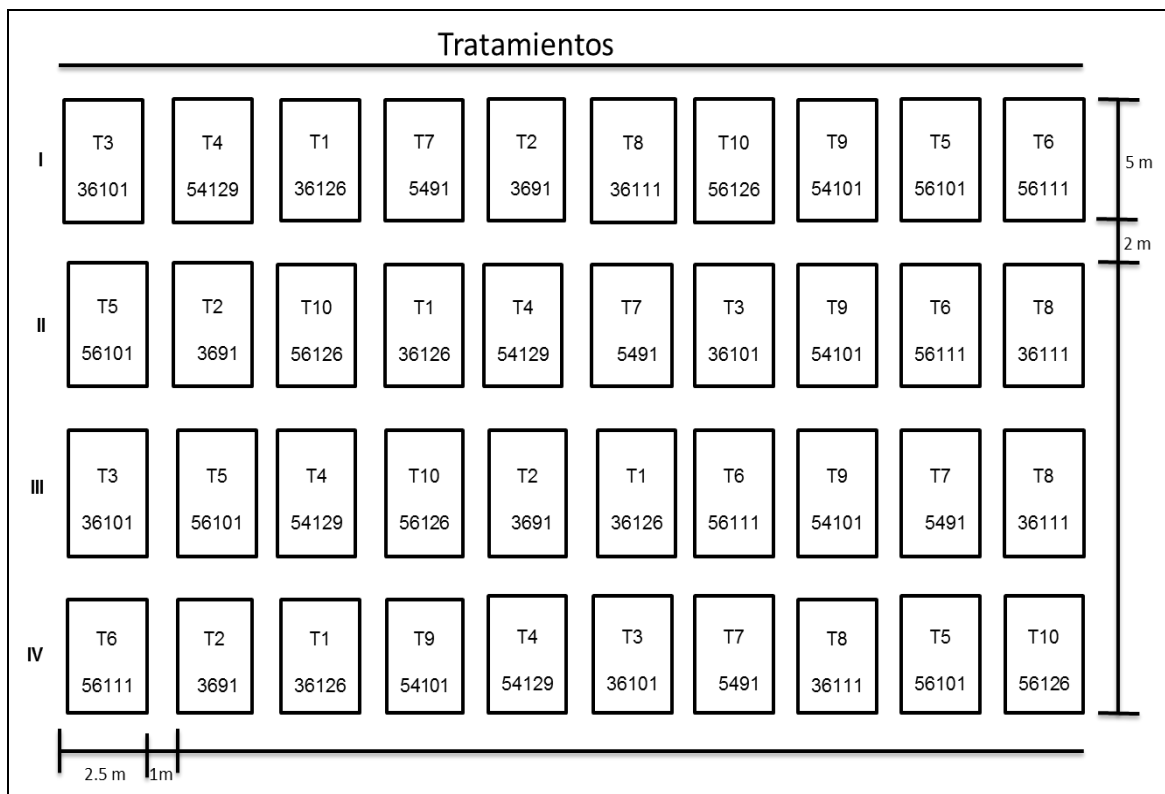
$e_{ij}$  = error adsorbido

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de media de los tratamientos.

El ensayo consistió de un área total de  $884\text{m}^2$  y 40 unidades experimentales. Cada unidad con un tamaño 5m de largo y 2.5m de ancho siendo un área de  $12.5\text{ m}^2$ , separado de 1 m entre tratamiento y 2 m entre bloques, (Ver cuadro IX). Cada unidad experimental consta de 6 surcos separados cada uno a 0.50 m.

Las dos líneas centrales de cada parcela constituyó la parcela útil para tomar los datos.

**CUADRO IX. DISTRIBUCIÓN RANDOMIZADA DE LOS TRATAMIENTOS EN CAMPO**



Fuente: los autores

### 3.7 Control de maleza

#### Control químico

Se realizó una aplicación del herbicida GLIFOSATO al momento de la siembra para controlar las malezas germinadas. Luego se aplicó paraquat a una dosis de 1L/Ha, a los 18 días después de siembra entre hileras de plantas y calles entre bloques y parcelas.

Entre las malezas predominantes de difícil control estuvo *Oryza sativa*, *Echinochloa colonum*. Además, de las malezas *Tridax sp*, *Amaranthus spinosus*, *Portulaca oleraceae*, *convolvulaceae* que no requirieron un control químico.

#### Control manual

A los 45 días se realizó una limpieza manual sobre las líneas de plantas.

#### Raleo

Se realizó a los 30 días después de la siembra dejando una sola planta por golpe.

### 3.8 Variables evaluadas

#### ❖ Altura de planta

Se determinaron en plantas maduras, seleccionando 15 plantas de las dos líneas centrales de cada parcela. Se registraron en metros desde la

superficie del suelo hasta el ápice de la panoja.

❖ Días a floración

Se hicieron revisiones constantes y contando los días desde la fecha de siembra hasta llegar el 50 por ciento de la floración para cada unidad experimental.

❖ Porcentaje de acame

Se realizaron conteos de la plantas caídas, *versus* el total de plantas obteniendo el porcentaje de acame.

❖ Peso de tallo y hoja

Se pesaron las muestras del tallo y la hoja de los tratamientos, expresado en kilogramos.

❖ Sólidos totales en el jugo (Brix)

Se tomaron 15 muestras de cada parcela para determinar el Brix, utilizando el refractómetro.

❖ Longitud de la panoja

Se tomaron 15 muestras representativas midiendo en centímetro desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma.

❖ Peso de la panoja

Se tomaron 15 muestras de panojas de cada tratamiento y se obtuvo un

peso expresado en gramos para pasar a kilogramo.

❖ Número de hijos por planta

Se realizaron conteos del total de hijos por planta de las dos líneas centrales.

❖ Rendimiento de grano

Se realizaron los cortes de la parcela útil de cada uno de los tratamientos para obtener el rendimiento expresado en kg/ha<sup>1</sup>.

❖ Porcentaje de rebrote

Se tomaron las dos líneas centrales, después del corte de los tallos, y se contaron los brotes *versus* la cantidad de plantas sacando un promedio.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad excesiva fue un factor que afectó al cultivo en su etapa de germinación y emergencia, por lo que hubo la necesidad de resembrar. Se presentó abundante agua por la precipitación registrada durante la etapa de crecimiento y floración.

La precipitación promedio en la zona del ensayo fue de 117.7 mm en los meses de duración del cultivo (octubre – febrero), con una temperatura que varía de 26 a 32 ° C y humedad relativa de 78.20 % (ver cuadro X) siendo condiciones favorables para el desarrollo del cultivo.

**CUADRO X. VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS DURANTE EL ENSAYO EN EL CENTRO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE CHIRIQUÍ (CEIACHI).**

	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	PROM	TOTAL
Precipitación (mm)	311.5	159.8	65.7	48	3.5	117.7	588.5
Número de días de lluvia	25	21	11	4	2	12.6	63
Temperatura (°C)	Máx.	30.4	30.5	31.6	32.9	34.2	31.92
	Min.	22.2	22.2	21.3	20.6	20.9	21.44
	Med.	26.5	26.3	26.5	26.7	27.6	26.72
Humedad relativa (%)	85	85	80	73	68	78.20	
Velocidad del viento (m/s)	0.85	0.84	0.99	1.35	1.73	1.15	
Evaporación (mm/día)	3.84	3.95	4.50	6.03	7.85	5.23	26.17

Fuente: Estación meteorología de CEIACHI, 2012 y 2013

De acuerdo al cuadro X, la mayor precipitación se presentó en los meses de octubre y noviembre durante el crecimiento vegetativo del cultivo con muy poca precipitación en la etapa de maduración de grano. No obstante, hay que señalar que el suelo almacena agua lo cual no se presentó problemas para la formación y maduración de grano.

**Plagas:** Las plagas que se presentaron en el cultivo a los 10 días después de la siembra fueron *Agrotis sp.* y *Spodoptera frugiperda* atacando al tallo y cogollo respectivamente. Su control se hizo aplicando Cipermetrina (ARRIVO 50 EC) a una dosis de 5cc/L de agua, durante las tardes, en tres aplicaciones alternadas un día por medio.

#### **4.1 ALTURA DE PLANTA**

El análisis de varianza para la variable altura de planta indica que no hay diferencias significativas entre los híbridos evaluados. El coeficiente de variación es de 6.09 por ciento indicando buen control del error experimental (cuadro XI).

La altura de la planta varió en un rango de 2,52 cm a 2.76 m, siendo el híbrido 3691 que presentó un tamaño promedio inferior de 2.52 m y el 54101 el híbrido de mayor tamaño (2.76m). El promedio por planta es de 2.65 m de altura (Gráfica 1).

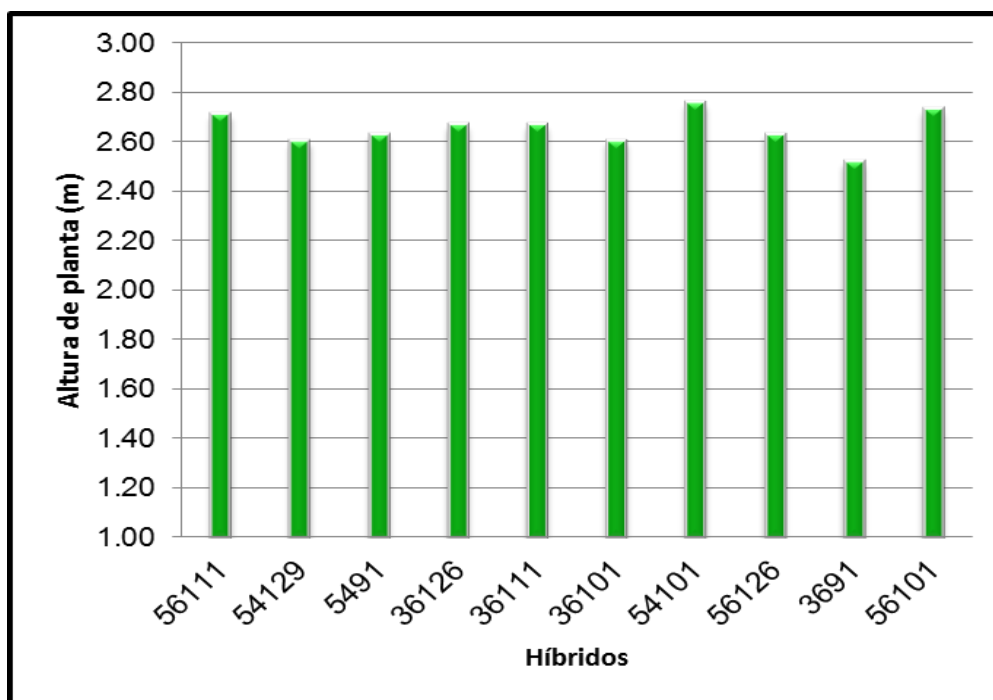
### CUADRO XI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA.

F V	GL	SC	C. Medio	Fc	Pr > F
<b>Bloque</b>	3	0.08658750	0.0288625	1.11	0.3639 <b>N.S.</b>
<b>Híbridos</b>	9	0.16370250	0.01818917	0.70	0.7058 <b>N.S.</b>
<b>Error</b>	27	0.70	0.026		
<b>Total</b>	39	0.9549775			

C.V. 6.09%

**N.S** = diferencias no significativas

GRAFICA 1. Promedio de altura de planta de los 10 híbridos evaluados, a los 58 días después de la siembra



Fuente: los autores

## 4.2 DIAS A FLORACION

El análisis de varianza para días a floración (cuadro XII) muestra que hay diferencias altamente significativas en días a floración entre los tratamientos, lo que indica que existen híbridos cuya floración es más temprana mientras que otros son de floración más tardía. El coeficiente de variación es de 2.08 por ciento, esto indica un buen control del error experimental.

La prueba de comparación de media de Tukey (cuadro XIII) presenta tres grupos que van de un rango de 54 a 59 días. Grupo formado solamente por el híbrido 56111 siendo el cultivar de floración más temprana, registrándose 54 días a floración; un grupo intermedio formado por los híbridos 54101, 36126, 5491, 36111, 56126 y 54129, y un tercer grupo formado por el 36101, 56101 y 3691 como los más tardíos. Desde el punto de vista de floración y preferencias de los agricultores son los mejores por su ciclo corto y la disminución de riesgo de sequías encajando mejor con los patrones de precipitación, pudiéndose obtener más ciclos de producción en el año.

**CUADRO XII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE  
DÍAS A FLORACIÓN.**

Fuente Variación	Grado Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Pr > F
<b>Bloque</b>	3	10.6	3.5333	2.48	0.0821 N.S.
<b>Híbridos</b>	9	40.6	4.5111	3.17	0.0096 **
<b>Error</b>	27	38.4	1.4222		
<b>Total</b>	39	89.6			

C.V. 2.1%

N.S. diferencia no significativas, \*\* = diferencias altamente significativa

**CUADRO XIII. PRUEBA DE COMPARACIÓN DE TUKEY PARA  
LA VARIABLE DÍAS A FLORACIÓN**

Agrupamiento		Media	Híbridos
A		58.5	36101
A		58.25	56101
A		57.75	3691
A	B	57.5	54101
A	B	57	36126
A	B	57	5491
A	B	57	36111
A	B	57	56126
A	B	56.25	54129
	B	54.75	56111

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

GRÁFICA 2. Media de días a floración de los tratamientos.



Fuente: los autores

#### 4.3 PORCENTAJE DE ACAME

El análisis de varianza para la variable porcentaje de acame indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (cuadro XIV). Por lo que son similares en cuanto a esta variable. El acame se produjo por los vientos fuerte al inicio de la temporada de verano que son comunes en el corregimiento de Chiriquí y que no se dan en otras áreas de cultivo. No obstante, bajo estas condiciones los híbridos 36101, 36111 y 56101 presentaron un bajo porcentaje de acame con valores de 3 y 4% mientras el híbrido 5491 tuvo un 20% (ver grafica 3).El promedio de acame fue de 8 por ciento. El coeficiente de variación para esta variable es alto y se podría explicar en el patrón de entrada del viento

del norte en el ensayo y su incidencia en los híbridos en el área de mayor exposición y por ende con mayor fuerza pudiendo originar esta variabilidad.

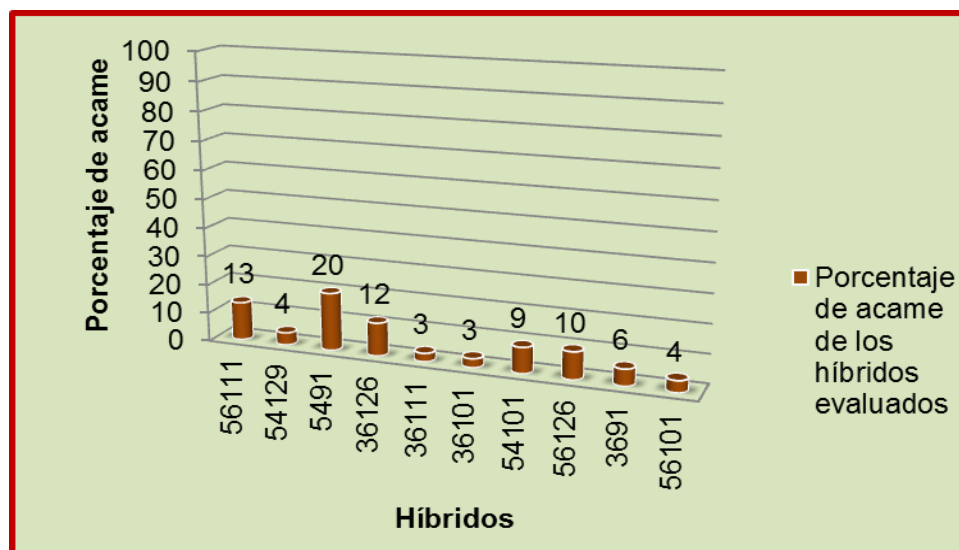
#### CUADRO XIV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE ACAME

FV	GL	SC	C. Medio	Fc	Pr > F
<b>Bloque</b>	3	1387.764868	462.588289	2.57	0.0748 <b>N.S</b>
<b>Híbridos</b>	9	1097.291253	121.921250	0.68	0.7215 <b>N.S</b>
<b>Error</b>	27	4853.420258	179.756306		
<b>Total</b>	39	7338.476378			

C.V. 160 %

N.S = diferencias no significativas

GRÁFICA 3: Promedio de acame (%) de los tratamientos



Fuente: los autores

#### **4.4. BIOMASA (PESO DE HOJA Y TALLO)**

El análisis de varianza para la variable peso de hoja tallo (cuadro XV) indica una diferencia altamente significativa entre los tratamientos con un coeficiente variación bajo de 11.56 por ciento lo que demuestra un buen control del error experimental. Por lo tanto, hay híbridos con mayor producción de biomasa por presentar mayor rendimiento en peso de hoja tallo.

La prueba de Tukey (cuadro XVI) muestra tres grupos; un grupo con mayor producción en peso de hoja tallo conformado por los híbridos 5491, 54101, 56101 y 36111, en este grupo el más sobresaliente lo es el híbrido 5491 con un peso en 40817 Kg/ha; un segundo grupo con una producción intermedia conformada por los híbridos 36101, 54129, 56111 y 3691, y un tercer grupo con una producción inferior de 30852 kg/ha y 26333 kg/ha conformado por los híbridos 56126 y 36126 respectivamente.

Los mejores híbridos desde el punto de vista de rendimiento de hoja y tallo (forraje) son 5491, 54101 y 56101.

**CUADRO XV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE BIOMASA.**

Fuentes de variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Pr > F
Bloque	3	14035.58875	4678.52958	4.53	0.0107 *
Híbridos	9	53560.37187	5951.15243	5.76	0.0002 **
Error	27	27905.93268	1033.55306		
Total	39	95501.89330			

C.V. 11.56%

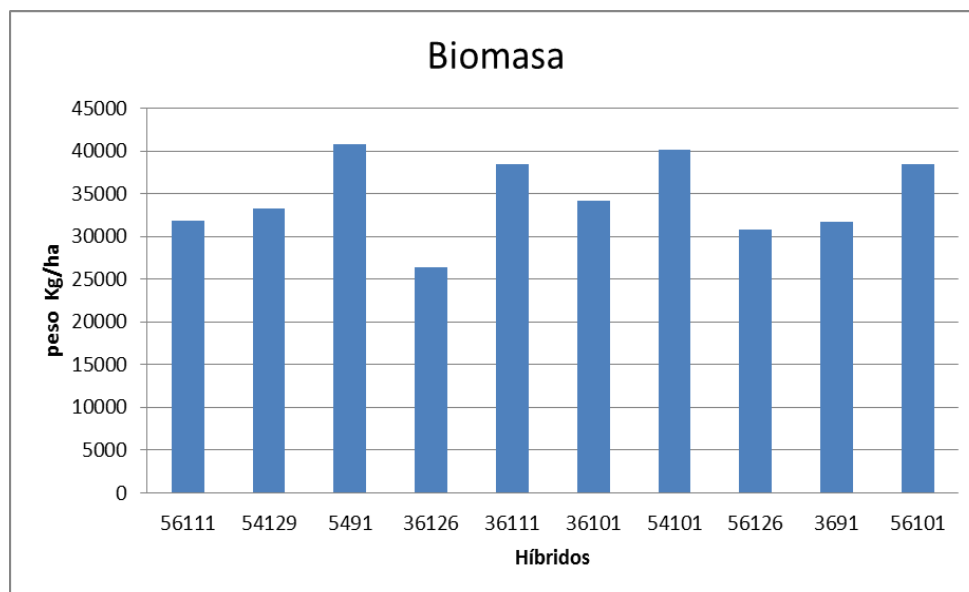
\*= diferencia significativa (al 5%), \*\* = diferencia altamente significativa

**CUADRO XVI. PRUEBA DE COMPARACIÓN DE TUKEY PARA RENDIMIENTO DE BIOMASA.**

agrupamiento	media	Híbridos
A	40817	5491
A B	40197	54101
A B	39591	56101
A B	38475	36111
A B C	34231	36101
A B C	33297	54129
A B C	31887	56111
A B C	31778	3691
B C	30852	56126
C	26333	36126

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

GRÁFICA 4. Peso Kg/ha promedio de biomasa de los híbridos evaluados



Fuente: los autores

#### 4.5. BRIX

El Análisis de varianza para Brix (cuadro XVII) muestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Híbridos) en la producción de sólidos totales en el jugo (Brix). El coeficiente de variación es de 9.36 por ciento que indica buen control del error experimental.

La prueba de comparación de media de Tukey (cuadro XVIII) presentan claramente los grupos, donde un grupo superior conformado por los híbridos 56101, 5491, 36101 presentan valores de 18.1, 17.99 y 17.55 ° Brix, respectivamente; otro grupo con valores intermedio de que van en un rango de 14.94 y 16.8 ° Brix formado por los híbridos 54129, 56126, 56111, 54101, 36111 y el 3691; por último se encuentra el híbrido 36126, que obtuvo el menor

contenido de azúcar (con 13 ° Brix), éste difiere significativamente de los del primer grupo.

Los mejores híbridos desde el punto de vista de Brix y por ende para la producción de bioetanol son 56101, 5491 y 36101.

### **CUADRO XVII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE BRIX**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>C. Medio</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloque</b>	3	4.0891	1.363	0.60	0.6231 N.S
<b>Híbridos</b>	9	88.90924	9.8788	4.32	0.0015 **
<b>Error</b>	27	61.7551	2.2872259		
<b>Total</b>	39	154.75344			

C.V. 9.36%

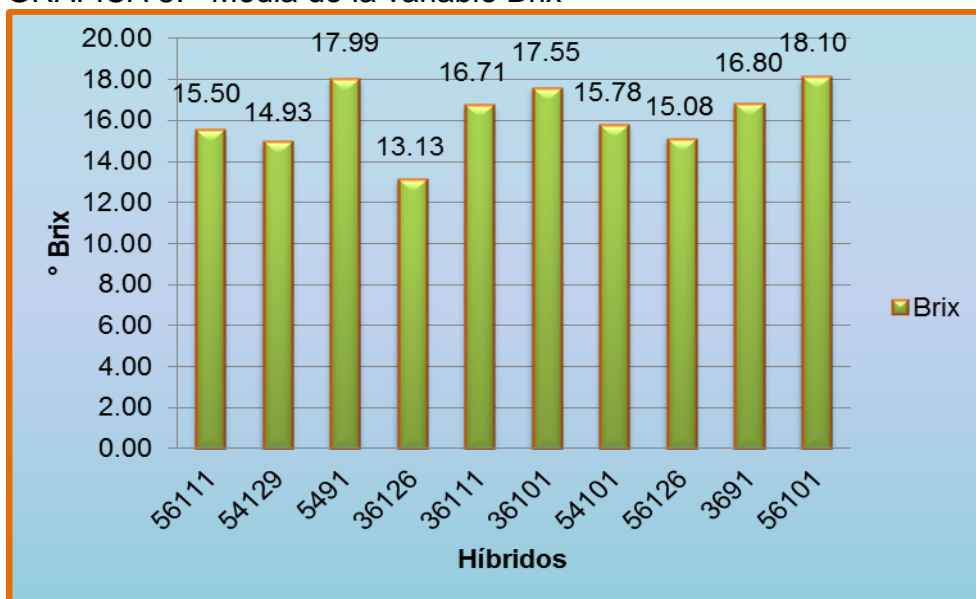
N.S =diferencia no significativa \*\* = diferencia altamente significativa

**CUADRO XVIII. PRUEBA DE COMPARACIÓN DE TUKEY PARA LA VARIABLE BRIX.**

agrupamiento	Media	Híbridos
A	18.103	56101
A	17.993	5491
A	17.55	36101
A B	16.8	3691
A B	16.708	36111
A B	15.775	54101
A B	15.5	56111
A B	15.075	56126
A B	14.943	54129
B	13.125	36126

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

**GRÁFICA 5. Media de la variable Brix**



Fuente: los autores

#### 4.6. LONGITUD DE LA PANOJA

El análisis de varianza para longitud de panoja (cuadro XIX) muestra que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos. Esto indica que los híbridos presentan diferencia en la longitud de panoja. El coeficiente de variación es de 9.36 % siendo un coeficiente bajo, por lo que el control de error experimental es bueno.

La prueba de comparación de media de Tukey (cuadro XX) confirma la diferencia, mostrando tres grupos diferentes, siendo superior el híbrido 56111 con una longitud de panoja de 25.75 cm, seguido está el híbrido 36111 con una longitud de panoja promedio de 23.75 cm; mientras que los otros son similares en longitud.

Los mejores híbridos desde el punto de vista de longitud de panoja son 56111 y 36111. La longitud de la panoja se asocia a rendimiento de grano por hectárea.

#### CUADRO XIX. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LA PANOJA

FV	GL	SC	C. Medio	Fc	Pr > F
<b>Bloque</b>	3	23.4	7.8	1.45	0.2499 N.S
<b>Híbridos</b>	9	185.9	20.6555556	3.84	0.0031 **
<b>Error</b>	27	145.1	5.3740741		
<b>Total</b>	39	354.4			

C.V. 10.88%

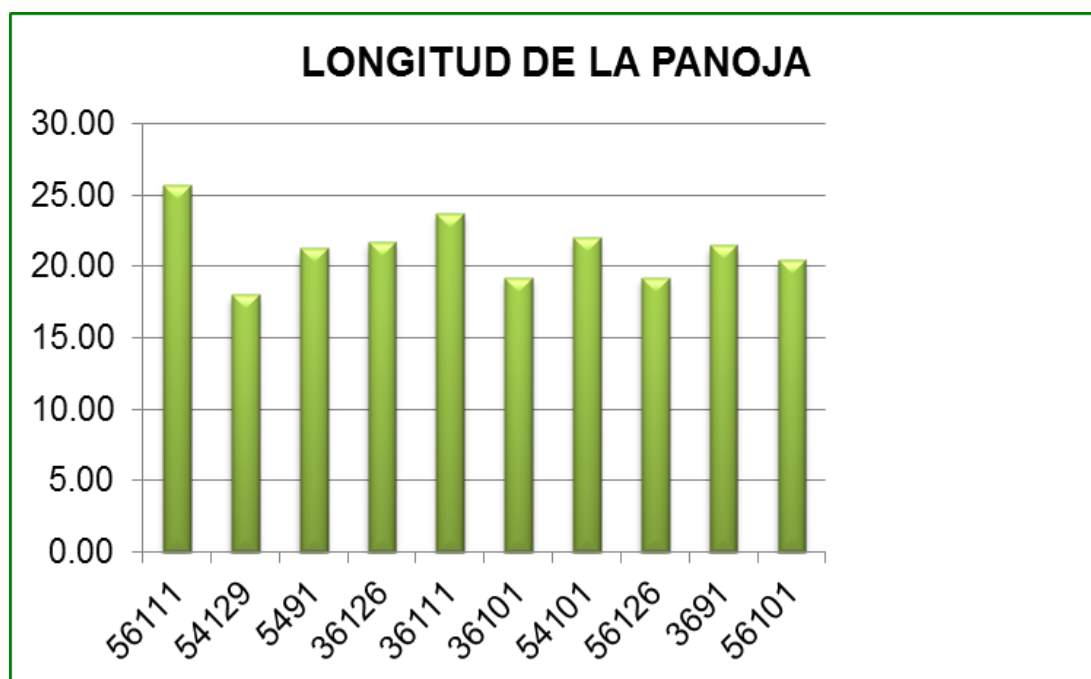
N.S. diferencia no significativa, \*\* = diferencia altamente significativa

**CUADRO XX. PRUEBA DE COMPARACIÓN DE TUKEY PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LA PANOJA.**

<b>Agrupamiento</b>				<b>Media</b>	<b>Híbridos</b>
A				25.75	56111
A	B			23.75	36111
A	B	C	22		54101
A	B	C	21.75		36126
A	B	C	21.5		3691
A	B	C	21.25		5491
A	B	C	20.5		56101
	B	C	19.25		36101
		C	19.25		56126
		C	18		54129

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

GRÁFICA 6. Promedio de Longitud (cm) de la panoja para los híbridos evaluados



Fuente: los autores

#### 4.7. PESO DE LA PANOJA

El análisis de varianza para la variable peso de panoja (cuadro XXI) indica una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Por lo tanto, los híbridos evaluados presentan diferencias en el peso de la panoja, lo que es importante porque influye en el rendimiento de grano.

La prueba de Tukey nos da como resultado siete grupos bien definidos dando como el híbrido de mayor peso el 36111 con promedio de 64.3g seguido de otros como son el 54129 y el 56126 que tuvieron buenas producciones, también

se tuvieron híbridos con muy baja producción como lo son el 56101 y 3691 con producciones de 38.55g y 37.75g. (Cuadro XXII)

Esta diferencia se atribuye probablemente a las condiciones que presentó el suelo en transcurso del crecimiento del cultivo.

Los mejores híbridos desde el punto de vista de peso de panoja son 36111, 54129 y 56126. El peso de la panoja se asocia al rendimiento de grano por hectárea.

### **CUADRO XXI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE PANOJA**

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Pr > F
Bloque	3	319.607480	106.535827	2.68	0.0666 N.S.
Híbridos	9	2265.289690	251.698854	6.34	<.0001**
Error	27	1071.558470	39.687351		
Total	39	3656.455640			

C.V. 12.458%

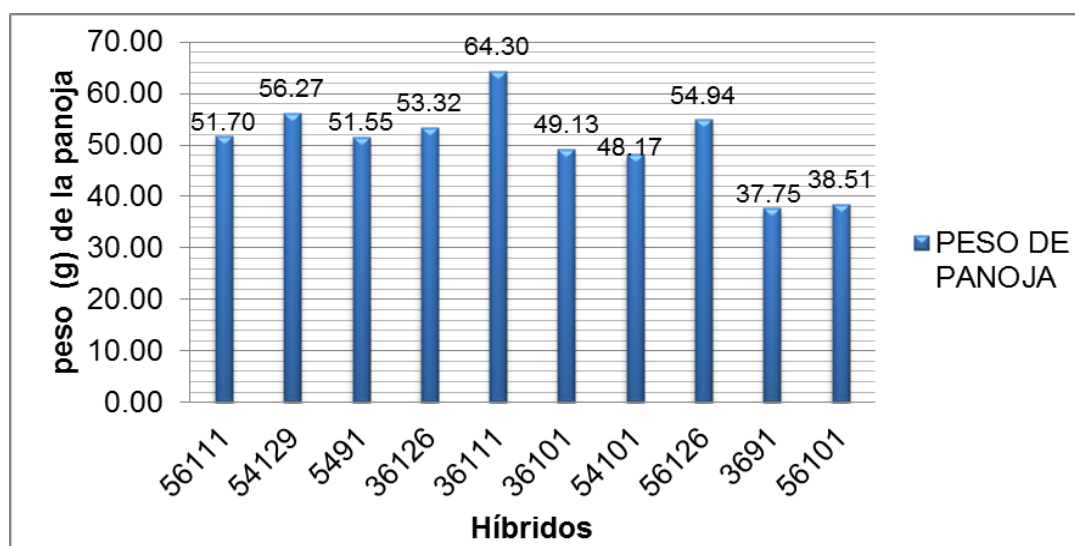
N.S. diferencia no significativa, \*\* = diferencia altamente significativa

## CUADRO XXII. PRUEBA DE TUKEY PARA LA VARIABLE PESO DE LA PANOJA.

Agrupamiento	Media	Híbrido
A	64.3	36111
A B	56.265	54129
A B	54.935	56126
A B C	53.315	36126
A B C D	51.7	56111
A B C D	51.55	5491
A B C D	49.133	36101
B C D	48.168	54101
C D	38.555	56101
D	37.75	3691

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

GRÁFICA 7. Promedio de Peso de panoja



Fuente: los autores

#### 4.8. HIJO POR PLANTA

El análisis de varianza para hijo por planta demuestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Esto indica que la producción de hijos por planta es similar para todos los híbridos evaluados. (Cuadro XXIII). El rango de hijo por planta fue de 2 a 3 hijos. (Ver grafica 8)

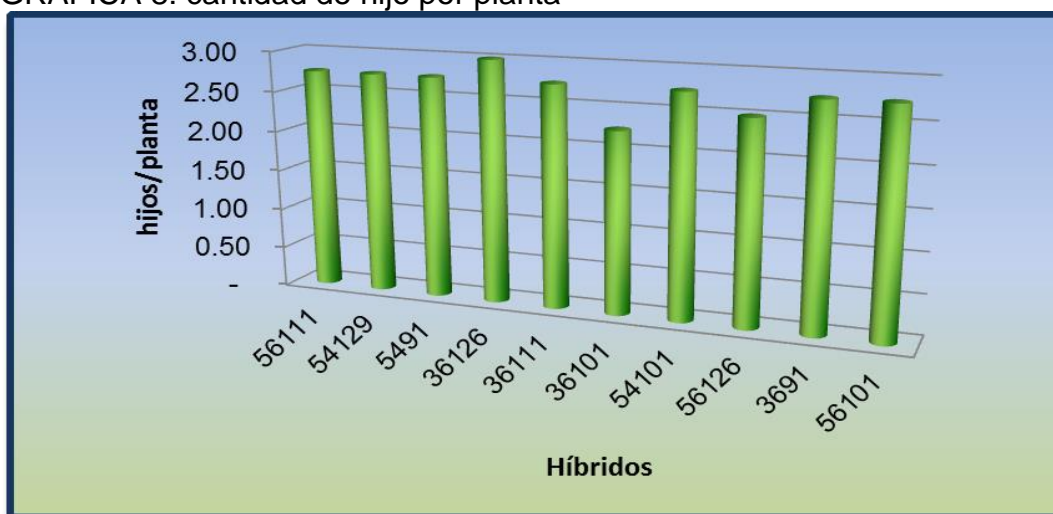
#### CUADRO XXIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HIJO POR PLANTA

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Pr > F
<b>Bloque</b>	3	1.8	0.6	2.25	0.1053 N.S
<b>Híbridos</b>	9	1.4	0.15555556	0.58	<b>0.799 N.S</b>
<b>Error</b>	27	7.2	0.26666667		
<b>Total</b>	39	10.4			

C.V. 19.12%

N.S. = no existe diferencia significativa

GRÁFICA 8: cantidad de hijo por planta



Fuente: los autores

#### 4.9. RENDIMIENTO EN GRANO

El análisis de varianza para rendimiento en grano muestra una diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados (Cuadro XXIV).

La prueba de comparación de media (Tukey) clasifican a los híbridos en cuatro grupos bien definidos, donde los híbridos de numero 36101 y 5491 presentan el rendimiento superior con 8865.0 y 8712.0 kg de granos por hectárea seguido del 56126 cuya producción fue de 7737 kg/ha. Los híbridos de numero 54129, 56111 y el 36111 presentaron una producción que los agrupan como el segundo grupo de mayor rendimiento. Mientras que los que alcanzaron un rendimiento menor son los híbridos de numero 36126, 54101 y 3691 con una producción de 5735.5, 5553 y 5512 kg de grano/ Ha. (Cuadro XXV).

Los mejores híbridos desde el punto de vista de rendimiento de grano son los números 36101, 5491.

**CUADRO XXIV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE  
RENDIMIENTO DE GRANO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>C. Medio</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloque</b>	3	602415.28	200805.09	1.28	0.3005 N.S.
<b>Híbridos</b>	9	53871785.63	5985753.96	38.22	<.0001 **
<b>Error</b>	27	4228896.48	58703097.38		
<b>Total</b>	39	58703097.38			

C.V. 5.7%

N.S.= diferencia no significativa, \*\* = diferencia altamente significativa

**CUADRO XXV. PRUEBA DE COMPARACIÓN DE TUKEY PARA  
RENDIMIENTO DE GRANO.**

<b>Agrupamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Híbridos</b>
A	8865	36101
A	8712	5491
B	7737	56126
B C	7142.5	54129
B C	7142.3	56111
B C	6814.5	36111
C D	6250	56101
D	5735.5	36126
D	5553	54101
D	5512	3691

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

GRAFICA 9. Rendimiento promedio de grano de los 10 híbridos de sorgo dulce.



Fuente: los autores

#### 4.10. REBROTE

Al análisis de varianza para rebrote muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Por lo que el rebrote es similar para los diez tratamientos, con un coeficiente de variación bajo de 6.2 % indicando buen control del error experimental. (Cuadro XXVI)

Los híbridos presentan el porcentaje rebrote en un rango de 89.5 a 95 por ciento, siendo el más alto el híbrido 54101 y el más bajo el híbrido 36111. El promedio de rebrote es de 92 por ciento. (Gráfica 10)

Esto resultados muestran que todos los híbridos presentan un excelente rebrote; ya que sus valores son altos.

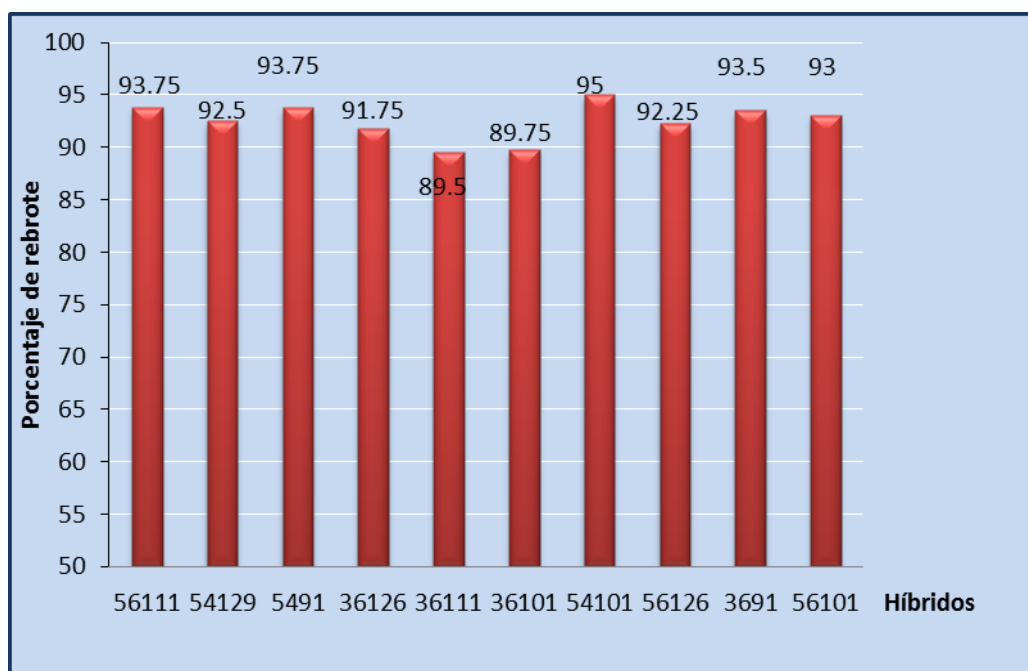
## CUADRO XXVI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE REBROTE

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	Fc	Pr > F
Bloque	3	28.275	9.4250000	0.28	0.8397 <b>N.S</b>
Híbridos	9	111.225	12.3583333	0.37	0.9412 <b>N.S</b>
Error	27	910.475	33.721296		
Total	39	1049.975			

C.V. 6.279%

**N.S** = diferencia no significativa

GRÁFICA 10: porcentaje promedio de rebrote de los 10 híbridos evaluados



Fuente: los autores

## 5. CONCLUSIONES

Debido a que los híbridos de sorgo dulce presentan alto contenido de azúcar se presentó un ataque moderado de plagas como *Agrotis* y *Spodoptera sp.*, pero se maneja con aplicaciones de Cipermetrina a la dosis de 1 L/ha, por otro lado no tuvo problemas de enfermedades, mostrando buena adaptabilidad al medio.

El porcentaje de acame fue influenciado por el impacto directo de la brisa a aquellas parcelas que estaban ubicadas a la orilla del ensayo y donde los híbridos más susceptibles presentaron valores altos de 10-20 %. No obstante, no se registró diferencias estadísticas significativas y un alto valor para el coeficiente de variación.

Los híbridos evaluados de la empresa ANZU BROTHER, distribuidos por la compañía INTERNACIONAL DE AGROQUÍMICOS S.A, que presentan mayor potencial de producción en términos de brix son los híbridos con numeración 5491, 56101, 36111 en los cuales se obtuvo los niveles de brix más altos de 16 ° a 18 °.

Los híbridos con mayor rendimiento de biomasa son 5491, 54101, 56101 con un rango de 40817 a 39591 kg/ha.

Los híbridos de mayor producción de grano son 36101, 5491, 56111 que tuvieron rendimientos entre los 8865, 8712 kg/ha de grano.

Los híbridos que más se destacaron son: el 5491, sobresaliendo de los parámetros de biomasa con 40817 kg/ha, Brix 17.99 % y rendimiento de grano 8712kg/ha; y el híbrido 56101, con rendimiento 39591 kg/ha de biomasa y 18° brix.

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar estas mismas evaluaciones de los 10 híbridos en las distintas localidades de la provincia y país para observar la adaptabilidad en la misma época en que se realizó la evaluación y en diferentes condiciones y zonas de este cultivo y así poder recomendar los mejores para la producción comercial.
- Dentro de las evaluaciones con los híbridos utilizados enfatizar el parámetro de biomasa para registrar los rendimientos de jugo y producción de etanol.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta Orlando, Chaparro Alejandro, 2009. Impacto social y económico en el uso del combustible. Bogota, Colombia. Consultado el 16-nov-2012, Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v11n2/v11n2a13.pdf>.
2. Bernal R., Jaime H, 2009, Sorgos dulces, Ecuador, consultado el 20 de abril 2013. Disponible en:  
[http://www.espae.espol.edu.ec/images/stories/Biocombustible/jue/4\\_Jaime\\_Bernal.pdf](http://www.espae.espol.edu.ec/images/stories/Biocombustible/jue/4_Jaime_Bernal.pdf)
3. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENTA, 2013, Guía técnica del sorgo (*sorghum bicolor L monech*). Disponible: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GUIA%20TECNICA%20SORGO.pdf>
4. De la Cruz Soriano, Raquel, 2007. Un cultivo energético alternativo para la producción de etanol y coproductos. Sancti spiritus, Cuba. Consultado 7 nov. de 2012. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos51/sorgo-dulce/sorgo-dulce.shtml>
5. Diaz, N, Geovani, 2011, Etanol a partir de sorgo dulce, Ingenio Taboga S.A. disponible:  
<http://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2521&d=6776>.

6. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Alimentación  
FAO 2002. Sorgo dulce en China. Agricultura 21, febrero, consultado el 12  
de nov 2012. Disponible en:  
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0202sp2.htm>
  
7. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Alimentación  
FAO, 2002, Sorgo dulce en China, disponible en:  
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0202sp2.htm>
  
8. Ibercib, ISAAA, ICRISAT. 2008, ICRISAT: Según ICRISAT, el sorgo dulce  
podría ser el cultivo biocombustible milagro.
  
9. INFOAGRO. El cultivo de sorgo. consultado el 3 de diciembre 2012.  
Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>
  
10. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 2007. Sorgo,  
consultado el 20 de mayo 2013, disponible en:  
  
[http://www.inta.gob.ar/documentos/sorgo-en-el  
sur/.../7.%20sorgo\\_en\\_el\\_sur.pdf](http://www.inta.gob.ar/documentos/sorgo-en-el-sur/.../7.%20sorgo_en_el_sur.pdf)
  
11. Martínez Dodda, Juan, 2012, sorgo forrajero y alcoholero comparten  
cartel, consultado el 15 de mayo de 2013; disponible en:  
[http://www.mitreyelcampo.com.ar/2012/08/23/sorgo-forrajero-y-alcoholero-  
comparten-cartel/](http://www.mitreyelcampo.com.ar/2012/08/23/sorgo-forrajero-y-alcoholero-comparten-cartel/)

12. Montes García, Noé. 2012. Sorgo dulce. México. Consultado el 30 nov 2012, Disponible en:  
<http://www.bioenergeticos.gob.mx/images/stories/descargas/sorgos-dulces-dr-noe-montes.pdf>
  
13. National Agricultural Technology Project, (2006). Disponible en:  
<http://dare.nic.in/report/NATP.pdf>
  
14. Naranjo José M., 2011, Venezuela. El cultivo del sorgo (*sorghum vulgare*) como una alternativa medicinal y alimenticia. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos83/cultivo-sorgo-sorghum-vulgar/cultivo-sorgo-sorghum-vulgar.shtml>
  
15. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural, pesca y Alimentación) Sorgo dulce (*sorghum saccharatumem*), consultado 30 nov 2012. Disponible en:  
<http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/bioetanol/produccion-a-partir-de-sorgo-dulce.html>
  
16. Varela M., Ramón, 2007, Estudio del Sorgo Dulce como alternativa de cultivo energético en la producción de energías alternas renovables. Chiriquí, rep. De Panamá. Disponible en:  
<http://www.certa.cc/Sorgo%20Dulce%20como%20alternativa%20de%20cultivo%20energetico.pdf>

## 8. ANEXOS

### ANEXO 1. SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN (MANUAL)



### ANEXO 2. SEMILLERO REALIZADO PARA COMPENSAR LAS PÉRDIDAS DE PLANTAS EN LAS PARCELAS .



**ANEXO 3. LARVAS DE *Agrotis sp***



**ANEXO 4. LARVA DE *Spodoptera sp.***



**ANEXO 5. RALEO****ANEXO 6. VISTA DE LA PARCELA A LOS 15 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA**

## ANEXO 7. APLICACIÓN DE GRAMOXONE CON PANTALLA PARA EL CONTROL DE MALEZAS



## ANEXO 8. MEDICIÓN DE ALTURA DE PLANTA



**ANEXO 9. ACAME INDUCIDO POR LOS FUERTES VIENTOS POR CAMBIO DE TEMPORADA (INVIERNO – VERANO).**



**ANEXO 10. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LOS HÍBRIDOS  
EVALUADOS**

<b>Híbridos</b>	<b>Altura de planta (m)</b>	<b>Días a floración</b>	<b>Acame (%)</b>	<b>Hijo por planta</b>	<b>Rebote (%)</b>
<b>56111</b>	2.71	54.75	13%	2.75	93.75
<b>54129</b>	2.60	56.25	4%	2.75	92.50
<b>5491</b>	2.63	57	20%	2.75	93.75
<b>36126</b>	2.67	57	12%	3.00	91.75
<b>36111</b>	2.67	57	3%	2.75	89.50
<b>36101</b>	2.61	59	3%	2.25	89.75
<b>54101</b>	2.76	58	9%	2.75	95.00
<b>56126</b>	2.63	57	10%	2.50	92.25
<b>3691</b>	2.52	58	6%	2.75	93.50
<b>56101</b>	2.73	58	4%	2.75	93.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.65</b>	<b>57.20</b>	<b>8 %</b>	<b>2.70</b>	<b>92.48</b>

**ANEXO 11. CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTOS PARA LOS DIEZ  
HÍBRIDOS EVALUADOS**

<b>Híbridos</b>	<b>Granos/ onza</b>	<b>Brix</b>	<b>Peso de biomasa (g)</b>	<b>Peso de la panoja (g)</b>	<b>Longitud de la panoja (cm)</b>	<b>Rendimiento de grano (kg/ha)</b>
56111	896	15.50	255.10	51.70	25.47	7142.4
54129	855	14.93	266.38	56.27	18.40	7142.4
5491	642	17.99	326.54	51.55	21.80	8712
36126	980	13.13	210.67	53.32	21.73	5803.2
36111	608	16.71	307.80	64.30	23.40	6816
36101	764	17.55	273.85	49.13	19.87	8864
54101	941	15.78	321.58	48.17	22.13	5552
56126	935	15.08	246.82	54.94	19.60	7737.6
3691	633	16.80	254.23	37.75	21.40	5512
56101	1069	18.10	307.73	38.51	20.93	6249.6
<b>PROMEDIO</b>	<b>832.30</b>	<b>16.16</b>	<b>277.07</b>	<b>50.56</b>	<b>21.47</b>	<b>6953.12</b>