OPEN ACCESS

ARTÍCULO ORIGINAL

Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 35
enero-diciembre 2026
ISSN 1010-2760, eISSN 2071-0054
Cu-ID: https://cu-id.com/2177/v35e23

Optimización de la flota de transporte en la cosecha mecanizada de caña de azúcar

Optimizing Transport Fleet Size for Mechanized Sugarcane Harvesting

Héctor Rafael de las Cuevas Milán[1*], Idaris Gómez Ravelo[2], Pedro Paneque[1], Yanara Rodríguez López[1] and Mario Ignacio Herrera Prat[1]

[1]*Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: paneque@unah.edu.cu yanita@unah.edu.cu marioignacio@unah.edu.cu*
[2]*Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Cultura Física, Dpto. de Didáctica de la Educación Física, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. E-mail: idaris@nauta.cu*

[*]Autor para correspondencia: Héctor R. de las Cuevas Milán, e-mail hector@unah.edu.cu

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo determinar la cantidad de medios de transporte óptima, en el proceso de cosecha mecanizada de la caña de azúcar, para diferentes distancias de transportación, rendimiento del campo y capacidad de los medios de transporte empleados de 60 t. Se utilizó para la evaluación el sistema automatizado DCMT el cual emplea como criterio de optimización los máximos valores del coeficiente de utilización del tiempo, garantizando que la cosechadora no se detenga durante el corte por falta de medios de transportes, es decir, que la sincronización entre estos sea la más racional. Los resultados revelaron que la cantidad de medios de transporte de 60 t en función de la distancia, varían entre 3-4, 3-5 y 3-7, para rendimientos de 40, 60 y 80 t/ha respectivamente.
Palabras clave: caña de azúcar, eficiencia del transporte, logística de cosecha, modelación de la cosecha, transporte agrícola.

ABSTRACT: This study aims to determine the optimal number of transport vehicles required for mechanized sugarcane harvesting, considering different transport distances, field yields, and the capacity of the 60-ton transport vehicles used. The DCMT automated system was used for the evaluation. This system employs the maximum time utilization coefficient as its optimization criterion, ensuring that the harvester does not stop during harvesting due to a lack of transport vehicles, thus maximizing the synchronization between them. The results revealed that the number of 60-ton transport vehicles required, depending on the distance, varies between 3-4, 3-5, and 3-7, for yields of 40, 60, and 80 t/ha, respectively.
Keywords: Sugarcane, Harvest Logistics, Harvest Modeling, Time Efficiency, Agricultural Transport.

INTRODUCCIÓN

La cosecha mecanizada es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar, su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con las mínimas pérdidas y una alta eficiencia, garantizando el suministro de caña oportuno y en cantidad suficiente a la fábrica, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos. Su incidencia en los costos de producción siempre ha tenido alta significación, por lo que cualquier variación que se registre en esta etapa, resultará de gran impacto en la rentabilidad del cultivo. Es por ello que como proceso exige un alto grado de organización y coordinación de todos los factores que en ella intervienen, desde el campo hasta el basculador (López *et al.*, 2021; 2022).

El proceso cosecha-transporte no constituye un elemento que influye en el proceso de producción de la caña de azúcar en sí, pero sí determina la economía del proceso productivo, pues este se desarrolla con el empleo de un conjunto de medios técnicos entre los que se pueden citar las cosechadoras y los medios de transporte (tractores y/o camiones con carretas o remolques), los cuales, sino son racionalmente organizados influyen negativamente en los costos totales de producción (Rodríguez *et al.*, 2019).

Recibido: 02/12/2025
Aceptado: 27/04/2026
Conflicto de intereses: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.
Contribución Autor: Conceptualización: Héctor Rafael de las Cuevas Milán. **Data curación:** Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Idaris Gómez Ravelo. **Formal análisis:** Pedro Paneque, Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Pedro Paneque, Yanara Rodríguez López. **Investigación:** Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Idaris Gómez Ravelo, Pedro Paneque, Mario Herrera Prat, Yanara Rodríguez López López. **Metodología:** Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Pedro Paneque**. Supervisión:** Pedro Paneque, Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Idaris Gómez Ravelo, Yanara Rodríguez López, Mario Herrera Prat. **Validación:** Pedro Paneque, Héctor de las Cuevas Milán, Idaris Gómez Ravelo, Mario Herrera Prat. **Redacción - borrador original:** Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Pedro Paneque. **Redacción - revisión y edición:** Héctor Rafael de las Cuevas Milán, Pedro Paneque, Idaris Gómez Ravelo.
La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Según Castillo *et al.* (2021) las evaluaciones de las máquinas agrícolas se realizan generalmente según la norma NC 34-37 (2003), según el método del foto cronometraje, siendo posible identificar los tiempos utilizados en el proceso productivo y definir los indicadores de explotación de los conjuntos agrícolas y máquinas autopropulsadas (cosechadoras de caña de azúcar). Dentro de estas investigaciones se mencionan las realizadas por los autores siguientes: Suárez *et al.* (2006); Matos y López (2011); Daquinta *et al.* (2014); de La Rosa et al. (2014) y otros.

En la Unidad Empresarial de Base "Héctor Molina Riaño", han surgido problemas no solo industriales, sino en el orden organizativo y productivo (Rodríguez *et al.*, 2019).

En el caso del transporte, el mayor problema se encuentra definido por el elevado índice de interrupciones del transporte, donde alcanza valores cerca del 50 % como promedio, esto se debe a la espera para el abastecimiento de caña, interrupciones de la combinada y la espera para descargar en el basculador (Suárez *et al.*, 2006; Matos *et al.*, 2010; Matos y López, 2011).

Con vistas a determinar la cantidad de medios de transporte más racionales De las Cuevas et al. (2016), desarrollan el sistema mecanizado SMCTCA, el cual realiza una modelación analítica del comportamiento del proceso de cosecha y transporte de la caña de azúcar. Determinando los indicadores de explotación y económicos del sistema para diferentes condiciones organizativas y productivas del proceso tecnológico.

Posteriormente de las Cuevas et al. (2022; 2024), desarrollan el sistema automatizado y la aplicación móvil, para determinar la cantidad de medios de transporte, en la cosecha mecanizada de caña de azúcar.

Estos sistemas permiten la evaluación rápida, precisa y fiable de la cantidad de medios de transporte para las condiciones establecidas en el análisis del proceso tecnológico.

Teniendo en cuenta lo antes planteado, el objetivo del presente trabajo consiste, en determinar la cantidad de medios de transporte racionales, en el sistema mecanizado de cosecha y transporte de la caña de azúcar, para diferentes distancias de transportación y rendimiento de los campos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del proceso tecnológico, del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar.

Durante el corte de la caña de azúcar por la cosechadora, un tractor movedor con remolque auto basculante, se traslada paralelo a ella mientras se llena, posteriormente el tractor movedor, se trasladan llenos hasta la cabecera del campo, llenando al camión y a los remolques acoplados al mismo, donde se forman los trenes de remolques con el camión. A continuación, se traslada hasta el basculador del central donde se realiza la descarga.

Metodología empleada para el desarrollo de la aplicación CMT

Para la determinación de la cantidad de medios de transporte, se utilizó el sistema automatizado DCMT (de las Cuevas et al., 2022). Como criterio de optimización se escogió los máximos valores del coeficiente de utilización del tiempo, durante el proceso tecnológico, garantizando, que la cosechadora no se detenga durante el corte por falta de medios de transportes, o sea, que la sincronización entre estos, sea la más racional.

Con el software DCMT se realizaron diferentes corridas, para diferentes condiciones de explotación y capacidad de medios de transporte de 60 t (20 t en el camión y dos remolques de 20 t cada uno). Se definen las curvas de comportamiento, para diferentes distancias del campo hasta el basculador del central (20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 km) y seis rendimientos de campo (40, 60 y 80 t/ha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la variación que experimenta la cantidad racional de medios de transporte, según el criterio de maximizar el coeficiente de utilización del tiempo de las cosechadoras, mediante el sistema automatizado DCMT.

La evaluación se realizó a la cosechadora CASE, para rendimientos de los campos de 40, 60 y 80 t/ha, medios de trasporte de 60 t de capacidad y distancias del campo al basculador hasta 80 km.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento que experimenta la cantidad de medios de transporte (Cmt) de 60 t, en función de la distancia del campo al basculador del central en kilómetros.

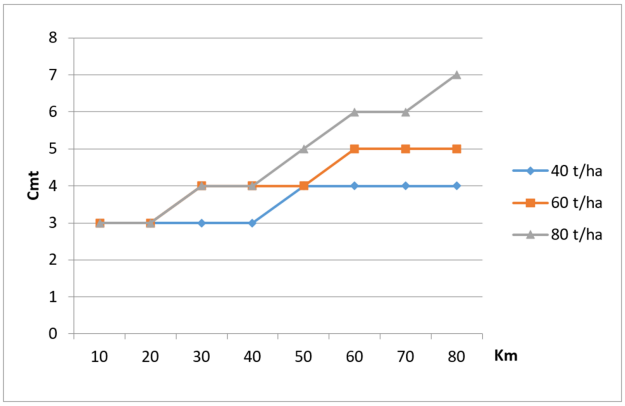


Figura 1. Cantidad de medios de transporte (Cmt) en función de la distancia.

Se aprecia que la cantidad de medios de transporte (Cmt) más racional, para un rendimiento del campo de 40 t/ha es de tres hasta 40 km, posteriormente toma el valor de cuatro desde 50 a 80 km. Éste comportamiento es aceptable, ya que a medida que aumente la distancia de transportación, se hace necesaria una mayor cantidad de medios de transporte, para garantizar un comportamiento estable del coeficiente de utilización del tiempo, en un entorno del 80%.

Lo cual permite una productividad estable de la cosechadora y mínimos gastos de explotación, del sistema mecanizado de cosecha y transporte de la caña de azúcar.

Para rendimientos de los campos entre 60 y 80 t/ha, ocurre un comportamiento similar. Con la diferencia que la cantidad de medios de transporte, es mayor con rendimientos superiores. Se observa en la Figura 1 que para 60 t/ha los valores de Cmt varían entre tres y cinco. Y para 80 t/ha entre tres y siete medios de transporte de 60 t.

CONCLUSIONES

- El sistema automatizado DCMT permite definir la cantidad de medios de transporte, según el criterio de máximo coeficiente de utilización del tiempo de las cosechadoras, en el sistema mecanizado de cosecha y transporte de la caña de azúcar, para diferentes condiciones de explotación.
- La cantidad de medios de transporte de 60 t, con la combinada CASE, para distancias entre 20 y 80 km y rendimiento de 40 t/ha, varía entre tres y cuatro.
- La cantidad de medios de transporte más racionales, aumentan entre tres-cinco; y entre tres-siete, para rendimientos entre 40 y 80 t/ha respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTILLO, J.; ÁVALOS, J.; GONZÁLEZ, O.; SÁNCHEZ, S.; ACEVEDO, M.; LEÓN, Y.; LÓPEZ, E.; SALCERIO, R.; BETANCOURT, Y.: "Factores que influyen en el rendimiento de cosechadoras de caña de azúcar, en Villa Clara", *Ingeniería Agrícola*, 11(2): 27-34, 2021, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

DAQUINTA, A.L.; DOMINGUEZ, J.; PÉREZ, C.; FERNÁNDEZ, M.: "Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila", *Ingeniería Agrícola*, 4(3): 3-8, 2014, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

DE LA ROSA, A.A.; VENTURA, I.; CALZADA, O.; SUÁREZ, M.: "Valoración del proceso de cosecha mecanizada de la caña de azúcar, utilizando las cosechadoras CASE IH (A 7000) en la empresa azucarera "Arquímedes Colina Antúnez"", *Ingeniería Agrícola*, 4(4): 30-34, 2014, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

DE LAS CUEVAS, H.; GÓMEZ, I.; HERRERA, M.; SALGUERO, F.: "Software para la modelación del sistema mecanizado de cosecha y transporte de caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(4), 2016, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

DE LAS CUEVAS, H.; GÓMEZ, I.; RODRÍGUEZ, Y.; PANEQUE, P.; HERRERA, M.: "Software para determinar la cantidad de medios de transporte", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 33(3), 2022, *Disponible en: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054*.

DE LAS CUEVAS, H.; SOSA, I.; GÓMEZ, I.; RODRÍGUEZ, Y.; PANEQUE, P.: "Aplicación móvil para determinar cantidad de medios de transporte, en la cosecha mecanizada de caña de azúcar", *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 34, 2024.

LÓPEZ, E.; GONZÁLEZ, O.; HERNÁNDEZ, J.; HERRERA, M.: "Efectos en el suelo y la cepa de la actividad mecanizada en el cultivo de la caña de azúcar.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3), 2021, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

LÓPEZ, E.; SAUCEDO, E.; GONZÁLEZ, E.; HERRERA, E.; BETANCOURT, Y.: "Efectos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar sobre el suelo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 31(1), 2022, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

MATOS, N.; GARCÍA, E.; GONZÁLEZ, J.: "Evaluación técnica y de explotación de las cosechadoras de caña Case 7 000.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4): 6-9, 2010, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

MATOS, N.; LÓPEZ, J.: *Evaluación técnica, de explotación y económica de las cosechadoras cañeras en la Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey, Cuba*, Inst. Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey, Cuba, Florida. Camagüey, Cuba, 2011.

NC 34-37: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación tecnológica explotativa*, Inst. Oficina Nacional de Normalización La Habana, Cuba., La Habana, Cuba, publisher: Oficina Nacional de Normalización La Habana, Cuba., 2003.

RODRÍGUEZ, Y.; MOREJÓN, Y.; SOSA, D.; BLANCO, J.; MARTÍNEZ, O.: "Modelo de Markov para determinar la estructura racional del complejo cosecha-transporte en caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(1), 2019, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.

SUÁREZ, C.; RODRÍGUEZ, Y.; MÁRQUEZ, K.: "Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(4), 2006.