

# Análisis comparativo entre sistema de zafra por parcela y por lote en el valle El Grullo - Autlán

J. Michel Horta<sup>#1</sup>, M. L. Colmenares Zepeda<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica El Grullo. Departamento Académico de Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática.

<sup>1</sup>jonas.michel@elgrullo.tecmm.edu.mx, <sup>2</sup>martha.colmenares@elgrullo.tecmm.edu.mx

**Resumen**— El informe de investigación actual compara dos sistemas de cultivo y corte utilizados en la caña de azúcar: el sistema por parcela y el sistema por lotes. Se enfoca en los primeros ciclos de transición entre ambos sistemas y ha sido encargado por la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR) del valle El Grullo Autlán. El estudio abarca los ciclos 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2019-2020, 2020-2021 y 2021-2022, con los primeros tres ciclos empleando el sistema por parcela y los últimos tres ciclos utilizando el sistema por lotes.

El informe también proporciona información detallada y longitudinal sobre los procesos de corte de caña para ambos sistemas, abarcando tres ciclos para cada uno. Se incluyen datos sobre la superficie y toneladas cosechadas, el ciclo de corte, la variedad de caña, el tipo de corte y el número de cortes por ciclo. Todos estos datos fueron suministrados directamente por la CNPR.

Los resultados obtenidos indican que las variables analizadas no muestran cambios significativos a lo largo de los periodos estudiados. Sorprendentemente, no se observó una disminución en los días de corte al cambiar del sistema de parcela al sistema por lotes; al contrario, se registró un ligero aumento. Es importante tener en cuenta que estos resultados corresponden a los primeros ciclos de transición entre ambos sistemas. En términos generales, la producción y la cantidad de cortes empleados en los ciclos se mantuvieron de manera constante.

**Palabras clave**—Corte por lote, corte por parcela, industria azucarera, minifundio, zafra.

## I. INTRODUCCIÓN

En el valle El Grullo-Autlán se encuentran el Ingenio Azucarero Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR), 2 organizaciones que participan en la producción de azúcar de caña, la CNPR se encarga de agrupar los productores agrícolas de caña y a través de esta asociación se convierten en proveedores de este producto para el ingenio azucarero, que este a su vez se encarga de transformar este producto primario en azúcar.

La zafra en el valle El Grullo-Autlán suele llevarse a cabo entre los meses de noviembre y abril, aunque esta duración puede verse afectada por factores ambientales o de producción. Durante este período, se inicia el proceso de corte, recolección y transporte de la caña de azúcar desde los

productores hasta el ingenio azucarero. El área de cultivo de caña en el valle se ha ido incrementando paulatinamente, en donde para el 2022 a pasado las 11,000 hectáreas, las cuales se divide en dos asociaciones: la Unión Local de Productores de Caña de Azúcar del Ingenio Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán. En esta investigación, se considera únicamente el área de cultivo de la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán, centrándose en la logística de corte implementada en dicha institución

Dentro de todo este proceso de transformación de la caña en azúcar, la logística de la cadena de corte de la industria azucarera tiene muchos desafíos [1], que, uno de ellos es optimizar el uso de recursos a la hora del corte de la caña en el proceso de zafra. Esta investigación se centra en la problemática que representa hacer el corte de caña en distintas parcelas y lotes.

Aquí surge la problemática de que el orden de corte en los cultivos está determinado por las indicaciones del ingenio azucarero, el cual decide en función de la madurez óptima de la caña para la producción de azúcar, sin tomar en cuenta un orden de corte por lotes que permita avanzar de forma secuencial. Esto genera traslados de personal y maquinaria, incrementando los costos y los tiempos de corte, lo cual afecta directamente la rentabilidad de los productores.

Por lo que el objetivo de este estudio es el comparar el comportamiento de las variables de los ciclos de zafra por parcela contra ciclos de zafra por lotes.

A partir del ciclo 2018-2019, se han iniciado los preparativos para cambiar del sistema por parcela al sistema por lotes. Sin embargo, es importante destacar que este estudio solo considera tres ciclos del sistema por parcela y los primeros tres ciclos de transición al sistema por lotes. Por lo tanto, los resultados están limitados por el hecho de que aún se encuentra en proceso de transición y no se puede llegar a conclusiones definitivas.

## II. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación, titulado "Análisis comparativo entre el sistema de zafra por parcela y por lote en el valle El Grullo - Autlán", se justifica por diversas razones.

En primer lugar, el valle El Grullo-Autlán es hogar del Ingenio Azucarero Melchor Ocampo y la Asociación de Agricultores del Valle El Grullo-Autlán (CNPR), dos entidades fundamentales en la producción de azúcar de caña. Este tipo de organizaciones la cuál es la configuración que se da en toda la república mexicana. Es crucial analizar y optimizar los procesos de cultivo y corte de caña para mejorar la eficiencia y rentabilidad en esta cadena de producción para todo tipo de organizaciones de este tipo.

Las asociaciones locales de productores de caña forman parte de confederaciones nacionales como la Campesina (CNC) y la de Propietarios Rurales (CNPR); a nivel local las asociaciones actúan como intermediarias entre los productores y el ingenio azucarero; se encargan de organizar, junto con el personal del ingenio, los ciclos de la zafra (cosecha de la caña de azúcar). Dan apoyo logístico con la finalidad de hacer eficiente el periodo de cosecha y aprovechar el tiempo (comprende cinco a seis meses: comienza en noviembre o diciembre y culmina en abril o mayo) y los recursos humanos disponibles para dicha actividad [2].

La zafra en esta región se lleva a cabo entre los meses de noviembre y mayo, durante los cuales se realiza el corte, la recolección y el transporte de la caña de azúcar hasta el ingenio. La logística de corte presenta desafíos significativos en cuanto a la optimización de recursos y la reducción de costos. Por lo tanto, comparar el sistema de zafra por parcela y por lote permitirá obtener información que permita mejorar la eficiencia y productividad en los procesos de corte.

Un problema identificado es el orden de corte establecido por el ingenio en función de la madurez óptima de la caña para la producción de azúcar. Sin embargo, este enfoque no considera un orden de corte por lotes en el que se realice el proceso en todas las parcelas que están dentro del mismo lote lo cual se pueden optimizar tiempos y movimientos. Esto conlleva desplazamientos innecesarios de personal y maquinaria, lo que aumenta los costos y los tiempos de corte, afectando la rentabilidad de los productores.

El objetivo principal de este estudio es comparar el comportamiento de las variables en los ciclos de zafra por parcela y por lote. Mediante este análisis y contraste, se buscará identificar mejoras en la logística de corte que conduzcan a una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción de caña de azúcar en el valle El Grullo-Autlán.

Es importante tener en cuenta que este estudio se centrará en tres ciclos del sistema de zafra por parcela y en los primeros tres ciclos de transición hacia el sistema de zafra por lote. Por lo tanto, los resultados obtenidos estarán limitados debido al proceso de transición que aún se encuentra en curso. Sin embargo, este trabajo sentará las bases para comprender las tendencias y los posibles impactos del cambio de sistema en la logística de corte en el valle El Grullo-Autlán.

## III. METODOLOGÍA

En términos metodológicos, esta investigación adopta un enfoque descriptivo comparativo longitudinal, utilizando un enfoque cuantitativo. Se empleó una base de datos proporcionada por la CNPR, la cual abarca los ciclos de zafra desde 2015-2016 hasta 2017-2018 (sistema por parcelas) y de 2019-2020 a 2021-2022 (sistema por lotes).

Cada ciclo se encuentra almacenado en archivos separados en formato Excel, que contienen la siguiente información: código de zona, orden de corte, número de productor, fecha de corte, rendimiento estimado, superficie estimada, tonelada estimada, rendimiento cosechado, superficie real, tonelada cosechada, tonelada cosechada neta, tonelada líquida, código de parcela, código de lote, nombre de lote, ciclo (número de cortes), asociación de agricultores y variedad de caña.

A continuación, se exportó cada archivo de Excel correspondiente a los ciclos de zafra al software SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales). Se realizó un proceso de limpieza y tratamiento de la información para luego aplicar técnicas estadísticas.

De esta manera, se obtuvo la correlación entre el corte de caña de azúcar por parcela y por lote, los días de corte, las frecuencias y las medidas de tendencia central, así como un estudio de un lote respecto a las fechas de corte en un ciclo por parcela y otro ciclo por lote. Se analizaron los siguientes valores a lo largo de los ciclos 2015-2021: superficie cosechada, tonelada industrializada cosechada, tonelada neta cosechada, ciclos de corte, variedad de caña, corte por máquina y manual, total de parcelas, total de fechas de corte, rendimiento por variedad de corte y rendimiento por tipo de corte.

## IV. RESULTADOS

Primeramente, se obtuvieron los datos los seis ciclos correspondientes a la superficie cosechada y las toneladas cosechadas, tanto industrializada (que representa la producción de caña en bruto) como neta (que considera la caña libre de impurezas y se utiliza para el cálculo de pago por el ingenio azucarero).

Respecto a la superficie cosechada y a la producción de toneladas industrializada, el ciclo 2019-2020 es el que registró mayores números, así como en producción de

tonelada neta. Esto en términos de productividad, es precisamente el ciclo 2019-2020 el que contó con mayor rendimiento (Tonelada por hectárea) de toneladas neta cosechada siendo muy superior en este indicador a los demás ciclos Tabla 1.

TABLA 1  
RENDIMIENTO POR CICLOS

Ciclo	Rendimiento Industrializada cosechada	Rendimiento Neta cosechada
2015-2016	99.54	95.52
2016-2017	96.84	92.94
2017-2018	97.64	93.73
2018-2019	109.85	93.73
2019-2020	97.67	93.73
2020-2021	97.80	93.69

La caña de azúcar es una planta perenne la cual en términos de cosecha puede ser cortada en cada ciclo de zafra, de esta manera una planta en su ciclo de vida podrá tener varios cortes realizados a través de los ciclos de zafra [3]. Al respecto a la cantidad de cortes hechos al cultivo de caña, en todos los ciclos y en cada ciclo de zafra, siendo el número de corte más predominante el número cuatro en los dos conjuntos de ciclos, estando mínimos los cortes a partir del número ocho, ya que la caña comienza a perder rendimiento en la producción de azúcar.

En lo concerniente al tipo de planta más utilizada en el primer bloque de ciclos se pueden encontrar a tres principalmente; CP 72-2086, Mex 69-290, ITV92-1424, siendo la primera la más usada en México, sin embargo, en el segundo bloque de ciclos es la ITV 92-1424 quien a partir del 2020-2021 desplaza a la otra variedad, quedando como la más utilizada.

El factor de corte manual o por máquina se ha encontrado que aun predomina el corte manual a pesar de la tendencia a pasar al corte en verde por medio de maquinaria, aunque se puede notar una ligera tendencia en el aumento de corte máquina. El corte mecanizado de la caña de azúcar en grandes áreas tiene varias ventajas en términos de eficiencia y productividad, como las siguientes: alta eficiencia y bajo costo de cosecha, bajo esfuerzo físico de mano de obra y reducción del uso de agua en el corte [4].

Otra variable analizada es la cantidad de cortes efectuados en cada ciclo, esto representan las órdenes y su consecuente ejecución de corte de caña que se ha llevado en cada parcela. Así mismo se analizó la cantidad de fechas de corte en cada ciclo de zafra, esto significa que para cada ciclo es la cantidad de días utilizados para el proceso de corte de la caña de azúcar, pudiéndose observar que en el ciclo 2019-2020 se efectuaron más cortes y se utilizaron más días para el corte, sin embargo, fue en el 2015 -2016 el segundo que más cortes se realizaron, pero fue mucho menor en los días utilizados para el corte.

En este sentido, se realiza la correlación entre cantidad de fechas de corte y cortes por ciclo de los 6 ciclos analizados Figura 1, Tabla 2 y Figura 2, en donde se observa que en realidad no hay un cambio significativo entre un sistema a otro, y la relación es positiva en cuanto a la cantidad de cortes. Además, se realiza la división de cortes entre cantidad de fechas de corte para observar si hay menos fechas de corte entre un sistema y otro, encontrando que es muy ligeramente superior el sistema por parcela.

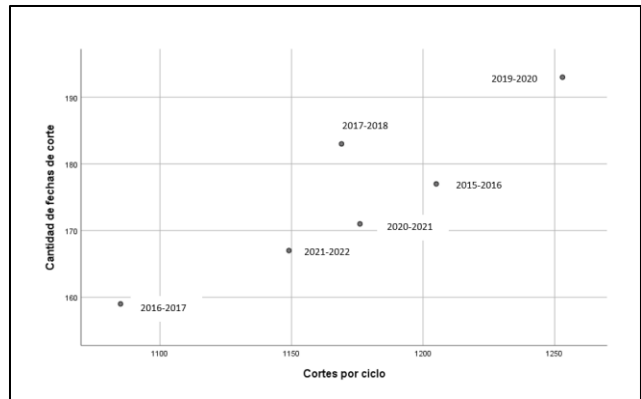


Fig. 1. Gráfica de correlación de cortes por ciclo y cantidad de fechas de corte.

TABLA 2  
CORTES ENTRE FECHAS DE CORTES

Cortes entre fechas de cortes		
Ciclo		
2015-2016		6.81
2016-2017		6.82
2017-2018		6.39
2019-2020		6.49
2020-2021		6.88
2021-2022		6.88

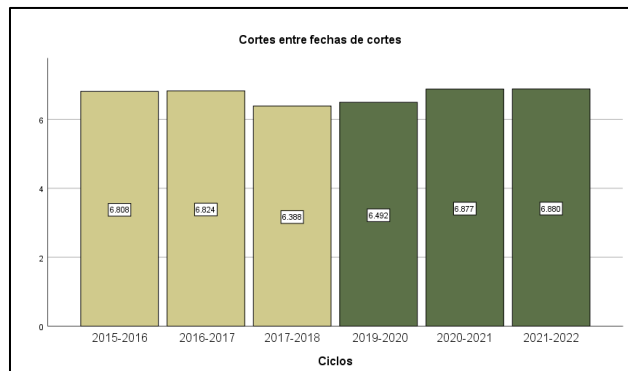


Fig. 2. Cortes entre fechas de cortes

Para estos 2 ciclos de comparación se seleccionó un caso de un lote que contiene una mayor concentración de parcelas,

con el fin de ver el comportamiento de las fechas de corte en el último ciclo considerado como por parcela contra el último ciclo dentro del proceso de corte por lote. En la figura 3 y 4 se pueden observar las fechas de corte, efectuadas en estos ciclos. Se puede observar que en este caso la compactación de fechas aún no se ha dado, lo que significa que el proceso de transición de corte por parcela a lote no ha terminado.

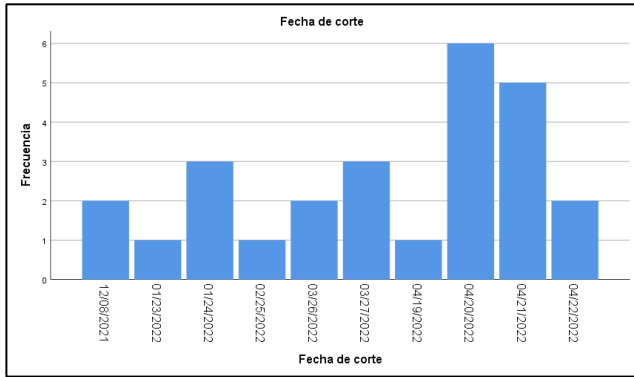


Fig. 3. Gráfica de fechas de corte en un solo lote en el ciclo 2021-2022

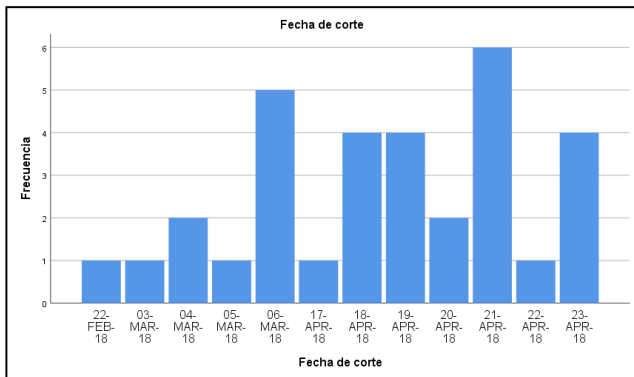


Fig. 4. Gráfica de fechas de corte en un solo lote en el ciclo 2017-2018.

### V. CONCLUSIÓN

Con este análisis descriptivo longitudinal, comparativo y correlacional se puede observar el comportamiento del proceso de corte en el valle El Grullo – Autlán para la CNPR. Es importante subrayar que los primeros tres ciclos analizados pertenecen a un corte por parcela en la que no se programan los cortes por áreas si no, por la madurez respecto a los grados Brix que presenta la caña de azúcar. Sin embargo, a partir del ciclo 2018-2019 se comenzaron con los preparativos de buscar llegar a la misma madurez de la caña en todo un lote, esto a través de los tiempos de cultivo de nueva plantilla de caña y del tipo de variedad en ella, es por ellos que se contemplaron los últimos tres ciclos 2019 al 2021 para observar si hay resultados significativos en las variables.

Se puede observar que, con datos como los cortes por ciclo, cantidad de cortes realizados y números de cortes por ciclo se puede hacer una lectura de la productividad en términos de tiempo utilizado en el proceso, ya que este factor es uno de los que se busca reducir al pasar de un tipo de corte por parcela a un corte por lotes.

Con el estudio se puede validar las ventajas que supone el compactar los días de corte en un lote, como en particular, si la eficiencia técnica de la producción agrícola esta significativamente relacionada con el tamaño de la finca, y si el rendimiento se ve afectado de manera importante por el grado de fragmentación medida por el número de parcelas [5] [6].

Sin embargo, como muestran los resultados no hay diferencias significativas entre los 2 sistemas, pero es muy importante subrayar que este estudio no es concluyente ya que el sistema por lotes aún está en transición, por lo cual será importante comparar los 2 sistemas una vez se logren compactar las fechas de corte de las parcelas que se encuentran en el mismo lote, lo cual puede llevar varios ciclos más.

### REFERENCIAS

- [1] R. de Á. Ribeiro Junqueira y R. Morabito, “Modeling and solving a sugarcane harvest front scheduling problem”, *International Journal of Production Economics*, vol. 213, pp. 150-160, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.009>
- [2] L. E. Parral Quintero, “Las organizaciones de productores de caña y sus relaciones de poder. El caso de la Asociación Local de Cañeros de Casasano, en Cuautla de Morelos, México,” *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, vol. 9(18), pp. 81, 2014. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2014.18.24>
- [3] P. A. Digoncelli, E. R. Romero, J. Scandaliaris, y J. Giardina, “Comparación de la calidad de semilla de caña de azúcar en el segundo corte según el método de saneamiento,” *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, vol. 86(1), pp. 1-8, 2009.
- [4] Q. Wang, G. Zhou, X. Huang, J. Song, D. Xie, and L. Chen, “Experimental Research on the Effect of Sugarcane Stalk Lifting Height on the Cutting Breakage Mechanism Based on the Sugarcane Lifting–Cutting System (SLS),” *Agriculture*, vol. 12(12), pp. 2078, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122078>
- [5] R. Jha, H. K. Nagarajan, y S. Prasanna, “Land Fragmentation and its Implications for Productivity: Evidence from Southern India,” p. 38.
- [6] C. Okezie, A. Ulunma, y J. Sulaiman, “Exploring the Link between Land Fragmentation and Agricultural Productivity,” *International Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 2, pp. 30-34, 2012. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120201.05>