



Evaluación del dispositivo de discos o tubo giratorio mecanizado en el proceso de fertilización sólida en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

José David Vergara Sinisterra

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente
Palmira, Colombia

2019



Evaluación del dispositivo de discos o tubo giratorio mecanizado en el proceso de fertilización sólida en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

José David Vergara Sinisterra

Coordinadora:

María del Pilar Romero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente

Palmira, Colombia

2019

Agradecimientos

Partiendo de que la formación a distancia requiere de un alto compromiso de forma personal y cuyo objetivo está basado en el aprendizaje autónomo, es de vital importancia el acompañamiento de los tutores en la parte práctica. Por esta razón el compromiso y colaboración de cada uno de ellos, ayuda al crecimiento personal y profesional del estudiante UNADISTA.

De mi parte doy un agradecimiento especial a la profesora María del Carmen Garcés, gran profesional y gran persona, quien fue un apoyo fundamental durante la estructuración y desarrollo de esta propuesta de trabajo aplicado como opción de grado, dando las pautas necesarias para su aceptación y posteriormente dar inicio a sus fases de análisis, ejecución y evaluación

Agradezco a la profesora María del Pilar Romero, quien con su orientación en la parte final del trabajo, me ayudo a dar orden y a estructurar de manera adecuada este trabajo aplicado, además de la dedicación de su tiempo para revisar cada uno de los datos que se presentaron.

Cabe resaltar que la disposición de los tutores de la UNAD es muy grande, además de realizar muy buena orientación siempre están prestos a resolver las dudas que como estudiantes tenemos en el desarrollo de nuestras actividades formativas

RESUMEN

Con el desarrollo de este trabajo se pretendió estudiar y analizar la variabilidad en cuanto a medidas y dosificaciones que se presentaba en las aplicaciones de fertilizantes sólidos de forma mecánica en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

El trabajo consistió en seleccionar un grupo de abonadoras mecánicas encargadas de realizar aplicación de fertilizantes sólidos granulados. Estas abonadoras realizaron las aplicaciones en campo, en las haciendas Malagana Lote 1, Malagana 2 y el Rincón Doronsoro, las cuales pertenecen a diferentes productores de caña de azúcar en el corregimiento del Bolo, zona sur occidental del municipio de Palmira Valle del Cauca y proveen sus cañas a Ingenio Providencia S.A. Se evaluaron los componentes de estas abonadoras, haciendo un especial énfasis en el tornillo sin fin que va instalado en la parte trasera de la abonadora, y es quien afecta de manera significativa la calidad de las aplicaciones en cuanto a calibración (dosis/hectárea) entrega y homogeneidad en la distribución de diferentes fertilizantes granulados en campo se refiere.

Se determinó que esta situación afectó considerablemente el rendimiento de los cultivos de caña de azúcar, ya que en algunos casos en el proceso u operación de la labor de fertilización, se sub-dosificó o sobre-dosificó la cantidad de fertilizante que se formula en base a un resultado de un análisis de suelo, acompañado de la recomendación del ingeniero agrónomo encargado de las haciendas donde se realizó este trabajo.

Debido a esta problemática, se evidenciaba que al terminar cada aplicación mecánica de fertilizantes granulados, se presentaban inconsistencias en cuanto a cantidad de fertilizante depositado en la máquina. Razón por la cual se decidió evaluar cada parte y cada componente de las abonadoras, llegando a la conclusión de que el tornillo sin fin, (dosificador) es directamente el responsable de garantizar una aplicación de calidad en los cultivos de caña de azúcar en las haciendas mencionadas.

Con esta toma de medidas realizadas a los sinfines que van instalados en las abonadoras se pudo determinar que se presentaba una carencia de homogeneidad en su estructura,

y que dicha falencia afectaba directamente las descargas que se depositaban en campo durante la ejecución en la labor de fertilización.

Se plantearon soluciones que permitirán el mejoramiento continuo de las fertilizaciones mecánicas, además de un manejo adecuado de las mismas ya que son las encargadas de suministrar el abono al suelo para ser fertilizado, y por ende mejorar productividad de los cultivos en estas tres haciendas

SUMMARY

With the development of this work was intended to study and analyze the variability in terms of measurements and dosages that appeared in the applications of solid fertilizers mechanically in the cultivation of sugar cane (*Saccharum officinarum*).

The work consisted of selecting a group of mechanical fertilizer spreaders in charge of applying granulated solid fertilizers. These fertilizer spreaders made the applications in the field, on the Malagana Lote 1, Malagana 2 and Rincón Doronsoro farms, which belong to different producers of sugar cane in the Bolo area, south west of the municipality of Palmira Valle del Cauca and provide your canes to Ingenio Providencia SA. The components of these fertilizer spreaders were evaluated, with special emphasis on the auger that is installed in the rear part of the fertilizer spreader, and which significantly affects the quality of the applications in terms of calibration (dose / hectare) delivery and homogeneity in the distribution of different granulated fertilizers in the field.

It was determined that this situation considerably affected the yield of the sugarcane crops, since in some cases in the process or operation of the fertilization work, the amount of fertilizer formulated on the basis was sub-dosed or over-dosed. To a result of a soil analysis, accompanied by the recommendation of the agronomist in charge of the haciendas where this work was carried out.

Due to this problem, it was evident that at the end of each mechanical application of granulated fertilizers, there were inconsistencies in the amount of fertilizer deposited in the machine. Reason why it was decided to evaluate each part and each component of the fertilizer spreaders, reaching the conclusion that the endless screw, (doser) is directly responsible for ensuring a quality application in the sugarcane crops in the haciendas mentioned.

With this taking of measurements made to the augers that are installed in the fertilizer spreaders it was possible to determine that there was a lack of homogeneity in its structure, and that this deficiency directly affected the discharges that were deposited in the field during the execution in the fertilization work. Solutions were proposed that will

allow the continuous improvement of the mechanical fertilizations, in addition to an adequate management of the same since they are in charge of supplying the fertilizer to the soil to be fertilized, and therefore improve the productivity of the crops in these three haciendas

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
Summary	6
Listado de Tablas	10
Listado de Figuras	12
Listado de Abreviaciones	13
Planteamiento del problema	14
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Marco conceptual y teórico.....	18
Importancia de las labores culturales en el cultivo de caña.....	19
Importancia de la fertilizacion historia y evolución.....	19
Tecnica de dosificacion de solidos por sistema de tornillo	21
Metodología.....	22
Localización	22
Determinación de la homogeneidad en las medidas del dispositivo de disco.....	25
Diferencias en las descargas de fertilizante por cada una de las cuatro salidas que comprende la abonadora; influencia del tubo giratorio (tornillo sin fin).....	26
Verificación de la homogeneidad en las descargas	28
Resultados.....	29
Resultados de la homogeneidad de la estructura del dispositivo de disco.....	29
Resultados tubo giratorio (tornillo sin fin) Abonadora 1	29

Resultado del número de crestas de la abonadora 1	31
Resultados tubo giratorio (tornillo sin fin) Abonadora 2.....	32
Resultado del número de crestas de la abonadora 2.....	34
Resultados tubo giratorio (tornillo sin fin) Abonadora 3.....	34
Resultado del numero de crestas de la abonadora 3.....	34
Resultados de las diferencias en las descargas por cada salida de la abonadora	38
Descargas obtenidas por abonadora en las tres haciendas.....	38
Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 1	39
Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 2.....	41
Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 3.....	43
Análisis de los Resultados.....	45
Análisis de la altura (mm) del dispositivo de disco de las 3 abonadoras evaluadas ..	45
Análisis del grosor de crestas de las 3 abonadoras evaluadas.....	46
Análisis del paso o distancia de crestas de las 3 abonadoras evaluadas	47
Resultado del número de crestas de las abonadoras estudiadas	48
Análisis de los resultados de descargas tomadas en campo por cada abonadora	49
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54
Referencias Bibliográficas	55
Anexos	58
Anexo 1 Formato de evaluación (toma de medidas).....	58

Listado de Tablas

Tabla 1: Descarga optima de abonadoras.....	27
Tabla 2: Resultados de la altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1- estadística descriptiva.....	29
Tabla 3: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1- estadística descriptiva.....	29
Tabla 4: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1	31
Tabla 5: Resultados de la altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2.....	32
Tabla 6: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2.....	33
Tabla 7: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2	33
Tabla 8: Resultados altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3	34
Tabla 9: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3.....	35
Tabla 10: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3	36
Tabla 11: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 1	39
Tabla 12: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 1.....	39
Tabla 13: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 1	40
Tabla 14: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 2.....	41
Tabla 15: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 2.....	41
Tabla 16: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 2	42
Tabla 17: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 3.....	43
Tabla 18: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 3.....	43
Tabla 19: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 3	44
Tabla 20: Dosis por surco Abonadora 1 en las tres haciendas.....	49

Tabla 21: Dosis por surco Abonadora 2 en las tres haciendas..... 50

Tabla 22: Dosis por surco Abonadora 3 en las tres haciendas..... 52

Listado de Figuras

Figura 1 Fuente: Autor. (A) Abonadora mecánica con tornillo sinfín para aplicación en plantillas (2 líneas) (B) Abonadora mecánica con tornillo sinfín para aplicación en socas (3 líneas) (Comportamiento en la aplicación del fertilizante, según situación)	22
Figura 2 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante	24
Figura 3 Fuente Autor. Abonadora marca Agro-equipos (figura 3A). Vista lateral de abonadora ((figura 3B). Vista superior del sin fin instalado en la tolva ((figura 3C). Vista del tornillo sin fin – enganche con la potencia del tractor	25
Figura 4 Fuente Autor. Recolección de descargas y toma de peso	28
Figura 5 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante	32
Figura 6 Fuente Autor. Altura de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluadas	45
Figura 7 Fuente Autor. Grosor de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluadas	46
Figura 8 Fuente Autor. Paso o distancia de crestas del tornillo sin fin abonadoras evaluadas	47
Figura 9 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante	48
Figura 10 Fuente Autor. Numero de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluados	48
Figura 11 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 1 en las tres haciendas	50
Figura 12 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 2 en las tres haciendas	51
Figura 13 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 3 en las tres haciendas	52

Listado de Abreviaciones

ABON= Abonadora

AC= Altura de Crestas

GC= Grosor de Crestas

Kg/ha= Kilogramo por hectárea

NC= Numero de Crestas

PC= Paso de Crestas

S= Salida

Planteamiento del problema

Al observar que al final de cada aplicación de fertilizantes granulados que se realizaba con las abonadoras mecánicas, una de sus tolvas (tarros de acero inoxidable) se terminaba el fertilizante granulado primero que en la otra, causo curiosidad por qué dicho efecto, motivo por el cual se tomó la decisión de investigar que pasaba en las aplicaciones mecánicas.

La labor de fertilización en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Valle del Cauca alcanza un monto hasta del 27% del total de los costos de producción por hectárea sembrada, por esta razón la labor debe realizarse con calidad y homogeneidad en los cultivos. (Rebollar et al., 2017).

Los diferentes sectores que trabajan en caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca están en busca de mejorar la productividad del cultivo que se mide en TCH (Toneladas de caña por hectárea) para esto realizan análisis de suelos en las aéreas donde se establecen los cultivos, y formulan algunas recomendaciones de nutrición de acuerdo al resultado de suelos, etapa fenológica y requerimientos del cultivo.

Siendo la fertilización el pilar fundamental del cultivo la distribución y homogeneidad del proceso en campo debe ser muy precisa.

A pesar de todo este esfuerzo que se hace para que la nutrición del cultivo sea optima, se ha descubierto que las abonadoras (equipo aplicador de fertilizantes granulados) encargadas de efectuar la labor de fertilización mecánica en el cultivo de caña de azúcar, carece de homogeneidad en la estructura de sus componentes, especialmente en el tornillo sin fin (dosificador) causando sub o sobre aplicaciones en los cultivos de caña de azúcar establecidos en las tres haciendas; Malagana Lote 1, Malagana 2 y el Rincón Doronsoro, en las cuales realizaremos nuestras mediciones y pruebas de investigación durante el desarrollo de este proyecto aplicado.

Justificación

Por excelencia la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es un cultivo muy exigente nutricionalmente, debido a su elevada capacidad de producción de biomasa, por ende es demandante de enormes dosis de macro y micronutrientes para suplir sus necesidades (Velasco, 2014).

Se asocia que la duración de su ciclo productivo, conlleva a altas extracciones de nutrientes del suelo, llegando a extraer entre 800 a 1,500 kg/ha por año, de elementos como el potasio y silicio, seguidos de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes. (Velasco, 2014).

Para obtener buenas producciones de caña azúcar (*Saccharum officinarum*) hay que tener en cuenta factores como:

La variedad escogida de acuerdo a la zona, las condiciones climáticas, el ciclo de cultivo y el nivel de fertilización.

La interacción de estos factores es lo que define el potencial de la materia prima para la fabricación de azúcar y/o de alcohol.

El uso de niveles muy altos de fertilizantes induce vigoroso desarrollo vegetativo, lo cual se ve reflejado en plantas con mayor contenido de humedad y contenidos más bajos de sacarosa, efecto adverso a lo que buscan los ingenios azucareros, este en gran medida se debe al efecto de dilución y al mayor consumo de energía por parte de la planta.

El uso de niveles bajos de fertilizantes retrasan el cultivo ya que no se le brinda el alimento necesario que se necesita para su óptimo desarrollo. (Korndofer, G. 1994)

La nutrición vegetal y la aplicación de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar son aspectos muy importantes en el momento de obtener buenas producciones y por eso se aborda de esta manera, con este tipo de investigaciones.

De ahí la importancia de este trabajo investigativo, que hace énfasis en la calidad y homogeneidad de las aplicaciones de fertilizantes sólidos de forma mecánica, partiendo de la evaluación del tornillo sin fin, principal responsable de la calidad en las aplicaciones de fertilizantes granulados.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el dispositivo de discos o tubo giratorio mecanizado (abonadora) en el proceso de fertilización sólida en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Objetivos específicos

- Caracterizar los dispositivos de discos o tubo giratorio mecanizado en diferentes abonadoras cuyos parámetros son: altura, grosor y distancia.
- Analizar datos estadísticos relacionados con la homogeneidad del dispositivo de discos o tubo giratorio sinfín (dosificador de las abonadoras mecánicas).
- Observar las descargas de fertilizante granulado por cada salida que comprende la abonadora y su relación con el sistema de discos o tubo giratorio sinfín.

Marco conceptual y teórico

En 2019 Asocaña mostró los resultados del estudio que realizó sobre el impacto socioeconómico del sector azucarero en su área de influencia y en la economía colombiana. Las principales conclusiones del estudio señalan que por cada empleo generado por los ingenios azucareros en sus plantas de producción, se generan 28,4 empleos adicionales en otros sectores de la economía; gracias a la actividad manufacturera de los ingenios, se generan 265 mil empleos a través de toda la cadena de valor. (Asocaña, 2019).

Los municipios donde se cultiva caña, destinada a la producción de azúcar, presentan mejores condiciones monetarias que otros municipios dedicados a la producción de otros cultivos. Las necesidades básicas insatisfechas de la población en los municipios cañicultores están por debajo de la media nacional. (Asocaña, 2019).

Importancia de labores culturales en el cultivo de caña

Las labores culturales son aquellas actividades de mantenimiento y cuidado que se llevan a cabo durante toda la producción del cultivo de la caña de azúcar

El objetivo principal de realizar estas actividades es brindarle las condiciones y los requerimientos que las plantas necesitan para crecer (*Gonzales et al., 2018*).

Estos conjuntos de actividades ofrecen una mayor eficiencia en la regulación y aplicación de los nutrientes, lo cual implica un correcto uso de los recursos como el agua y los fertilizantes, así como un bajo costo de mantenimiento; asimismo, es posible obtener una mayor productividad (*Gonzales et al., 2018*).

Las labores mecanizadas en caña de azúcar después del corte o cosecha, tienen como objetivo disminuir la compactación del suelo, la cual es ocasionada por el tránsito en las suertes de la maquinaria de cosecha, se estima que la compactación de esta maquinaria, afecta el suelo a una profundidad entre 25 y 30cm y se dice que puede ser más severa

en épocas lluviosas (Gonzales et al., 2018).

Algunas de las labores de cultivo en caña de azúcar son:

Encalle (acomodo de residuos en las calles) manual o mecánico, subsuelo de levante (des-compactación), aporque, resiembra, riegos, fertilización, manejo de arvenses y aplicación de maduradores.

Importancia de la fertilización (historia y evolución)

La caña de azúcar es un cultivo que continúa en producción por varios años por ello se debe incorporar continuamente materia orgánica. Se debe mantener y optimizar la fertilidad del suelo, una dosis adecuada de fertilizantes químicos debe ser aplicada para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo. La cantidad de fertilizantes a ser incorporada al suelo será determinada a través del análisis del suelo.

La fertilización se inició cuando los agricultores primitivos se dieron cuenta que determinados suelos dejaban de producir rendimientos aceptables si se cultivaban continuamente, y que al añadir estiércol o residuos vegetales se restauraba la fertilidad. El origen de la industria mundial de fertilizantes se inició a mediados del siglo XIX, periodo en el que se empezaron a comercializar diversos tipos de fertilizantes. (Korndorfer, G., 2008).

La fertilización básica debe ser aplicada en el fondo del surco y mezclada con el suelo antes de la plantación. La fertilización de cobertura es aplicada 5 a 10 cm de la hilera y luego cubierta con el suelo. La fertilización de cobertura es aplicada aprovechando el paso de la cultivadora en las melgas cuando el suelo presenta la humedad apropiada. El atraso en la fertilización de cobertura debe evitarse debido a su efecto adverso sobre la maduración. (Da S Goulart et al., 2015)

Durante la planeación de una fertilización es necesario establecer el balance adecuado de nutrientes, analizando las necesidades de la planta, las características del suelo, los

restos de la cosecha anterior, el pastoreo, las condiciones agro-climáticas, materia orgánica disponible, deposiciones atmosféricas, etc. Y todo ello para obtener como resultado una dosis óptima de fertilizante mineral que asegure una buena evolución del cultivo. Esta dosis óptima debe asegurar que la planta se nutra adecuadamente, por lo que no habría excesos ni deficiencias de nutrientes en el cultivo y, consecuentemente, se eviten pérdidas por lixiviación y escorrentía. (Korndorfer, G., 2008).

Existen en el mundo diversificación de máquinas abonadoras con capacidades superiores y/o similares al prototipo propuesto con costos mucho más elevados que pueden llegar a alcanzar los 80.000 USD (ochenta mil dólares americanos), el costo puede variar dependiendo de la marca y la capacidad. De esta forma se justifica el diseño de una maquina abonadora arrastrada por un costo mucho menor al antes mencionado. (Figueroa, J, 2014).

La labor de abonamiento es un trabajo efectuado a lo largo del cultivo con el propósito de brindarle al suelo los nutrientes extraídos por la sucesión de cultivos y de suplir las deficiencias del suelo, fundamentalmente Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en dosis de 50-1000kg/ha), así como para corregir deficiencias. Los abonos se clasifican por su naturaleza natural y orgánica. debido a las diferencias existentes en los equipos necesarios para la aplicación. (Barreiro *et al.*, 2000).

Según Márquez (1998), y referida a la fertilización de cultivos extensivos define la abonadora es una máquina que posee la capacidad de esparcir y distribuir el abono mineral que se deposita en una tolva o tarro de acero, por todo el campo y que permite una aproximación a la uniformidad en las aplicaciones de fertilizante, de tal manera que incidan en el cultivo.

En un estudio efectuado por el grupo de Mecanización de la Agricultura de la Comisión de Economía para la FAO (2011), encontró que las pérdidas de producción aparecen como consecuencia de una distribución irregular del abono y son proporcionales al cuadrado del grado de irregularidad del abono esparcido, y a la dosis media de abono

utilizado, por lo tanto son mayores cuanto más nos aproximamos al nivel óptimo de fertilización: de ahí que, a mayores dosis, mayores nivel de pérdidas.

De tal manera, el grado de irregularidad en la distribución de abono se determina por medio del coeficiente de variación, C.V (Norma UNE68-088-88), calculado como el cociente, expresado en tanto por ciento, entre la desviación típica de los valores de la dosis (o de las cantidades recogidas en superficies idénticas) determinados en distintos puntos de una parcela (o los receptáculos en un ensayo, de 0,25 o 0,5 m²), y la media de todos ellos. (Barreiro, P., *et al* 2000).

De acuerdo a los estudios realizados sobre el tema, en diversos centros de investigación, se determinó que, el coeficiente de variación máximo admitido está alrededor del 30% y no sobrepasar el 10% en fertilizaciones de cobertura. (Barreiro et al., 2000).

Por tanto se deben tener en cuenta estos parámetros en el momento de aplicar los fertilizantes en los cultivos. En la producción de cultivos industriales es necesario, reducir las dosis a los niveles mínimos de acuerdo con las necesidades de los cultivos; el objetivo es, además del económico, evitar toda clase de derivas, sobre todo hacia las aguas superficiales y subterráneas especialmente, dado que es un problema crítico en abonos nitrogenados (Barreiro *et al.*, 2000).

Técnica de dosificación de sólidos por sistema tornillo

La técnica de dosificación por tornillo consiste en dosificar los sólidos por medio de un sistema de tolva-tornillo sin fin, que dosifica el sólido en relación a la cantidad de vueltas del tornillo y el paso del mismo, la cantidad de vueltas es controlada por un sistema electrónico.

Existen muchos sistemas de dosificación de sólidos, pero el de tornillo es el más aplicado (Ortiz el al., 2010)

Metodología

Localización

Este trabajo se realizó en las haciendas Malagana Lote 1, Malagana 2 y el rincón Doronsoro, ubicadas en el municipio del Bolo, Palmira Valle del Cauca y son encargadas de realizar las aplicaciones de fertilizantes granulados de forma mecánica en el ciclo del cultivo en las diferentes suertes.

Para esta investigación se evaluó el trabajo de 3 abonadoras, las cuales cumplen con la misma función de abonamiento y debían ser iguales en cuanto a su estructura se refiere, sus resultados debían ser iguales ya que desarrollaron la misma función de aplicación de fertilizante granulado. Estas abonadoras se nombraron como Abonadora 1, Abonadora 2 y Abonadora 3

El funcionamiento de las abonadoras se explica en la siguiente figura.

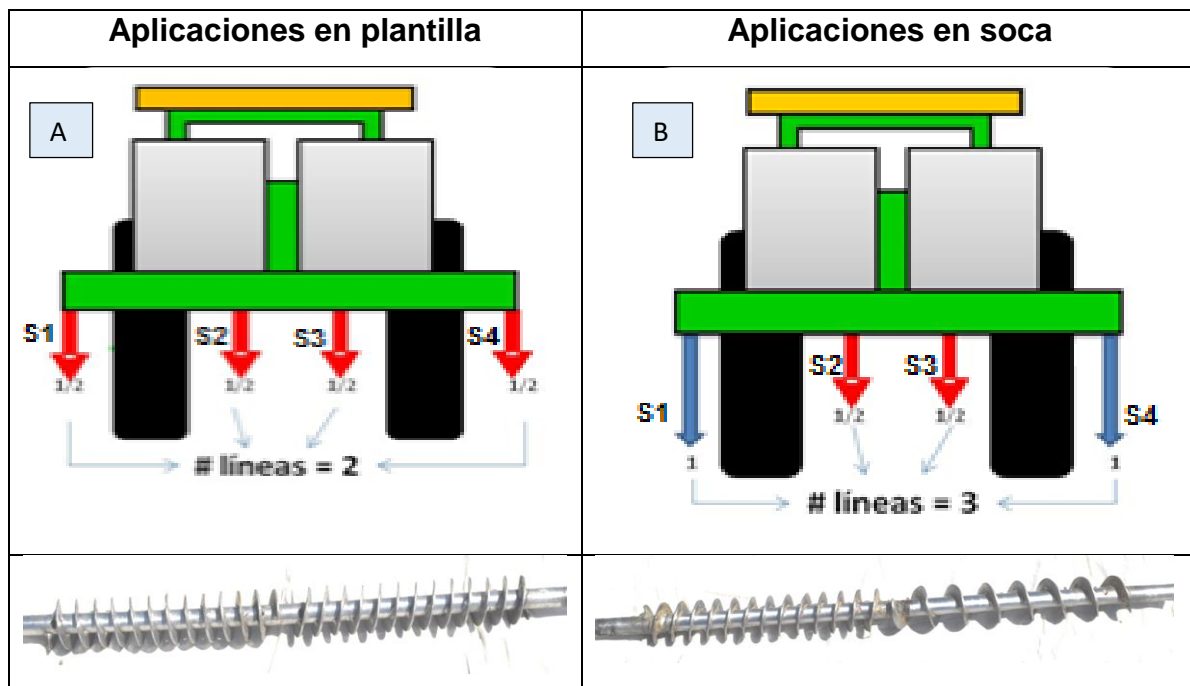


Figura 1 Fuente: Autor. (A) Abonadora mecánica con tornillo sinfín para aplicación en plantillas (2 líneas) (B) Abonadora mecánica con tornillo sinfín para aplicación en socas (3 líneas) (Comportamiento en la aplicación del fertilizante, según situación)

La abonadora mecánica está compuesta por un chasis que va ubicado en la parte trasera

del tractor y encima de este van unos tarros de acero inoxidable (tolvas) que en su interior llevan instalado un tornillo dosificador sin fin, figura 1, el cual se mueve por medio de un motor hidráulico conectado directamente con las revoluciones que el tractor le imprime para su movimiento.

La forma de aplicar los fertilizantes sólidos de manera mecánica en caña de azúcar varía de acuerdo a la disposición o acomodo de los residuos que quedan en los campos después de la cosecha.

Cuando se establece por primera vez el cultivo de la caña de azúcar se le llama plantilla (establecimiento del cultivo) después del primer corte de la “plantilla” por presencia de residuos de cosecha, se llaman “soca”

Partiendo de esta indicación, la abonadora consta de diversos accesorios, pero se hizo énfasis en el tornillo dosificador sin fin que va instalado en la parte de abajo de cada tolva de la abonadora y es el que observa en la parte baja de la figura 1.

Para la labor de fertilización en cultivos nuevos (plantillas) o en cultivos establecidos (socas) se debe escoger el tipo de sin fin adecuado para garantizar que la aplicación sea “homogénea” y quede una dosis igual en las áreas dispuestas a fertilizar.

En total la abonadora mecánica consta de dos tornillos sin fin en su conjunto, uno por cada tolva. Este tornillo que es roscado de dos formas (rosca izquierda y rosca derecha) Figura 2, con el objetivo de depositar el fertilizante granulado a ambos lados de la tolva, dado que las abonadoras poseen cuatro salidas de producto, dos por cada tolva. (Figura 2)

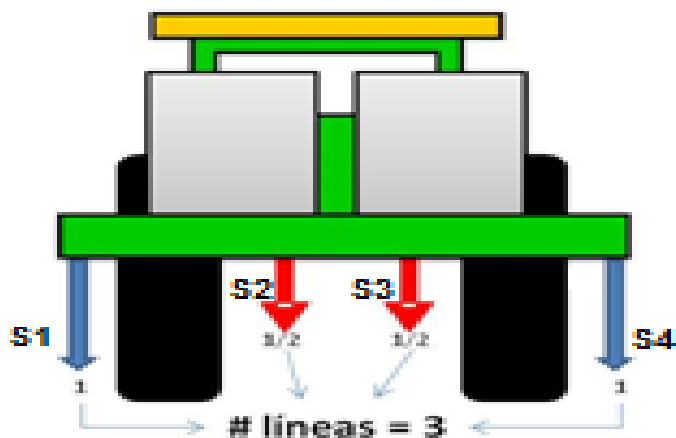


Figura 2 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante

Es por ello que dependiendo el tipo de cultivo (soca o plantilla) la relación de descarga será distinta y el tornillo sin fin a utilizar es diferente como se observa en la figura 1.

Para una aplicación mecánica de fertilizante granulado en una suerte recién sembrada o establecida antes de primer corte o también llamada plantilla la relación sería; 1 – 1 – 1 – 1 esto quiere decir que en las cuatro 4 salidas del producto, la estructura de los sinfines en cuanto a medidas se refiere debe ser igual.

Por lo tanto el peso en las 4 salidas que posee la abonadora debe arrojar cantidades de fertilizante igual en cada una de ellas, este resultado se medirá en kilogramos y se establecerán las diferencias.

Cuando el cultivo está en soca (después del primer corte donde hay residuos de cosecha), la relación de descarga debe ser; 2 – 1 – 1 – 2, esto hace referencia a que las dos salidas de la parte externa de la abonadora deben suministrar el doble de la dosis del que suministra la parte interna de la abonadora, esta situación se debe a que ya hay residuos de cosecha anterior, lo cual impedirá el paso de la maquina por estos surcos donde esta acomodado el residuo (Encalle al 2X1; dos calles limpias sin residuo, por una calle donde se acomodaron los residuos de cosecha, sin fin a utilizar Figura 2)

Determinación de la homogeneidad en las medidas del dispositivo de disco.

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva, debido a que cada sin fin posee varias crestas (hilos del tornillo) y se tomaron las medidas de cada una, y al final se trabajó con los resultados de la media, donde además se tomaron variables cualitativas y cuantitativas, que se describen en el desarrollo del trabajo.

Para llevar a cabo esta determinación de homogeneidad en las medidas del tornillo sin fin como primera instancia se lavaron las abonadoras, y se analizaron cada uno de sus componentes con el objetivo de verificar su estado de funcionamiento, haciendo énfasis en el tornillo dosificador sin fin, principal responsable de la calidad de las aplicaciones de fertilizante sólido granulado. (Secuencia – Fotográfica)



Figura 3 Fuente Autor. Abonadora marca Agro-equipos (figura 3A). Vista lateral de abonadora ((figura 3B). Vista superior del sin fin instalado en la tolva ((figura 3C). Vista del tornillo sin fin – enganche con la potencia del tractor

Los ítems evaluados del tornillo sin fin, en cada uno de sus lados fueron:

- Altura de crestas del tornillo sin fin

- Grosor de crestas del tornillo sin fin
- Paso o distancia entre crestas del tornillo sin fin
- Numero de crestas del tornillo sin fin

Se realizó un análisis cualitativo por abonadora, donde se esperaba encontrar dicha homogeneidad en cada una de las 4 salidas, que posee el equipo aplicador.

Para esta toma de datos se diseñó un formato (anexo 1) en el cual se recolecto la información de las medidas en milímetros de las anteriores características mencionados del tornillo sin fin y por medio de opciones avanzadas de Excel básico, se realizó un análisis estadístico de cada una de las salidas de la abonadora, (4 en total) y así se determinó la variabilidad que existe en cada una de las abonadoras evaluadas, posteriormente se compararon estos resultados con las descargas medidas en kilogramos que se encontraran en el análisis de los resultados y de esta manera se logró establecer la falta de homogeneidad en las aplicaciones de fertilizantes granulados

Diferencias en las descargas de fertilizante por cada una de las cuatro salidas que comprende la abonadora; influencia del tubo giratorio (tornillo sin fin)

Para establecer la dosis que se requería por surco de caña de azúcar, se debió conocer que una hectárea equivale a 10.000 metros cuadrados, y que la caña de azúcar se siembra a una distancia entre surcos de 1.65 metros, la longitud del surco depende del diseño de campo (Topografía).

Se dividieron 10.000 metros cuadrados entre la distancia entre surcos 1.65 metros ($10.000 \text{ M}^2 / 1.65 \text{ Metros}$) y se obtuvo 6.060 Metros lineales

Lo que equivale a 6.060 metros lineales, es igual a una hectárea sembrada en caña de azúcar.

En las haciendas donde se realizó el trabajo la distancia de surcos es de 100 metros equivale a que por hectárea tenemos 60,6 (6.060 /100) surcos de caña de azúcar se aproxima y para la dosificación en campo se trabajó en base a 61 surcos de caña de azúcar por hectárea.

Entonces:

Fertilizante a utilizar: Urea (Recomendación agrónomo de las haciendas evaluadas)

Dosis x hectárea 300 kilogramos (Recomendación agrónomo de las haciendas evaluadas)

Numero de surcos por hectárea: 61

Dosis por surco: 300 kg / 61 surcos: 4,91kg

Relación de descarga de la abonadora: 2 – 1 – 1 – 2 (completo – medio – medio – completo)

Tabla 1: Descarga optima de abonadoras

Salida 1(kg)	Salida 2 (Kg)	Salida 3 (Kg)	Salida 4 (Kg)
Surco 1	Surco 2		Surco 3
4,91	2,455	2,455	4,91
4,91	4,91		4,91
Dosis Recomendada kg/Ha			
300	300		300

Fuente Autor.

Son 4 salidas que posee la abonadora, y en este caso el cultivo establecido “soca” se realizaran 3 surcos por cada pasada de la abonadora.

En la tabla 1 se presentan las descargas ideales que la abonadora debería presentar y de esta manera garantizara que la aplicación sea homogénea y de calidad en la dosis

recomendada por el agrónomo (300kg/Ha)

Verificación de la homogeneidad en las descargas

Para la verificación de homogeneidad en descargas en cada una de las salidas de la abonadora, se realizaron los siguientes pasos:

- Se tomó un tramo de 100 metros del surco, dentro del terreno a fertilizar
- Se instalaron cuatro bolsas en cada una de las salidas por donde arrojaría el abono el equipo aplicador
- Se colocó en marcha la aplicación en la distancia establecida y se recogieron las bolsas con el fertilizante
- Se tomó el peso en kg de las bolsas con el fertilizante arrojado con una balanza como se muestra en la figura 4



Figura 4 Fuente Autor. Recolección de descargas y toma de peso

Resultados

Resultados de la homogeneidad de la estructura del dispositivo de disco.

Para las mediciones a la estructura de los sin fines se diseñó un formato, en el cual se depositaban las medidas de cada tornillo (anexo 1)

Resultados tubo giratorio (tornillo sin fin) Abonadora 1

Tabla 2: Resultados de la altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1- estadística descriptiva.

Abonadora_1	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	ALTURA DE CRESTAS (mm)			
Unidad de medida (mm)	S1	S2	S3	S4
Media	18,86	17,1875	17,96	17,7
Desviación estándar	0,97365292	0,3720119	1,31335025	1,31656118
Cuenta*	5	8	10	7

Fuente Autor.

Por medio de las opciones avanzadas de Excel, se obtuvieron los anteriores datos, correspondientes al ítem evaluado; altura de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 1, en la salida 1 tiene 18,86mm de altura, en la salida 2 tiene 17,18mm de altura, en la salida 3 tiene 17,96mm de altura y el salida 4 tiene 17.6mm de altura lo cual refleja la variabilidad en altura de crestas de los sin fines en cada una de las salidas de la abonadora.

Tabla 3: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1- estadística descriptiva.

	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	GROSOR DE CRESTAS (mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	3,36	2,8375	2,44	2,77142857
Desviación estándar	0,66932802	0,32486261	0,32727834	0,60474316
Cuenta	5	8	10	7

Fuente Autor.

En el ítem evaluado grosor de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 1, en la salida 1 tiene 3,36mm de grosor, en la salida 2 tiene 2,83mm de grosor, en la salida 3 tiene 2,44mm de grosor y en la salida 4 tiene 2,77mm de grosor y se evidencia la variabilidad en el grosor de crestas en las cuatro salidas que posee la abonadora

Tabla 4: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 1

Abonadora_1	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	PASO DE CRESTAS (mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	71,25	38,0285714	33,0111111	68,36
Desviación estándar	1,19023807	3,09554211	0,89084853	6,08054274
Cuenta	4	7	9	5

Fuente Autor.

En el ítem evaluado paso o distancia entre crestas de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 1 la salida 1 tiene 71,25mm de distancia, en la salida 2 tiene 38,028mm de distancia, en la salida 3 tiene 33,01mm de distancia y en la salida 4 tiene 68,36mm de distancia se hace énfasis en la varianza de la muestra. En este ítem las diferencias entre la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) debe ser el doble en cuanto a milímetros de distancia se refiere con respecto a la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3) ya que este estudio se realizó a una abonadora para una aplicación en un cultivo establecido con caña soca y su relación de descarga debe ser 2 – 1 – 1 – 2

Resultado del número de crestas de la abonadora 1

Salida 1 - 5 crestas

Salida 2 - 8 crestas

Salida 3 - 10 crestas

Salida 4 - crestas

En este ítem la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) al compararse entre sí, deberían tener el mismo número de crestas.

Por otra parte la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3). Al compararse entre sí deberían tener el mismo número de crestas como se muestra en la figura 5

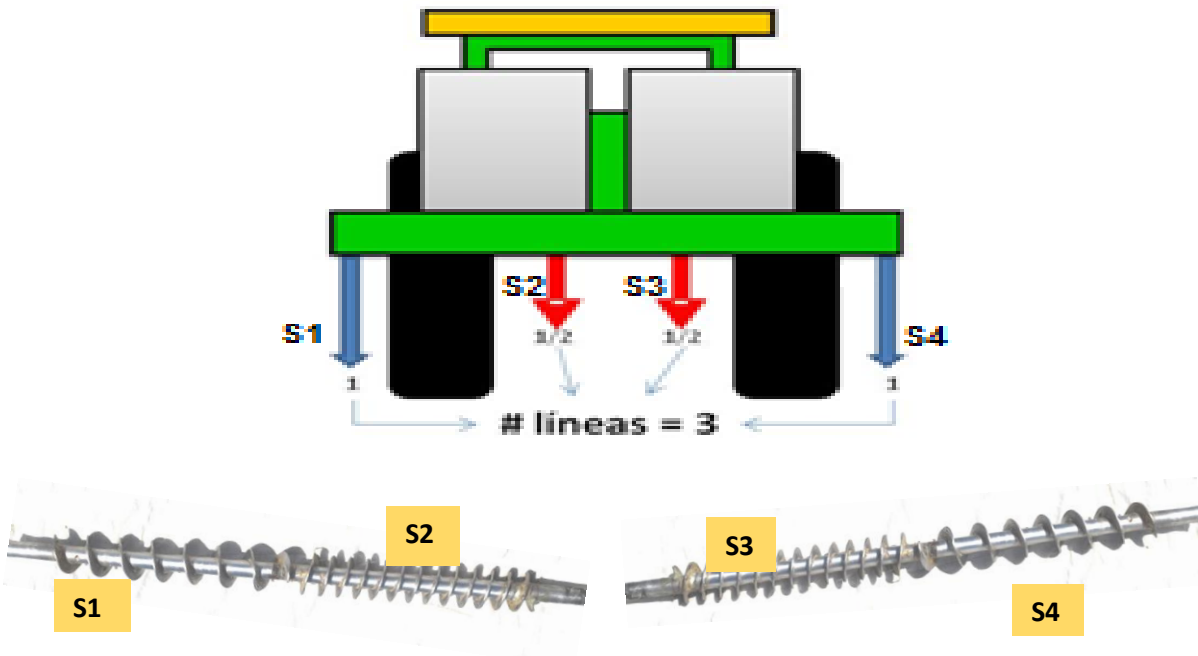


Figura 5 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante

Resultados tubo giratorio (tornillo sin fin) Abonadora 2

Tabla 5: Resultados de la altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2

Abonadora_2	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	ALTURA DE CRESTAS(mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	19,2	19,6818182	18,93333333	20,6142857
Desviación estándar	0,47958315	0,73867203	1,13244172	0,90816403
Cuenta	7	11	12	7

Fuente Autor.

Por medio de las opciones avanzadas de Excel, se obtuvieron los anteriores datos, correspondientes al ítem evaluado; altura de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin

fin, se pudo observar que en la abonadora 2, en la salida 1 tiene 19,2mm de altura, en la salida 2 tiene 19,68mm de altura, en la salida 3 tiene 18,93mm de altura y el salida 4 tiene 20.61mm de altura se presentó variabilidad en los resultados obtenidos

Tabla 6: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2

Abonadora_2	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	GROSOR DE CRESTAS(mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	2,71428571	2,82727273	2,81666667	2,61428571
Desviación estándar	0,48795004	0,28667371	0,23677121	0,50473944
Cuenta	7	11	12	7

Fuente Autor.

En el al ítem evaluado grosor de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 2, en la salida 1 tiene 2,71mm de grosor, en la salida 2 tiene 2,82mm de grosor, en la salida 3 tiene 2,81mm de grosor y en la salida 4 tiene 2,61.mm de grosor con variabilidad en menor proporción.

Tabla 7: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 2

Abonadora_2	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	PASO DE CRESTAS (mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	60,3857143	32,7636364	34	64,5
Desviación estándar	3,29161995	1,30174708	3,40587727	1,41421356
Cuenta	7	11	12	5

Fuente Autor.

En el al ítem evaluado paso o distancia entre crestas de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el

tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 2 la salida 1 tiene 60,38mm de distancia, en la salida 2 tiene 32,76mm de distancia, en la salida 3 tiene 34mm de distancia y en la salida 4 tiene 64,5mm de distancia se hace énfasis en la varianza de la muestra. En este ítem las diferencias entre la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) debe ser el doble en cuanto a milímetros de distancia se refiere con respecto a la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3) ya que este estudio e realizo para una aplicación en un cultivo establecido con caña soca y su relación de descarga debe ser 2 – 1 – 1 – 2

Resultado del número de crestas de la abonadora 2

Salida 1 - 7 crestas

Salida 2 - 11 crestas

Salida 3 - 12 crestas

Salida 4 - 5 crestas

En este ítem la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) al compararse entre sí, deberían tener el mismo número de crestas.

Por otra parte la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3). Al compararse entre sí deberían tener el mismo número de crestas como se muestra en la figura 2

Resultados dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3

Tabla 8: Resultados altura de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin)

Abonadora 3

Abonadora_3	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	ALTURA DE CRESTAS(mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	19,5	19,7076923	18,5	18,3125
Desviación estándar	0,81591316	0,46450967	1,20766781	1,72911001
Cuenta	8	13	14	8

Fuente Autor.

Por medio de las opciones avanzadas de Excel, se obtuvieron los anteriores datos, correspondientes al ítem evaluado; altura de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin. Se pudo observar que en la abonadora 3, en la salida 1 tiene 19,5mm de altura, en la salida 2 tiene 19,70mm de altura, en la salida 3 tiene 18,5mm de altura y el salida 4 tiene 18.31mm de altura, se seguía presentando variabilidad en los datos

Tabla 9: Resultados del grosor de crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3

Abonadora_3	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	GROSOR DE CRESTAS(mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	2,9875	2,54615385	3,55714286	3,8125
Desviación estándar	0,13562027	0,31255769	0,34354327	0,71601576
Cuenta	8	13	14	8

Fuente Autor.

En el al ítem evaluado grosor de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 3 la salida 1 tiene 2,98mm de grosor, en la salida 2 tiene 2,54mm de grosor, en la salida 3 tiene 3,55mm de grosor y en la salida 4 tiene 3,81.mm de grosor, se presenta variabilidad en menos proporción en este ítem evaluado

Tabla 10: Resultados del paso o distancia entre crestas del dispositivo de disco (tornillo sin fin) Abonadora 3

Abonadora_3	TOLVA IZQUIERDA		TOLVA DERECHA	
Situación (soca)	PASO DE CRESTAS(mm)			
Unidad de medida(mm)	S1	S2	S3	S4
Media	62,7285714	29,175	30,5461538	62,3571429
Desviación estándar	2,20205532	2,25111084	1,48975131	2,5078923
Cuenta	7	12	13	7

Fuente Autor.

En el ítem evaluado paso o distancia entre crestas de crestas en las cuatro salidas de fertilizante que posee la abonadora, o en su defecto a los dos tipos de rosca que tiene el tornillo sin fin, se pudo observar que en la abonadora 3 la salida 1 tiene 62,72mm de distancia, en la salida 2 tiene 29,17mm de distancia, en la salida 3 tiene 30,54mm de distancia y en la salida 4 tiene 62,35mm de distancia se hace énfasis en la varianza de la muestra. En este ítem las diferencias entre la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) debe ser el doble en cuanto a milímetros de distancia se refiere con respecto a la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3) ya que este estudio se realizó para una aplicación en un cultivo establecido con caña soca y su relación de descarga debe ser 2 – 1 – 1 – 2

Resultado del número de crestas de la abonadora 3

Salida 1 - 7 crestas

Salida 2 - 12 crestas

Salida 3 - 13 crestas

Salida 4 - 7 crestas

En este ítem la salida 1 (S1) y la salida 4 (S4) al compararse entre sí, deberían tener el mismo número de crestas.

Por otra parte la salida 2 (S2) y la salida 3 (S3). Al compararse entre sí deberían tener el mismo número de crestas como se muestra en la figura 2

En las tablas anteriores donde se muestran los resultados de las características cualitativas del tornillo dosificador sin fin, que va instalado en la abonadora que se utiliza para la aplicación mecánica de fertilizantes granulados, se puede observar que a pesar de que las tres abonadoras evaluadas realizan la misma labor de fertilización no existe un parámetro determinado en las medidas de los sinfines, por ende cada abonadora evaluada tiene un comportamiento de aplicación diferente y se puede notar la gran variabilidad en las medidas de cada uno de los ítem evaluados en el tornillo sin fin.

Resultados de las diferencias en las descargas por cada salida de la abonadora

Para la observación de las diferencias de las descargas de fertilizante por cada una de las cuatro salidas que comprende la abonadora se realizaron las siguientes pruebas:

Dosis recomendada por Hectárea: 300 kilogramos de Urea. Esta recomendación de dosis por hectárea se hace general para las tres haciendas, Malagana Lote 1 Malagana 2 y el Rincón Doronsoro donde se realizó el trabajo aplicado.

Se buscaba tener un mismo parámetro de aplicación en cuanto a dosis se refiere, y de esta manera analizar las diferencias en las descargas que se encontraron en campo por cada una de las salidas de la abonadora.

Descargas obtenidas por abonadora en las tres haciendas

Se tomaron tres descargas por abonadora en las haciendas donde se realizó el trabajo aplicado y se cuantifica en que surcos hay bajas y altas aplicaciones de fertilizante en cada pasada en surcos de 100 metros realizado por cada una de la abonadoras. (Figura 4)

Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 1

Tabla 11: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 1

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 1		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana Lote 1 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	5,37	3,13	2,82	3,54
	Prueba 2	5,28	3,30	2,32	3,95
	Prueba 3	5,42	3,16	2,31	3,96
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	325,4		189,68	170,9	214,5
	320		199,98	140,6	239,4
	328,5		191,5	140	240
			193,72	150,5	
Dosis Promedio		324,6	344,208	231,3	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y dos se presentaban sobredosificaciones, (por encima de la dosis recomendada) por lo contrario en el surco 3 se presentó una sub-dosificación (por debajo de la dosis recomendada)

Tabla 12: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 1

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 1		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana 2 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	5,27	3,00	2,52	3,34
	Prueba 2	5,19	3,15	2,30	3,65
	Prueba 3	5,36	3,1	2,26	3,66
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	319,4		181,8	152,7	202,4
	314,5		190,89	139,4	221,2
	324,8		187,86	137	221,8
			186,85	143	
Dosis Promedio		319,6	329,86	215,1	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y dos se presentaban sobredosificaciones, caso contrario al surco 3 donde se presentó una sub-dosificación con respecto a la dosis establecida de 300 kg/hectárea

Tabla 13: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 1

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 1		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda El Rincón Doronsoro (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	5,47	3,23	2,93	3,65
	Prueba 2	5,39	3,41	2,43	4,00
	Prueba 3	5,53	3,27	2,42	4,2
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	331,5		195,74	177,6	221,2
	326,6		206,65	147,3	242,4
	335,1		198,16	146,7	254,5
			200,18	157,2	
Dosis Promedio	331,1	357,338		239,4	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y dos se presentaban sobredosificaciones, se evidencio más alto en el surco 2, caso contrario al surco 3 donde se presentó una sub-dosificación con respecto a la dosis establecida de 300 kg/hectárea

Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 2

Tabla 14: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 2

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 2		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana Lote 1 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	4,95	2,73	2,29	4,48
	Prueba 2	4,9	2,7	2,25	4,45
	Prueba 3	4,9	2,6	2,2	4,4
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	300		165,44	138,8	271,5
	296,9		163,62	136,4	269,7
	296,9		157,56	133,3	266,6
			162,21	136,1	
	Dosis Promedio		298	298,354	269,3

Fuente. Autor

Se observó que en todos los surcos la dosis estuvo por debajo de la recomendada que fue 300 kg/hectórea

Tabla 15: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 2

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 2		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana 2 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	5	2,72	2,4	4,63
	Prueba 2	5,2	2,74	2,3	4,67
	Prueba 3	4,9	2,6	2,28	4,5
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	303		164,83	145,4	280,6
	315,1		166,04	139,4	283
	296,9		157,56	138,2	272,7
			162,81	141	
Dosis Promedio		303	303,808	278,8	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y dos se presentaban sobredosificaciones, por lo contrario en el surco 3 se presentó una sub-dosificación

Tabla 16: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 2

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 2		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda El Rincón Doronsoro (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	5,08	2,71	2,49	4,52
	Prueba 2	5	2,6	2,37	4,3
	Prueba 3	5,01	2,65	2,3	4,5
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	307,8		164,23	150,9	273,9
	303		157,56	143,6	260,6
	303,6		160,59	139,4	272,7
			160,79	144,6	
Dosis Promedio	304,8	305,424		269,1	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y dos se presentaban sobredosificaciones, caso contrario al surco 3 donde se presentó una sub-dosificación con respecto a la dosis establecida de 300 kg/hectárea

Resultados de descargas tomadas en campo Abonadora 3

Tabla 17: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana Lote 1 Abonadora 3

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 3		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana Lote 1 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	4,94	2,80	2,53	4,58
	Prueba 2	4,92	2,74	2,57	4,63
	Prueba 3	4,85	2,75	2,56	4,69
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	299,4		169,68	153,3	277,5
	298,2		166,04	155,7	280,6
	293,9		166,65	155,1	284,2
			167,46	154,7	
Dosis Promedio		297,1	322,19		280,8

Fuente. Autor

Se observó que en el surco uno y tres se presentaron sub-dosificaciones, caso contrario con al surco 2, el cual presentó sobre-dosificación por encima de 300 kg/hectárea dosis recomendada

Tabla 18: Pruebas realizadas en la hacienda Malagana 2 Abonadora 3

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 3		DS1	DS2	DS3	DS4
Hacienda Malagana 2 (Unidad de medida Kilogramos)	Prueba 1	4,85	2,7	2,5	4,45
	Prueba 2	4,9	2,54	2,7	4,62
	Prueba 3	4,87	2,8	2,4	4,7
	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	293,9		163,62	151,5	269,7
	296,9		153,92	163,6	280
	295,1		169,68	145,4	284,8

		162,41	153,5	
Dosis Promedio	295,3	315,928		278,2

Fuente. Autor

Se observó que en el surco uno y tres se presentaron sub-dosificaciones, caso contrario con al surco 2, el cual presentó sobre-dosificación por encima de 300 kg/hectárea dosis recomendada

Tabla 19: Pruebas realizadas en la hacienda el Rincón Doronsoro abonadora 3

Descargas obtenidas en 100 metros					
Abonadora 3	DS1	DS2	DS3	DS4	
Hacienda El Rincón Doronsoro	Prueba 1	4,95	2,6	2,7	4,4
	Prueba 2	4,8	2,8	2,6	4,59
	Prueba 3	4,7	2,65	2,5	4,8
(Unidad de medida Kilogramos)	Surco 1		Surco 2		Surco 3
	300		157,56	163,6	266,6
	290,9		169,68	157,6	278,2
	284,8		160,59	151,5	290,9
			162,61	157,6	
Dosis Promedio	291,9	320,17		278,6	

Fuente. Autor

Se observó que en los surcos uno y tres se presentaban sub-dosificaciones, caso contrario al surco 2 donde la dosis estuvo por encima de la recomendada 300 kg/hectárea

Análisis de los Resultados

Análisis de la altura (mm) del dispositivo de disco de las 3 abonadoras evaluadas

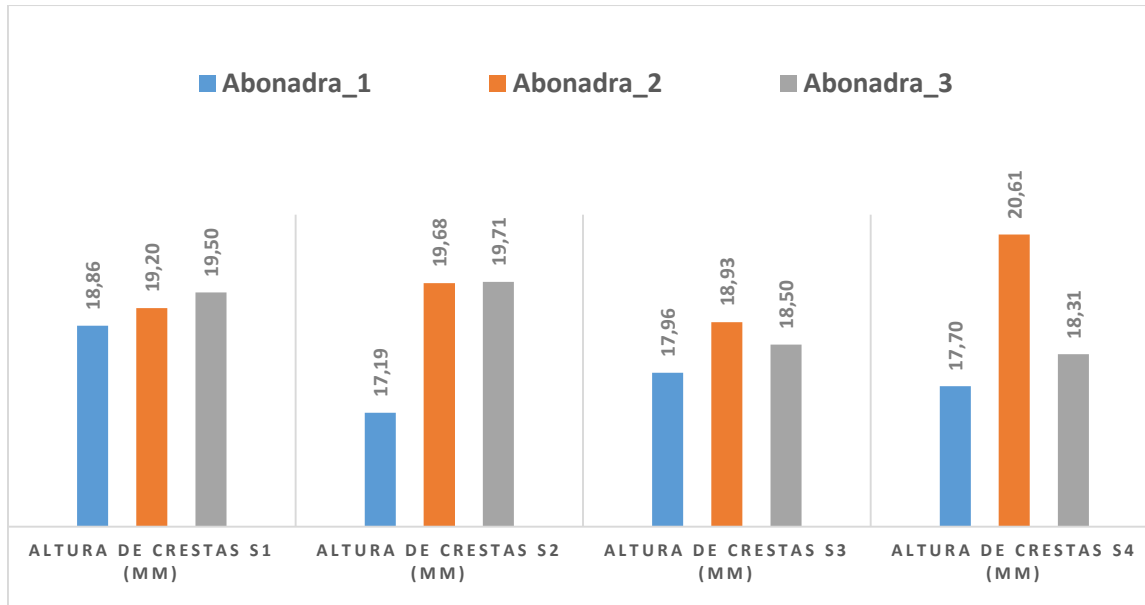


Figura 6 Fuente Autor. Altura de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluadas

En la figura 6 se analizaron los promedios de altura de crestas en cada uno de las 4 salidas de fertilizante que posee la abonadora.

La abonadora 1, que se diferencia por el color azul, muestra como la S1 presenta una altura mayor que las demás salidas

La abonadora 2, que se diferencia por el color naranja, muestra en la S4 una mayor altura que las demás salidas

La abonadora 3, de color gris, las salidas S1 y S2 poseen mayor altura, con respecto a las salidas S3 y S4

En general se observó que a pesar de cumplir la misma función de fertilización, cada abonadora en este ítem evaluado presenta carencia de homogeneidad en la altura de crestas

Análisis del grosor de crestas de las 3 abonadoras evaluadas

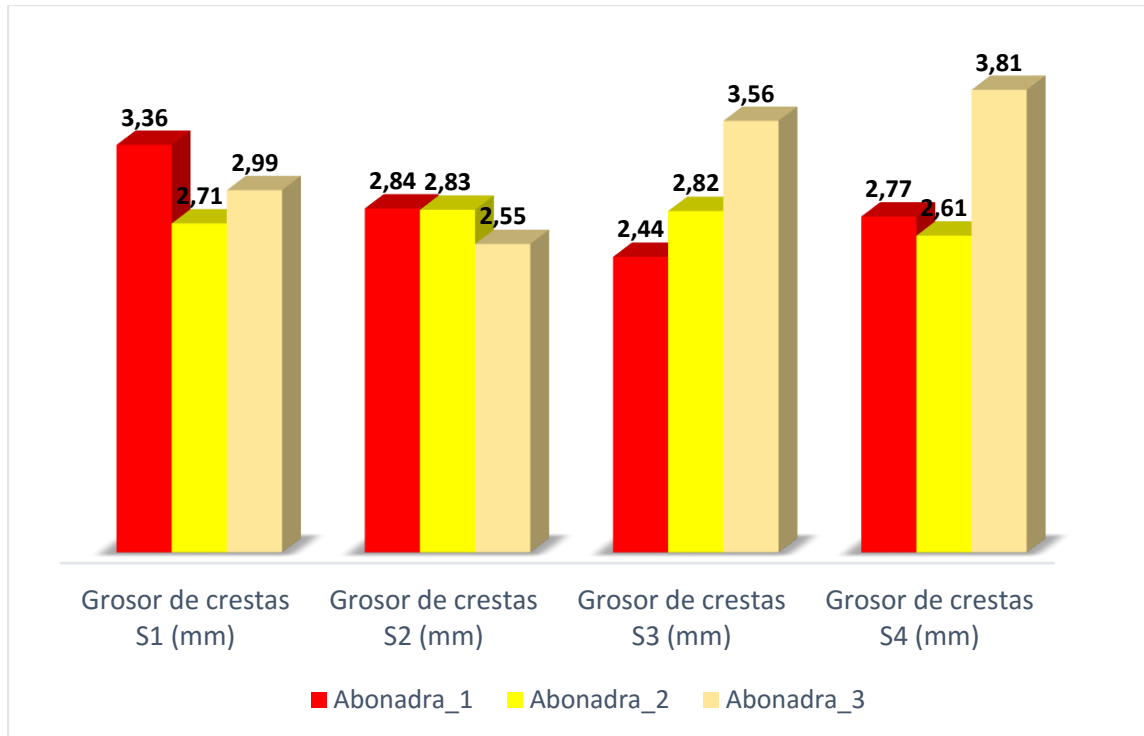


Figura 7 Fuente Autor. Grosor de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluadas

En la figura 7, correspondiente a el análisis del grosor de crestas de las abonadoras evaluadas, se observó que el grosor de crestas es variable, aunque tiene más homogeneidad que el ítem altura de crestas analizado en la figura 6, se refleja en las salidas S3 y S4 un mayor grosor que en las otras salidas.

La abonadora 1 representada de color rojo en la S1 el grosor es más alto que las demás salidas.

La abonadora 2 representada de color amarillo posee buena homogeneidad en este ítem
La abonadora 3 es la más variable y por ende des-uniforme en este ítem

Análisis del paso o distancia de crestas de las 3 abonadoras evaluadas

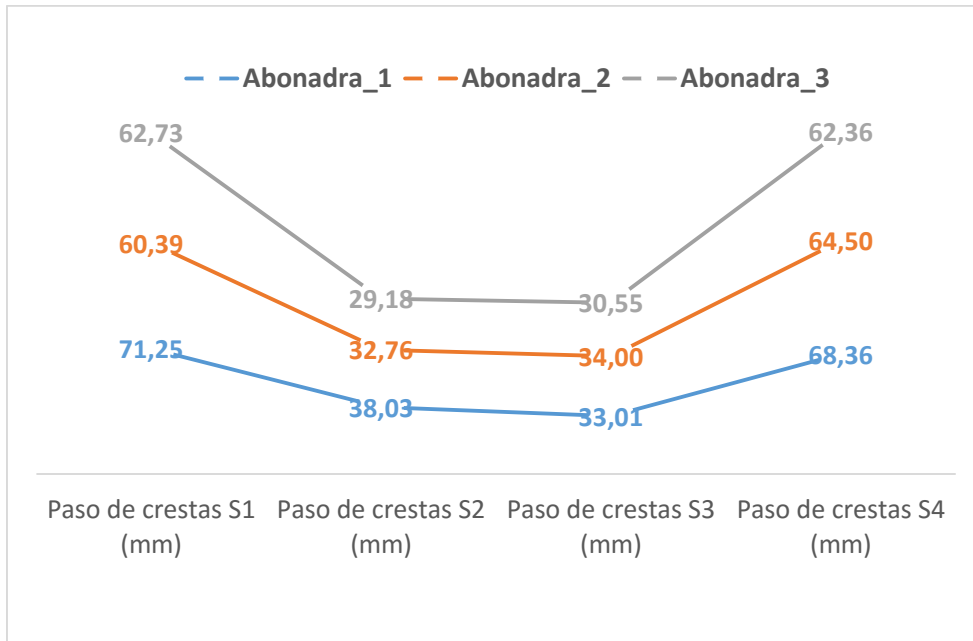


Figura 8 Fuente Autor. Paso o distancia de crestas del tornillo sin fin abonadoras evaluadas

En la figura 8, la distancia o paso entre crestas de las salidas S1 y S4 debe ser igual, pero estas a su vez deben ser el doble con respecto a las salidas S2 y S3. (Figura 9)

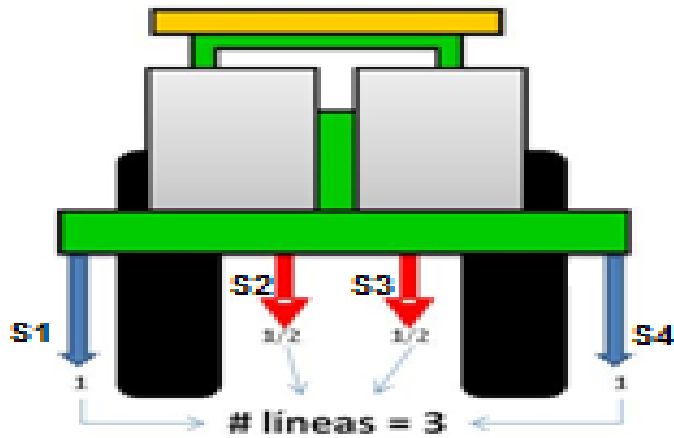




Figura 9 Fuente: Autor. Tornillos sin-fin de las dos tolvas, (cultivo establecido – soca) se muestra el tipo de rosca que debe llevar la abonadora en sus 4 salidas de fertilizante

Se debe a que las salidas externas realizan la aplicación de la dosis completa a un surco, y las salidas internas, entre las dos proporcionan la dosis a un solo surco de caña.

En los resultados se evidencia la variabilidad en la distancia o paso entre crestas y se observa que a pesar de que las abonadoras cumplen la misma función de abonamiento, cada una tiene cualidades distintas.

Resultado del número de crestas de las abonadoras estudiadas

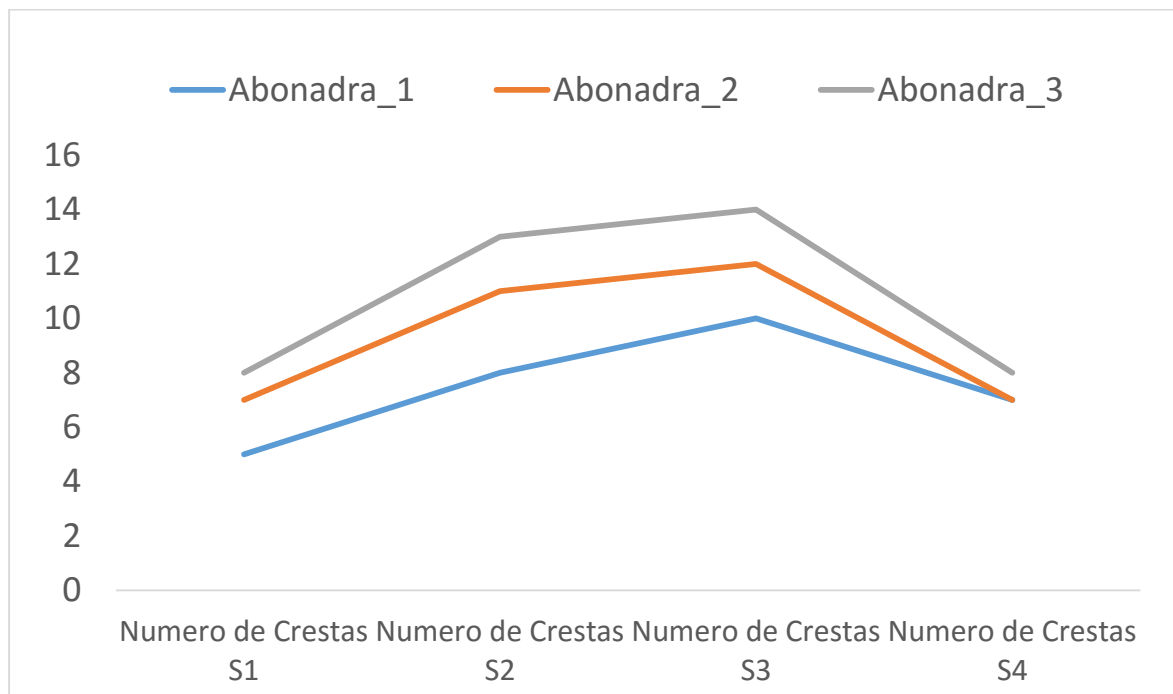


Figura 10 Fuente Autor. Numero de crestas del tornillo sin fin de las 3 abonadoras evaluados

En la figura 10 se observa la variabilidad que existe en el tornillo sin fin en cuanto a número de crestas se refiere de las tres abonadoras evaluadas, se observó que cada tornillo dosificador presenta diferentes números de crestas.

La abonadora 1 representada en el gráfico con el color azul en la S1 cuenta con 5 crestas (hilos de tornillo), en la S2 cuenta con 8 crestas, en la S3 cuenta con 10 crestas y en la S4 cuenta con 7 crestas.

La abonadora 2 representada en el gráfico con el color naranja en la S1 cuenta con 7 crestas (hilos de tornillo), en la S2 cuenta con 11 crestas, en la S3 cuenta con 12 crestas y en la S4 cuenta con 7 crestas.

La abonadora 3 representada en el gráfico con el color gris en la S1 cuenta con 8 crestas (hilos de tornillo), en la S2 cuenta con 13 crestas, en la S3 cuenta con 14 crestas y en la S4 cuenta con 8 crestas

Análisis de los resultados de descargas tomadas en campo por cada abonadora

Tabla 20: Dosis por surco Abonadora 1 en las tres haciendas

Pruebas	Surco 1	Surco 2	Surco 3
Malagana Lote 1	324,61	344,21	231,29
Malagana 2	319,56	329,87	215,13
El Rincón Doronsoro	331,08	357,34	239,37
Dosis Recomendada	300,00	300,00	300,00

Tabla 20 Fuente Autor

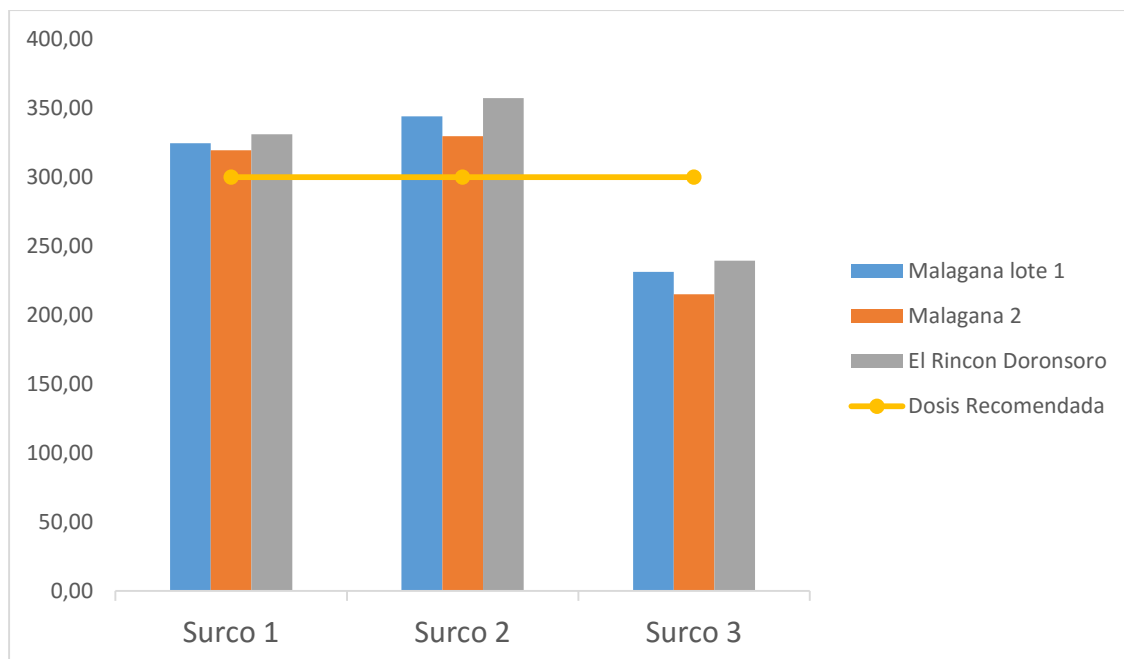


Figura 11 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 1 en las tres haciendas

En la figura 11 correspondiente a las aplicaciones realizadas por la abonadora 1, se evidencio que en las tres haciendas donde realizo la aplicación se presentó un efecto de sobredosisificación en los surcos uno y dos, donde las dosis obtenidas superaron la dosis recomendada de 300 kilogramos por hectárea (recomendación dada por el agrónomo) La tendencia encontrada es que en el surco 3 que le corresponde aplicar a la salida S4 de la abonadora en las tres haciendas se mantuvo por debajo de la dosis recomendada.

Tabla 21: Dosis por surco Abonadora 2 en las tres haciendas

Pruebas	Surco 1	Surco 2	Surco 3
Malagana Lote 1	297,95	298,35	269,266
Malagana 2	303,00	303,81	278,76
El Rincón Doronsoro	304,82	305,42	269,064
Dosis Recomendada	300,00	300,00	300,00

Tabla 21 Fuente Autor

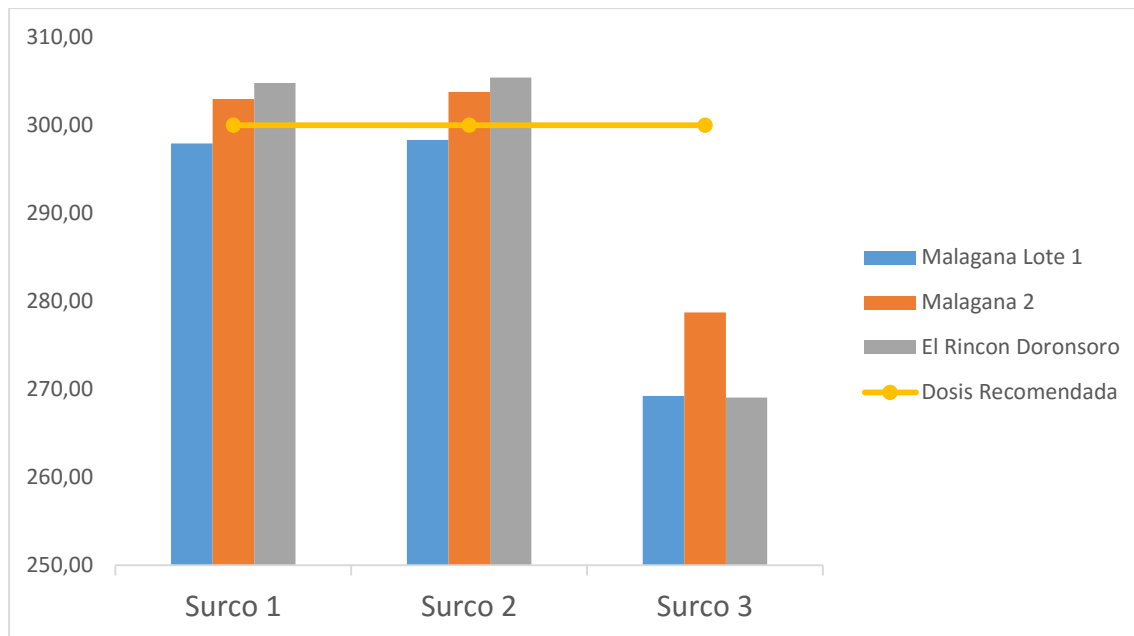


Figura 12 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 2 en las tres haciendas

En la figura 12 correspondiente al resultado de las aplicaciones realizadas por la abonadora 2, se observó que en la hacienda Malagana Lote 1 representada de color azul, ninguno de los tres surcos alcanzo la dosis establecida, siendo el surco número tres el surco más afectado por dicho efecto.

En la hacienda Malagana 2 representada de color naranja los surcos 1 y surco 2 están por encima de la dosis recomendada y el surco 3 está muy por debajo de la dosis requerida.

En la hacienda el Rincón Doronsoro representado de color gris, al igual que la hacienda Malagana 2 los surcos uno y dos estuvieron por encima de la dosis recomendada y por el contrario en el surco tres la dosis fue muy baja con respecto a la dosis recomendada.

Tabla 22: Dosis por surco Abonadora 3 en las tres haciendas

Pruebas	Surco 1	Surco 2	Surco 3
Malagana Lote 1	297,14	322,19	280,78
Malagana 2	295,324	315,928	278,154
El Rincón Doronsoro	291,89	320,17	278,558
Dosis Recomendada	300,00	300,00	300,00

Tabla 22 Fuente Autor

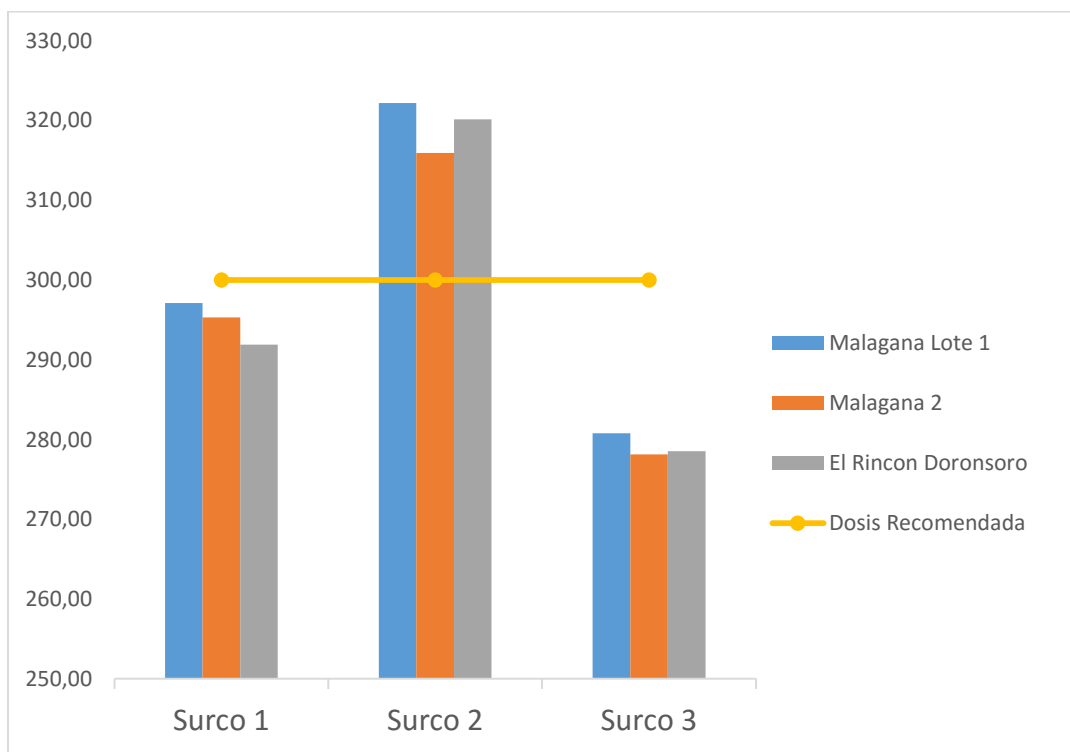


Figura 13 Fuente Autor. Resultados promedios de dosis por surco Abonadora 3 en las tres haciendas

En la figura 13 correspondiente al resultado de las aplicaciones realizadas por la abonadora en las tres haciendas, se evidencio que en los surcos uno y tres de las haciendas donde se realizaron las pruebas hubo una sub-dosificación (por debajo de la dosis recomendada),

Por otra parte las descargas realizadas en el surco dos, cuyo responsable de la aplicación son las salidas S2 y S3 de la abonadora, estuvieron por encima de la dosis recomendada en las tres haciendas

Conclusiones

- De acuerdo a las evaluaciones que se realizaron a los tubos giratorios (tornillos sin fin) de las tres abonadoras, se evidencio la falta de homogeneidad en su estructura, (altura de crestas, grosor de crestas, paso o espacio entre crestas y numero de crestas) siendo esta causante de la sobre y sub dosificación de fertilizantes en las tres haciendas donde se realizaron las aplicaciones.
- Estas variaciones de tipo estructural que poseen las abonadoras son muy marcadas y en todos los ítems evaluados se presentaron datos des-uniformes, por lo cual las aplicaciones no se realizaban en las dosis recomendadas
- Estas variaciones estructurales que poseen los sinfines de las abonadoras evaluadas, afectan los costos de producción, debido a que se sub o sobre dosifican los cultivos, y según Rebollar et al., 2017 la labor de fertilización alcanza un monto hasta del 27% del total de los costos de producción por hectárea de caña sembrada.
- La falta de un parámetro en la elaboración del tornillo sin fin afecta directamente las descargas de fertilizante que se obtienen en campo

Recomendaciones

- Las diferencias en las medidas de los sinfines (numero, altura, grosor y espacio de crestas) varían la dosis de los fertilizantes en las descargas se recomienda establecer un parámetro estándar que indique la medida ideal del tornillo sin fin
- Por desgaste en el material del cual están fabricados los sin fines se pueden presentar estas variaciones, se deben revisar periódicamente este tipo de mediciones en las abonadoras y evitar pérdidas de fertilizante

Referencias Bibliográficas

Asocaña 2019. Recuperado de <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>

Barreiro Elorza, Pilar y Ruiz-Altisent, Margarita (2000). *Maquinaria para la aplicación y la distribución de abonos minerales*. "Vida Rural" (n. 115); pp. 80-84. ISSN 1133-8938.

Eduardo da S Goulart, Luis O. Braga Schuch, Lilian V. Madruga de Tunes, Jucilayne F Vieira. "Performance of rice hybrids determined by different planting arrangements", *Ciencia e investigación agraria*, 2015. Recuperado de <https://rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/1459>

Felipe González Chavarro, Marco Cabezas, Gutiérrez, Margarita Ramírez-Gómez, Julio, Ramírez Durán. "*Curvas de absorción de macronutrientes en tres variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) Para panela, en la Hoya del Río Suárez*", *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2018. Recuperado de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/995>

Figuroa, J., 2014 *diseño de una máquina abonadora para distribuir fertilizante inorgánico en terrenos de cultivo de bajo costo*, Universidad Ricardo Palma Lima Perú. Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/410/1/figuroa_jj.pdf

Korndofer G. 2008, *importancia de la fertilización en la calidad de la caña de azúcar, informaciones agronómicas*. Recuperado de <file:///F:/Unaa%202018II/Para%20la%20Web%202/Jose%20Dportancia%20de%20la%20fertilizacion.pdf>

Korndofer, G. 1994. *Importancia da adubacao na qualidade da cana-de-acucar. En M. Eustaquio de Sa e S. Buzzeti. rmprtancia da adubacao na qualidade dos produtos agricolas. Sao Paulo: rcone, 1994*. Recuperado de

[http://www.ipni.net/publication/iahp.nsf/0/BB5FF6BC0F7BD220852580120058BB0F/\\$FILE/Art%204.pdf](http://www.ipni.net/publication/iahp.nsf/0/BB5FF6BC0F7BD220852580120058BB0F/$FILE/Art%204.pdf)

OrtizCanavateJ. J. y colaboradores. 1995. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Ed.

Mundi-Prerraa. 53 edición. Orttz-CanavateJ. yJ.LHernanz. 1989. Técnica de ía mecanización agraria. Eú. Mundi-Prensa3a Edición. Recuperado de http://oa.upm.es/6378/2/Barreiro_100.pdf.

Núñez O. Cruz R., (2013) "*Germinación y desarrollo de la caña de azúcar sembrada con esquejes de diferentes secciones del tallo y edades de corte*" Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos, Elizalde 114 y Pichincha, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de http://www.aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art_campo/NUNEZ,%20semilla.pdf

Ortiz Henao, Eliana Milena, Zapata Vásquez, William Felipe, y Sarmiento Maldonado, Henry Omar (2010) "*diseño de un sistema micro-controlado para la dosificación e inyección de fertilizantes en campo*" Revista Politécnica ISSN 1900-2351, Año 6, Número 10, 2010. Recuperado de https://www.academia.edu/18734904/Dise%C3%B1o_de_un_sistema_microcontrolado_para_la_dosificaci%C3%B3n_e_inyecci%C3%B3n_de_fertilizantes_en_campo

Rebollar S., Cervantes A., Jaramillo B., Cardoso D., Rebollar A., "*Costos De Producción y Rentabilidad de la Caña de Azúcar para fruta*" (Saccharum officinarum) en una región del estado de México Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 41, 2017 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.

Salgado, G. S., Espinosa, L. L., Escobar, N. R., García, O. C., Alanís, B. L., Aranda, I. E. 2013. *Caña de azúcar. Producción sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas*. 524 p. Recuperado de <http://www.redalyc.org/jatsRepo/141/14153918014/html/index.html>

Sector agroindustrial de la caña (Asocaña) 2017. Recuperado de <http://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>

Van Dilewjin 2005, Sugarcane: Physiology, "*Biochemistry and Functional Biology edited*" by Paul H. Moore, Frederik C. Botha. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=S0ROAgAAQBAJ&pg=PT117&lpg=PT11.&dq=Van+Dillewijn+\(2005\)&source=bl&ots=KMkAJ5WG6Y&sig=H37eA-Q282h4X-](https://books.google.com.co/books?id=S0ROAgAAQBAJ&pg=PT117&lpg=PT11.&dq=Van+Dillewijn+(2005)&source=bl&ots=KMkAJ5WG6Y&sig=H37eA-Q282h4X-)

Velasco-Velasco, J. *"Los biofertilizantes y la producción de caña de azúcar"* (Saccharum Spp.), Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, México, 2014.

Recuperado de

www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114366/Boletin_Tecnico_Informativo_Octubre_2015.pdf

Anexos

Anexo 1 Formato de evaluación (toma de medidas)

Fecha	24/03/2018	Evaludador	David Vergara	Hacienda	MALAGANA 2																	
EQUIPOS DE ABONO (ABONADORAS)																						
Informacion General.																						
Fabricante		Contratista		Nº de abonador	1																	
		zona		oriente																		
Revision general de el equipo																						
Long. Sinfines	Evaluacion de los sinfines para plantilla																		Nº crestas			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
Soca	Cuerpo izquierdo <i>(medir longitud del sinfin)</i>	Altura de crestas	S1	15	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	
			S2	15	14	16	16	15	14	15	15	14	15	15	15	16	13	14	14			
		Grosor de las crestas	S1	5	4,4	4,8	5	4,5	4,5	5	5	5,5	5	5	5	5,3	5	5				
			S2	4,6	4,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,7	4,4			
	118,5	Paso de crestas (amplitud)	S1	28	27	28	18	27	26	25	23	26	24	25	22	22	27					
			S2	25	25	20	22	20	23	20	26	23	23	25	22	21	22	22	20			
	Cuerpo derecho <i>(medir longitud del sinfin)</i>	Altura de crestas	S3	14	14	14	15	14	14	15	15	15	15	16	14	15	14	16	14	15	14	
			S4	14	14	14	15	14	13	15	14	15	14	14	15	13	15	15	16			
		Grosor de las crestas	S3	5	5,5	5,3	5	5	4,5	5,4	5	5,3	5,3	4,6	5	5	5	5	5	5	4,4	
			S4	4,4	4,4	5	5	5	5	5	4,7	5	5	5	5	5	4,5	4,5	5			
	118,5	Paso de crestas (amplitud)	S3	22	24	21	21	21	21	19	23	24	25	21	25	22	22	21	26			
			S4	33	26	23	20	24	22	23	23	21	23	26	22	23	23					
Long. Sinfines	Evaluacion de los sinfines para soca																		Nº crestas			