

**FACULTAD DE
CIENCIAS NATURALES Y AGROPECUARIAS**

**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero
Agrónomo**

**Título: Comportamiento agroazucarero de nuevos
cultivares de caña de azúcar (*Saccharum*spp. *híbrido*)
recomendados para la producción comercial.**

**Autor: Dailis Martínez Reynaldo
Tutor: Dr. Rubisel S. Cruz Sarmiento**

Curso 2022

RESUMEN

El estudio se realizó en la UEB Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín, con el objetivo de evaluar el comportamiento de un grupo de cultivares de caña de azúcar recomendados para la producción comercial; para ello, se estableció un experimento de campo en el Bloque Experimental de Guaro, perteneciente a dicha institución. El experimento se plantó en noviembre/2020, con un diseño de bloques al azar con 15 cultivares y tres repeticiones; en la cepa de caña planta se evaluaron las variables porcentaje de pol en caña (PPC), toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de pol por hectárea (TPH); también se evaluó el comportamiento fitopatológico ante las principales patologías. Se realizaron análisis de varianza de clasificación doble y se utilizaron las dócimas de Duncan ($p \leq 0,05$) para la comparación múltiple de medias de los tratamientos. Se determinó el efecto económico esperado con el empleo de los cultivares de mejor respuesta agroazucarera y buen comportamiento fitopatológico. En el contenido azucarero, los mejores cultivares fueron C99-506, C92-203 y C92-509 y en el rendimiento agrícola, C92-203 y C00-575. El comportamiento fitopatológico de los cultivares evaluados fue satisfactorio, excepto el de C90-469 y C00-575 frente a la roya común. El cultivar que por su comportamiento integral alcanzó mejores resultados fue C92-203, con un incremento respecto al testigo de 3.90 TPH y un valor ascendente a 1215.78/ha (USD), por lo que se recomienda su extensión en localidades con características similares a las del sitio de prueba y validar su comportamiento en el ciclo de Primavera y en otras localidades.

ABSTRACT

The study was carried out at the UEB Holguín Sugarcane Research Institute, with the objective of evaluating the behavior of a group of sugarcane cultivars recommended for the commercial production; for that, a field experiment was established in the Guaro Experimental Block, belonging to named institution. The experiment was planted in November/2020 with a randomized block design with 15 cultivars and three repetitions; in the plant cane crop, variables percentage of pol in cane (PPC), tones of cane per hectare (TCH) and tones of pol per hectare were evaluated; also was evaluated the phytopathological behavior against main pathologies. Double classification analyses of variance were applied and Duncan test ($p \leq 0.05$) for multiple comparison of means of interactions were used. Expected economic effect with the employment of cultivars with the best agricultural, sugar content and phytopathological behavior was determined. In the sugar content, the best cultivars were C99-506, C92-203 and C92-509 and for agricultural yield C92-203 and C00-575. The phytopathological behavior of evaluated cultivars was satisfactory, except in C90-469 and C00-575 against to brown rust. The cultivar which for the integral behavior reached the best results was C92-203, with an increase regarding to test of 3.90 TPH and e value of 1215.78/ha (USD), for that, it is recommended its extension in localities with similar characteristics to that of test site and to validate its behavior in the Spring cycle and others localities.

PENSAMIENTO

La agricultura es la base de las sociedades, alimenta al estado y hace a los hombres fieles, sencillos y honrados.

Hipólito Vyeites.

AGRADECIMIENTOS

A todos las personas que estuvieron a mi lado, que de una manera u otra me apoyaron a realizar esta aventura para el conocimiento y la preparación de mi futuro.

DEDICATORIA

A mi madre que es mi mayor orgullo, mi apoyo la que me da las fuerzas para luchar y no rendirme, a mis hermanos. A ese Ángel que Dios me ha dado para compartir mis días, a mis amigos pero en especial a mi hermana del alma AMGQ que ya no seré auxiliar de limpieza sino una Ingeniera Agrónoma gracias amiga por creer en mí y hacerme ver que yo si podía.

INDICE	Página
1. Introducción -----	1
2. Revisión bibliográfica .-----	2
2.1.La caña de azúcar. Origen e importancia -----	2
2.2 Taxonomía de la caña de azúcar-----	3
2.3. La agroindustria azucarera en Cuba-----	4
2.4. El clima y su efecto en la agricultura -----	5
2.5. Mejoramiento genético -----	6
2.6. La caña de azúcar en la alimentación animal.--	8
3. Materiales y Métodos-----	9
3.1. Localidad experimental y cultivares objeto de estudio-----	9
3.2. Diseño experimental y caracteres evaluados-----	11
3.3. Análisis estadísticos realizados-----	12
4. Resultados y Discusión-----	14
4.1. Evaluación azucarera-----	14
4.2. Evaluación agroproductiva-----	15
4.3. Evaluación agroazucarera. -----	16
4.4. Valoración económica -----	22
5. Conclusiones -----	23
6. Recomendaciones -----	24
7. Bibliografía -----	25
8. Anexos -----	

1. INTRODUCCION.

El proceso de obtención y recomendación de nuevos cultivares de caña de azúcar para la producción, constituye una de las premisas básicas para garantizar la sostenibilidad de la agroindustria azucarera. Esta actividad es desarrollada por el Programa de Mejoramiento Genético del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) a través de su Red de Estaciones y la participación de los productores en las diferentes instancias.

La Subdirección de Fitomejoramiento del INICA tiene como misión: Obtener cultivares de alto potencial agroazucarero, adaptados a las principales condiciones edafoclimáticas, con tolerancia a diferentes tipos de estrés ambiental, resistencia a las principales enfermedades y aptos para la diversificación. En este contexto, reviste gran importancia su potencial como alimento animal y constituye, de hecho, una alternativa que está a la mano de los productores.

La actual UEB INICA Holguín, anteriormente denominada Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín (EPICA Holguín), ubicada en la localidad de Guaro, es una de las cinco Estaciones que realizan el proceso completo del esquema de selección para el estudio y recomendación de nuevos cultivares. Su existencia constituye una fortaleza para el municipio Mayarí y la conducción de su Estrategia de Desarrollo en el ámbito del Programa de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional.

En el marco del citado programa, resulta innegable la importancia de conocer el comportamiento integral de los cultivares de caña de azúcar, independientemente del empleo que se haga de los mismos. Entre los caracteres que resultan de mayor importancia, se encuentra el contenido azucarero y el rendimiento agrícola, pues de estos dependen en gran medida sus potencialidades de uso, sin embargo, en ocasiones la información disponible al respecto resulta insuficiente, debido, entre otras causas, a que algunos de los cultivares disponibles en el territorio fueron evaluados y

recomendados en otros, por lo que se definió como **problema científico**:
¿Cómo programar un uso más eficiente de los cultivares de caña de azúcar a partir del conocimiento del comportamiento integral de los mismos en el municipio de Mayarí. Como **Objeto de estudio** la información integral sobre los cultivares de caña de azúcar y como **Campo de acción** el comportamiento agroazucarero y fitopatológico.

Hipótesis

El conocimiento del comportamiento integral de los nuevos cultivares de caña de azúcar en el municipio Mayarí posibilitará programar un empleo más eficiente de los mismos.

Objetivo general

Evaluar el comportamiento integral de un grupo de nuevos cultivares de caña de azúcar, como base para recomendar los de mayores perspectivas para la producción comercial en el municipio Mayarí.

Objetivos específicos

- ✓ Conocer la respuesta respecto al contenido azucarero, rendimiento agrícola y comportamiento fitopatológico de 15 cultivares de caña de azúcar recomendados para la producción comercial.
- ✓ Recomendar los cultivares con mayores perspectivas, a partir de sus características específicas y las del territorio.
- ✓ Evaluar el efecto económico esperado por concepto del uso de los cultivares que se recomienden para su explotación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La caña de azúcar. Origen e importancia.

El origen de la caña de azúcar es aún un tema polémico y controvertido, aunque se acepta, en general, que es una planta proveniente del sureste asiático. Fue introducida en América desde Europa, por Cristóbal Colón, en su segundo viaje en 1493 y plantada por primera vez en la isla La Española, hoy República Dominicana, de donde pasó a otras regiones del continente americano antes de ser introducida en Cuba (Pérez *et al.*, 2013).

La caña de azúcar es el cultivo sacarífero más importante y constituye una de las principales fuentes de energía para el hombre, los animales e incluso las maquinarias (González, 2019). El área total en producción es de 26 millones de hectáreas, distribuidas en América 49.7%, Asia 41.6%, y en África y Oceanía 6 y 2.6%, respectivamente. Brasil es el principal productor (FAOSTAT, 2015).

La caña de azúcar representa la mayor cantidad de biomasa en relación con otros cultivos. Por otro lado, permite producir azúcar con destino al consumo humano y otros alimentos con destino a la producción animal, así como también se puede obtener alcohol (etanol) para sustituir parcial o totalmente la gasolina y el diesel.

Adicionalmente, la caña permite obtener decenas de derivados de alto valor agregado. Se ha comprobado que las plantaciones de caña actúan como áreas absorbentes, las cuales absorben el dióxido de carbono (CO₂) del aire y lo expulsan en forma de oxígeno. Según los especialistas, esto no sólo compensa, sino que además contribuye positivamente al balance, mejorando y conservando el medio ambiente. Son pocas las plantas que tienen las cualidades que posee la caña de azúcar, tanto comerciales como de mejoramiento del medio ambiente (Nova, 2015).

2.2 Taxonomía de la caña de azúcar.

La caña de azúcar cultivada actualmente es un conjunto de cultivares híbridos intergenéricos, pertenecientes al Complejo Saccharum, con la participación de diferentes géneros afines como *Erianthus*, *Imperata*, *Miscanthus*,

Miscanthidium, *Narenga*, *Sclerotachyay* se ha señalado que también pueden lograrse híbridos a partir de *Sorghum* y *Bambusa*, según Watson y Dallwitz (2011), citados por Mendoza (2017).

El sistema de clasificación APG III es la última versión del sistema para la clasificación de las [angiospermas](#) según [criterios filogenéticos](#) (Bremer et al., 2009). Se basa en [datos moleculares](#), secuencias de [ADN](#) del [núcleo celular](#), de la [mitocondria](#) y del [cloroplasto](#) y en el [análisis filogenético](#) de los mismos (Wikipedia, 2017). Según APG, la caña de azúcar pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

Super-Reino: Eukaryota

Reino: Plantae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: Saccharum

Especies

Variedades

Cultivares

Los clones comerciales de caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las especies *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. spontaneum*, *S. barberi* (*sinense*) y *S. edule*, predominando las características de *S. officinarum* como productora de azúcar.

2.3 La agroindustria azucarera en Cuba.

Diversas son las fechas que se citan con relación a la aparición de la industria del azúcar en Cuba. Ortiz en su libro *El contrapunteo cubano del tabaco y el azúcar*, señala el año 1596 como la fecha de instalación del primer ingenio para fabricar azúcar de caña en La Habana (Funes, 2010).

En sus inicios, la industria azucarera se desarrolló a partir de las llamadas "cañas nobles", que no eran más que representantes de *S. officinarum*, que fueron denominadas de esta forma por el grosor y la consistencia suave de sus tallos, así como por su alto contenido de azúcar. Entre los cultivares empleados en aquellos tiempos se destacó la caña Otaheite o caña Borbón, que llegó a cultivarse a nivel mundial por sus altos rendimientos, pero fue sustituida al sufrir el ataque de un complejo de enfermedades. Se empleó entonces la Cheribon o caña transparente; en Cuba se introdujo y se cultivó a gran escala durante bastante tiempo, llamándola Cristalina (Pérez *et al.*, 2013).

La agroindustria de la caña de azúcar puede y debe ayudar a afrontar en un futuro inmediato tres importantes desafíos que hoy enfrenta la humanidad: la producción de alimentos, el déficit energético, y la preservación del medio ambiente. Dadas las posibilidades señaladas anteriormente, esta agroindustria encierra una importancia estratégica para la economía cubana, además desempeña un importante papel en la generación de fondos exportables y en la sustitución de importaciones (Nova, 2015).

La economía cubana depende considerablemente del sector agrícola y dentro de éste, el cultivo de la caña de azúcar es uno de los más importantes, representando alrededor del 23% de la tierra disponible, por lo que el principal objetivo de la agroindustria azucarera en Cuba es alcanzar eficiencia y eficacia en la producción agrícola e industrial, así como en la diversificación de sus producciones, para de esta forma lograr hacer esta industria un sector competitivo (Jorge *et al.*, 2011).

2.4 El clima y su efecto en la agricultura.

El crecimiento y desarrollo de las plantas y de otros seres vivos que las afectan como las plagas, malezas y enfermedades, están relacionados con las condiciones ambientales; sin embargo, los procesos fisiológicos varían de un año a otro, como respuesta a la variación climática que en los últimos años ha sido más marcada como consecuencia del cambio climático, el cual produce fenómenos extremos y modificaciones importantes en la temperatura y precipitación (Bravo *et al.*, 2012).

Según Cornide (2018), ante el creciente deterioro del medio ambiente, la necesidad de utilizar mejor las tierras cultivadas y de contar con materiales que estén adaptados a condiciones marginales de cultivo, se requiere que las nuevas variedades sean rentables en condiciones desfavorables, en especial ante los estreses provocados por factores bióticos y abióticos.

El clima y su variabilidad afectan a toda la economía, pero el sector agrícola es más vulnerable. El aumento de las temperaturas reduce la producción de los cultivos, a la vez que proliferan malas hierbas y plagas. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas (Bravo *et al.*, 2012).

El promedio de lluvia anual en Cuba es de 1 335 mm con una distribución muy irregular, temporal y espacialmente. El 80 por ciento de las mismas ocurren en el llamado período húmedo (mayo-octubre) y el 20 por ciento restante en el período seco (noviembre-abril). Las lluvias disminuyen en el orden región occidental > región central > región oriental, con promedios anuales de 1 437, 1 308 y 1 279mm, respectivamente (FAO, 2016).

En el contexto de la agricultura, Vázquez *et al.* (2007) plantean que la sequía no comienza cuando cesa la lluvia, sino cuando las raíces de las plantas no pueden obtener más humedad del suelo. En ese mismo sentido, la sequía agrícola o hidroedáfica, puede definirse como déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar, en una época determinada. Según Sulroca (2015), por la intensa sequía entre 2004 y 2006, la agricultura cañera perdió alrededor de 120 mil ha de caña, y tuvo lugar una caída de 15 t/ha en sus rendimientos.

2.5 Mejoramiento genético.

El objetivo central de cualquier programa de mejoramiento de un cultivo de importancia económica es la liberación de cultivares más productivos, resistentes a las principales plagas y adaptados a las más disímiles condiciones de explotación comercial. Los cultivares comerciales de caña de azúcar son híbridos originados de progenies de cruces entre cañas “nobles” (*Saccharum officinarum* L.) y silvestres (*S. spontaneum* L., *S. sinense* Roxb., o

S. barberi Jesw.) que fueron retrocruzados con *S. officinarum* en un proceso llamado “nobilización” ([Edmé et al., 2005](#)).

En los principales cultivos de los Estados Unidos, la contribución del mejoramiento genético al incremento de los rendimientos se ha estimado en alrededor de 50 % ([Frisvold et al., 1999](#), citados por Mendoza, 2017). Por su parte, [Baver \(1963\)](#) y Hogarth (1976), citados por el mismo autor, en Hawaii y Australia, respectivamente, atribuyeron al mejoramiento genético 50 y 75 % del incremento de los rendimientos de la caña de azúcar. Sin embargo, Wei y Jackson (2016) señalaron que, en los últimos 50 años, la ganancia en los programas de mejoramiento genético de la caña de azúcar a través del mundo ha sido lenta, particularmente cuando se compara con otros cultivos.

En Cuba, la actividad de mejoramiento genético de la caña de azúcar se inició en 1904 por el Sr. Grey en el Jardín Botánico de la Universidad de Harvard en el antiguo central Soledad, en la provincia de Cienfuegos, obteniéndose las variedades HG (Harvard Garden).

El Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba, garantiza que constantemente se estén incorporando a la producción nuevos individuos para sustituir variedades que han declinado o que comienzan a mostrar susceptibilidad a enfermedades o plagas ([Jorge et al., 2011](#)). Esto se refleja en el incremento de los cultivares nacionales en la composición varietal del país, pues el área censada en diciembre 31 del 2015, según [Mesa et al. \(2016\)](#) incluía 92 cultivares, de ellos 80 obtenidos en el país, los que ocupaban el 82.8% del área y 12 introducidos de diferentes centros de mejoramiento de otros países, con el 17.2%.

Al cierre del 2017, los indicadores mencionados alcanzaron valores de 76, con el 80.6 % y 12, con el 19.4 % del área, respectivamente ([INICA, 2018](#)) y al cierre del 2018, esos indicadores alcanzaron valores de 70 y 12 cultivares, con el 80 y 20 % del área, respectivamente ([INICA, 2019](#)). En el caso de la provincia de Holguín, los cultivares recomendados por la misma en el periodo 2005-2016 y años previos, ocupaban al cierre del 2016 el 47.3 % del área cañera ([Cruz et al., 2019](#)).

Según Ibis Jorge et al, (2019), en el periodo 2008-2018, el INICA recomendó 20 cultivares de caña de azúcar para estudios extensivos, cuatro para explotación comercial (C91-522, C95-416, C97-445 y C98-357) y dos a desarrollar (C93-540 y C00-575).

2.6 La caña de azúcar en la alimentación animal.

La ganadería constituye una de las actividades económicas fundamentales del país por ser la carne y la leche alimentos de gran valor nutritivo en la alimentación humana, pero para satisfacer la demanda de estos alimentos por la población, se requiere, además de animales de elevado potencial genético, de una base alimentaria sólida, capaz de cubrir los requerimientos de estos en los diferentes periodos del año.

Según Oquendo y Rodríguez (1998), en Holguín, en la década del 80, los pastos y forrajes aportaban algo más del 80% de la proteína bruta y aproximadamente el 87% de la energía metabolizable que consumía el ganado vacuno.

El estudio de adaptación de especies para ecosistemas particulares es aceptado entre los genetistas como la forma más práctica y económica de hacer selección genética, pudiéndose considerar, además, como el proceder más sabio para acercarse a los modelos de la naturaleza (Febles et al, 1995).

Molina (1998) señala que la caña de azúcar presenta un excelente potencial para la producción de forraje; la misma se adapta a una gran variedad de tipos de suelos, tiene bajos requerimientos de fertilizantes y tiene la bondad de dar cosechas en la época de sequía, cuando la disponibilidad de los pastos es muy baja.

A partir del conocimiento de la importancia que reviste la digestibilidad de la materia seca, se seleccionaron variedades de caña de azúcar, que sin dejar de cumplir los parámetros agronómicos, fitosanitarios y de rendimiento azucarero, mejoraran ese indicador de extrema importancia para la ganadería. Con el desarrollo de la diversificación de la caña de azúcar en Cuba, es que se acomete por primera vez el estudio de variedades para la alimentación animal, pues el esquema de selección no fue diseñado con el propósito de recomendar genotipos para la alimentación de rumiantes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Localidad experimental y cultivares objeto de estudio.

El estudio se efectuó en la UEB Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Holguín (INICA Holguín), anteriormente denominada Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín (EPICA Holguín); para ello, se estableció un experimento de campo en el Bloque Experimental de Guaro, perteneciente a dicha institución, en las coordenadas lineales X= 610 741. 20 y Y= 224 507. 20, que corresponden a los 20° 40' 20" latitud Norte y 75° 46' 13" longitud Oeste, a unos 19 msnm (figura 1). El experimento se plantó en el ciclo de Frío, en octubre/2020 y se extendió hasta marzo/2022; el mismo se evaluó en la cepa de caña planta.

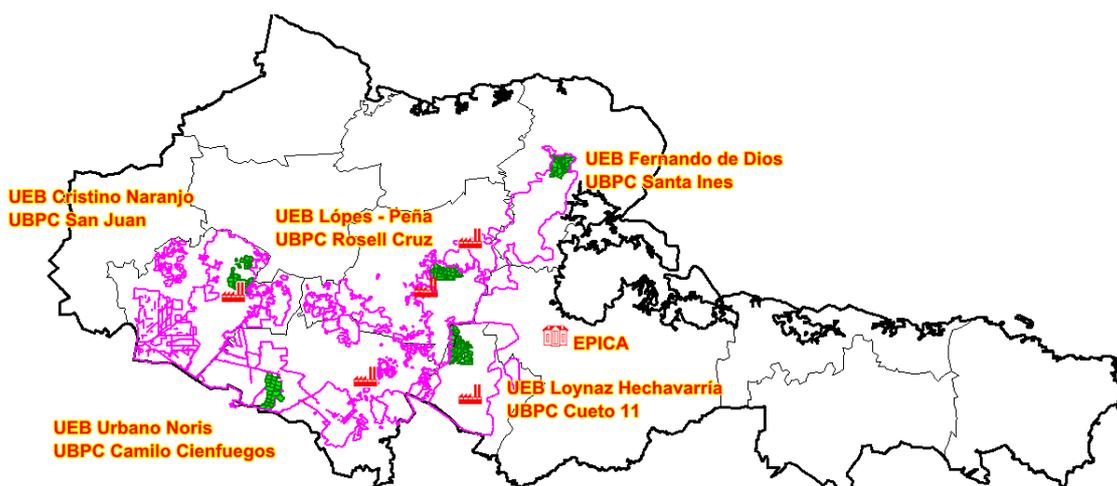


Figura 1. Ubicación geográfica de la UEB INICA Holguín (EPICA Holguín).

El suelo de dicha localidad es Vertisol Crómico gléyico en profundidad, según la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), cuyas características, según Villazón *et al.* (2012), son las siguientes: sus propiedades físicas e hidrofísicas y el alto arcillamiento con minerales dilatables del tipo 2:1 (montmorillonita), le confieren una alta plasticidad, adhesividad y dilatabilidad, atribuyéndole un drenaje inadecuado. Poseen una reacción ligeramente alcalina, con pH superior a 7.0, la que tiende a incrementarse con la profundidad. Los niveles de materia orgánica, nitrógeno

total e hidrolizable se consideran medios, disminuyendo con la profundidad sin llegar a afectar sensiblemente la relación carbono:nitrógeno. El contenido de potasio es alto, debido al nivel de reserva que posee el mismo, entre el 5 y 7% de potasio total, posee baja potencialidad fosfórica (P total 0.071%) y un alto nivel de fracciones asimilables, fundamentalmente las ligadas al Ca_{2+} y Al_{3+} , lo que garantiza que el fósforo asimilable sea alto y muy estable.

Durante el periodo de duración del estudio, se recopiló la información referente a la distribución de las lluvias en la localidad experimental, tomada de los registros de la Estación Agrometeorológica de Guaro.

Se evaluaron 14 cultivares de caña de azúcar, conjuntamente con un testigo (tabla 1). Dichos cultivares corresponden a recomendaciones realizadas en los últimos años, en la mayoría de los cuales se desconoce el comportamiento en las condiciones de la provincia de Holguín.

Tabla 1. Cultivares de caña de azúcar empleados en el estudio.

No	Cultivar	Provincia	Progenitores	
1	C86-12 (Test.)	P. del Río	?	?
2	B80250	Barbados	?	?
3	C00-575	Stgo. de Cuba	C86-12	CP70-1133
4	C86-156	Cienfuegos	C16-56	C87-51
5	C90-469	Granma	C87-52	Ja60-5
6	C90-501	Holguín	C266-70	Ja60-5
7	C91-522	Holguín	C1616-75	CP72-2086
8	C92-203	Villa Clara	?	?
9	C92-325	C. de Ávila	C1616-75	B45181
10	C92-509	Holguín	C1616-75	CP72-2086
11	C92-514	Holguín	B77557	Mex66-1235
12	C95-414	Las Tunas	CP57-614	My5514
13	C95-416	Las Tunas	CP52-43	My5514
14	C97-445	Las Tunas	C568-75	?
15	C99-506	Holguín	C112-80	CP72-2086

T- testigo

Como testigo se empleó el cultivar C86-12, de alto rendimiento agrícola y azucarero, adaptado a la mayoría de los ambientes donde se cultiva la caña de azúcar en Cuba (González, 2019), razón por la cual ha sido el más extendido a

nivel nacional en los últimos años y ha estado entre los primeros en la provincia de Holguín.

3.2 Diseño experimental y caracteres evaluados.

Para el montaje del experimento de campo se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones; las parcelas estuvieron conformadas por dos surcos de 16.5 m de longitud, la distancia entre surcos fue de 1.60 m, para un tamaño de parcela de 52.8 m².

En la cepa de caña planta, en cada uno de los cultivares en estudio, se realizaron evaluaciones fenológicas del número de tallos, asimismo, se efectuó un muestreo azucarero.

Las variables de cosecha consideradas fueron: porcentaje de pol en caña (PPC), toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de pol por hectárea (TPH); las mismas se evaluaron en marzo de 2022, a la edad de 16 meses.

También se evaluó el comportamiento fitopatológico ante la roya parda (*Pucciniamelanocephala* Sydow), el carbón (*Sporisoriumscitamineum*), el VMCA (virus del mosaico de la caña de azúcar) y la escaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans*) en condiciones naturales, durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

La determinación del rendimiento agrícola se realizó mediante el método de cosecha por estimación; para ello, se contaron los tallos de un surco de la parcela experimental y se pesaron 10 tallos molibles tomados en toda el área de la parcela, luego se determinó el peso de la parcela mediante la fórmula siguiente:

$$P_p = 2T_c \times P_m / 10$$

Donde:

P_p = Peso de la parcela (Kg).

T_c = Total de tallos contados en un surco.

P_m = Peso de la muestra de 10 tallos.

La determinación de TPH se realizó empleando el PPC y las TCH mediante la ecuación siguiente:

$$\text{TPH} = (\text{TCH} \times \text{PPC})/100$$

Todas las actividades del experimento fueron realizadas según las Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba (Jorge *et al.*, 2011).

3.3 Análisis estadísticos realizados.

Con la información proveniente de las variables de cosecha mencionadas en el epígrafe anterior, o sea, porcentaje de pol en caña (PPC), toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de pol por hectárea (TPH), se efectuó la evaluación azucarera, agroproductiva y agroazucarera de los cultivares, respectivamente.

Se realizaron análisis de varianza de clasificación doble, con un modelo de efectos fijos. El modelo matemático asociado al diseño empleado, según Guerra *et al.* (2004) fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es la observación i , en el j -ésimo bloque o réplica

μ es la media general

G_i efecto del i -ésimo genotipo o cultivar

B_j efecto del j -ésimo bloque o réplica

e_{ij} error asociado a la ij -ésima observación.

Se utilizaron las dójimas de Duncan ($p \leq 0,05$) para la comparación múltiple de medias de los tratamientos evaluados. En todos los casos se empleó el paquete estadístico Statistica v.8 (StatSoft, 2007) para el procesamiento estadístico de los datos.

La determinación del efecto económico que se espera debido al empleo de los cultivares de mejor respuesta agroazucarera, se realizó sobre la base de los resultados en la variable TPH, la cual involucra al rendimiento agrícola o

agroproductivo (TCH) y al contenido azucarero (PPC). Se seleccionaron los cultivares que mostraron mejor comportamiento en TPH, que cumplieran la condición de poseer altos valores de contenido azucarero y buen comportamiento fitopatológico y se determinó el incremento en el valor de la producción, comparado con el testigo. Se tomó como base de cálculo el valor de 311.74/t de azúcar (USD), precio vigente el 28/02/2020 (IFC Markets, 2020).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Evaluación azucarera.

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis de varianza de la variable PPC; en la misma se observa que hubo diferencias significativas ($p \leq 0.001$) entre los cultivares en estudio. Tal comportamiento está en correspondencia con la caracterización expuesta por González (2019), en la cual existe una diferenciación del contenido azucarero de los cultivares incluidos en el presente estudio.

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza de la variable PPC.

F.variación	GL	SC	CM	F	P
Variedad	14	3581.5	255.8	4.060	0.000
Réplica	2	54.1	27.0	0.429	0.655
Error	28	1764.3	63.0		
<hr/>					
X_G	14.32				
DS	0.58				
CV (%)	4.06				

Leyenda: **GL**-grados de libertad

X_G- media general

SC- suma de cuadrados

DS- desviación estándar

CM- cuadrado medio

CV- coeficiente de variación

F- valor de Fisher (calculado)

P-probabilidad

En la figura 2 se muestran los resultados de la comparación múltiple de medias (Duncan $p \leq 0,05$); en la misma se observa que los mejores cultivares fueron C99-506, C92-203 y C92-509, el primero de los cuales resultó estadísticamente superior al testigo C86-12 y los dos restantes fueron similares, por lo que los tres pueden considerarse como de alto contenido azucarero, si tenemos en cuenta que el testigo C86-12 está conceptualizado como tal, según González (2019). El comportamiento de C99-506 corrobora lo

señalado por Cruz et al., (2019), quienes caracterizan a este cultivar como de elevado contenido azucarero y alta pureza. En la figura mencionada, también se aprecia que los cultivares con peores resultados en la variable objeto de análisis fueron C92-325 y C95-414, ambos, inferiores al testigo.

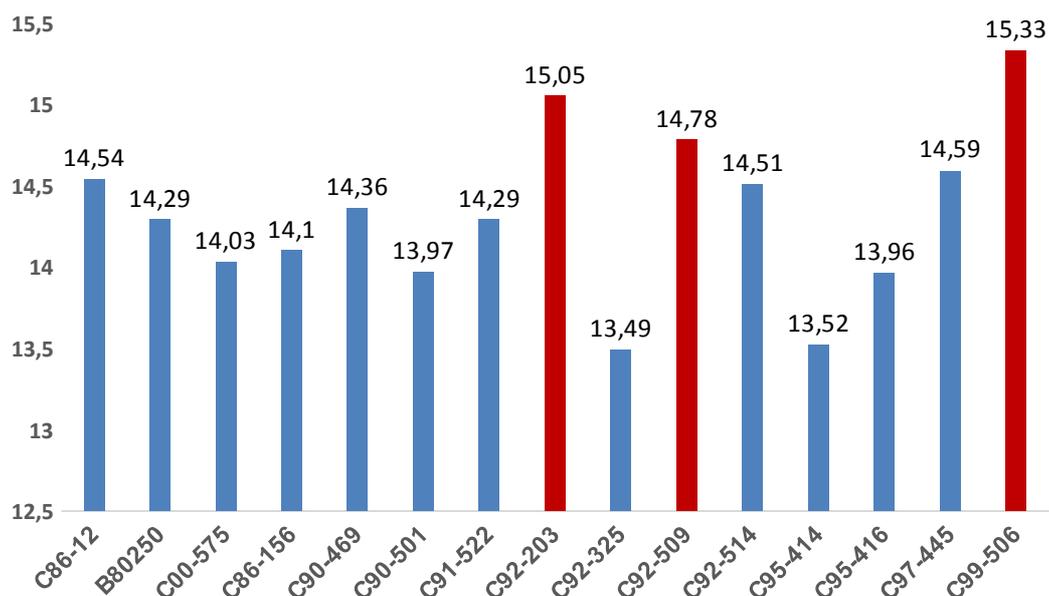


Figura 2. Comportamiento de los cultivares en la variable PPC.

4.2. Evaluación agroproductiva.

Los resultados del análisis de varianza de la variable TCH se muestran en la tabla 3; en la misma se observa que hubo diferencias significativas ($p \leq 0.001$) entre los cultivares en estudio.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza de la variable TCH.

F. variación	GL	SC	C M	F	P
Variedad	14	10.920	0.780	5.99	0.000
Réplica	2	0.304	0.152	1.17	0.326
Error	28	3.648	0.130		
X_G	88.98				

DS	11.08
CV (%)	12.45

Los resultados de la comparación múltiple de medias se muestran en la figura 3, en la que se observa que los cultivares más destacados fueron C92-203 y C00-575, sin diferencias significativas entre ambas, pero la primera de ellas superó al testigo C86-12, uno de cuyos atributos es poseer alto rendimiento agrícola (González, 2019).

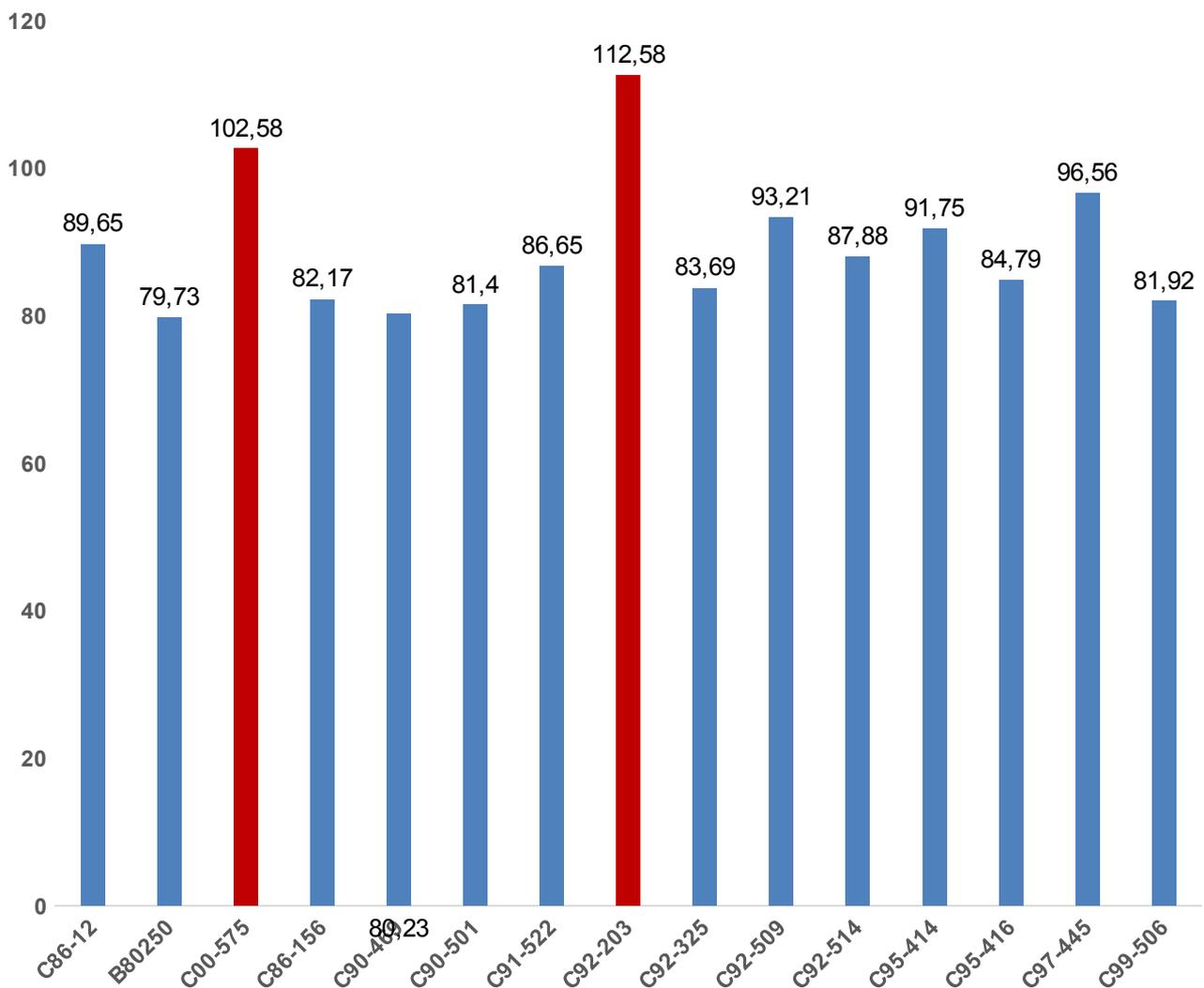


Figura 3. Comportamiento de los cultivares en la variable TCH.

4.3. Evaluación agroazucarera.

La variable TPH es una expresión combinada del contenido azucarero (PPH) y del rendimiento agrícola (TCH); como representa la producción de azúcar por unidad de área, se le concede una gran importancia. En la tabla 4 se observa que las diferencias entre los cultivares resultaron significativas ($p \leq 0.001$), lo cual es indicativo de variabilidad en el material experimental y de la posibilidad de detectar individuos superiores a través de la aplicación de procedimientos de selección.

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza de la variable TPH.

F. variación	G.Liberta d	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Prob. error
Variedad	14	98.718	7.051	6.112	0.000
Réplica	2	2.170	1.085	0.941	0.402
Error	28	32.304	1.154		
X_G			12.75		
DS			1.74		
CV (%)			13.65		

En la figura 4 se presentan los resultados de la comparación múltiple de medias; en la misma podemos observar que el cultivar que alcanzó los resultados más sobresalientes fue C92-203, el cual superó significativamente a todos los restantes que se evaluaron, incluyendo al testigo C86-12. Tal comportamiento constituido un aval para su extensión en algunas localidades de la provincia de Holguín, como es el caso de la Empresa Agroazucarera “Fernando de Dios”.

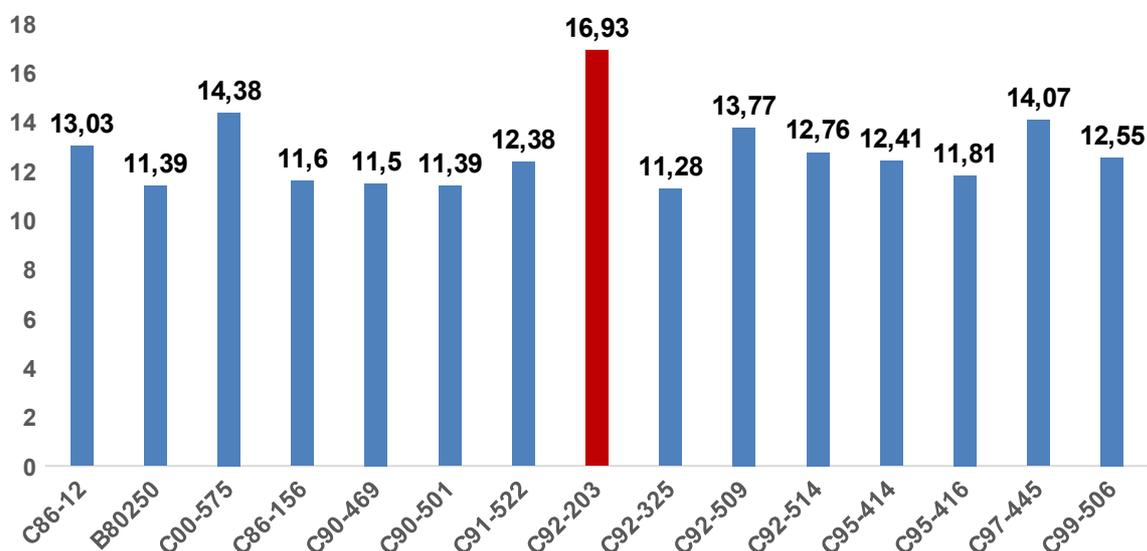


Figura 4. Comportamiento de los cultivares en la variable TPH.

El hecho de que hayan existido diferencias significativas entre los cultivares en las tres variables de cosecha evaluadas, reviste gran importancia, pues es una indicación de variabilidad en el material experimental, sobre la cual deben aplicarse procedimientos de selección para detectar los cultivares más prometedores. A su vez, tales diferencias confirman la importancia de conducir estudios de este tipo como una vía para identificar los genotipos más sobresalientes y adaptados a las condiciones específicas de la provincia de Holguín y del municipio Mayarí, aspecto que ha sido abordado por diversos autores, entre ellos Mendoza (2017).

Debe resaltarse el hecho de que del total de los cultivares presentes en el estudio, solamente C90-469 y C00-575 presentaron afectaciones en grado excluyente por alguna enfermedad, en este caso por roya común.

El análisis conjunto de las tres variables de cosecha y el comportamiento fitopatológico evidenció que el cultivar con mejores resultados integrales, al compararlos con el testigo, fue C92-203. En la tabla 5 se muestran los resultados del mismo. Tal comportamiento sugiere la conveniencia de incrementar su extensión en el territorio, máxime si tenemos en cuenta que estamos en presencia de un cultivar con alta digestibilidad de la materia seca, característica que eleva sus potencialidades de empleo en la alimentación de ganado vacuno. .

Tabla 5. Cultivares con mejores resultados agroazucareros.

Cultivares	PPC	Sig	CTHA	Sig	PTHA	Sig
C92-203	15.0 5	ab	112.58	a	16.93	a
Testigos						
C86-12	14.5 4	bcd	89.65	bcd	13.03	bcd

Resulta prometedor el hecho de que el cultivar C92-203 haya alcanzado resultados integrales satisfactorios en un sitio de prueba caracterizado por presentar déficit de lluvias y con una distribución errática, como se muestra en la figura 5.

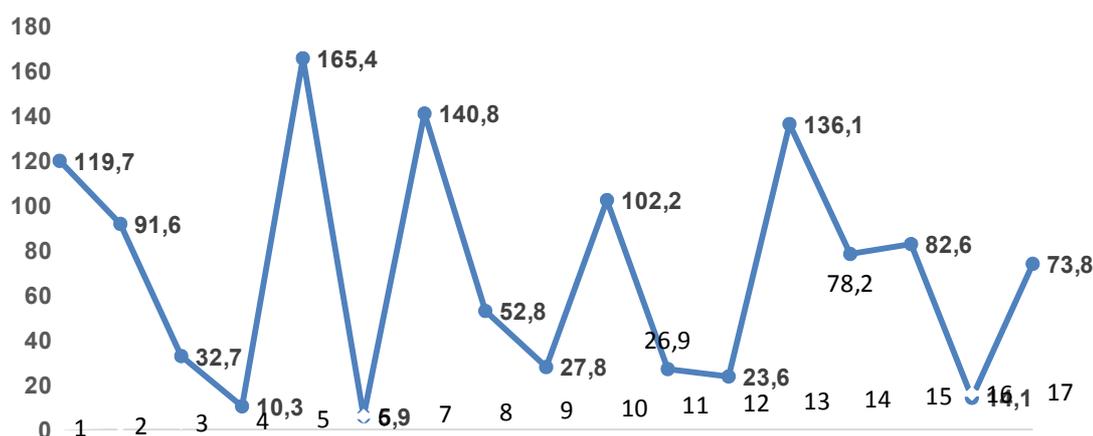


Figura 5. Comportamiento de las lluvias durante el periodo de duración del estudio.

Generalmente, las precipitaciones anuales son muy inferiores a los 1500 mm, cifra que señalan algunos autores como necesidad hídrica de la caña de azúcar (Barros, 2016 y Serrano *et al.*, 2016). Al respecto, Serrano *et al.* (2019), en un análisis del comportamiento de la evapotranspiración y la precipitación aprovechable en el norte de Holguín, encontraron que existe un déficit de humedad durante todo el año; lo anterior indica que las precipitaciones no satisfacen las necesidades hídricas del cultivo y corrobora lo expuesto por Martín *et al.* (2015), quienes señalaron que se presenta déficit de humedad en el suelo durante todo el año, debido a los altos valores de evaporación y al pobre acumulado de las lluvias.

A continuación se ofrece un breve resumen sobre las características del cultivar C92-203, según Jorge *et al.*, (2010):

Progenitores: desconocidos.

Tallos de color verde amarillento con ligeros visos morados.

Buena brotación, hábito de crecimiento oblicuo y despaje regular.

Presenta alto contenido azucarero y buen rendimiento agrícola.

Es factible para la alimentación del ganado vacuno, pues la materia seca tiene un 53.3% de digestibilidad.

Resistente a las principales patologías que afectan al cultivo.

Recomendada para los suelos Oscuros plásticos y Pardos con carbonato, para todos los ciclos de plantación y cosecha.

En la figura 6 se muestra una foto del cultivar C92-203.



Figura 6. Foto del cultivar C92-203 (tomada el día 1^{ro}/nov./2022 en la UEB INICA Holguín, Guaro)

4.4 Valoración económica.

En la tabla 6 se muestran los resultados de la valoración económica; en la misma se presentan los valores de la variable TPH como expresión de la producción de azúcar por unidad de superficie, correspondientes al testigo C86-12 y al cultivar recomendado para extensión (C92-203), así como el valor monetario derivado del incremento de la producción por concepto de la explotación comercial de este último.

El incremento medio esperado es de 3.90 TPH, con un valor ascendente a 1215.78 (USD), según la base de cálculo especificada con anterioridad. Dicho incremento se logra sin producir afectaciones en el contenido azucarero (PPC).

Dadas las circunstancias de que el estudio de los cultivares se efectuó en un experimento correspondiente al ciclo de Frío, sería conveniente validar sus resultados en el ciclo de Primavera quedada y mientras tanto, considerar los resultados aquí expuestos, como preliminares.

Tabla 6. Resultados de la valoración económica.

Testigo	Cultivares	PPC	TPH	Incremento en TPH	Valor del incremento
	C86-12	14.54	13.03	-	-
Cultivar recomendado	C92-203	15.05	16.93	3.90	1215.78

5. CONCLUSIONES.

- 1- En el contenido azucarero, los mejores cultivares fueron C99-506, C92-203 y C92-509 y en el rendimiento agrícola, C92-203 y C00-575.
- 2- El comportamiento fitopatológico de los cultivares evaluados fue satisfactorio, excepto el de C90-469 y C00-575 frente a la roya común.
- 3- El cultivar que por su comportamiento integral alcanzó mejores resultados fue C92-203.
- 4- El cultivar 92-203 alcanzó un incremento respecto al testigo de 3.90 TPH, con un valor ascendente a 1215.78 (USD), sin producir afectaciones en el contenido azucarero.

6. RECOMENDACIONES.

1. Extender el cultivar C92-203 en localidades con características similares a las del sitio de prueba.
2. Validar su comportamiento en el ciclo de Primavera quedada y en otras localidades.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Barros, A. (2016). Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). Cátedra de Agricultura Especial. Facultad de Ciencias Agrarias. U. N. Cuyo.
2. Bremer, B., Bremer K., Chase M. W., Fay M. F., Reveal J. I., Soltis D.E., Soltis P. S. and Stevens P.F. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2009, 161: 105–121.
3. Bravo, E., Medina, G., Ruiz, J., Báez, A. y Mariles, V. (2012). Cambio climático y su impacto potencial en el sistema producto caña de azúcar en el área de abasto del ingenio Adolfo López Mateos. INIFAP. Publicación especial No. 11. México. 43p.
4. Cornide, M.T. (2018). Genética, genómica y fitomejoramiento. María Teresa Cornide Hernández (Coord). 2018. Editorial UH, La Habana.
5. Cruz, R., Mendoza, Y., Solís, A., Céspedes, A., Vaillant, Y., Rodríguez, J. y Luis, O. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar: un aporte a la agroindustria azucarera de Holguín. *Revista Cuba & Caña* Vol. 22, Suplemento Espacial 2, 2019.
6. ----- y otros. (2019). C99-506: un nuevo cultivar de caña de azúcar para la provincia de Holguín. Propuesta de logro INICA 2019.
7. Edmé, S.J., Miller, J.D., Graz, B., Tai, P.Y.P. and Comstock, J.C. (2005). Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years. *CropSci.*, 45, 92-97.
8. .FAO. (2016). Sitio web AQUASTAT Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

9. FAO STAT. (2015). Sugar cane area harvest, 2014. FAO Statistic Division.
Extraído el 4 agosto, 2016 de <http://faostat.fao.org>.
10. Febles, G., T. Ruiz y L. Simón. (1995). Consideraciones acerca de la integración de los sistemas silvopastoriles a la ganadería tropical y subtropical. Seminario Científico Internacional XXX Aniversario del Inst. de Ciencia Animal.
11. Frutos, E. (2011). Interacción Genotipo – Ambiente: GGE BIPLLOT y MODELOS AMMI. Tesis en opción al grado de Máster en Análisis Avanzado de Datos Multivariantes. Universidad de Salamanca. pp. 76.
12. Funes, R. (2010). De los bosques a los cañaverales: una historia ambiental de Cuba 1492-1926. 1ra ed. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Sociales. pp. 27-76. ISBN 978-959-06-0967-1.
13. González, R. M. (2019). Variedades de Caña de Azúcar Cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados. ICIDCA. La Habana. Cuba. Primera edición 216pp.
14. Guerra, C.B., Menéndez, E., Barrera, R. y Egaña, E. (2004). ESTADÍSTICA. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba.
15. Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Rivero, L. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana. AGRINFOR, 64 p.
16. IFC Markets (2020). Precio Azúcar-IFC Markets. Tomado el 2/3/2020, de www.ifcmarkets.com.
17. INICA. (2018). Informe al XXV Seminario Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. La Habana. Cuba.
18. ----- (2019). Informe a la XXVI Reunión Nacional de variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. La Habana. Cuba.
19. Jorge, H., Jorge, I. y Bernal, N. (2010). Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana.

20. -----, Mesa, J. M. & Bernal, N. (Eds) (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba. Actualización. ISSN 1028-6527. Publicina. La Habana. 346 pp.
21. Jorge, I., Mesa, J., García, H., Caraballosa, V., Bodaño, R., Cruz, R y otros. (2019). Análisis del <programa de mejoramiento Genético de la caña de Azúcar en Cuba. Memorias XV Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña.
22. Martín, G., Rodríguez, Y., Villazón, J., Pérez, E. & Cobo, Y. (2015). Potencial Agroproductivo de los Suelos en la Empresa Azucarera de Holguín. Revista electrónica Hombre, Ciencia y Tecnología. CITMA Guantánamo. ISSN 1028-0871. Vol 19 No.3 Trimestre julio-septiembre, 2015.
23. Mesa, J., Gónzales, R., Hernández, G. & Rodríguez, M. (Eds). (2016). XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. Rev. Cuba & Caña. Suplemento Especial. ISSN 1028-6527. pp. 48.
24. Mendoza, Y. (2017). Comportamiento de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.* híbrido) en condiciones de secano en tres localidades de la provincia Holguín. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas.
25. Molina, A. (1998). Principios elementales para la utilización del forraje de caña de azúcar en la alimentación del ganado vacuno. Manual AGRO- RED para la ganadería. 2:59.
26. Nova, A. (2015). Capítulo 1. Importancia económica y estratégica de la agroindustria cubana. En: M. González, A. Nova, F. Sulroca, & L. Peña (Eds.) La agroindustria cañera cubana: transformaciones recientes. Bildner Center for Western Hemisphere Studies, 2015, 130 pp.
27. Oquendo, G. y N. Rodríguez. (1998). Papel histórico de los alimentos concentrados en la alimentación del ganado vacuno en Holguín. Archivo SEPF.

28. Pérez, H., Santana, I., Rodríguez, I. & Acevedo, R. (2013). Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar. Capítulo 1. Caña de azúcar y sostenibilidad. p. 21-28. INICA. AZCUBA.
29. Serrano, A., Martín, G., Lamelas, C., Villazón, J. & Cobo, Y. (2016). Regionalización de las necesidades hídricas de la caña en áreas de la Empresa "Urbano Noris". Rev. INGENIERÍA AGRÍCOLA, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 6, No. 1 (enero-febrero-marzo), pp. 56-59.
30. -----, Cobo, Y., Lamelas, C. y otros. (2019). Influencia del clima en la evapotranspiración de la caña de azúcar en el norte de Holguín. Revista Cuba & Caña Vol. 22, Suplemento Espacial 2, 2019.
31. Stat Soft, Inc. (2007). STATISTICA (Data Analysis Software System). Versión 8.
32. Sulroca, F. (2015). Capítulo 2. La agroindustria bioenergética de la caña de azúcar: retos y perspectivas. En: M. Gonzalez, A. Nova, F. Sulroca, & L. Peña. (Eds.) La agroindustria cañera cubana: transformaciones recientes. Bildner Center for Western Hemisphere Studies, 2015, 130 pp.
33. Vázquez, M. R., Fernández, A., Solano, O. O., Lapinel, P. B. & Rodríguez, F. (2007). "Mapa de aridez de Cuba". Zonas Áridas, vol. 1, no. 11, 2007, pp. 101-109, ISSN 1013-445X, 184-8921.
34. Villazón, J. A., Martín, G., Cobo, Y., Montero, B., Serrano, A. & Anache, S. (2012). Características químicas de dos vertisoles crómicos con drusas de yeso en el material originario. Revista electrónica Granma Ciencias (CITMA), Vol. 16, No.2, mayo-agosto. Bayamo, Granma. ISSN 1027-975X.
35. Wei Xianming and Phillip Jackson. (2016). Addressing slow rates of long-term genetic gain in sugarcane. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, volume 29, 1923-1930.

36. Wikipedia (2017). Sistema de clasificación APG III. Extraído el 19 abril, 2017. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_clasificaci%C3%B3n_APG_III#cite_note-APGII-1.