

EFFECTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE TÉCNICAS DE SIEMBRA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

EFFECTIVENESS AND PROFITABILITY OF SOWING TECHNIQUES FOR SUGAR CANE (*Saccharum* spp.)

**Ortiz-Laurel, H.^{1*}; Rosas-Calleja, D.¹; Dietmar Rössel-Kipping, D.¹;
Sergio Salgado-García, S.¹; Debernardi de la Vequia, H.¹**

Colegio de Postgraduados. LPI-2 Agroecosistemas Sustentables-Grupo MASCAÑA. km. 36.5,
Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, 56230, Estado de México, México.

***Autor de correspondencia:** hlaurel@colpos.mx

RESUMEN

Las superficies cultivadas con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) requieren y deben ser renovados, aunque es en esta etapa donde la experiencia de producir caña de azúcar debe expresarse; adecuando e incorporando tecnologías y metodologías novedosas. A pesar del rezagado tecnológico que vive el sector cañero en ciertas áreas de México, éste no debe ser obstáculo para mejorar tareas y procesos, cuando el objetivo de producir debe ser incrementar rendimientos y rentabilidad del cultivo. Con el propósito de orientar a los actores, este documento examina aspectos básicos y tecnologías de actualidad que intervienen en la siembra de la caña de azúcar, considerada una actividad clave para mejorar la productividad del cultivo.

Palabras clave: Cultivo de caña, siembra, plántulas de caña

ABSTRACT

The surfaces cultivated with sugar cane (*Saccharum* spp.) require and must be renovated, although it is in this stage when the experience from producing should be expressed, adapting and incorporating innovative technologies and methodologies. Despite the technological backwardness in the sugar cane sector of certain areas in México, it should not be an obstacle to improve the tasks and processes, when the objective of producing must be increasing the crop's yields and profitability. With the purpose of orienting the actors, this document examines basic aspects and current technologies that intervene in sugar cane planting, which is considered a key activity to improve the crop's productivity.

Keywords: Productivity, sowing topology, sowing bed, best practices.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 3, marzo, 2016, pp. 40-47.

Recibido: septiembre, 2015. **Aceptado:** marzo, 2016.

INTRODUCCIÓN

México es el séptimo productor mundial de azúcar y la industria azucarera Mexicana es una de las más importantes debido a su impacto económico y social, generando más de 2.5 millones de empleos; se desarrolla en 227 municipios de 15 entidades federativas, con un valor de producción primaria de alrededor de 30 mil millones de pesos. En México existen 55 ingenios que procesaron caña de azúcar procedente de alrededor de 790 000 ha en la zafra 2013/2014, que produjeron 6000,000 toneladas de endulzante por zafra y cuyo rendimiento promedio fue de 69 t ha⁻¹ (CONADESCA, 2014), sin embargo, los bajos precios del azúcar, altos costos de producción del cultivo y bajos rendimientos, están obligando a que los productores revisen cuidadosamente como es cultivada la caña de azúcar. Este análisis permitirá identificar áreas o actividades susceptibles de mejora, que conlleven a lograr ahorros y optimizar la productividad del cultivo. En el logro de este objetivo intervienen varios factores, tales como, mejorar y aplicar prácticas de campo, nuevas variedades resistentes a plagas y de alto rendimiento y cosecha de caña cruda, entre otros. La preparación del suelo para acondicionar una adecuada cama de siembra para la semilla de caña y la siembra misma han sido identificadas como áreas donde los costos pueden reducirse. La siembra es el primer paso para lograr el desarrollo y rentabilidad del cultivo (Yadav *et al.*, 2003). Esta es una de las etapas de producción de caña de azúcar que demanda más conocimiento técnico y planificación apropiada, ya que las decisiones tomadas en repercuten a lo largo

del ciclo de producción, el cual se extiende de 5 a 8 años, además de su alto costo, pudiendo variar de \$18,000.00 a \$24,000.00 por hectárea. Se ha querido minimizar el costo aduciendo de que se prorroga durante los años de permanencia de la caña en campo, afirmando que el costo de producción es menor al de un cultivo anual (Molin *et al.*, 2013). En México, este costo incluye; costo de semilla, corte y traslado, destrucción de cepas viejas y prácticas de preparación del suelo, acondicionamiento de semilla (desinfección y tratamientos), siembra, fertilización y tapado de la semilla, todos estos factores varían tanto en calidad como en cantidad, dependiendo de la región. Generalmente se emplean prácticas de labranza innecesaria, inadecuada y en muchos casos insuficientes, lo cual contribuye a que el suelo carezca de la condición apropiada y escasa humedad, lo que ocasiona una germinación desde deficiente a irregular. Para remediar estas inconsistencias en esta etapa, obligará a realizar tareas de último minuto para tratar de corregir lo faltante, de ahí los bajos rendimientos, además de que agrava el problema de altos costos de producción. En un esquema de explotación industrial del cultivo de la caña de azúcar, las necesidades de renovación de los cañaverales deben ofrecer solución a los siguientes contratiempos; a) La disminución gradual de los rendimientos, b) Los daños ocasionados consecutivamente durante la cosecha, c) A la adecuación de los campos para la introducción de nuevas técnicas de producción y d) Al incremento en los problemas sanitarios. Tradicionalmente, la caña de azúcar es sembrada a partir de un tallo o una porción de tallo maduro de caña (Salassi *et al.*,

2004). En México, el proceso de la siembra de caña de azúcar es semi-mecanizado, que incluye operaciones manuales y mecanizadas, que no siguen un orden específico. Esta división de actividades genera inconvenientes y deficiencias operativas entra cada una de las tareas involucradas; requiriéndose primeramente, el aseguramiento y suministro de alrededor de 12-18 t ha⁻¹ de material vegetativo apropiado, que regularmente es proporcionado por tallos de caña vigorosos y completos, así como su corte y traslado hacia el sitio de siembra (Figura 1). En segundo lugar, este proceso demanda mucha mano de obra y aunque se podría especular que esto contribuye a realizar una siembra eficaz y con mayor cuidado, el resultado difiere mucho de la realidad, ya que la germinación no es uniforme y tampoco se tiene un prendimiento vigoroso del cultivo.

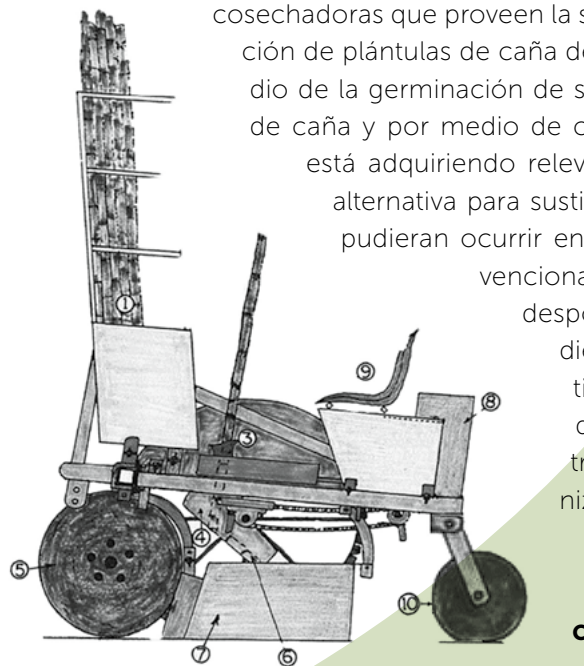
En sí, la siembra de caña de azúcar consiste en tirar manualmente los tallos de la semilla en el fondo de surcos previamente formados con maquinaria. Los tallos, algunos de hasta dos metros se acomodan para que exista traslape. Un trabajador camina sobre el surco y con machete corta los tallos en trozos pequeños (dos a tres yemas), aunque la decisión del tamaño de los trozos no esta del todo claro, muy probablemente éste está dictado en términos económicos – trozos largos, menos tiempo de la tarea y menor costo. Finalmente, los trozos son cubiertos con suelo y como se observa en la Figura 2, se arrastra suelo seco de los costados del surco al mismo tiempo que el trabajador lo compacta, al pisar el suelo sobre la semilla. En México, la siembra de la caña de azúcar en la que se utilizan medios mecánicos, se le considera



Figura 1. Corte y carga manual de semilla de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).



Figura 2. A-B: Colocación de semilla de caña de azúcar en surcos y operación de su tapado. C: Esquema de máquina picadora-sembradora de trozos de caña de azúcar.



aún una práctica no totalmente explorada y aunque, se le cataloga como innovadora, no se dispone de muchas experiencias. Las primeras máquinas de siembra de caña únicamente colocaban y cubrían con suelo los trozos. Aunque requerían que los surcos ya estuvieran formados y la tarea de la fertilización se realizaba por una máquina adicional.

En su siguiente etapa, la máquina sembradora llevan los tallos enteros de semilla y normalmente dos trabajadores alimentan esos tallos dentro de un mecanismo que los corta en trozos de alrededor 300 mm de largo, los que son depositados en el fondo del surco que la misma máquina abre con una reja surcadora en su parte anterior (Figura 2 B). Los trozos de caña se traslapan en dos hileras. Simultáneamente, se puede agregar fertilizante y con el uso de discos cubridores se tapa la semilla. Algunos países cañeros han impulsado la siembra mecanizada integral, minimizando la mano de obra, utilizando máquinas sembradoras que realizan todas las labores (Ripoli y Ripoli, 2010; Robotham, 2004). Generalmente, estas máquinas manipulan trozos de caña, los cuales son proporcionados mediante un sistema de cosecha mecanizada (Nova Vargas, 2009). Sin embargo, a pesar de tener más de una década de experiencia, aún no se ha logrado reducir la cantidad de semilla requerida, más bien se ha duplicado (Robotham, 2004). Este incremento en la dosificación/densidad de semilla no ha repercutido en un incremento en el rendimiento y por lo general la semilla

presenta daños, lo que afecta la germinación, debido principalmente a un manejo deficiente de las cosechadoras que proveen la semilla. La obtención de plántulas de caña de azúcar por medio de la germinación de semilla, de yemas de caña y por medio de cultivo de tejidos, está adquiriendo relevancia como una alternativa para sustituir las fallas que pudieran ocurrir en la siembra convencional y para cubrir la despoblación que pudiera afectar al cultivo (Viveros y Calderón, 1995). El trasplante mecanizado de plántulas

puede realizarse como una actividad de siembra. Una de las mayores ventajas es que las plantas ya están germinadas y con altura de 25 cm en promedio aseguran un prendimiento superior a 96%, una distribución uniforme y paralela en el surcado y además el equipo puede aplicar de manera directa a las plántulas productos fitosanitarios y agroquímicos, que coadyuvan al prendimiento y nutrición de la planta al momento de la siembra, lo cual reduce gastos de operación (Lopes Garcia, 2008; Naik *et al.*, 2013). El propósito de este trabajo fue analizar los principales aspectos de la siembra de caña de azúcar en México, que incluyen la preparación del suelo; haciendo énfasis en comparar la efectividad de la siembra convencional o semi-mecanizada (también llamada manual) con la siembra mecanizada con máquinas sembradoras que realizan todas las labores de forma integral y del trasplante mecanizado de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los campos de caña de azúcar productivos requieren plantaciones eficientes, lo que se logra con semilla apropiada, variedades adaptadas a las condiciones de suelo y ambientales predominantes en campo, sin dejar de lado la importancia de una adecuada preparación del suelo. La densidad de siembra más común es de 10 a 12 yemas por metro lineal con un espaciamiento entre los surcos que varía de 1.2 m a 1.5 m, dependiendo de la preferencia de los productores, la aprobación por los técnicos y la región de producción (Gould *et al.*, 2003).

Preparación del suelo y siembra manual

La preparación de una cama de siembra tiene como fin acondicionar el suelo, hasta lograr una condición tal que le proporcione una calidad óptima para ofrecer las mejores oportunidades de germinación de la semilla, una emergencia satisfactoria y el desarrollo de una planta de caña saludable (Robotham, 2004). Aunque no se sigue una secuencia regular de actividades en la preparación del suelo; cada ingenio sigue su propio ritual de tareas, a las que se les considera imprescindibles. Idealmente, cualquier actividad de manipulación de suelo debe regirse en función del tipo de suelo y condición predominante, al cual se le deben de aplicar técnicas de labranza racional y sustentable (Ortiz Laurel y Rössel Kipping, 2007). Para esto último, todas las semillas demandan una condición física adecuada del suelo, por lo que suelos diferentes; requerirán diferentes tratamientos e igualmente diversas herramientas agrícola-

las para proporcionar esas condiciones, de aquí que la disponibilidad de máquinas e implementos apropiados es por demás vital. Por lo general, es común encontrar que, posterior al volteado o destrucción de la cepa de caña vieja, la preparación del suelo está constituida por las tareas de paso arado de discos para el barbecho, seguido de la rastra de discos (usualmente se sugieren de dos a tres pasadas), subsuelo (usualmente se sugiere cruzado), y el objetivo de todas éstas es, descompactar y conseguir una estructura adecuada del suelo, y la formación de los surcos. Finalmente, el surcado del terreno el cual consiste en abrir surcos donde serán colocados los tallos de la caña. Esta labor se realiza utilizando tractores que llevan acoplados dos o más rejas surcadoras (mariposas), que al ser arrastradas forman los surcos (Ortiz Laurel y Rössel Kipping, 2007). Por un lado, existe la creencia popular de que la profundidad de siembra debe ser grande para cubrir adecuadamente la semilla con suelo, por lo que es común encontrar que la profundidad de los surcos varía de 200 a 300 mm. Esto sin lugar a dudas, consume grandes cantidades de combustible y la operación es lenta por la cantidad de suelo a mover, además de que es posible encontrar que, una vez realizado la primera línea de surcos, se utilice un surco de éstos como referencia para formar los próximos surcos, disminuyendo la productividad hasta en 50% y en casos extremos se repite una pasada sobre los surcos recién formados, argumentando que es benéfico para la caña disponer de surcos bien construidos. Sin embargo, ajeno a todo lo anterior el surcado se realiza con demasiada anticipación a la siembra de la caña; así con los surcos expuestos al ambiente provoca la pérdida de humedad, principalmente en los costados que es el suelo que cubrirá a las semillas. Una vez más, el desconocimiento de técnicas para mejorar esta labor, la carencia de accesorios mecánicos adecuados y de una programación satisfactoria, limitan la efectividad de una buena siembra, así como el que se facilite la brotación y emergencia uniforme e incrementando innecesariamente los costos. De igual manera, una siembra efectiva no se ejecuta con sólo disponer de la semilla "madre" adecuada y tampoco por el simple tirado de los tallos de caña en los surcos, por lo que conviene señalar los tipos de técnicas para colocación de la semilla; en función de las variedades y del tipo y condición de los suelos de la región cañera (Figura 3), cuya finalidad es obtener una densidad adecuada, amacollamiento apropiado y población de tallos significativa para asegurar un rendimiento previsible (Serafim *et al.*, 2013). Una vez concluido este proceso, se puede



Figura 3. Diversas formas de arreglo de la semilla de caña de azúcar para su siembra.

agregar algún agroquímico, tapar y consolidar el suelo alrededor de la semilla. Debe evitarse el “tapado” mecánico mediante la improvisación de equipo agrícola, ya que no ha dado resultados satisfactorios, pero si incrementado los costos.

Siembra semi-mecanizada y mecanizada integral

Las agravantes de los bajos precios del azúcar, bajos rendimientos y carencia de experiencias con tecnologías ajenas y aún novedosas en este medio, lanzan señales de una mayor restricción de inversiones en el sector y poco se puede aportar. Por lo que, este tema está fuera del alcance de este documento. El establecimiento del cultivo de caña utilizando plántulas; requiere primeramente de buena prepara-

ción del terreno para asegurar un suelo suelto y para que éste mantenga rápidamente un contacto efectivo con el cepellón de la plántulas y asegurar su prendimiento. Por lo tanto, la ejecución de esta práctica debe programarse escrupulosamente en periodos de alta precipitación y en suelos arcillosos con alta capacidad de retención de humedad, para prever que la maquinaria pueda ingresar al terreno y realizar una buena preparación del suelo. Actualmente, los ingenios y las organizaciones de productores cañeros utilizan estas técnicas de multiplicación para el establecimiento de semilleros y para Incrementar en poco tiempo la cantidad de material de siembra disponible. Aunque por el momento, la utilización de las plántulas se ha destina-

do a cubrir la despoblación de los cañaverales y en los puntos de una nula germinación durante la siembra convencional.

El trasplante de las plántulas en campo se puede realizar tanto de forma manual como mecanizada. Un primer indicador de la eficiencia del proceso es asegurarse que el trasplante sea exitoso; cuando se repuebla el cañaveral la operación se realiza manualmente y cuando se siembra el lote completo la opción viable es mecanizarse para alcanzar ese objetivo, ya que de antemano, la siembra manual es costosa y no del todo satisfactoria (Leonel Bottegam *et al.*, 2013). En el caso de utilizar una trasplantadora, se necesita un tractor agrícola con capacidad suficiente para arrastrar

a una velocidad de trabajo adecuada el número de unidades de trasplante con las que pretenda operar (Rasavi y Namjoo, 2010). Asimismo; la trasplantadora debe calibrarse previamente para conseguir la distancia de siembra deseada, así como, prever que la profundidad de la plántula en el surco sea de 100 mm y asegurar que la plántula debe permanecer firme y en contacto con el suelo.

Un sistema de siembra mecanizada en la que se utilicen plántulas puede asegurar una reducción en los costos de siembra si se compara con la práctica convencional; por un lado, la operación del trasplante se efectúa con mayor rapidez, se logra uniformidad en la profundidad de colocación de las plántulas, lo que puede permitir el rápido desarrollo radicular del cultivo (Naik *et al.*, 2013). Sin embargo, la germinación de las plántulas y la serie de actividades que demanda su manejo hasta alcanzar el porte suficiente para su trasplante en campo, con-

vierten a este sistema en uno de alto costo, laborioso y lento. Romero Márquez y Camarena Ramos (2011) identificaron nueve etapas del proceso completo desde la selección del semillero hasta que la plántula es colocada en campo. Los criterios que se siguen para definir el ancho de separación entre los surcos son iguales a los de la siembra por trozos de caña. Igualmente, los surcos son formados a profundidad similar a la que se utiliza para la siembra con trozos, es decir, de 200 a 300 mm. Apoyados en la experiencia de los centros de multiplicación, en el trasplante la separación entre plántulas es de 700 mm; ya que se consigue la misma población de cepas que en la siembra comercial tradicional (Viveros y Calderón, 1995; Victoria *et al.*, 1997). Esta población garantiza buena producción de tallos, aunque, con variedades de baja capacidad de amacollamiento, esta distancia se puede reducir hasta en 100 mm entre plántulas. Esta técnica entra dentro de la categoría de semi-mecanizada, ya que un operador sentado sobre la máquina coloca las plántulas dentro de los orificios (cuatro a seis) de un carrusel (las plántulas derivadas de esquejes tienen un cepellón de un diámetro de 64 mm y las obtenidas por cultivo de tejidos de 45 mm), el cual gira conforme se avanza sobre el terreno y cuando un orificio coincide con la abertura de descarga, la plántula se desliza hasta el surco recién abierto por la misma máquina y la cual es inmediatamente aprisionada y cubierta con suelo (Figura 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La competitividad y rentabilidad del cultivo de caña de azúcar se ven afectadas por diversos factores de la producción y atraso tecnológico (Nova Vargas, 2009; Ripoli y Ripoli, 2010; Taghinezhad *et al.*, 2014). El manejo del suelo tiene dos objetivos fundamentales; facilitar el desarrollo del cultivo para obtener ganancias y mantener o mejorar la fertilidad del suelo a largo plazo. Por lo que, una manipulación adecuada del suelo debe proporcionar un medio apropiado en el que las semillas puedan germinar y las raíces puedan crecer y, éste debe suministrar los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo. Tres aspectos destacan respecto a las necesidades de una buena preparación del suelo para la siembra de caña de azúcar; desconocimiento de la calidad del suelo requerido por la semilla y plántula de caña, desconocimiento de las técnicas de manipulación mecánicas racionales y sustentables para la preparación de una cama de siembra para la semilla y plántula de caña y carencia de equipo mecánico de labranza con herramientas simples o en combinación, para



Figura 4. Evaluación de funcionamiento de un prototipo de trasplantadora en donde destaca la uniformidad de la siembra.

conseguir la mejor preparación del suelo al menor costo, así como la habilidad para seleccionar el equipo en función de la fuente motriz y adaptado a las condiciones y tipo de suelo. Cualquier sistema de siembra mecanizada posee diversas ventajas agronómicas y técnicas cuando es comparada con la no mecanizada, como pueden ser; la conservación de la humedad del suelo influenciada por la exposición de los surcos, temperatura del ambiente y radiación solar, por lo que el equipo debe abrir el surco, depositar la semilla y cerrarlo en la misma pasada, se logra la dosificación simultánea de agroquímicos en la siembra, se reduce la demanda de mano de obra y se consigue una disminución de los costos (Nova Vargas, 2009; Ripoli y Ripoli, 2010; Yadav *et al.*, 2003), siempre y cuando el equipo sea utilizado en al menos, el mínimo de terreno en que su amortización sea viable. Así, una unidad mecánica de trasplante en una jornada de ocho horas puede trasplantar 12000 plántulas. Por lo que, esta eficiencia se puede incrementar colocando dos o más unidades sobre la misma barra de acople de unidades, acorde a la capacidad de la fuente motriz. Las mayores ventajas con este sistema son realizar una excelente selección del material a germinar y selección de las plántulas para ser sembradas, además de que se gana en que la siembra en si ya tiene al menos un mes avanzado

y que en improbables pero aún eventuales fallas en el prendimiento se corregirán rápidamente. El proceso de siembra es rápido; se abre el surco, es posible adicionar fertilizante y coadyuvantes y se cubre el cepellón de la plántula conforme pasa la máquina sobre el terreno y las demandas de mano de obra son bajas. Mientras que del lado negativo la obtención de las plántulas no es económico, debido a todo el proceso involucrado. Por lo que es conveniente realizar un análisis para identificar aquellas etapas con oportunidad de mejora. En este proceso de trasplante, se evaluó la demanda de potencia, el consumo de combustible, la eficiencia en términos de porcentaje y se comparó el ahorro en tiempo y los costos de operación, respecto a la siembra manual por espeque (Cuadro 1). Los resultados de las pruebas mostraron ventajas en el sistema de trasplante mecánico, respecto al manual considerando factores como el prendimiento y tiempo de operación. Otro factor importante fue el bajo consumo de potencia (20.52 kW) por unidad de trasplante.

Con una velocidad de avance promedio de $1.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, la capacidad de campo para las condiciones operativas de las zonas de pruebas, con una separación entre plántulas de 700 mm y una distancia entre surcos de 1.20 m fue de $2.5 \text{ ha}\cdot\text{día}^{-1}$. Por lo que, en términos operativos, es posible recuperar la inversión en un lapso de dos años, teniendo una productividad de al menos $2 \text{ ha}\cdot\text{día}^{-1}$ y operando durante 120 días por temporada. Mientras que, en el trasplante manual con un terreno previamente surcado y con las mismas condiciones de separación de surcos y entre plántulas, se requiere de $18 \text{ jornales}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$. Otro factor importante es el paralelismo del surcado, que para el caso del trasplante mecánico es de 98%, mientras que para el trasplante manual es de 70%, lo anterior es fundamental en las áreas cañeras donde se realiza la cosecha mecánica. Este método puede incorporar aditamentos novedosos para aplicar productos fitosanitarios y agroquímicos justo antes de que el cepellón con las raíces de las plántulas llegue al suelo, además de que, debe cerciorarse de su correcta colocación en el suelo y que asegure el seguro y rápido prendimiento del cultivo.

CONCLUSIONES

Para estar seguro de tener el mejor establecimiento del cultivo, es recomendable conseguir y utilizar trozos de caña de la más alta calidad y que éstos sean colocados en un suelo que presente las condiciones que promuevan una eficaz brotación y mayor prendimiento. Las deficiencias en una siembra adecuada ocasionan problemas de competencia debido a las malezas, insumos no aprovechados racionalmente y bajos rendimientos de caña y azúcar, además de incremento en costos de

Cuadro 1. Potencia requerida, el consumo de combustible y las eficiencias de la operación del trasplante.

Separación entre surcos (m)	Demanda de potencia (kW)	Consumo de combustible ($\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Eficiencia trasplante mecanizado (%)	Eficiencia trasplante manual (%)
1.20	20.52	13.28	96	90
1.30	20.52	12.35	96	92
1.40	20.52	10.50	96	91

producción del cultivo. No se dispone de una receta perfecta para la siembra de caña de azúcar, pero puede dilapidarse el dinero si el cultivo es pobremente establecido y un cultivo deficientemente sembrado nunca obtendrá el rendimiento de un cultivo bien sembrado. Para conseguir óptimos resultados; la preparación del suelo y siembra deben acompañarse del uso de tecnologías innovadoras y aplicar metodologías oportunas, rentables y sustentables. La prioridad debe enfocarse en que la selección de las técnicas y tecnologías debe realizarse bajo la premisa de maximizar las ganancias, por personal experto y con conocimiento del proceso en su conjunto y que las decisiones no perjudiquen otras operaciones involucradas en el sistema.

LITERATURA CITADA

- CONADESUCA. 2014. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. SAGARPA, México. Estadísticas de la Zafra 2013-2014. www.conadesuca.gob.mx. Acceso 12 de septiembre de 2014.
- Gould J.M., Irey M.S., Larsen J.F., McGahee S.E. 2003. Methods of planting sugarcane seed to achieve a high plant density. Patent No. 6543373B1. U.S.A. 8p.
- Leonel Bottegam E., Luis Muniz R., Legnani Galan G., Guarido R.C., von Linsingen Piazzetta H. 2013. Estimativa do custo horário das operações de campo de dois sistemas de plantio de cana-de-açúcar. *Journal of Agronomic Sciences*. 2(2): 251-259.
- Lopes-Garcia M.A. 2008. Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana de açúcar. Queiroz, Área do Conhecimento: Máquinas Agrícolas, Piracicaba, 2008.
- Molin J.P., Portz G., Rios do Amaral L. 2013. Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection: precision agriculture in sugarcane production. Eds. Oliver, M., Bishop, T. y Marchant, T.B. *Earthscan Food and Agriculture*. Routledge, Reino Unido. 233-242.
- Naik R., Annamalai S.J.K., Vijayan Nair N., Rajendra Prasad N. 2013. Studies on mechanisation of planting of sugarcane bud chip settling raised in protrays. *Sugar Tech*, 15(1): 27-35.
- Nova Vargas J. 2009. Siembra mecanizada de la caña de azúcar en Brasil. *Revista Tecnicaña*. 13(22): 31-36.
- Ortiz Laurel H., Rössel Kipping D. 2007. Herramientas para la Labranza de los Suelos Agrícolas. Colegio de Postgraduados. México. 160 p.
- Razavi J., Namjoo M. 2010. Determination of forward speed effect on planting uniformity in a sugarcane billet planter. Proc. of the XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR). Paper No. CSBE001142. Quebec City, Canada. 11 p.
- Ripoli M.L.C., Ripoli T.C.C. 2010. Evaluation of five sugar cane planters. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, 30 (6):1110-1122.
- Robotham B.G. 2004. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. Proc. Aus. Soc. Sugar Cane Technol, Vol. 26: 9 p.
- Romero-Márquez M.A., Camarena Ramos J. 2011. Elaboración de plántulas a partir de yemas de caña de azúcar. Ingenio La Margarita, S.A de C.V. 19 p.
- Salassi M.E., Breaux J.R., Hoy J.W. 2004. Estimated cost differences between whole-stalk and billet sugarcane planting methods in Louisiana. *Journal American Society Sugar Cane Technologists*. 24: 250-257.
- Serafim L.G.F., Stolf R., Silva J.R., Silva L.C.F., Maniero M.A., Bassinello A.I. 2013. Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana de açúcar. *STAB, Piracicaba*. 31(3): 21-25.
- Taghinezhad J., Alimardani R., Jafary A. 2014. Design and evaluation of three metering devices for planting of sugarcane billets. *Journal of Agricultural Sciences*. 20:164-174.
- Viveros C.A., Calderón H. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Zona Azucarera de Colombia: siembra. *CENICAÑA*. 131-139.
- Victoria J., Viveros C.A., Cassalett C., Calderón H. 1997. Establecimiento de Semilleros Limpios. *CENICAÑA*. Cali, Colombia. 20 p.
- Yadav R.N.S., Yadav S., Tejra R.T. 2003. Labour saving and cost reduction machinery for sugarcane cultivation. *Sugar Tech*, 5(1 & 2): 7-10.

