

EVALUACION DE CULTIVARES DE CAÑA DE AZUCAR CON ALTO POTENCIAL EN LA PRODUCCION DE BIOMASA PARA USO COMO BIOCOMBUSTIBLE EN LOS INGENIOS.

EVALUATION OF SUGARCANE CULTIVARS WITH HIGH POTENTIAL IN THE PRODUCTION OF BIOMASS AS BIOFUEL USE IN SUGAR MILLS.

Dr. Israel A. Gómez J.¹; M.C. Genaro Pantaleón P.²

¹ Superintendente General de Campo Central Motzorongo. E-mail: igj1956@yahoo.com.mx

² Jefe Técnico de Campo Central Motzorongo. E-mail: genaro.16@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente la caña de azúcar no solamente es utilizada para producir azúcar, aunque éste sigue y seguirá siendo el producto principal y más natural obtenido del jugo de la caña. Es bien conocida la producción de alcohol o etanol (biocombustible), la producción de energía eléctrica (bioenergía), la producción de papel, en varios países; así como la producción de diferentes tipos de derivados y alimento animal a partir de la caña, por lo que para desarrollarlo actualmente, es un reto para varios países azucareros, entre ellos México. Por lo tanto la caña de azúcar se le considera una planta excepcional entre los cultivos comerciales, por poseer varias ventajas y atributos de índole anatómico y fisiológico que la tipifican, y ese potencial que tiene esta gramínea (Poaceae) debe ser explotado al máximo para lograr la sustentabilidad y competitividad.

La biomasa de una planta de caña de azúcar está compuesta principalmente por cogollo, hojas secas adheridas al tallo y tiradas en el suelo, y las vainas que representa el 30-40% del total de la biomasa que comprende la planta completa, mientras que el tallo representa el 60-70% restante. Bajo esta premisa se planteó establecer un ensayo con diferentes cultivares comerciales y prometedores, para determinar su potencial de producción de biomasa en condiciones de cosecha en verde. El presente trabajo se estableció en un área representativa del Ingenio Central Motzorongo, se consideraron 10 variedades distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El ciclo evaluado fue la soca a los 12 meses de edad y la cosecha fue en verde y de forma manual. Los resultados obtenidos en este trabajo, queda de manifiesto que tanto las variedades comerciales como las prometedoras llegan a alcanzar niveles muy alto de producción de biomasa con respecto a otras con menor potencial, las variedades con mayor potencial de biomasa producen alrededor de 31-35 ton/ha, las intermedias de 26-30 ton y las de menor de 20 ton/ha o menos y que esta producción de biomasa, está directamente relacionada con la producción de tallos molibles.

Es necesario plantear un sistema óptimo de aprovechamiento de esta biomasa que nos brinda la caña de azúcar, principalmente para fines energéticos en los propios ingenios u otras fábricas, ya que en muchas ocasiones se le da un mal manejo en el campo y es una energía que se desperdicia y que además contamina cuando se queman.

Palabras clave: Caña de azúcar, biomasa, cultivares, cogollo, hojas, vainas.

INTRODUCCION

Actualmente, los sistemas para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos para la producción óptima de alimentos, así como la necesidad de energéticos para uso industrial y automotriz, nacional e internacionalmente, dependen principalmente de los combustibles fósiles (minerales y petróleo). Alrededor del 80% del consumo mundial de energía y nutrientes se originan de dichas fuentes.

Esta es una situación que no puede seguir, no solo por el agotamiento progresivo de las reservas de los combustibles fósiles, sino también por los efectos negativos que se generan al medio ambiente y que impacta fuertemente al calentamiento global tan trillado y con sus efectos que ya estamos viviendo.

Los estudios científicos en los últimos 30 años han demostrado claramente que el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero, especialmente el CO₂, producidas por la combustión de combustibles fósiles, causará un aumento de la temperatura media global entre 1.4 °C y 5.8 °C en los próximos 100 años (IPCC, 2007).

La caña de azúcar es un cultivo de grandes potencialidades por su producción de biomasa y su contenido azucarero, ya que tiene muy evolucionado sus mecanismos fisiológicos, favorecidos por ser una planta de ciclo del carbono C₄ (o vía del ácido dicarboxílico) lo que la sitúa en una posición muy ventajosa en competencia con otros cultivos agrícolas, motivo por el cual tiene un potencial altamente diversificable en los productos y coproductos que de ella deriva y que se pueden aprovechar tanto para la producción alimentos, forrajes, energía, nutrientes y nuevas materias primas para otras industrias.

Central Motzorongo preocupado por la gran contaminación al medio ambiente y por el uso desmedido de combustibles fósiles como es el combustóleo, que además de ser contaminante, cada día es más caro; por ello se busca alternativas viables y amigables para minimizar dicho impacto y reducir sus costos de operación. Por lo anterior, se planteó desarrollar este trabajo para validar diversos cultivares dentro de un proceso de selección de variedades, fundamentalmente para encontrar híbridos comerciales de caña de azúcar con alto potencial en la producción de azúcar y biomasa.

ANTECEDENTES

Las necesidades de consumo energético y la necesidad de preservar el medio de agresiones cuyos efectos son del todo impredecibles mueven a la búsqueda de fuentes de energía que en la medida de lo posible, sean renovables y respeten el medio. La biomasa es un posible candidato como fuente alternativa.

Se entiende por biomasa el conjunto de materia orgánica renovable ya sea de origen animal o vegetal o procedente de su transformación y no utilizable como con finalidad alimentaria o industrial. La biomasa es una reserva de energía enorme y durante mucho tiempo y aun hoy en los países subdesarrollados es la casi única fuente de energía en forma de combustible. Sus posibilidades de aprovechamiento son múltiples y su combustión no produce aumento en gases de efecto invernadero ya que el CO² que devuelve a la atmósfera lo retiró de ella casi al mismo tiempo, lo que no ocurre con los combustibles fósiles, cuya combustión emite un dióxido de carbono retirado hace milenios (Martínez, 2005)).

Es bien sabido que todo indica que la primitiva atmósfera terrestre no contenía oxígeno y han sido las plantas verdes las que a lo largo de milenios han ido sustituyendo dióxido de carbono por oxígeno gracias a la fotosíntesis (Martínez, 2005).

La caña de azúcar por naturaleza es una planta maravillosa con alto potencial en producir biomasa, ya que en países donde se cultiva esta gramínea, los centros de investigaciones buscan obtener híbridos cada vez con mayor índice de producción de biomasa.

Los residuos de cosecha de la caña de azúcar (puntas, hojas secas y verdes) se considera que tiene un alto potencial como combustible alternativo para la cogeneración, además del bagazo. La cantidad de residuos producido depende de la variedad, la edad del cultivo a la cosecha, el suelo y las condiciones climáticas. Por lo general, representa aproximadamente el 15% de la biomasa aérea total en la cosecha, lo que equivale a cerca de 10-15 ton / ha de materia seca. Durante la operación de la cosecha alrededor de un 70-80% de los residuos se deja en el campo y un 20-30% son llevados a la fábrica (cosecha en verde), junto con los tallos de caña, esto como materia extraña (Macedo *et al.*, 2001). Los residuos de caña tienen un valor calorífico similar al bagazo de caña, pero tiene una ventaja sobre el bagazo de que tiene un menor contenido de humedad, y por lo tanto, se seca con mayor rapidez.

Bhattachrya *et al.*. (2005) define a los residuos de cosecha (RC), como todos los materiales orgánicos que son producidos como subproductos o coo-productos de la cosecha o del procesamiento de cultivos agrícolas como la caña de azúcar. Además existen dos tipos de residuos agrícolas en la caña de azúcar: residuos primarios y residuos secundarios. Los primarios son aquellos que son producidos al momento de la cosecha (corresponde a la paja compuesta por las puntas, hojas secas, vainas y porciones de tallos molibles e inmaduros), mientras que los residuos secundarios son aquellos que se derivan del procesamiento industrial de la materia prima o producto (el bagazo).

Los residuos primarios resulta un poco difícil de coleccionar, aunque ya se han diseñados algunos equipos especializado para hacerlo, y que pueden utilizarse como fertilizante y mejorador del suelo al incorporarlo (biofertilizante) y como alimento animal o como fuente de energía cuando de recolecta. Mientras que los residuos secundarios se vuelven más atractivo como una fuente de energía primaria para las mismas industrias (ingenios) con un costo mínimo de transporte y manejo.

La caña de azúcar no solamente es utilizada para producir azúcar, aunque éste seguirá siendo el producto principal y más "natural" obtenido del jugo de la caña. Es bien conocida la producción de energía eléctrica, alcohol o etanol en Brasil y Guatemala, la producción de papel de la India, Cuba y otros países; así como la producción de diferentes tipos de alimento animal a partir de la caña, por lo que para desarrollarlo actualmente, es un reto para varios países azucareros, entre ellos México. Por tanto los residuos de cosecha, son fuente para la alimentación animal y generación de energía (energía eléctrica); son materias primas para obtener mieles, levaduras, alcohol, productos hidrolizados, papel, pulpa, furfural, tableros, biofertilizantes, combustible, y gas metano en biodigestores, que sirve para estufas, etc.

Suarez, 1980, indica que una planta completa de la caña de azúcar en su estado natural se compone de la siguiente manera: cogollo y hojas verdes (10 %), vaina y hojas secas (20 %) y tallos limpios (70 %) y menciona que puede haber de 11 a 12 toneladas de paja de caña por hectárea, que corresponde a los residuos de cosecha dejados en campos cosechados con máquinas combinadas, según estudios realizados en Cuba, pudiéndose recolectar entre un 60-70% con máquinas cortadoras de follajes acopladas y adaptadas a remolques, clasificado en: hojas (40-80%), vainas (15-35) y trozos de caña (15%).

Pantaleón, 2010 encontró que cosechando mecánicamente con la variedad más sembrada en México (Mex 69-290) y con un rendimiento promedio de 72 ton/ha, recolectó en promedio 11 toneladas de residuos de cosecha en pacas de 30 kg, que correspondió un 70% del total de residuos generados después de la cosecha y el resto se queda en el suelo para su incorporación y aportación de materia orgánica.

La Vaina y las hojas secas tienen composición muy parecidas a la del bagazo, pero no contienen azúcares, y tienen menores contenidos de humedades que él, lo que las hace más utilizables desde el punto de vista energético. Por lo anterior se puede sustituir el bagazo por vainas y hojas secas (residuos agrícolas) para producir energía, alimentando las calderas de los ingenios (Suárez, 1980).

Brasil tiene 20 laboratorios trabajando en ingeniería genética de caña como fuente para biocombustible. Desde el 2002 han venido secuenciando el Genoma completo de la caña en búsqueda de mayor productividad. Japón lanzará en el futuro su Mega Caña para producir cantidades superiores de biomasa como plataforma para sus problemas de energía y combustibles (Melgar, 2010).

El aprovechamiento de modo eficiente y controlado de la biomasa de caña de azúcar es una tecnología reciente que presenta sus problemas por su novedad, su todavía escasa implantación, así como por los derivados de la propia tecnología. Además la concentración energética es menor en la biomasa y los rendimientos de producción son ligeramente menores que los de combustibles fósiles. Tampoco hay un suficiente desarrollo en los sistemas de recogida y distribución.

Sin embargo es de esperar que en un futuro no muy remoto los términos se inviertan y el aprovechamiento de la biomasa alcance volúmenes considerables (Martínez, 2005).

MATERIALES Y METODO

El presente estudio se realizó en una región, con un clima y tipo de suelo muy representativo del ingenio Central Motzorongo, donde se validaron un grupo ocho cultivares prometedores y dos cultivares comerciales de caña de azúcar. El tipo de suelo correspondió a nitosol húmico (Nh) con 4.7 de pH, suelo profundo y con una precipitación promedio anual de 2500 mm. El experimento se llevó a cabo durante el año 2013, en el ciclo de cultivo soca. La cosecha se realizó a los 12 meses de edad, en verde y de forma manual.

Se utilizó un diseño experimental completamente de bloques completos al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 40 parcelas experimentales; en donde cada parcela consistió de 6 surcos separados a 1.20 m, por 10 m de longitud, siendo que cada parcela experimental tenía un área de 86.4 m² y teniendo un área total efectiva de estudio de 3456 m².

Las variables que determinan el rendimiento agrícola consideradas, fueron número de tallos o población, altura, diámetro de tallos y rendimiento de campo a los 12 meses de edad, mientras que las variables de calidad industrial fueron % brix, %sacarosa, % humedad y azúcares reductores.

Los datos obtenidos fueron analizados por medio de paquetes estadísticos INFOSTAT versión 2015 y pruebas de comparación de medias por Tukey al 5% para las variables que mostraron significancia.

Tabla1. Tratamientos o cultivares estudiados

Núm.	Cultivares
1	CP 72 - 2086
2	MEX 69 - 290
3	MOTZMEX 01 - 403
4	MOTZMEX 00 - 3461
5	MOTZMEX 01 - 301
6	CP 94 - 1100
7	V 71 - 39
8	MOTZMEX 03 - 1075
9	ATEMEX 96 - 40
10	MOTZMEX 00 - 3

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en este experimento indica que las variables consideradas que determinan el rendimiento agrícola, como fueron la población, altura y diámetro de tallos (Tabla 2) a los 12 meses de edad, mostraron diferencia estadística significativa, altamente significativa y significativa respectivamente, lo que significa que el comportamiento de las diferentes variedades fueron estadísticamente diferentes en estas variables. En cuanto a población o número de tallos promedio en 2m lineales destacan las variedades CP 72-2086, MOTZMEX 03-1075 y ATEMEX 96-40, y como la de menor población a la V 71-39. Dentro de la variable altura sobresalen como las mejores la V 71-39 y MOTZMEX 03-1075 y con menor altura a la MOTZMEX 01-301. Para el caso de diámetro de tallos, la mejor variedad resultó la V 71-39 y con menor a la MOTZMEX 00-3461. Todas las demás variedades tuvieron un comportamiento normal y muy similar.

Tabla 2. Población o número de tallos en 2 m lineales, altura y diámetro de tallos a los 12 meses de edad.

Tratamientos	Población (núm.)	Altura (m)	Diámetro (cm)
CP 72 - 2086	16.60 a	2.47 a b	2.56 c d
MEX 69 - 290	15.55 a b	2.56 a b	2.59 b c d
MOTZMEX 01 - 403	16.00 a b	2.45 a b	2.51 c d
MOTZMEX 00 - 3461	14.70 a b	2.49 a b	2.41 d
MOTZMEX 01 - 301	15.05 a b	2.04 c	2.61 b c d
CP 94 - 1100	14.85 a b	2.46 a b	2.59 b c d
V 71 - 39	11.95 b	2.70 a	2.99 a
MOTZMEX 03 - 1075	16.00 a b	2.70 a	2.68 b c
ATEMEX 96 - 40	16.15 a b	2.31 a b	2.72 b c
MOTZMEX 00 - 3	14.20 a b	2.41 a b	2.80 a b
<i>R</i> ²	0.59	0.74	0.80
<i>C.V.</i>	11.50	5.47	3.72
<i>MDS</i>	4.22	0.32	0.24
<i>DES</i>	*	**	*

*R*²= raíz cuadrada, *C.V.* = coeficiente de variación, *MDS* = mínima diferencia significativa; *DES*= diferencia estadística significativa. *NS*= no significativo, *= significativo, **=altamente significativo

Letras iguales no difieren estadísticamente en prueba de Tukey al 5%.

Para el caso

del porcentaje

de sacarosa y porcentaje de humedad contenido en los tallos al momento de la cosecha (Tabla

3), se encontró diferencia altamente significativa en ambos casos, que significa que todas las variedades estudiadas tuvieron un comportamiento diferente en estas variables, esto debido a que se evaluaron tanto variedades de madurez precoz, medias y tardías, sobresaliendo en sacarosa y bajo contenido de humedad la CP 72-2086 y CP 94-1100 por ser de madurez precoz, con menor contenido de sacarosa y mayor porcentaje de humedad a la V 71-39, MOTZMEX 01-301 y MOTZMEX03-1075 que son de madurez tardía y el resto de las variedades medias fueron similares en su comportamiento.

Tabla 3. Porcentaje de sacarosa y humedad a los 12 meses de edad.

Tratamientos	Sacarosa (%)	Humedad (%)
CP 72 - 2086	16.04 a	70.40 c
MEX 69 - 290	15.92 a	74.72 b c
MOTZMEX 01 - 403	14.39 a b c	78.71 a b
MOTZMEX 00 - 3461	15.70 a b	72.84 b c
MOTZMEX 01 - 301	12.99 c	76.30 a b c
CP 94 - 1100	15.73 a	70.74 c
V 71 - 39	12.61 c	82.15 a
MOTZMEX 03 - 1075	13.01 b c	77.90 a b
ATEMEX 96 - 40	15.71 a b	77.80 a b
MOTZMEX 00 - 3	13.78 a b c	77.34 a b
<i>R</i> ²	0.67	0.75
<i>C.V.</i>	7.61	3.36
<i>MDS</i>	2.70	6.20
<i>DES</i>	**	**

*R*²= raíz cuadrada, *C.V.* = coeficiente de variación, *MDS* = mínima diferencia significativa; *DES*= diferencia estadística significativa. NS= no significativo, *= significativo, **=altamente significativo

Letras iguales no difieren estadísticamente en prueba de Tukey al 5%.

En cuanto a la variable importante evaluada en este trabajo que fue el potencial de producción de biomasa (RC= hojas verdes, secas, vaina, punta y tallos inmaduros) y rendimiento de campo (ton/ha) (Tabla 4) en las diferentes variedades, se encontró diferencia altamente significativa entre las diferentes variedades estudiadas, donde las mejores como productoras de biomasa en orden de importancia fueron la CP 72-2086, MOTZMEX 0034-61, MEX 69-290, MOTZMEX 01-403, MOTZMEX 03-1075, CP 94-1100 y MOTZMEX 00-3 que resultaron estadísticamente iguales, de éstas destacan solo la MOTZMEX 03-1075 y MOTZMEX 00-3 en rendimiento de campo, la de producción intermedia fueron la V 71-39 y ATEMEX 96-40, mientras que la variedad con menor producción de biomasa y menor rendimiento de campo fue la MOTZMEX 01-301. De acuerdo con estos resultados queda demostrado que el contenido de biomasa y el rendimiento en campo son variables muy independientes, donde no existe una correlación entre ellos, porque hay variedades con mayor producción de biomasa pero menor producción agrícola y viceversa.

Tabla 4. Rendimiento total de residuos de cosecha y rendimiento agrícola a los 12 meses de edad.

Tratamientos	RC(ton/ha)	Rendimiento (ton/ha)
CP 72 - 2086	37.21 a	77.30 a b c
MEX 69 - 290	33.94 a	68.60 b c d
MOTZMEX 01 - 403	32.88 a	77.34 a b c
MOTZMEX 00 - 3461	34.74 a	61.68 c d
MOTZMEX 01 - 301	20.62 b	53.81 d
CP 94 - 1100	31.75 a	72.43 b c d
V 71 - 39	28.27 a b	66.42 c d
MOTZMEX 03 - 1075	32.73 a	98.54 a
ATEMEX 96 - 40	26.96 a b	69.65 b c d
MOTZMEX 00 - 3	31.07 a	90.66 a b
<i>R</i> ²	0.74	0.72
<i>C.V.</i>	13.70	13.03
<i>MDS</i>	10.33	23.35
<i>DES</i>	**	**

*R*²= raíz cuadrada, *C.V.* = coeficiente de variación, *MDS* = mínima diferencia significativa; *DES*= diferencia estadística significativa. NS= no significativo, *= significativo, **=altamente significativo

Letras iguales no difieren estadísticamente en prueba de Tukey al 5%.

CONCLUSIONES

1. La obtención de nuevas variedades comerciales de caña de azúcar mediante el mejoramiento genético, a través de las cruzas para la obtención de híbridos comerciales con mayor potencial de producción, ha permitido aumentar la productividad de la caña de azúcar (azúcar y biomasa), particularmente al incrementar la eficiencia de la fotosíntesis.
2. En este trabajo se encontraron nuevos cultivares con el mismo potencial de producción de biomasa MOTZMEX00–3461, MOTZMEX01– 403, MOTZMEX03 – 1075, que las propias variedades comerciales.
3. La investigación, innovación y la creación de tecnologías apropiadas y viables para la conversión y aprovechamiento de los residuos de cosecha incrementa el número de opciones de rentabilidad, comprobándose día a día los beneficios económicos y sociales que puede generar.
4. Existe la convicción de que por medio de la diversificación productiva en el campo cañero mexicano, se puede contribuir significativamente a su modernización y competitividad.

RECOMENDACIONES

- La industria azucarera nacional y mundial debe progresivamente alejarse de la práctica de quemar el cultivo antes de cosechar, e implementar el sistema de cosecha en verde, con el fin de conservar y recuperar la mayor cantidad de los residuos de la cosecha (Trash o RAC), además de que no se contamina el ambiente al no emitir CO₂.
- Se necesita implementar una estrategia viable y eficiente para recolectar y transportar los residuos de cosecha del campo al ingenio.
- Fomentar un sistema de picado de la materia vegetal, ya sea que llegue en forma de rollo grande o en forma de paca común (figura prismática) para poder mezclarla con el bagazo y quemarla en las calderas sin inconvenientes

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Suárez, V. 1980., Estudio sobre la recolección mecanizada de la paja de la caña de azúcar. 39 conferencia, ATAC, La Habana. Cuba.
2. Martínez, P. J. A. 2005. La Biomasa como Fuente de Energía Renovable. Anales de la Real Sociedad Española de Química. Segunda época enero-marzo, 2005.
3. Melgar, M. 2010. Tendencias de la Investigación en Caña de Azúcar a Nivel Mundial. XVIII Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica. Celebrado del 5 al 8 de julio en El Salvador.
4. Pantaleón 2010. Evaluación del aprovechamiento de residuos de cosecha (RC) en cosecha mecanizada en verde en el Área de Influencia de Central Motzorongo. Folleto Técnico Núm. 1. 12 p.