

31

Fecha de presentación: enero, 2020

Fecha de aceptación: marzo, 2020

Fecha de publicación: mayo, 2020

COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO

DE HÍBRIDOS DE SORGO DULCE INTRODUCIDOS EN LA REPÚBLICA DE ECUADOR

AGRO-PRODUCTIVE BEHAVIOR OF SWEET SORGHUM HYBRIDS INTRODUCED IN THE REPUBLIC OF ECUADOR

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Rafael Mas Martínez²

E-mail: rafamas2010@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8651-0655>

Eduardo Pesantes Naranjo³

E-mail: edupesasa11@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2549-2742>

Hipólito Pérez Iglesias¹

E-mail: hperez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

² Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Santa Clara. Cuba.

³ Agrotravase S.A. Guayaquil. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición):

García Batista, R. M., Rodríguez Delgado, I., Mas Martínez, R., Pesantes Naranjo, E., & Pérez Iglesias, H. (2020). Comportamiento agroproductivo de híbridos de sorgo dulce introducidos en la República de Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 240-252.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evidenciar las potencialidades agroproductivas de un grupo de híbridos de sorgo dulce introducidos en las provincias del Guayas y Santa Elena, Ecuador. Se muestran los resultados de dos experimentos de campo realizados con sorgo dulce (*Sorghum bicolor* (L) Moench) y cosechados como caña planta, en dos escenarios diferentes, ubicados en la Granja Experimental "Playas", ubicada en la provincia de Guayas y en la Granja Experimental "El Azúcar", ubicada en la provincia de Santa Elena. La siembra se efectuó en época de invierno, previa prueba de germinación de los cultivares. Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de la Compañía BANAENERGY S.A. Los resultados muestran como el comportamiento de las diferentes variables evaluadas, fueron siempre los mejores en la localidad de "Playas", la cual se caracterizó por presentar el mejor tipo de suelo.

Palabras clave: Comportamiento agronómico, híbridos de sorgo dulce, producción de etanol.

ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate the agro-productive potential of a group of sweet sorghum hybrids introduced in the provinces of Guayas and Santa Elena, Ecuador. The results of two field experiments carried out with sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) and harvested as sugarcane are shown, in two different scenarios, located in the Experimental Farm "Playas", located in the province of Guayas and in the Experimental Farm "El Azúcar", located in the province of Santa Elena. The sowing was carried out in winter time, after germination test of the cultivars. Chemical analyzes were performed in the laboratory of Compañía BANAENERGY S.A. The results show how the behavior of the different variables evaluated were always the best in the town of "Playas", which was characterized by presenting the best type of soil.

Keywords: Agronomic behavior, sweet sorghum hybrids, ethanol production.

INTRODUCCIÓN

El sorgo dulce es una planta que presenta múltiples usos y potencialidades; es una gran productora de biomasa, sus diferentes partes (granos, tallos y hojas) son empleadas para producir forrajes y pienso animal, azúcar, energía, alcohol. Como cultivo posee excelentes características como, alta resistencia ante limitaciones y exceso de humedad en el suelo y a condiciones adversas de salinidad y alcalinidad. Por sus bondades, su explotación se difunde rápido en el mundo, fundamentalmente en Asia, Europa y Norteamérica, en este entorno, el sorgo dulce podría convertirse en una alternativa oportuna y atractiva, para la producción de etanol, en gran parte de las áreas de las Comunas de las provincias de Guayas y Santa Elena.

A nivel mundial, el sorgo es el quinto cereal más producido después de los cultivos de arroz, maíz, trigo y cebada, y representa una producción de 60 millones de toneladas anuales. En un comercio internacional que mueve 6 millones de toneladas, los Estados Unidos son los principales exportadores y tienen el 70% del mercado. Producir sorgo puede ser ventajoso para países como Argentina, donde el cultivo ha mostrado una gran adaptación a sus diferentes áreas productivas.

El uso de especies gramíneas que aportan un alto volumen de rastrojo es clave para la estabilidad de los sistemas agrícolas sostenibles. La inclusión del sorgo granífero en las rotaciones agrícolas mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido al gran aporte de residuos de cosecha.

Adicionalmente, la presencia del sorgo en las secuencias contribuye a controlar la erosión hídrica y la fijación de carbono. En el Norte de la Región Pampeana, el sorgo compite en la rotación con otros cultivos estivales y puede ser implantado en zonas donde el maíz no es rentable debido a la ocurrencia de sequías durante el período crítico del cultivo y su grano puede reemplazar o complementar al grano de maíz en la elaboración de alimentos balanceados. Otra ventaja que tiene este cultivo en relación a la soja y al maíz es su menor exportación de nutrientes del sistema y su mayor aporte de rastrojos. Sin embargo, las bajas producciones obtenidas en sorgo, son debidas principalmente a serias limitantes de índole nutricional y que por lo tanto limitan la obtención de rendimientos suficientemente rentables.

El sorgo es un cultivo rústico que se adapta a diferentes tipos de suelo, debido a su menor requerimiento de humedad. Es más eficiente en el uso de agua que el maíz, debido a su particular sistema radicular. El sorgo posee raíces fibrosas, muy numerosas, extremadamente

ramificadas, tanto en superficie como en profundidad, que extrae los elementos nutritivos y agua a una superficie foliar funcional que es aproximadamente la mitad de la del maíz (Irigoyen & Perrachon, 2007).

El sorgo es un cultivo rústico que se adapta a diferentes tipos de suelo, debido a su menor requerimiento de humedad. Es más eficiente en el uso de agua que el maíz, debido a su particular sistema radicular. El sorgo posee raíces fibrosas, muy numerosas, extremadamente ramificadas, tanto en superficie como en profundidad, que extrae los elementos nutritivos y agua a una superficie foliar funcional que es aproximadamente la mitad de la alcanzada por el maíz.

Por otra parte, presenta otras características morfológicas que le confieren ventajas comparativas frente al maíz en lo que respecta a necesidades hídricas: hojas revestidas por una capa cerosa blanquecina, que reduce las pérdidas por evaporación. Posee células motoras en las nervaduras centrales que tienen la facultad de plegar las hojas en caso de sequía. Esto más pequeños (un tercio que los del maíz) pero muy numerosos, un 50% más que en maíz, lo que permite un control muy eficiente de los cambios gaseosos con el exterior.

Estas características le otorgan al sorgo resistencia a la sequía, además de capacidad para pasar en períodos críticos por un estado casi latente, volviendo al crecimiento activo cuando las condiciones de humedad se vuelven favorables (Ojeda, et al., 2010).

Según Ortega (2011), Ecuador no dispone de suficientes materiales genéticos de sorgo adaptados a las condiciones agroecológicas en las zonas potenciales, por lo que, es necesario realizar estudios de rendimientos y adaptación, con el fin de aprovechar las condiciones favorables para el desarrollo de este material en el litoral. En el caso de la península de Santa Elena, donde las pérdidas económicas de cultivos tradicionales por sequía son frecuentes, es importante buscar cultivos alternativos con mayores ventajas agronómicas, pero especialmente con una mayor capacidad para tolerar la sequía.

La investigación se desarrolló con el objetivo de evidenciar las potencialidades agroproductivas (altura y diámetro de tallo, número de plantas por macollo, número de hojas útiles y número de hojas totales) de un grupo de híbridos de sorgo dulce introducidos en las provincias del Guayas y Santa Elena, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos, en los que participaron nueve híbridos de sorgo nuevo, procedentes de Estados Unidos, Argentina y Perú, se sembraron y evaluaron en

las granjas de Playas y el Azúcar pertenecientes a AGROTRASVASE S.A- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (2012). Entre las variables evaluadas se encuentran: porcentaje de germinación, altura de la planta a los 30 y 55 días de sembrado, diámetro de los tallos, número de tallos por metro lineal, número de hojas totales y número de hojas útiles, t de biomasa/ha, litros de etanol/t de biomasa y litros de etanol/h.

El tipo de suelo de las localidades en que se establecieron los estudios fueron diferentes, y algunas de sus propiedades se describen a continuación:

Granja El Azúcar: suelo medianamente profundo, franco arenoso, buen drenaje, alta capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de fósforo (P) y potasio (K) asimilables y bajo contenido de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N). Fertilidad natural media, aunque inferior al suelo de la Granja Experimental de Playas (Tabla 1).

Tabla 1. Fertilidad química del suelo en Granja El Azúcar.

| pH | N | P | K | Ca | Mg | S | Zn | Cu | Fe | Mn | B | MO |
|-----|---|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 7,4 | 9 | 8,0 | 0,4 | 21,0 | 4,3 | 7,0 | 1,2 | 3,1 | 16,0 | 11,2 | 0,3 | 1,1 |

Grado de acidez química (pH): prácticamente neutro.

Contenido de N: bajo.

Contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg): alto.

Azufre (S): medio.

Zinc (Zn): bajo.

Cobre (Cu): medio.

Hierro (Fe): bajo.

Manganeso (Mn): medio.

Boro (B): medio

Contenido de MO: bajo.

En la Figura 1 se observan las calicatas realizadas para el estudio de las propiedades del suelo en la granja experimental El Azúcar, provincia Santa Elena.



Figura 1. Calicatas en la granja experimental El Azúcar, provincia Santa Elena.

Granja Playas: suelo medianamente profundo, franco arcilloso, drenaje interno lento, de alta capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de P y K asimilables y bajo contenido de MO y N. Fertilidad natural media (Tabla 2).

Tabla 2. Fertilidad química del suelo en la Granja Playas (Santa Elena).

| pH | N | P | K | Ca | Mg | S | Zn | Cu | Fe | Mn | B | MO |
|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 7,5 | 14,0 | 14,0 | 0,6 | 19,0 | 5,2 | 10,0 | 1,5 | 3,9 | 18,0 | 13,7 | 0,4 | 1,8 |

Grado de acidez química (pH): Prácticamente neutro.

Contenido de N: bajo

Contenido de Ca y Mg: alto

Azufre (S): medio

Zinc (Zn): bajo

Cobre (Cu): medio

Hierro (Fe): bajo

Manganeso (Mn): medio

Boro (B): medio

Contenido de MO: bajo.

En la Figura 2 se muestran perfiles de suelo en la granja experimental Playas, provincia del Guayas.



Figura 2. Calicatas en la granja experimental Playas, provincia del Guayas.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en ambos estudios fue en Bloque Completamente al Azar (DBCA), conformado por cuatro réplicas y 36 parcelas experimentales.

Los tratamientos (T) que conforman cada uno de los experimentos son los siguientes: $T_1 = BA$ "B", $T_2 = Tx$ "3", $T_3 = Tx$ "4", $T_4 = Tx$ "1", $T_5 = BA$ "A", $T_6 = Tx$ "5", $T_7 = Tx$ "2", $T_8 = BA$ "C", $T_9 = IAN$.

Manejo del experimento. La evaluación de estos estudios corresponde a los experimentos sembrados en la época de invierno.

Porcentaje de germinación. Los resultados de la evaluación del porcentaje de germinación, se aprecian en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de germinación de la semilla de los nueve híbridos estudiados.

| Tratamiento | Identificación | Procedencia | Germinación promedio (%) |
|-------------|----------------|-------------|--------------------------|
| T 4 | TX 1 | USA | 98.00 |
| T 5 | BA A | Argentina | 97.50 |
| T 1 | BA B | Argentina | 96.50 |

| | | | |
|-----|------|-----------|-------|
| T 7 | TX 2 | USA | 96.00 |
| T 8 | BA C | Argentina | 94.50 |
| T 2 | TX 3 | USA | 90.00 |
| T 3 | TX 4 | USA | 88.00 |
| T 6 | TX 5 | USA | 86.00 |
| T 9 | IAN | Perú | 63.00 |

Los resultados de la evaluación del comportamiento del porcentaje de germinación, muestra la formación de tres grupos, de acuerdo a los rangos de comportamiento.

Rango 1: entre 91 y 100% de germinación

Rango 2: entre 81 y 90% de germinación

Rango 3: menos de 81% de germinación

En el primer rango se agrupan cinco de los nueve híbridos, en el segundo tres y en el tercer grupo un solo híbrido, lo que demuestra que la calidad de la semilla fue óptima, con la excepción del tratamiento T 9, que mostró un 63 % de germinación.

La distancia de siembra fue de 0,35 entre plantas x 0,80 m entre hileras y la cantidad de semilla promedio fue de 8 granos por sitio de siembra. El número de sitios de siembra por metro lineal fue de cuatro; obteniéndose 38 sitios de siembra por surcos y 228 por parcela experimental (Figura 3).

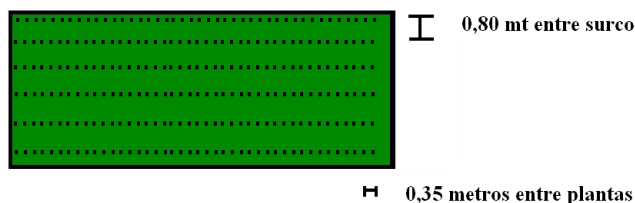


Figura 3. Disposición de plantas en la unidad experimental y distancia entre hileras y plantas.

Para cuantificar la cantidad de semilla a utilizar por tratamiento se tomó como base los siguientes datos: 1000 granos de semilla de sorgo tienen un peso de 30,9 gramos (0,0309 kg).

| | | | |
|-------------|-------------------|------------------------|--|
| 1000 granos | | 0,0309 kg | |
| X | | 2,5 kg | |
| x= | 80906,1489 | granos de sorgo | |

Calculo para determinar la cantidad de semilla que se utiliza por área de trabajo: si en una hectárea se utilizan 17,25 kg de semillas en 47,50 m² ¿Cuántos kilogramos de semilla utilizare?

| | | |
|-------------------|-------------------|---------------------------|
| 17,25 Kg semillas | 10000 m/ha | |
| X | 47,25 m | |
| X= | 0,08150625 | Kg semilla parcela |

Al detallar el cálculo por parcela experimental se cuantifica de la siguiente manera: 38 sitios/surcos, 6 surcos/lote, 1228 hoyos/lote, 9120 granos/lote, 0,282 kg/lote, 1,128 kg/tratamiento/granja.

En la Figura 4 se muestra el establecimiento de los estudios.



Figura 4. Establecimiento de los estudios.

Atenciones culturales

Las atenciones culturales a los estudios se realizaron según la guía del cultivo del sorgo recomendada por INDIA - PRONACA, adecuándolo a las necesidades del cultivo en cada escenario de desarrollo del estudio y consistió en la aplicación de los siguientes insumos químicos.

- 1. Control de malezas al inicio del cultivo.** Si existe presencia de malezas, aplicar 8 días antes de la siembra. Glifoin: 1,5 l/ha + Supranina 300 cc/ha.

- 2. Control de malezas después de la siembra.** Se realizó el control aplicando herbicidas pre-emergentes: Prowl: 2,5 l / ha + Atrazina 90% 1,5 Kg/ha + Supramina: 300 cc/ha.

Se utilizó una bomba **CP3** con una boquilla 8001.

- 3. Controles fitosanitarios.** Previa evaluación, al existir presencia de cogollero aplicar:

Clorpirifos 750 cc/ha.

Metalosatos 500 g/ha.

Kristalón 13-40-13 2 Kg/ha.

- 4. Deshierbe manual.** Con el objetivo de no incrementar la aplicación de químicos se realizaron tres deshierbes manuales a cada experimento de manera homogénea, para minimizar el efecto de factores no controlados. Las malezas predominantes fueron: Ciperáceas y gramíneas. Todo lo anterior evaluado coincide con Casen, et al, (2007).

Recolección de datos

Los datos finales de medición generados en las variables altura de tallo (cm) a los 30 y 5 días de sembrado, diámetro del tallo (cm), número de plantas por macollo, número de hojas activas por planta y número de hojas totales por planta fueron recolectados según metodología de evaluación y conducción de experimentos de campo del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (1987), de Cuba.

Procedimiento estadístico

Para determinar presencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los nueve híbridos de sorgo dulce objeto de estudio, en función de las variables altura de tallo a los 30 y 55 días de sembrado, diámetro del tallo, número de plantas por macollo, número de hojas activas por planta y número de hojas totales por planta,

se efectuó análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, previa segmentación de los datos por cada localidad de estudio, previo cumplimiento de los requisitos de independencia de errores, normalidad de datos (Test de Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando se presentaron diferencias estadísticas entre los híbridos objeto de estudio se aplicó prueba de rangos múltiples de Duncan, en cual se establecen los subconjuntos homogéneos que permiten establecer las diferencias o similitudes entre cada uno. La representación gráfica de los datos se realizó mediante gráficos de barras para cada localidad de estudio. El procesamiento de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 24 de prueba para Windows (International Business Machines Corp, 2016) y se utilizó una confiabilidad de 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de los estudios corresponde a los experimentos plantados en la época de siembra de invierno.

Altura de tallos a los 30 días de sembrado

La planta de sorgo tiene una altura de 1 a 2 m con un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables a 2 m de profundidad. Tiene tres clases de raíces, laterales, adventicias y aéreas. 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).

La prueba de ANOVA de un factor intergrupos en la variable altura de los tallos (Tabla 4) muestra que se presentan diferencias significativas entre grupos, en las dos localidades de estudio en que se evaluaron los estudios, a los 30 días de sembrados, lo que permite establecer que utilizar un híbrido u otro, causa efectos diferentes en la variable altura de tallos.

Tabla 4. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable altura de los tallos, a los 30 días de sembrado en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|--------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 26287,077 | 8 | 3285,885 | 17,473 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 64878,691 | 345 | 188,054 | | |
| | Total | 91165,768 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 58097,385 | 8 | 7262,173 | 8,080 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 279510,679 | 311 | 898,748 | | |
| | Total | 337608,065 | 319 | | | |

La Figura 5 muestra que las plantas que presentaron una mayor altura de sus tallos a los 30 días de sembrado, de manera general se ubicaron la localidad de "Playas", aunque es de destacar que los tratamientos, T 6 (TX 5), T 5 (BA A), T 4 (TX 1) y T1 (BA B), tuvieron resultados destacados en "El Azúcar", aunque no superiores a los expresados por estos en la localidad de "Playas". Autores como Compton (1990), plantean que la altura de la planta está influenciada por otros factores como humedad, temperatura y competencia que son determinantes en el crecimiento de la planta de sorgo.

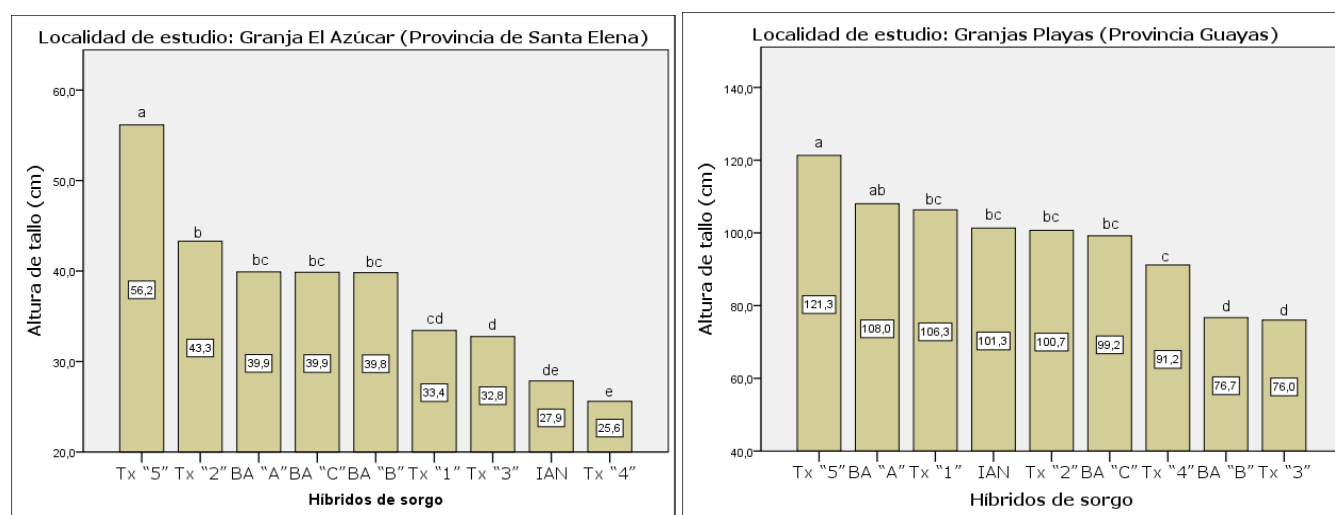


Figura 5. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable altura del tallo a los 30 días de sembrado, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para $p\text{-valor} < 0,05$.

Altura de tallos a los 55 días de sembrado

La prueba estadística realizada (Tabla 5) muestra que se presentan diferencias significativas entre grupos, en función de la variable altura de tallos a los 55 días de sembrado, en ambas localidades de estudio, lo que permite establecer relaciones de causalidad entre los híbridos y la altura de los tallos de las plantas.

Tabla 5. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable altura de los tallos a los 55 días de sembrado en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|----------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 112357,267 | 8 | 14044,658 | 40627,06 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 119,266 | 345 | 0,346 | | |
| | Total | 112476,533 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 94467,620 | 8 | 11808,452 | 106546,0 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 0,000 | 311 | 0,000 | | |
| | Total | 94467,620 | 319 | | | |

En la localidad de “El Azúcar”, los tratamientos T 5 (BA A), T 7 (TX 2), T 6 (TX 5), T 4 (TX 1) y T1 (BA B), mantienen el mejor comportamiento agronómico, mientras que en la Granja Playas los mejores resultados los exponen los tratamientos T 4 (TX 1), T 3 (TX 4), T 8 (BA C), T 5 (BA A), y T 7 (TX 2) (Figura 6).

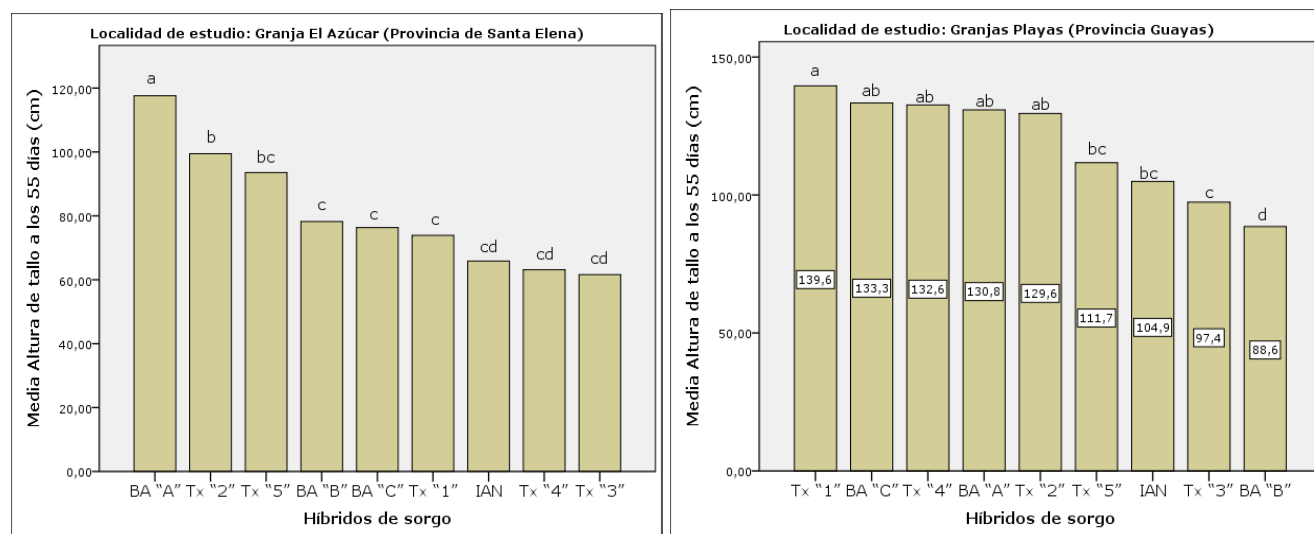


Figura 6. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable altura del tallo a los 55 días de sembrado, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para p-valor<0,05.

Según Williams-Alanís & Arcos-Cavazos (2015), plantean que las plantas de sorgo con alturas de planta superiores a 1,70 m son indeseables, ya que suelen presentar problemas de acame y dificultad para la cosecha mecánica, encontrándose los estudiados por debajo de este rango, por lo que se corrobora lo obtenido con los resultados de estos autores.

Diámetro del tallo

La prueba de ANOVA de un factor intergrupos en la variable altura de los tallos (Tabla 6) muestra que se presentan diferencias significativas entre grupos, en las dos localidades de estudio en que se evaluaron los estudios, a los 30 días de sembrados, lo que permite establecer que utilizar un híbrido u otro, causa efectos diferentes en la variable altura de tallos.

Tabla 6. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable diámetro del tallo en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|-------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 2,234 | 8 | 0,279 | 3,243 | 0,001 |
| | Dentro de grupos | 29,708 | 345 | 0,086 | | |
| | Total | 31,941 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 2,072 | 8 | 0,259 | 1,426 | 0,049 |
| | Dentro de grupos | 56,509 | 311 | 0,182 | | |
| | Total | 58,581 | 319 | | | |

En relación al diámetro de los tallos (Figura 7), los resultados muestran diferencias significativas entre grupos tanto en el estudio de Playas como en El Azúcar. En la figura 6 se aprecia que los tallos más gruesos los manifiestan los tratamientos, T 1 (BA B), T 8 (BA C), T 7 (TX 2), T 4 (TX 1) y T 3 (TX 4) en "Playas" y en "El Azúcar", T 5 (BA A), T 9 (IAN), T 7 (TX 2) y el T 6 (TX 5), y los resultados en cada localidad de estudio no coinciden.

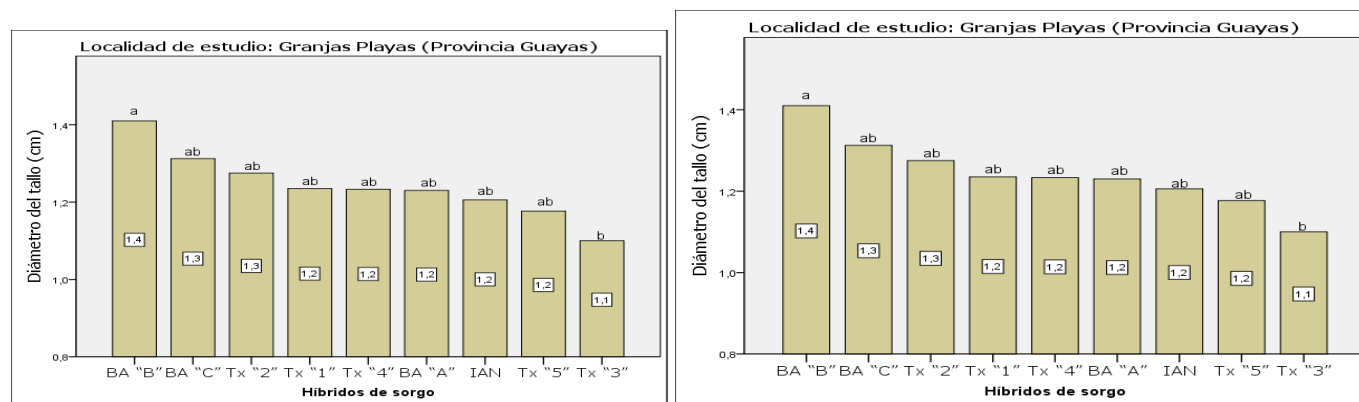


Figura 7. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable diámetro del tallo a los 30 días de sembrado, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para $p < 0,05$.

Número de plantas por macollo

Los resultados del ANOVA en esta variable, se muestran en la Tabla 7, se manifiestan diferencias significativas entre los grupos en las áreas en que se desarrollaron los estudios

Tabla 7. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable número de macollo por planta en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|-------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 12584,828 | 8 | 1573,104 | 17,74 | 0,000 |
| | Dentro de grupos | 30590,485 | 345 | 88,668 | | |
| | Total | 43175,314 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 1232,630 | 8 | 154,079 | 2,87 | 0,004 |
| | Dentro de grupos | 16673,717 | 311 | 53,613 | | |
| | Total | 17906,347 | 319 | | | |

La Figura 8 muestra que la localidad de estudio El Azúcar, alcanza los mejores resultados, donde se destacan los tratamientos T 4 (TX 1), T 6 (TX 5) y T 7 (TX 2), con macollas numerosas, entre 25 y 28 por planta; sin embargo, en la localidad de Playas, entre los tratamientos mejores repiten T 4 (TX 1) y T 7 (TX 2), incorporándose con este resultado el T 2 (TX 3), aquí el número de macollos osciló entre 22 y 16 por plantas.

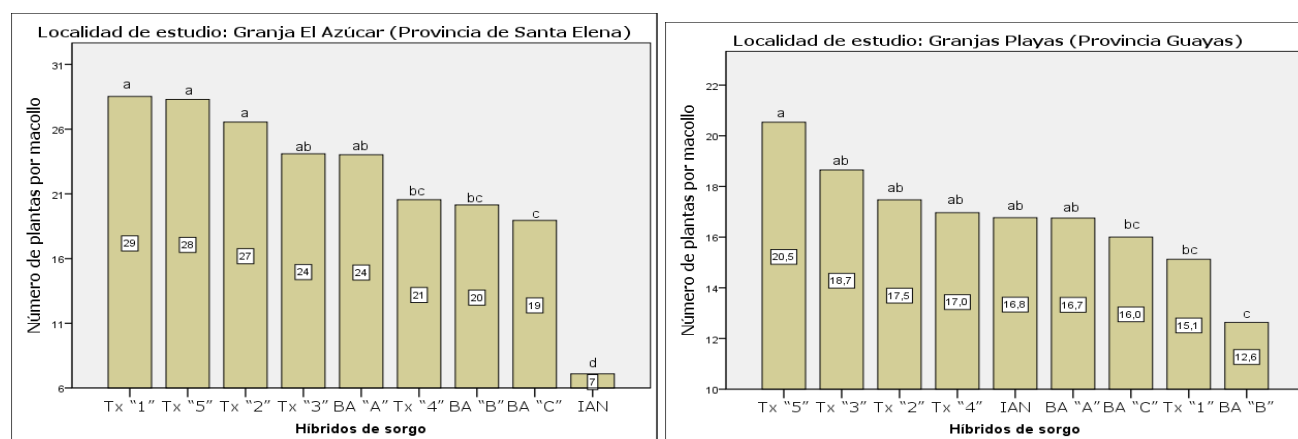


Figura 8. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable número de macollo, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para p -valor $< 0,05$.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), a largo plazo, estas diferencias se reflejarán en el número de espigas, con las que guarda una relación directa, a mayor número de macollos, mayor número de espigas, lo que obliga a garantizar el riego y aplicaciones de fertilizantes nitrogenadas adecuadas. Además, Irigoyen & Perrachon (2007), plantean que las plantas de sorgo poseen la capacidad de macollar, por lo que, la falta de plantas se compensa con mayor macollaje.

Número de hojas activas por planta

En la Tabla 8 se observa la existencia de diferencias significativas entre grupos en ambas localidades.

Tabla 8. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable número de hojas activas por planta en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|-------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 6,814 | 8 | 0,852 | 2,385 | 0,016 |
| | Dentro de grupos | 123,209 | 345 | 0,357 | | |
| | Total | 130,023 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 19,225 | 8 | 2,403 | 2,138 | 0,032 |
| | Dentro de grupos | 349,575 | 311 | 1,124 | | |
| | Total | 368,800 | 319 | | | |

Los tratamientos mostraron el mejor comportamiento en la granja El Azúcar, donde el tratamiento T 8 (BA C) obtuvo la máxima producción, mientras que en Playas se presentan cuatro tratamientos que muestran los mejores resultados, el T 5 (BA A), T 3 (TX 4), T 4 (TX 1) y T 6 (TX 5) (Figura 9).

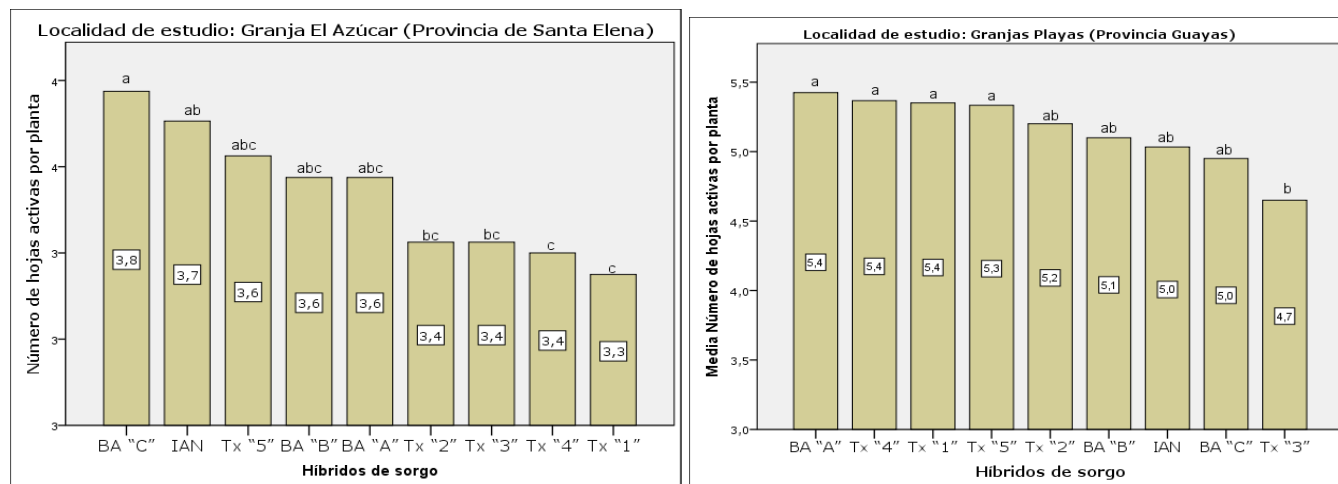


Figura 9. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable número de hojas activas, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para p-valor<0,05.

Número de hojas totales por planta

El sorgo desarrolla entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas, de forma lineal-lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. El número de hojas totales según resultados del ANOVA (Tabla 9), mostró diferencias significativas dentro de los grupos estudiados, tanto en Playas como en El Azúcar.

Tabla 9. Resultados del ANOVA de un factor intergrupos para la variable número de hojas totales por planta en los diferentes híbridos estudiados.

| Localidad de estudio | Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | p-valor |
|----------------------|----------------------|-------------------|------------|------------------|------|---------|
| Granja El Azúcar | Entre grupos | 9,362 | 8 | 1,170 | 1,48 | 0,161 |
| | Dentro de grupos | 271,746 | 345 | 0,788 | | |
| | Total | 281,107 | 353 | | | |
| Granjas Playas | Entre grupos | 32,742 | 8 | 4,093 | 2,41 | 0,015 |
| | Dentro de grupos | 528,008 | 311 | 1,698 | | |
| | Total | 560,750 | 319 | | | |

La Figura 10 muestra que en la localidad de "Playas", se destacan los tratamientos T 5 (BA A), T 1 (BA B), T 6 (TX 5) y T 8 (BA C) y en "El Azúcar" resultaron destacados el T 5 (BA A), con mejores resultados.

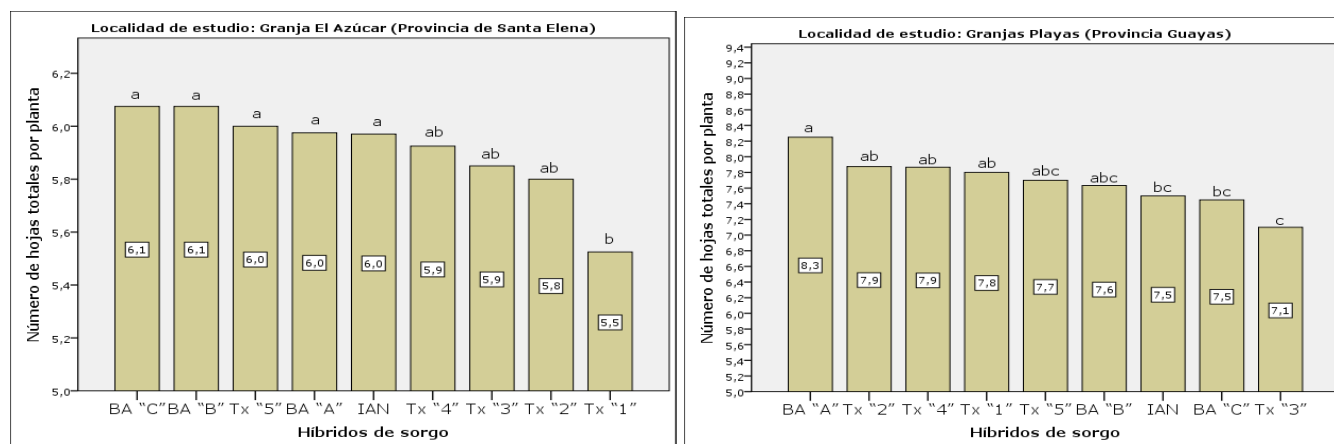


Figura 10. Comportamiento de los híbridos de sorgo dulce en relación con la variable número de hojas totales, en las granjas El Azúcar y Playas.

*Letras diferentes para cada localidad de estudio difieren estadísticamente para p-valor<0,05.

Los resultados expresados en la Tabla 10, son la sumatoria de las cepas de planta y soca cosechadas en el primer año. Se apreció que tres de los nueve híbridos de sorgo (T 3, T 9 y T 7), mostraron rendimientos industriales (l. de etanol/ha.año), superiores a los que se reportan como rendimientos de alcohol de la caña de azúcar en Ecuador (6.000 l/ha/ año). Los tratamientos T 5, T 4 y T 1, mostraron comportamientos similares, mientras los T 6, T 2 y T 8, mostraron valores ligeramente por debajo a los de la caña de azúcar. Los Laboratorios BANAENERGY S.A. (2009), de Ecuador corroboran lo planteado sobre los agro-biocombustibles, que realmente este cultivo es lo que se ha dado por llamar en sus siglas en ingles un “boom crop” o lo que es lo mismo” un cultivo maravilla”.

En la cuarta columna (l. etanol/ha. año) se observa que seis de los nueve híbridos de sorgo seleccionados para el presente estudio (desde Australia, Argentina y Perú hasta llegar a usa como híbridos que rinden igual. medianamente superior o muy superior. a lo que se reporta como rendimientos de alcohol de la caña de azúcar en ecuador (6.000 l/ ha. año).

Tabla 10. Contenido de etanol (L) en biomasa de los diferentes híbridos de sorgo estudiados.

| Híbrido (Tratamientos) | Biomasa/ha/año (t) | Etanol/t de biomasa (L) | Etanol/ha/año (L) |
|------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| Híbrido 3 | 315,12 | 25,23 | 14,971 |
| Híbrido 9 | 275,85 | 21,25 | 10,234 |
| Híbrido 7 | 293,74 | 20,41 | 8,644 |
| Híbrido 5 | 247,17 | 32,53 | 6,418 |
| Híbrido 4 | 195,69 | 27,17 | 6,020 |
| Híbrido 1 | 225,50 | 41,85 | 6,002 |
| Híbrido 6 | 328,09 | 28,70 | 5,757 |
| Híbrido 2 | 225,90 | 28,82 | 5,436 |
| Híbrido 8 | 219,66 | 22,98 | 4,842 |

Fuente: Ecuador. Laboratorios BANAENERGY S.A. (2009).

CONCLUSIONES

El comportamiento de las diferentes variables evaluadas, mostró siempre los mejores resultados en la localidad de "Playas", la cual se caracterizó por presentar el mejor tipo de suelo.

Los híbridos correspondientes a los tratamientos T 7 (TX "2") y T 5 (BA "A") fueron los que manifestaron de manera integral el mejor comportamiento en las variables estudiadas. Las mejores producciones de etanol las aportaron T 3 (TX "4"), T 9 (IAN) y T 7 (TX "2"), con valores por encima de las cantidades aportadas por el cultivo de la caña de azúcar por ha/año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROTRAVASE S. A- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (2012). Informe del proyecto PIDAASSE. Informe a SENPLADES. AGROTRAVASE S. A- INICA.
- Ecuador. Laboratorios BANAENERGY S.A. (2009). Metodología para el análisis químico de jugos de sorgo en el laboratorio, determinación de concentración de alcoholes. BANAENERGY S.A
- Casen, S., Medina, M., Fernández González, P., Sánchez Ducca, A., De Boeck, G., & Romero, E. (2007). Híbridos de sorgo azucarado seleccionados para la producción de alcohol de 1ª generación en el noroeste argentino. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Factores de manejo en la plantación. FAO. <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s09.htm>
- International Business Machines Corp. (2016). SPSS Statistics versión 24.0.0.0 de prueba para Windows. IBM.
- Irigoyen, A., & Perrachon, J. (2007). Sorgo granífero. Revista Plan Agropecuario. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_52.pdf
- Cuba. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (1987). Metodología para el montaje, conducción y evaluación de experimentos de campo. INICA.
- Ojeda, A., Frías, R., González, N., & Linares, Z. (2010). Contenido de taninos, fósforo fítico y actividad de fitasas en el grano de 12 híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 60(1).
- Ortega Lenin, E. (2011). Efecto de siete distancias de siembra en el comportamiento agronómico y rendimiento del grano en el cultivo de sorgo. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Williams-Alanís, H., & Arcos-Cavazos, G. (2015). Comportamiento agronómico de híbridos y progenitores de sorgo para grano en las Huastecas. Agron. Mesoam, 26(1), 87-97.