Recibido: mayo, 2023 Aprobado: junio, 2023 Publicado: agosto, 2023

08

PLANIFICACIÓN SOSTENIBLE DEL MANEJO POSTCOSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

SUSTAINABLY PLANNING OF SUGARCANE´S POSTHARVEST MANAGEMENT

Omar Antúnez Antúnez[1]
E-mail: omar.antunez@5sept.azcuba.cu
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-0545-508X
Yoel Betancourt Rodríguez[2]
E-mail: yoelbr15@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4109-8775
Anabel Quintero Cabrera[3]
E-mail : anabelquinterocabrera@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-6874-4508
Roberto Bravo Agriel[3]
E-mail : roberto.bravo@gesacf.azcuba.cu
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-1947-5535
[1]Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) 5 de septiembre, Cuba
[2]Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), INICA-Villa Clara. Cuba
[3] Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), INICA-Cienfuegos, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Antúnez Antúnez, O., Betancourt Rodríguez, Y., Quintero Cabrera, A. (2023). Planificación sostenible del manejo Postcosecha de la Caña de Azúcar. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(2), 62-68. https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes

RESUMEN

Los retoños tienen un valor significativo en los estimados a partir de que pueden alcanzar hasta el 50% de lo que se lleva a la industria para la molienda. Un manejo adecuado previsto desde la planificación puede favorecer significativamente al incremento del rendimiento agrícola. Con el objetivo de planificar de forma sostenible la atención postcosecha de la caña de azúcar se desarrolló esta investigación. El trabajo se realizó en la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) 5 de septiembre, en la campaña 2022-2023. Se utilizó como información de la EAA: la Base de Datos Única, la información digitalizada del Mapa de Suelo 1:25 000 y la Estrategia de Corte. Para la planificación del manejo agronómico se empleó el software LabraS del Instituto de Investigaciones de la caña de Azúcar. Los resultados mostraron que las condiciones en el manejo postcosecha se caracterizaron por predominar el mal drenaje del suelo como el principal factor limitante para la labranza (41%), ocupar la cepa soca un 24% y tener una afectación del 40% de leñosas con intensidad de ligera a media. Las labores planificadas y la demanda de combustible cumplieron con los requerimientos agronómicos de la caña de azúcar y siguieron los principios de sostenibilidad. Se identificó en la máquina FMCM-1 una demanda potencial mayor que la capacidad instalada en los dos primeros meses del año, como promedio en 751 ha. Se recomendó desarrollar investigaciones para determinar los factores que influyen en la aplicación del FMCM-1 en aras de lograr su máximo aprovechamiento.

Palabras Clave:

Planificación, cultivo a retoños, manejo postcosecha, máquina multipropósito.

ABSTRACT

The sugarcane ratoon has a significant value in the estimates since they can reach up to 50% of what is taken to the industry for milling. An adequate management foreseen from the planning significantly favors the increase of agricultural yield. This research was developed with the aim of sustainably planning for the postharvest management of sugarcane. The work was carried out at the Agroindustrial Sugar Company (EAA) 5 de Septiembre, in the 2022-2023 campaign. The EAA information used: the Unique Database, the digitized information of the Soil Map 1:25 000 and the Harvest´s Cutting Strategy. For the planning of agronomic management, the LabraS software of the Sugarcane Research Institute was used. The results showed that the conditions in the postharvest management were characterized by poor soil drainage as the main limiting factor for tillage (41%), 24% of the Soca ratoon (sugarcane ratoon after the first harvest) and 40% affected with woody plants, with an intensity from light to medium. The planned tasks and the demand for fuel met the agronomic requirements of sugarcane and followed the principles of sustainability. A potential demand greater than the installed capacity was identified in the FMCM-1 machine in the first two months of the year, on average 751 ha. It was recommended to develop investigations to determine the factors that influence the application of FMCM-1 in order to achieve its maximum use.

Keywords:

Planning, ratoon cultivation, postharvest management, multipurpose machine.

INTRODUCCIÓN

La zafra 2021-2022 en Cuba fue la producción más baja en más de cien años, se produjo alrededor de 480 000 toneladas de azúcar en 36 centrales (Tamayo, 2022). Dado el valor histórico, cultural y de identidad unidos a los beneficios energéticos, económicos y sociales que representan para el país resulta indispensable recuperar la agroindustria azucarera.

De las diferentes cepas de caña que se llevan a la zafra, los retoños tienen un valor significativo en los estimados a partir de que pueden alcanzar hasta el 50% de lo que se lleva a la industria para la molienda (Acosta, 2014). Un manejo postcosecha adecuado en los retoños favorece significativamente al incremento del rendimiento agrícola en el entorno productivo donde se desarrollen los trabajos.

La atención a los retoños comienza con la fertilización y cultivo postcosecha (Crespo et al., 2013; Zuaznábar et al., 2014), en esa etapa de desarrollo del cultivo resulta necesario cumplir los siguientes objetivos: aportar nutrientes, podar raíces, controlar arvenses, restablecer las propiedades físicas del suelo afectadas por la cosecha y repoblar el campo. Sin embargo, la persistencia de problemas técnico-económicos ha atentado significativamente con la aplicación de uno o varios de los objetivos mencionados lo que de alguna forma justifica la situación crítica en cuanto al rendimiento agrícola de esta cepa.

Varios son los problemas reportados que afectan el desarrollo de los retoños en las condiciones actuales de Cuba. Desde el punto de vista de la labranza de suelo se pueden resumirse en: aplicación desfasada de las labores detrás del corte y asociado con problemas de calidad, utilización incorrecta de implementos que conducen a roturas y a elevados costos de reparación, no empleo de labores para el manejo de residuos, como el arrope; aplicación inadecuada del cultivo profundo a retoños, y la quema de caña asociados a diferentes causas, aunque en áreas reducidas, pero aún existente. Una de las vías para la solución de tales problemas se encuentra en la aplicación de principios de calidad, oportunidad y sostenibilidad en la planificación de las labores agrícolas.

Según FINNEGANS (2022), la planificación agrícola contiene el asesoramiento en el establecimiento de los cultivos e incluye el análisis técnico y económico del mismo. Un buen plan ayudará a comprender quién, cuándo, dónde, qué y cómo tiene que hacerse el trabajo (Kurihara, 2012). En ese sentido, en el año 2015 se conceptualizó el Servicio de labranza de suelo para caña de azúcar, dirigido entre otros procesos a la fertilización y cultivo postcosecha (Betancourt et al., 2018), con una oferta especialmente diseñada para la planificación, la cual está soportada en una plataforma informática, el software (SW) LabraS (Betancourt et al., 2019a). Es importante destacar que uno de los pilares importantes del servicio radica en que no solo se propone el manejo agronómico del cultivo en las más variadas condiciones edafoclimáticas, expresado como una carta tecnológica, sino también la definición de la maquinaria agrícola para satisfacer la demanda establecida, con el análisis de explotación correspondiente.

Un adecuado manejo de las plantaciones cañeras después del corte puede estar con el empleo de máquinas multipropósito, como es el caso del Fertilizador Mezclador Cultivador Múltiple en su primera versión (FMCM-1) (INICA, 2017), el cual posibilita en una sola pasada realizar las operaciones establecidas en el manejo postcosecha, con el consiguiente cumplimiento de los principios de calidad, oportunidad y sostenibilidad (Betancourt et al., 2022). Sin embargo, es necesario determinar el potencial de aplicación para lograr el mayor impacto posible y de esta forma incorporar sostenibles en la labranza de suelo en ese proceso productivo.

Una solución a los problemas identificados en el manejo postcosecha de la caña se encuentra en la aplicación de principios sostenibles en la realización de los trabajos, que integre en las recomendaciones el conocimiento del suelo, el clima, la maquinaria disponible con las necesidades que demanda el cultivo según su etapa de desarrollo, por lo que si se aplica este principio en la etapa de planificación es posible iniciar la transformación del escenario actual hacia un incremento sostenido de la producción. Considerando lo antes expuesto el objetivo de la investigación es planificar de forma sostenible la atención postcosecha de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la EAA 5 de septiembre de la provincia de Cienfuegos. Los datos correspondientes a las características del suelo de las áreas a atender postcosecha (FCPC) proceden de la información digitalizada del mapa de suelos 1:25 000. Las características del bloque en cuanto a área, cepa, rendimiento agrícola, tipo de cosecha y fecha de liberación provienen de la Estrategia de Corte de la empresa para la zafra 2022-2023. Se identificaron para el manejo postcosecha 5609,9 ha, en 145 bloques de caña.

Los agrupamientos genéticos de suelos predominantes en la EAA son los Pardos Sialíticos (50%), los Vertisoles (25%), los Ferralíticos (14%) y los Húmico Sialíticos (10%), según la clasificación genética del 2015 (Hernández et al., 2015).

En esta investigación se define como cepa Soca a las que cuentan con una cosecha y cepa Retoño a las que tienen más de una cosecha ya sean quedadas o no.

El procedimiento aplicado para la planificación sostenible del manejo postcosecha se basó en el empleo del sistema automatizado LabraS (Betancourt et al., 2019a). La aplicación de los principios sostenibles se basó en el empleo de los criterios ISMACE establecidos en los algoritmos, lo que significa, según dicho autor, integrar en un mismo procedimiento los conocimientos del suelo, la maquinaria, el cultivo y el entorno de trabajo en las recomendaciones dadas al productor para el manejo de las plantaciones cañeras.

Los parámetros considerados para las recomendaciones en la plataforma LabraS fueron los siguientes:

1. Se aplicó el método del tercer cuartil para definir las áreas con problema de pedregosidad y/o rocosidad. Se utilizó como criterio la presencia en un porcentaje menor o igual el 75% del área.
2. Se definieron 81 alternativas tecnológicas posibles a recomendar, con tres variantes como promedio por alternativa.
3. Se seleccionó el Costo (Pesos ha^{-1}) para la selección del agregado (tractor más implemento) en las labores recomendadas.
4. Se estableció para recomendar la ***Posible Cobertura de paja*** un rendimiento agrícola mayor o igual a 60 t ha^{-1}.
5. Se definió para recomendar el ***Posible Arrope***, desplazamiento de la paja hacia la hilera, un rango de rendimiento agrícola entre 40 y 60 t ha^{-1}.

Se debe especificar que el término "***Posible"*** definido anteriormente indica que está sujeto a cambio tecnológico. Lo anterior se explica porque la planificación se realiza con varios meses de antelación a la cosecha y es impredecible conocer las condiciones reales en el momento de ejecutar los trabajos, lo que indica que si la cosecha mecanizada se desarrolla en condiciones desfavorables por humedad excesiva en el suelo puede conducir a un cambio tecnológico diferente al planificado en cuanto al manejo de residuos, en caso contrario se puede mantener lo planeado.

Los agregados disponibles en la EAA y utilizados en la configuración de los pelotones en el SW LabraS para responder a las necesidades de labores se presentan en la tabla 1.

Los tipos y dosis de los fertilizantes demandados en esa etapa de desarrollo del cultivo fueron recomendados por el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE), del INICA.

Tabla 1. Fuente energética e implemento por labor en el cultivo postcosecha

Fuente energética	Implemento	Labor
MTZ-80	Arropador	Arrope
YTO 1604	FMCM-1	Fertilización, cultivo y acondicionamiento
		Fertilización CC y Cultivo tradicional
MTZ-80	F350	Fertilización retoños y socas CC
		Fertilización retoños y socas LC
Belarus 1523	Bayamo 81	Cultivo profundo
MTZ-80	M160	Primer cultivo
MTZ-80	M160	Segundo cultivo
MTZ-80	Grada Múltiple	Acondicionamiento
MTZ-80	Guía de agua	Acanterar
Leyenda: CC-Centro de cepa, LC-Lado de cepa		

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la relación entre la Demanda potencial (***Dp***) y la Capacidad instalada (***Ci***) en las labores con alta demanda en la planificación se utilizó la expresión (1):

$$Ci=Ne*Rj*De*CDT \quad (1)$$

Donde: ***Ne***- Cantidad de agregados activos y disponibles para el trabajo, ***Rj***-Rendimiento por jornada de trabajo (ha $jornada^{-1}$), ***De***- Días efectivos (un día efectivo representa una jornada de trabajo) y ***CDT***- Coeficiente de disponibilidad técnica.

La demanda potencial representó la carga de trabajo planificada por labores con el SW LabraS. Los índices de explotación como rendimiento de trabajo (ha $jornada^{-1}$) y gasto de combustible (L ha^{-1}) utilizados en la investigación se tomaron de los indicadores de planificación establecidos por AZCUBA.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

La evaluación de los factores limitantes para la mecanización de la labranza de suelo, en las 5 609,9 ha de manejo postcosecha, identificó al Mal drenaje como el predominante con el 41% (2 300 ha) y en menor escala, con valores inferiores al 3%, la Pedregosidad y/o Rocosidad, la Compactación y los problemas de Pendiente. Las áreas Sin Limitaciones ocuparon el mayor porcentaje, cerca del 53%, lo cual brindó una situación favorable para realizar la planificación según principios de sostenibilidad (figura 1).

Con relación a las condiciones de la superficie del terreno, se observó un predominio de las áreas de retoños con el 76% (figura 2). El porcentaje de soca se corresponde con lo recomendado para las condiciones de la producción de caña en Cuba, el cual debe ser del 20% para obtener incrementos sostenidos de la producción, disminuir los costos, crecer en el rendimiento agrícola y lograr mayor durabilidad de la cepa (Acosta, 2014).

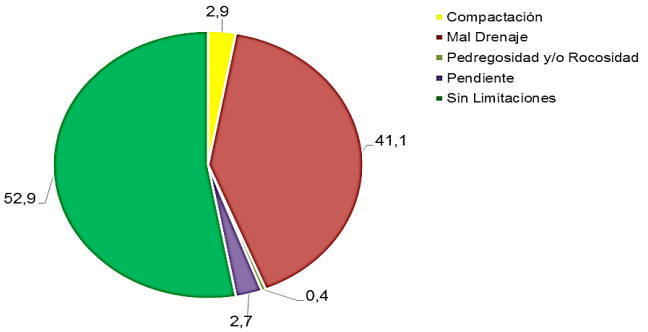

Figura 1. Distribución de los factores limitantes para la mecanización de la labranza de suelo en las áreas de manejo postcosecha (Fuente: Elaboración propia)

Otro factor a destacar es la afectación del área con leñosas en un 40%, estimado en una intensidad entre media y ligera en cuanto al área que, ocupada, pero como condición favorable con poco desarrollo vegetativo, lo cual facilita su control con los medios que disponen las unidades productoras.

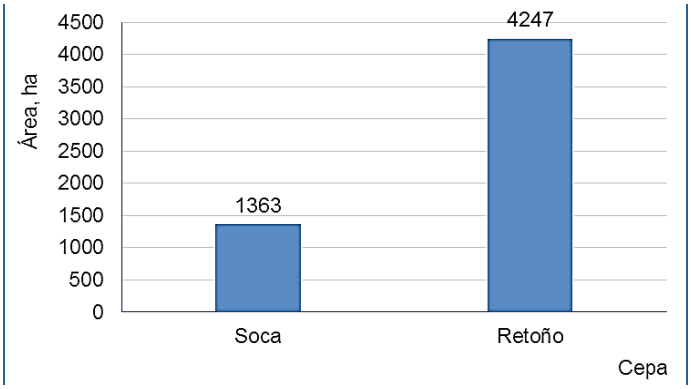

Figura 2. Distribución de las cepas en las áreas de manejo postcosecha (Fuente: Elaboración propia)

Las labores recomendadas para la planificación con el SW LabraS demuestran un manejo sostenible para la atención postcosecha de la caña de azúcar en la EAA (figura 3). En ese sentido, se recomendó en alrededor del 2% la Posible Cobertura de Paja y en el 31% el Posible Arrope, lo cual coincidió con las premisas establecidas en la investigación.

El manejo de residuos de cosecha, como los propuestos en esta investigación, la cobertura de paja y el arrope hacia la hilera, se encuentran dentro de las medidas de conservación del suelo de alto impacto positivo sobre el medio ambiente, aspecto que incide favorablemente so-

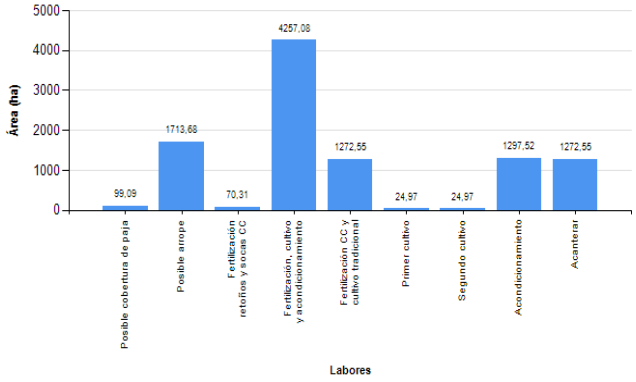

Figura 3. Labores recomendadas para el manejo postcosecha (Fuente: Elaboración propia)

El cultivo postcosecha de las condiciones afectadas por pedregosidad y/o rocosidad después de fertilizada el área se propuso con labores mecánicas en los espacios entre hieras de forma independiente (Primer y Secundo cultivo y acondicionamiento), a partir de que son las condiciones para realizar los trabajos a nivel de unidades productoras.

El manejo postcosecha integrado en una sola labor y definida como Fertilización, cultivo y acondicionamiento se recomendó para el 76% del área (4257 ha) con la máquina FMCM-1, lo cual resulta favorable para reducir pases sobre el terreno, y con esto, efectos de compactación sobre el suelo; además, aplicar un manejo con oportunidad y sostenibilidad técnica, energética y económica por la aplicación simultánea de varias labores como mezclado, dosificación y enterrado del fertilizante, cultivo y acondicionamiento del área. Por otra parte, para los suelos de mal drenaje interno y externo, los cuales ocuparon el 55% (1272 ha) de los definidos con problemas de mal drenaje, también se planificó el equipo FMCM-1 en la labor Fertilización al centro de la cepa y cultivo tradicional. Para estas condiciones se recomendó como operación final de manejo postcosecha el Acanteramiento o Guía de agua, lo que coincide con el manejo recomendado en condiciones similares donde es necesario favorecer el drenaje superficial (Gutiérrez et al., 2013).

Las recomendaciones realizadas satisfacen los requerimientos agronómicos para la caña de azúcar según lo establece el instructivo y otros manuales definidos en Cuba (Crespo et al., 2013; Gutiérrez et al., 2013; Zuaznábar et al., 2014), además incluye prácticas de manejo sostenibilidad agrícola establecidos por la FAO (FAO and ITPS, 2021) como resultado de aplicar los criterios ISMACE definidos en los algoritmos del SW LabraS. Resultados similares en la planificación de la labranza de suelo con dicha plataforma en condiciones edafoclimáticas y procesos tecnológicos diferentes han sido reportados en otras investigaciones en el país (Pérez, 2018 y Betancourt et al., 2019b).

Otro elemento sobresaliente y adicional es el valor de contar con la información digitalizada, lo cual asegura el ajuste del proceso en el momento que sea requerido por el productor con la mayor brevedad posible, aspecto que demuestra la necesidad de informatizar los procesos agrícolas para potenciar su desarrollo.

Una parte importante del proceso de planificación radica en determinar por mes el área a realizar por labores (tabla 2), entre otros objetivos para realizar los análisis de explotación de la maquinaria correspondientes y asegurar su cumplimiento con calidad y oportunidad. Los cuatro primeros meses del año poseen la mayor demanda de trabajo con más de 1300 ha, de ellos febrero contituye el mes crítico con cerca de 2064 ha y en el cual el mayor peso lo tiene la labor de Fertilización, cultivo y acondicionamiento definida para 1170,5 ha.

Tabla 2. Distribución mensual del área (ha) por labores

Labores	Área mensual, ha					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Acanterar	140,0	184,7	283,9	273,3	253,3	137,3
Acondicionamiento	154,1	277,6	226,7	248,5	253,3	137,3
Fertilización CC y cultivo tradicional	140,0	266,7	226,7	248,5	253,3	137,3
Fertilización retoños y socas CC	59,4	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Fertilización, cultivo y acondicionamiento	1170,5	1302,1	590,1	673,3	342,0	90,7
Primer cultivo	14,1	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Segundo cultivo	14,1	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1692,2	2063,8	1327,3	1443,7	1101,8	502,7

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el nivel de trabajo definido para las labores a realizar con el equipamiento de la unidad productora, que incluye Fertilización retoños y socas CC, Primer cultivo, Segundo cultivo, Acondicionamiento y Acanterar es inferior a la capacidad instalada por labor, superior a las 500 ha mensuales, por lo que no existe dificultad para su aplicación. Sin embargo, para las labores restantes, realizadas con la máquina FMCM-1, la situación es más compleja porque solo se cuenta con tres activas y el nivel de trabajo planificado es elevado, hasta de 1314 ha en un solo mes (febrero).

La relación existente entre la demanda potencial y la capacidad instalada (Figura 4) para la FMCM-1 demuestra un déficit marcado en los meses de enero y febrero, de 751 ha como promedio, y con menos incidencia para el período desde marzo a mayo, en este último la aplicación de medidas que permitan aumentar la productividad del agregado, tales como: seleccionar la velocidad de trabajo adecuada, aplicar métodos de movimiento y viraje apropiados, asegurar un óptimo estado técnico del equipo de manera que reduzca la resistencia específica, definir dos turnos de trabajo, entre otros (González y Tzucurov, 1986); y de motivación dirigidas directamente al personal vinculado al pelotón pueden satisfacer la diferencia. Sin embargo, en los dos primeros meses, se demandan acciones como el alquiler de equipos para cubrir la necesidad o la selección de áreas que brinden el mayor impacto productivo con la FMCM-1, para lo cual se recomienda el desarrollo de investigaciones dirigidas a determinar los factores que influyen en la aplicación de la maquina FMCM-1.

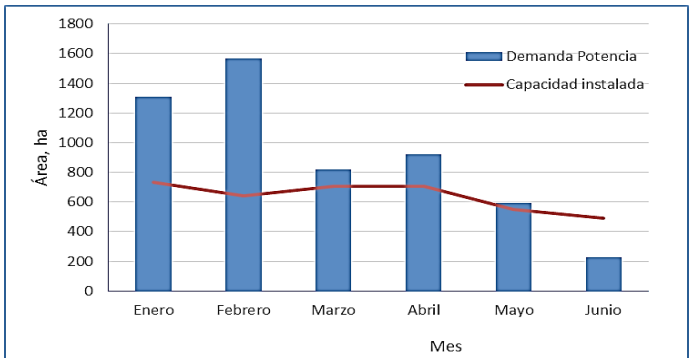

Figura 3. Relación entre demanda potencial y la capacidad instalada para la máquina FMCM-1 (Fuente: Elaboración propia)

La demanda de combustible para las labores planificadas (Tabla 3) es otro de los elementos importantes a considerar en la planificación y que adecuadamente establecido favorece la sostenibilidad energética y la contratación con la empresa de suministro de forma oportuna.

Tabla 3. Distribución mensual de la demanda de combustible por labores para el manejo postcosecha

Labores	Demanda de combustible mensual, L						Total, L
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Acanterar	1540,3	2031,3	3123,1	3006,5	2786,2	1510,6	13998,0
Acondicionamiento	693,3	1249,3	1020,0	1118,4	1139,8	618,0	5838,7
Fertilización CC y cultivo tradicional	2940,6	5600,9	4759,9	5219,1	5319,1	2883,9	26723,6
Fertilización retoños y socas CC	482,8	88,8	0,0	0,0	0,0	0,0	571,6
Fertilización, cultivo y acondicionamiento	21069,7	23436,9	10621,4	12120,1	6155,1	1633,0	75036,2
Primer cultivo	147,5	114,7	0,0	0,0	0,0	0,0	262,2
Segundo cultivo	147,5	114,7	0,0	0,0	0,0	0,0	262,2
Total	27021,9	32636,5	19524,4	21464,1	15400,2	6645,5	122692,5

Fuente: Elaboración propia

La mayor demanda está asociada a las labores con la FMCM-1, con 101,8 mil Litros, por causa del área elevada y el empleo del tractor YTO 1604 de 118 kW, con un consumo específico de combustible a régimen nominal y horario en el motor de 235 g $kW^{-1}h^{-1}$ y 28 L h^{-1}, respectivamente (YTO Group Corparation, 2013). A pesar del gasto elevado de combustible presentado con este agregado, los beneficios reportados por el uso de la máquina

multipropósito FMCM-1 en cuanto a la reducción de la demanda de combustible de 13,6 L ha^{-1} en comparación con la tecnología tradicional de manejo de retoños (Betancourt et al., 2022) puede favorecer la disminución del consumo energético hasta de 74 982 litros en esa campaña si se aplica en el área planificada.

Los elementos expuestos demuestran la importancia de realizar la planificación objetiva y participativa en la agricultura. En ese sentido, en investigaciones realizadas sobre esta temática definen como preponderante el papel de la planificación para tener una visión de futuro (Kurihara, 2012 y FINNEGANS, 2022).

CONCLUSIONES

Las condiciones en el manejo postcosecha se caracterizaron por predominar el mal drenaje del suelo como el principal factor limitante para la labranza (41%), ocupar la cepa soca un 24% y tener una afectación del 40% de leñosas con intensidad de ligera a media.

Las labores planificadas y la demanda de combustible en la atención postcosecha se correspondieron con los requerimientos agronómicos de la caña de azúcar y siguieron los principios de sostenibilidad en las condiciones de la EAA 5 de septiembre.

Se identificó una demanda potencial mayor como promedio de 751 ha respecto a la capacidad instalada para las labores asociadas con la máquina FMCM-1 en los dos primeros meses del año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, P. P. (2014). Capítulo 9. La cosecha de la caña de azúcar. En, I. Santana, M. González, S. Guillén y R. Crespo. Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. 2da. Edición. (257-282). Ediciones ama.

Betancourt, Y., Alonso, D., González, A. B., & la Rosa, A. J. (2019a). Sistema automatizado LabraS para la toma de decisiones en la planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 28 (4),* 89-100.

Betancourt, Y., Guillén, S., Rodríguez, J. F., Alfonso, A., & Sánchez. R. (2018). Servicio para la asistencia técnica en la labranza de suelos dedicados a caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 27 (2)*, 1-13.

Betancourt, Y., Pérez, D., & Álvarez, A. (2019b). Asistencia técnica de la labranza de suelos en el control de arvenses en la reposición de caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola, 9 (3),* 10-15.

Betancourt, Y.; I. Fernández, J. C. González, H. del Río, D. Gil González, E. Pineda, I. Delgado, E. Becerra, R. Más. (2022). Mejoras Tecnológicas en la Atención Postcosecha de la Caña de Azúcar en Villa Clara. Propuesta a premio Provincial CITMA a la Innovación Tecnológica (No publicado), 10 pp. (Manuscrito sin publicar). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara.

Bihari, B., Kumari, R., Padbhushan, R., Kumar, R., Kumar, G., Kumari, S., & Kumari, M. (2021). Management of crop residue for enhancement of crop productivity and nutrient cycling. *The Pharma Innovation Journal, SP-10(9)*, 495-502.

Crespo F. R., Pérez, H. I., Rodríguez, I., & García, I. (2013). Capítulo 6. Agronomía. En, H. I. Pérez, I. Santana, I. Rodríguez. Manejo sostenible de tierra en la producción de caña de azúcar. (119-146). Ediciones ama.

Italia. FAO & ITPS. (2021). Recarbonizing global soils: A technical manual of recommended management practices. Volume 3: Cropland, Grassland, Integrated systems and farming approaches – Practices overvieWasmannia AuropunctataRome. https://doi.org/10.4060/cb6595en.

FINNEGANS. (2022). Planificación agrícola: la clave para tener una visión a futuro. https://finneg.com/insights/2019/04/03/planificación-agrícola-la-clave-para-tener-una-visión-a-futuro/

González, R., & Tzucurov, A. (1986). Explotación del parque de maquinaria. Ediciones ENPES.

Gutiérrez, A., Díaz, F. R., Vidal, V., Rodríguez, I., Pineda, E., Betancourt, Y., & Gómez, J.R. (2013). Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de la caña de azúcar en los suelos arcillosos pesados con regadío superficial, *Revista Cuba & Caña, Suplemento Especial, (1):* 15 pp.

Hernández, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA.

Hussain, S., Hussain, S., Guo, R., Sarwar, M., Ren, X., Krstic, D., Aslam, Z., Zulifqar, U., Rauf, A., & Hano, C., (2021). *Carbon Sequestration to Avoid Soil Degradation: A Review on the Role of Conservation Tillage*. https://doi.org/10.3390/plants10102001

INICA. (2017). Manual de Explotación del Fertilizador-Mezclador-Cultivador FMCM-1, 20 pp. (Manuscrito sin publicar). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).

Kurihara, T. (2022). *Guía Técnica sobre Mejoramiento de Administración Agrícola para Pequeños Agricultores. No.6: Planificación de la Producción.* https://www.jica.go.jg/proyect/elsalvador/0603028/pdf/producion/farm_06.pdf

Pérez, D. (2018). *Planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar mediante el sistema automatizado LabraS.* (Tesis de Maestría). Universidad Central "Marta Abreu" de la Villas.

Tamayo, R. (2022). *Analizan desempeño de la zafra 2021-2022, la producción más baja en más de cien años.* https://www.cubadebate.cu/noticias/2022/06/26/analizan-desempeno-de-la-zafra-2021-2022-la-produccion-mas-baja-en-mas-de-cien-anos/.

YTO Group Corporation. (2013). YTO-1604/1804 Tractor de Ruedas. Manual de Operación y Mantenimiento,82 pp. (Manuscrito sin publicar). Empresa Agroindustrial Azucarera 5 de Septiembre.

Zuaznábar, R., Rodríguez, L., Días, J. C., & Álvarez, A. (2014). Capítulo 6. Manejo de malezas. En, I. Santana, M. González, S. Guillén y R. Crespo. Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. 2da. Edición. (151-180). Ediciones ama.