

RESULTADOS Y PERSPECTIVAS DE LA COSECHA MECÁNICA EN EL INGENIO JOSÉ MARIA MORELOS.

RESULTS AND PERSPECTIVES OF THE MECHANICAL HARVEST IN THE PLANTATION OF INGENIO JOSE MARIA MORELOS.

Octavio Jiménez González
Oscar Rangel Reyes
Francisco Javier Macias Madera
Susana Arizbeth Jiménez Hernández

campo@ingeniojmamorelos.com.mx
tecampo@ingeniojmamorelos.com.mx
supoperacion@ingeniojmamorelos.com.mx
sig@ingeniojmamorelos.com.mx

La mecanización de la cosecha de caña de azúcar, sin duda ha tenido un desarrollo significativo en las últimas zafas por lo que se ha venido sistemáticamente tecnificando (cosechadoras y campos cañeros) principalmente, porque su incidencia en los costos de producción ha tenido un gran resultado por la disminución de mano de obra calificada, por lo que cualquier variación en los costos resulta de gran impacto en la rentabilidad del cultivo. La cosecha mecanizada en la caña de azúcar tiene como prioridad recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, siendo esta una alternativa viable y sustentable que se realiza en el Ingenio José María Morelos, al reducir a cero los tiempos perdidos por falta de caña. Los resultados presentados en la zafra 2018/2019 son: De la molienda total de 680,736.090 t, el 49.35% es de cosecha mecánica con 335,963.730 t, caña en crudo 1.78 % con 5,966.840 t, una frescura final de 18.912 h y un costo total de \$72.10/t. El corte promedio de una cosechadora por día es de 240.000 t en cuotas establecidas de entrega con rendimientos en campo de 88.000 t/ha; equivalente a la mano de obra calificada de 50 cortadores de acuerdo a las toneladas de corte promedio por cortador (4.80 t.). Este trabajo analiza en fase experimental el comportamiento de la caña quemada cosechada mecánicamente y el impacto del clima que se tuvo en el rendimiento en campo, la calidad de la materia prima entregada a fábrica, así como el incremento de la cosecha en verde para el siguiente ciclo 2019/2020, ajustes tecnológicos y el rediseño de la topografía con la que cuenta nuestra zona de abasto.

The mechanical harvest of sugar cane, without doubt, has had a significant development in the last zafas, because it has been systematically technified (harvesters and sugarcane fields) mainly, that's why the incidences in the cost of production have had a great result by decrease in skilled labor, so any variation in cost results in a large impact on crop rentability. The harvest mechanical is one of the stages of great importance in the sugar cane production, has as a priority collect the raw material available in the fields with minimum lost and a high efficiency, being the mechanical harvest a viable alternative and sustainable that is done in the Ingenio Jose María Morelos reducing to zero the lost times for lack of cane. The results presented in the zafra 2018/2019 are: of the total grinding of 680,736.090 t, the 49.35% in the harvest mechanical with 335,963.730 t, 1.78% of raw cane with 5,966.840 t, and final freshness of 18.912 h and a cost total of \$72.10/t: The average cut of mechanical harvest per day it is 240.000 t, by established fees of delivering with 80/t/ha of efficiency in the fields;

equivalent to the skilled labor of 50 cutters according to the tons of average cut per cutter (4.80 t). This work analyzes in experimental phase the actions of the sugar cane mechanically harvest and the impact of the environment that it had in the efficiency, the quality of the raw material delivered into the factory, as well as the increase of the harvest in green for the next season 2019/2020, technological adjustments and the redesign of the topography that our area of supply counts.

Palabras clave: Topografía, viable, incremento, producción, calidad, cosecha, sustentable.

Key words: Topography, viable, increase, production, quality, harvest, sustainable.

Introducción

La mecanización de la cosecha de la caña de azúcar se ha venido sistemáticamente tecnificando derivado principalmente por el incremento en los costos de producción y escases de mano de obra calificada; en el año 1999 se registró el 16.56 % de cosecha mecanizada alcanzando actualmente el 49.08 %. Con un equipo total de 9 cosechadoras y 70 vehículos de acarreo.

La ampliación y el desarrollo en los últimos 10 años con lotes diseñados para la cosecha mecánica nos ha facilitado la operación de la cosecha por lo que el lograr cosechar en verde representa para nosotros una amplia gama de oportunidades de hacer más eficiente la cosecha, la entrega óptima de caña con menor deterioro por la quema y mayor recuperación de azúcar por unidad de área de terreno. Una vez estimada y determinada la superficie donde sea posible la mecanización en verde determinaremos las toneladas a entregar en crudo para este ciclo 2019/2020.

Planteamiento del problema:

Derivado de la competencia con los diferentes cultivos que se encuentran en la Región Costa Sur del Estado de Jalisco y las diferencias de salarios que fluctúan en un promedio de \$100.00 a \$150.00 por día laborado, da como resultado una escasez de mano de obra calificada y un incremento en los costos de cosecha por todos los conceptos que conlleva la contratación de cortadores foráneos, como son: Contratación, traslado, utensilios, rentas de casa, mantenimiento de galeras, despensas, seguridad social de eventuales, cortes difíciles y retorno. Por lo que la mano de obra disponible para la cosecha de la caña de azúcar se hace cada vez más escasa y costosa. Por esta razón, la incorporación de la cosecha mecanizada en crudo y quemado es de gran importancia en el Ingenio José María Morelos.

Justificación:

En este punto es conveniente precisar que existen retos y oportunidades para desarrollar nuevas tecnologías, la quema de la caña de azúcar antes del corte facilita su cosecha; sin embargo, esta genera problemas de carácter ambiental, económico, tecnológico y social (Mendoza et al, 2001) entre los que destacan: Reduce los residuos de cosecha que llegan a representar hasta el 26% del rendimiento equivalente de caña (Salgado 2012), destrucción de la materia orgánica, reducción de la calidad de la caña, degradación de las condiciones de suelo por las pérdidas de humedad, y contaminación atmosférica por la emisión de humo y ceniza. La integración de la cosecha mecanizada en crudo sin duda alguna es una perspectiva a corto plazo para explotar la planta de caña de azúcar a su máximo potencial y un gran reto para el desarrollo de nuevas variedades con potencial alto en sacarosa, erectas y de fácil despaje para disminuir los efectos negativos de las materias extrañas, manejo de la densidad de siembra por medio de la distancia entre surcos y el rediseño de topografía entre otros.

En nuestro campo cañero la alternativa de cosechar en crudo con el paso de los años va en incremento, actualmente se tienen 250.80 ha de siembras con 38,000.000 t y 181.20 ha de socas con 18,000.000 t todas ellas con un sistema de riego por goteo con surco cuate determinadas topográficamente para cosechar en crudo para el ciclo 2019/2020.

Objetivos:

Determinar el contexto técnico-económico que ejerce la modalidad de cosechar en quemado y crudo sobre los rendimientos industriales, evaluando el cumplimiento del plan de producción, parámetros de sacarosa y frescura.

Cuantificar el contenido de materia extraña para desarrollar en su totalidad la cosecha en verde.

La adopción del sistema de cosechar caña en verde es una prioridad y responsabilidad de los integrantes del comité de producción y calidad cañera del IJMM, para esta zafra 2019/2020 a través de

la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Estado de Jalisco, mediante el programa estatal para la mecanización de la cosecha de la caña de azúcar en verde. Se incorporan tres máquinas cosechadoras con un apoyo del 50 % de su valor total a los productores de la CNC, CNPR y UNIÓN LOCAL, las cuales cosecharan en crudo un aproximado de 80,000.000 t. Este sistema de cosecha en verde tiene la finalidad de incrementar los rendimientos agroindustriales y mejorar la sostenibilidad y protección del suelo y el ambiente.

Materiales y Métodos:

Los avances tecnológicos en la mecanización agrícola han contribuido a incrementar los rendimientos de los cultivos, en nuestro campo cañero el incremento de los frentes de cosecha mecanizados nos permite tener la capacidad de abastecer la materia prima para su molienda y priorizar las áreas de cosecha según necesidades (días festivos y domingos). El comportamiento histórico de la cosecha mecanizada nos ha permitido avanzar en la productividad y rentabilidad del cultivo, asimismo los incrementos en los porcentajes de la cosecha mecánica y nuestras perspectivas a corto plazo. A continuación, se muestra grafico histórico de la cosecha mecánica.

Gráfico 1.0. Estadístico del incremento en la cosecha mecanizada

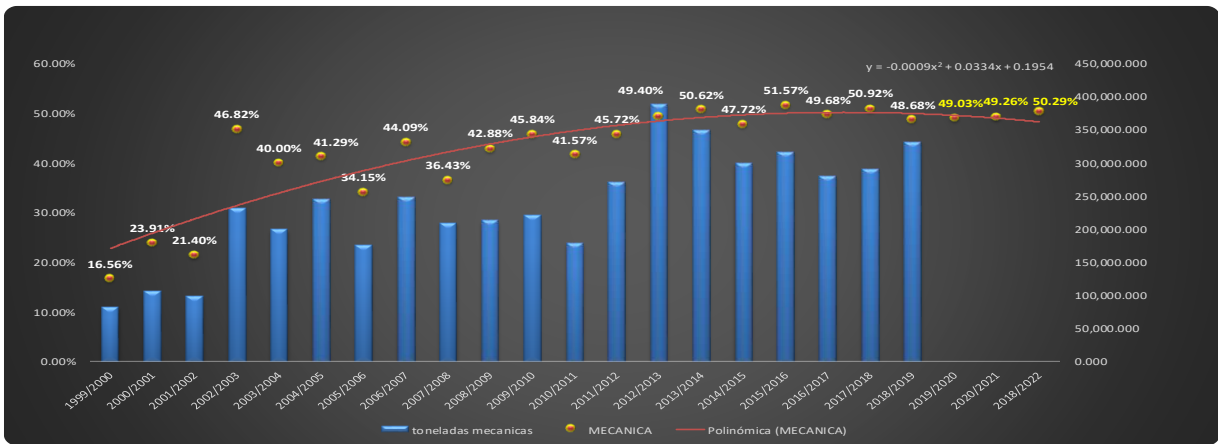
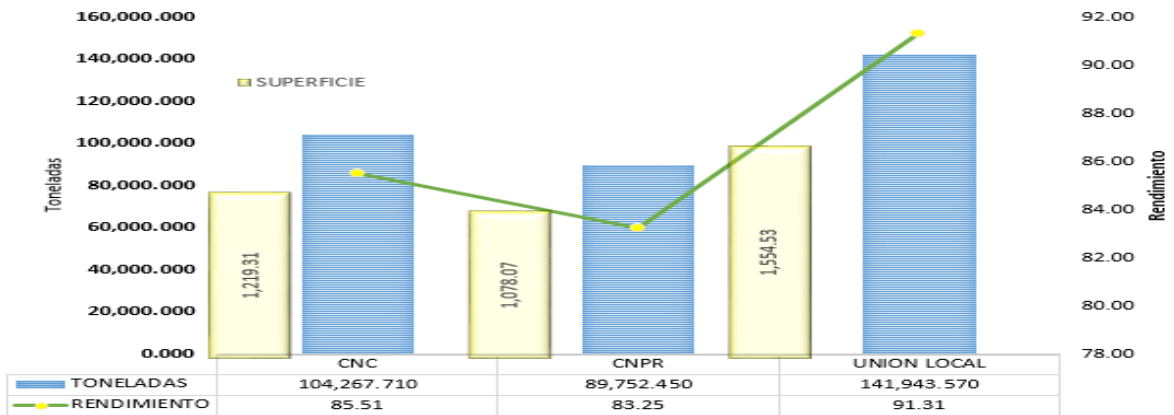


Gráfico 2.0 Resultados corte mecánico por Agrupación cañera zafra 2018-2019.



A continuación, se muestra un comparativo de los resultados obtenidos en las diferentes zafras bajo el concepto de costos operativos de cosecha. Por lo que a mayor rendimiento industrializable genera un menor costo, y un menor pago en los ajustes o complemento de cosecha (menor de 60 t/ha).

Gráfico 3.0. Histórico de costos por tonelada corte mecanizado



Frescura de la caña de azúcar.

La metodología aplicada representa un instrumento eficaz que permite perfeccionar los métodos de planificación operativa de la zafra: Uno de los factores que inciden en la calidad de la materia prima es el parámetro de la frescura de la caña, se realiza una proyección de 5 años para elaborar el programa de cosecha mecánica comparado con lo realizado, para medir las hora promedio y ajustarnos con la operación de cosecha, reduciendo las horas del corte, alce y acarreo y la entrega óptima de la materia prima a la fábrica.

(Gráfico 4.0) Comparativo de frescura mecánico.

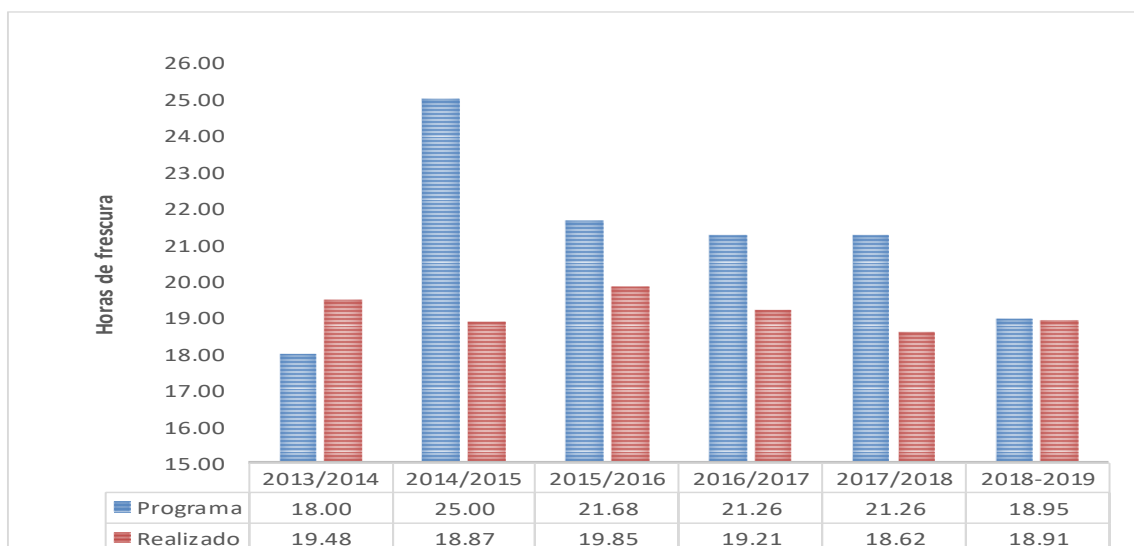


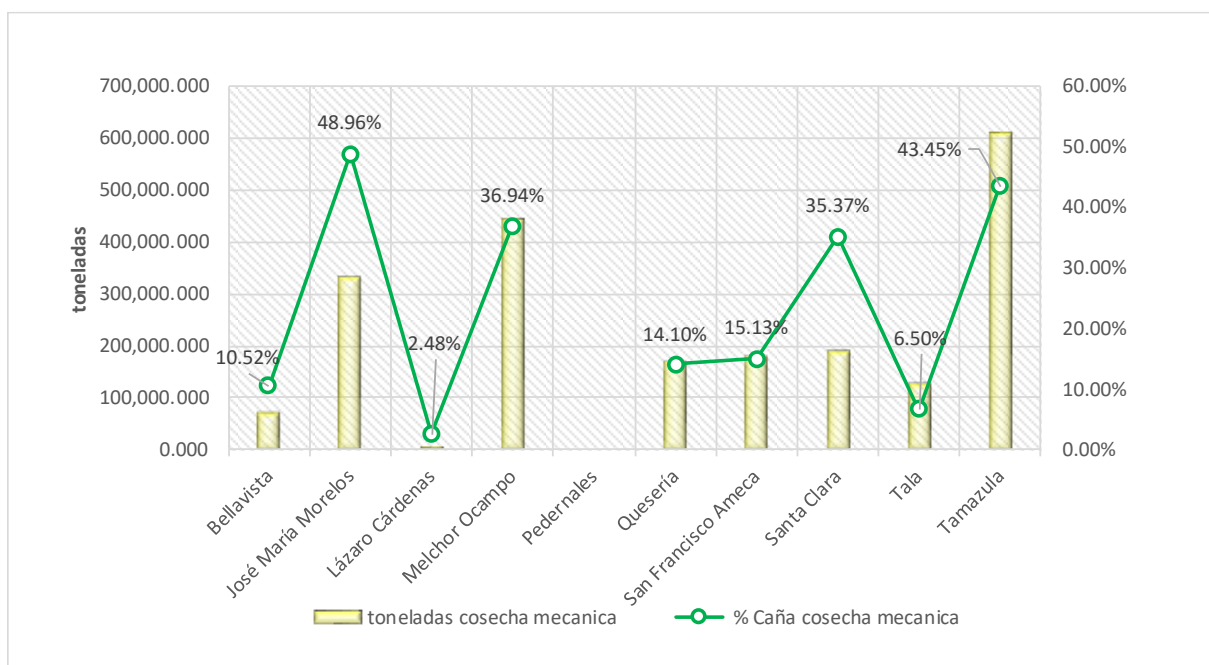
Tabla 4.1. Frescura de la caña molida total acumulada a la fecha.

Región	Ingenio	Caña cruda (%)	De 00:00 a 24:00 horas (%)	De 24:01 a 48:00 horas (%)	De > de 48:00 horas (%)	Caña molida total (t)	Promedio ponderado Ciclo cañero 2018/19	Promedio ponderado Ciclo cañero 2017/18**	Diferencia del promedio ponderado (horas)	% caña mecanizada	toneladas de caña cosechada mecánicamente	Promedio de cosechadoras por día
Pacífico	Bellavista	8.18	51.71	35.42	4.69	696,532.00	22:36	24:54	2:18	11%	73,281.00	3
	Melchor Ocampo	4.56	40.56	47.28	7.60	1,198,545.00	26:59	24:45	2:14	37%	442,718.00	5
	José María Morelos	0.92	47.93	40.89	10.26	680,736.00	27:49	27:47	0:02	49%	333,312.00	8
	Lázaro Cárdenas	0.43	50.22	35.04	14.32	264,775.00	28:30	N/R	N/A	2%	6,571.00	
	Tamazula		56.53	33.09	10.38	1,402,082.00	29:11	29:00	0:11	43%	609,243.00	9
	San Francisco Ameca	15.13	20.07	46.13	18.67	1,188,237.00	32:07	31:36	0:31	15%	179,827.00	5
	Quesería	1.93	40.26	48.27	9.54	1,201,082.00	34:18	34:24	0:06	14%	169,305.00	3
	Pedernales		18.43	43.24	38.33	343,080.00	43:53	37:12	6:41	0%	-	
	Santa Clara	35.37	11.36	34.88	18.39	531,938.00	46:00	51:00	5:00	35%	188,133.00	6
	Tala	3.81	16.59	47.37	32.23	1,969,057.00	47:00	40:00	7:00	6%	127,928.00	4

En la Tabla 4.1 A nivel pacifico el Ingenio José María Morelos logro el tercer lugar en frescura con 27.49 horas, el 47.93% fue menor de 24:00 horas derivado a que se obtiene mayor porcentaje de caña mecanizada con el 49.00%. Existiendo un comportamiento semejante comparado con el año anterior.

Al igual que la tabla anterior se dan a conocer los porcentajes a nivel Pacifico de los Ingenios que cosechan mecánicamente.

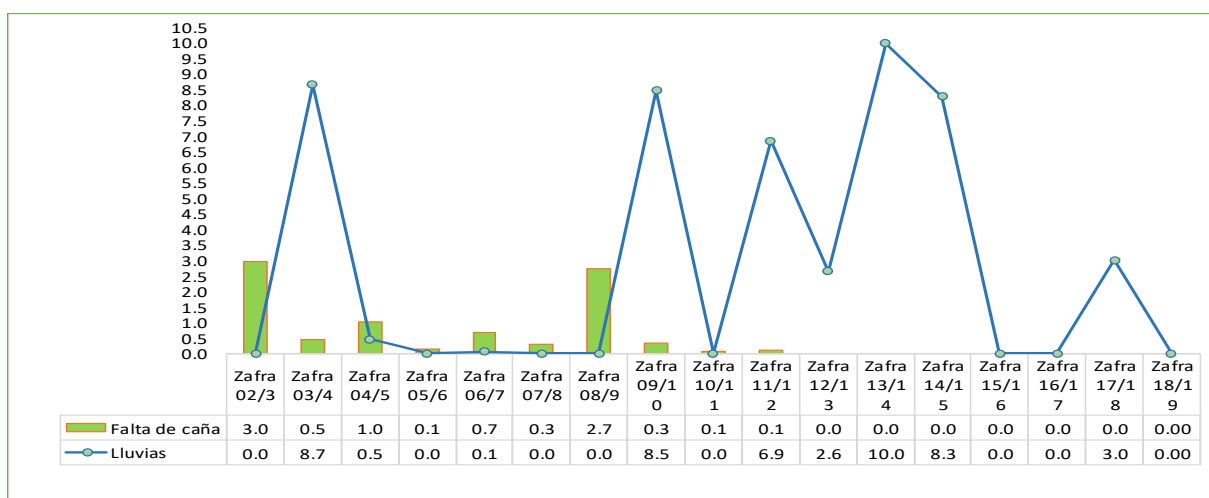
Gráfico 5.0. Porcentaje de caña molida mecánicamente ciclo 2018-2019



Tiempo perdido Industrial (TPI):

Los indicadores económicos de una planta industrial son altamente dependientes del aprovechamiento de la capacidad instalada. Las fábricas de azúcar no son la excepción y tienen la particularidad de que la materia prima básica (caña de azúcar) se deteriora fácilmente en el tiempo después de la quema y el corte. Paradas imprevistas de la industria dan lugar a atrasos en el procesamiento de la caña previamente cosechada y significan pérdidas de azúcar tanto en la caña como en el proceso industrial (Rein, P.). Por otra parte, al incrementar la cosecha mecanizada en el Ingenio José María Morelos nos ha permitido reducir a cero el tiempo perdido por falta de caña en los últimos 7 años.

Gráfico 6.0. Histórico de tiempo perdido en campo.



El presente trabajo analiza el efecto de la disminución del tiempo perdido y del aprovechamiento de la capacidad y eficiencia de las cosechadoras; se toma como referencia el concepto de falta de caña, lluvias, fierros y piedras. Durante el ciclo de producción de la zafra 2018-2019 solamente se tuvo un 0.67% de un tiempo perdido total de 10.48 %.

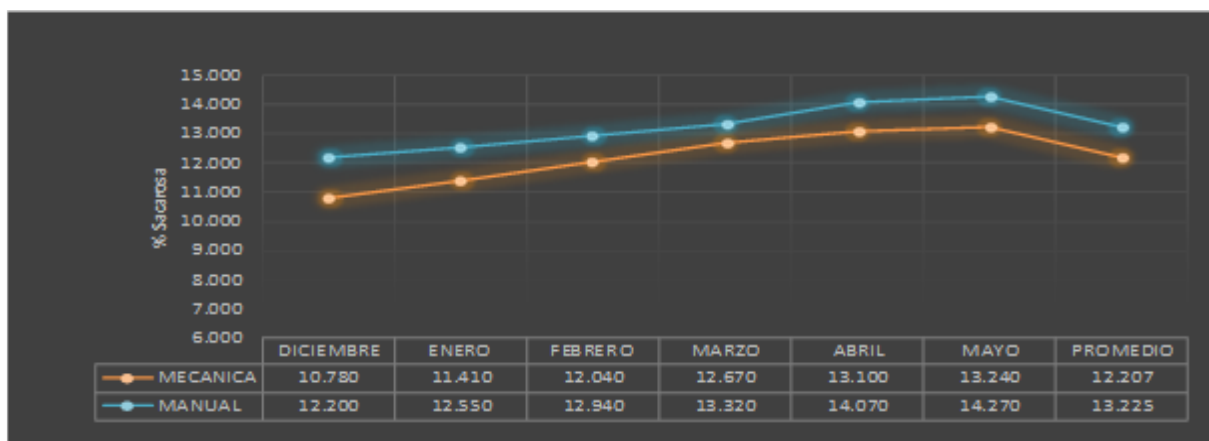
Tabla 6.1. Porcentaje de tiempo perdido ciclo 2018-2019

Concepto	Porcentaje
Fierros y piedras en caña	0.67%
Falta de caña	0.00%
Lluvias	0.00%
Total	0.67%

Calidad de la materia prima

La calidad de la caña de azúcar depende de diversos factores como son: la variedad, el grado de maduración, la época de corte, el sistema de cosecha empleado, el contenido de materia extraña presente y el tiempo transcurrido entre el corte y la molienda de la caña en la fábrica. (Larrahondo y Domínguez, 1988).

(Grafico 7.0) parámetros de calidad en % sacarosa de los dos sistemas de cosecha.



Los resultados indican que la cosecha manual entrega caña con mayor % de sacarosa que la del corte mecanizado (+ 1.018%), Aún que el corte mecanizado tenga un menor tiempo en horas de frescura (18.912 h) vs (36.362 h); El factor que influye y que es muy determinante en la calidad de la materia prima sin duda sigue siendo la cantidad de materia extraña (impurezas) y que esta debe de medirse.

Tabla 7.1. Porcentaje de impurezas de la zafra 2018-2019

TIPO DE CORTE	PUNTA	TALLOS SECOS	CEPA	RENUEVOS	BASURA	TIERRA	TOTAL
MANUAL	2.38%	0.25%	0.12%	0.26%	1.95%	0.34%	5.30%
MECANICO	7.32%	0.83%	1.31%	1.23%	3.36%	0.12%	14.17%
PROMEDIO A LA FECHA	4.85%	0.54%	0.71%	0.74%	2.65%	0.23%	9.74%

En el Ingenio José María Morelos se encontró que la punta y la basura son los materiales extraños más frecuentes, en la Tabla 7.1 representa, en promedio, 4.85 % y el 2.65 % del porcentaje total de materia extraña del 9.74 % final de la zafra.

Tabla 7.2 Analisis de Impurezas zafra 2018-2019

IMPUREZAS	%Brix	%Sacarosa	% pureza	%Reductor	%fibra	%Humedad
Punta	15.00	12.19	81.05	0.581	12.75	70.30
Basura	14.40	10.68	74.07	1.284	13.20	70.00
Tallos secos	15.20	12.29	80.73	1.022	13.10	69.70
Renuevos	15.10	12.33	81.87	0.577	12.93	70.10

(Tabla 7.2) En los resultados obtenidos de las determinaciones de impurezas realizado por el laboratorio químico de campo se ha encontrado que una de las variables que afecta en la calidad de la materia prima es el incremento de los azúcares reductores detectados en la caña mecanizada y que estos se encuentran en rangos muy altos proveniente de la basura y punta influyendo en el aumento del por ciento fibra; siendo estos los principales componentes que influyen de manera negativa en la elaboración de la azúcar.

Factor climático

La caña de azúcar tiene la capacidad de adaptarse a una gran variedad de climas. Por tal motivo los requerimientos climáticos del cultivo de caña de azúcar pueden ser variables en cada región productora. En el año 2018 en la zona del pacifico el comportamiento del rendimiento en campo estuvo por arriba del año pasado (+ 9.758 t/h) derivado de las condiciones climáticas que prevalecieron en la zona y gran parte de nuestro país.

Los factores climáticos que inciden en las condiciones físicas de la caña de azúcar como es el crecimiento y desarrollo de la planta son: precipitación, temperatura, humedad relativa y la radiación solar.

La radiación solar en condiciones de humedad estable tiene gran impacto en el crecimiento, así como en la elaboración de azúcares y en su pureza.

Cuando no existen factores limitativos, el rendimiento de biomasa total de cualquier cultivo se encuentra relacionado con la radiación solar. El incremento de la radiación solar se refleja en el mayor rendimiento de biomasa (Amaya et al; 1995).

Las condiciones de lluvia del año 2018 para la zona de abasto en este ingenio estuvieron en su comportamiento de manera regular y dispersa debido al fenómeno meteorológico de la niña débil presentando una buena distribución en la zona de abasto (ciclo de ENOS) El niño-Oscilación del Sur. En el mes de noviembre se tuvo una precipitación de 130.34 mm favoreciendo la humedad y temperaturas medias de 25.93 °C.

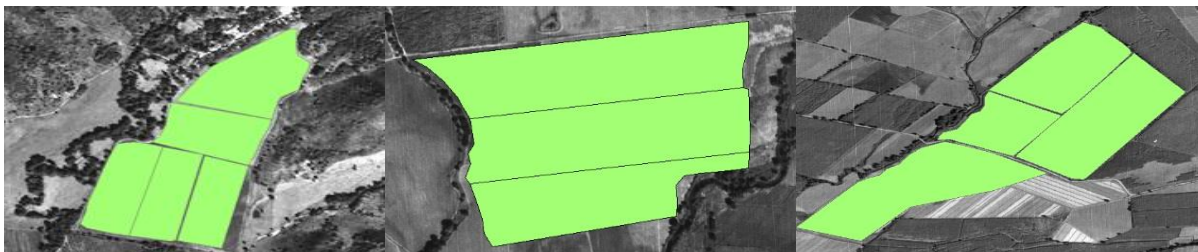
En donde los rangos ideales para que una planta realice la fotosíntesis oscilan entre 21-27°C. Siendo un factor importante para el desarrollo del cultivo.

Perspectivas de la cosecha en verde

La expectativa que se tiene en referencia a la cosecha mecanizada es incrementarla en el corto y mediano plazo de manera importante y significativa, principalmente bajo la modalidad de cosecha en verde. Este sistema de cosecha nos crea varios desafíos para la operación y el desempeño de nuestras cosechadoras, derivado principalmente por la cantidad de paja (hojas secas) que permanece en los terrenos y campos cañeros, estos dependen de la variedad de la caña, y la eficiencia de la cosechadora en el corte, levante y limpieza. Se plantea disminuir la quema de nuestros predios cañeros y ofrecer la oportunidad de desarrollar e implementar tecnologías para el uso de los residuos de cosecha. La metodología aplicable respecto al aprovechamiento de residuos de paja es que en la región predomina la ganadería siendo la segunda actividad más importante.

Las ventajas operativas de las cosechadoras destinadas para la cosecha en crudo es que se encuentran lotes destinados y adaptados especialmente para su integración y nos permiten una mejor planificación y organización de la zafra.

Imagen 1.0 Lotes destinados a cosecha mecánica en crudo del Ingenio José María Morelos



Existen sin embargo varias desventajas, el pasar de la quema a la cosecha de la caña en verde esto incluye: Aumento de la materia extraña, topografía desfavorable, falta de visibilidad que impide que el operador vea la calidad del trabajo que desarrolla la cosechadora y deterioro de la cepa de caña de azúcar entre otros. Por esta razón es importante fijar los objetivos de trabajo de la zafra, controlar la calidad, eficiencia del frente de cosecha, transporte y asegurar el mantenimiento de las cosechadoras.

Se plantea en esta zafra 2019/2020 disminuir la quema de los cañaverales (1,300.00 ha aprox.), esto involucra necesariamente el corte de caña para semilla (300.00 ha aprox.) y caña cosechada en crudo (1,000.00 ha aprox.), la cual impulsa a desarrollar, implementar e introducir tecnologías y metodologías para el manejo y uso rentable y sustentable de los residuos de cosecha que nos ayuden a la incorporación de estos residuos y utilizados como forraje entre otros. (Braun Beck et al.,1999).

Conclusiones y recomendaciones

Las cosechadoras nos permiten una mejor planificación y organización de la zafra, una operación más eficiente de cosecha y un horario y entrega adecuada para su molienda, contribuyendo a la mejora de la calidad de la materia prima y una menor pérdida de azúcar por el hecho de procesar caña con un menor tiempo de frescura. La adopción de la cosecha mecanizada es más que una opción, para la operación de la cosecha durante la zafra en este ingenio, siendo esta una necesidad y uno de los usos más inmediatos y frecuentes ante la incertidumbre de una menor y más cara mano de obra disponible la cual se hace más escasa cada día. Otra ventaja operativa radica en los costos, en este sentido es de esperarse que el costo de mano de obra se incremente más y más con el pasar de los años, y con ello se incrementa muy claramente la diferencia de los costos totales de ambos sistemas.

El pasar de la quema a la cosecha en verde nos crea varios desafíos para la operación, proporcionar a la fábrica la materia prima con mejor calidad y la menor materia extraña posible, así como evaluar el efecto y resultados en los diferentes procesos de la cosecha, frescura, dextranas, impurezas y las condiciones climatológicas que prevalecen durante la zafra.

Bibliografía.

- Ortiz Laurel, H., Salgado García, S., Castelán Estrada, M., & Córdova Sánchez, S. (2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(SPE4), 767-773.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la caña de azúcar. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Eds. Cassalet, C, 337-354.
- Gradaille, L. A. D. (2017). Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3), 3-8.
- Chaves Solera, M., & Oviedo Alfaro, M. E. (2006). *Efecto de la cosecha mecanizada sobre los rendimientos industriales de la caña de azúcar (saccharum spp) en el ingenio quebrada azul, San Carlos, Costa Rica* (No. 664.10284 B687). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, San José (Costa Rica).
- Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar CONADESUCA – Julio 2015.
- Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Bartens.
- Torres Ruiz, Edmundo- Agrometeorología. -2ª ed.- México: Trillas: UAAAN, 2006 (reimp. 2009).