

DISTRIBUIDOR DE ABONO ORGÁNICO SÓLIDO A TRACCION ANIMAL *

W. XAVIER RIBEIRO **
F. FORTES BARBOSA ***
N. VASCONCELOS LOPES ***
G. CASTRO FILHO ***
M. BOTELHO ***

RESUMEN

En esta investigación se desarrolla un prototipo de un remolque distribuidor de abono orgánico sólido seco, de tracción animal, adecuado para las pequeñas y medianas propiedades agrícolas del nordeste brasileño. En los resultados se muestra la capacidad de trabajo efectiva, dosis y tiempo de aplicación para los tres niveles de abertura de la compuerta de salida del abono.

PALABRAS-LLAVE: Distribuidor de abono, tracción animal.

Summary

This research work shows the development of a prototype of a dry-manure horse-drawn trailer spreader, fitted for small and medium-size farm properties in Brazilian Northeast region. The results show the effective capacity of work, the quantity and time of application for the three opening levels of the manure exit hatch.

1. INTRODUCCION

La importancia de la aplicación del estiércol como fuente de nutrientes para el suelo y la baja energía necesaria para su producción es ya

* Presentado en la 20.^a Conferencia Internacional de Mecanización Agraria – 21/24 marzo, 1988, Zaragoza (España)

** Dept. de Ingeniería Agrícola. Universidad Federal del Ceará. Brasil y doctorando del Dept. de Ing. Rural. E.T.S.I. Agrónomos de Madrid.

*** Dept. de Ingeniería Agrícola. Universidad Federal del Ceará, Brasil.

una realidad, que ha sido tratado por diversos autores.

En las áreas donde la precipitación es generalmente adecuada para una cosecha anual, la principal limitación que enfrenta la agricultura de subsistencia es la baja fertilidad del suelo, ANON¹.

Stout⁵ opina que aunque el estiércol tenga un contenido de nitrógeno, fósforo y potasio inferior al de los fertilizantes industriales (ver Tabla 1), el estiércol, la paja y otras materias orgánicas contienen otros minerales que no suele tenerlos fertilizantes inorgánicos y tienden a mejorar la capacidad de retención del agua del suelo, su estructura y su resistencia a la erosión.

El rápido aumento del consumo de fertilizantes inorgánicos, y la gran cantidad de energía que requiere su producción, es interesante visualizar las ventajas e inconvenientes de unos y otros (ver Tabla 2).

En el nordeste de Brasil muchos suelos son carentes de nutrientes debido a los sucesivos consumos de las cosechas sin un retorno de fertilizantes al terreno; este comportamiento lleva a la práctica de una agricultura nómada, o sea, se hace la preparación de una parcela de tierra para la siembra, y después de uno o dos años la misma es abandonada debido a la reducción de la productividad, culminando con la roturación indiscriminada del monte, una erosión acentuada y una mala utilización de la mano de obra, que podría ser aprovechada en trabajos más leves en la parcela ya faenada; de este modo se evitarían esfuerzos pesados en nuevas roturacio-

nes, pues éstas son operaciones de alto costo y riesgo.

La disponibilidad de fertilizantes orgánicos de origen animal (estiércol) y de origen vegetal (pajas) en esta región, el desconocimiento de la tecnología de su aplicación, y la necesidad de disponer de un medio de transporte, llevaron al desarrollo de un remolque de uso alternativo; los criterios de diseño han sido la utilización parcial de material disponible en el propio medio, el fácil manejo y un bajo costo de producción, teniendo en cuenta el reducido poder de adquisición del agricultor.

2. MATERIALES Y METODOS

Identificado el problema y dado que en la región se utilizan comúnmente los animales, fue desarrollado un remolque a tracción animal de uso alternativo, o sea, distribuidor de abono y medio de transporte de carga.

TABLA 1

Comparación del Contenido de Nutrientes del Estiércol y de los Fertilizantes Minerales.

Nutrientes	kg/t de materia seca
Nitrógeno	
Estiércol	31
Fertilizante	191
Fósforo	
Estiércol	6,2
Fertilizante	56
Potasio	
Estiércol	22
Fertilizante	97

Fuente: Stout⁵

Fue concebida así su estructura, determinadas sus dimensiones y seleccionados los materiales, procediéndose a la construcción de los componentes, el montaje de la estructura, del sistema de locomoción y del cilindro impulsor de abono (hecho de hierro).

2.1. Constitución del prototipo.

El prototipo (figura 1) se compone de:

— *Remolque.* Construido en madera y aglomerado de madera con las siguientes dimensiones: 2x1x0,5m. La tolva ocupa aproximadamente un tercio de la capacidad del remolque y tiene forma de triángulo obtusángulo (aproximadamente 120 grados); esta inclinación de las paredes de la tolva fue seleccionada de acuerdo con el ángulo de reposo del abono, facilitando así su caída en dirección al fondo de la tolva. Sus paredes son fácilmente desmontadas cuando se desea utilizar el remolque para otra finalidad.

En la parte central inferior del remolque se encuentra una guía de madera para orientar el abono en dirección al suelo y en la parte inferior trasera hay una compuerta de hierro que regula el flujo de abono. Para facilitar la descarga del remolque con otros materiales, el mismo puede bascular en torno de sus dos ruedas aproximadamente 45 grados.

— *Sistema de locomoción.* Consta de un eje metálico con dos ruedas, rígido (sin suspensión) y dos neumáticos de cuatro lonas.

— *Sistema de accionamiento del cilindro impulsor de abono.* Este sistema está compuesto de un mecanismo de transmisión de movimiento mediante (piñón y corona), accionados por una cadena; los dos neumáticos funcionan como ruedas motrices del sistema, la corona (52 dientes) fue montada detrás del cubo de la rueda derecha para permitir el movimiento de rotación del mecanismo en el sentido de las agujas del reloj.

TABLA 2

Vantajas e Inconvenientes de los Fertilizantes Orgánicos y los Inorgánicos.

Orgánicos	Inorgánicos
Bajo contenido de nutrientes	Alto contenido de nutrientes
Voluminosos	Facilidad de transporte y manipulación
Costo directo reducido	Costo creciente
Análisis del contenido impreciso	Análisis del contenido preciso
No se utiliza energía directa en su fabricación	Gran utilización de energía directa en su fabricación
Fácilmente disponible	Su disponibilidad depende de la producción, del costo y de la región
Permiten eliminar desecho	Crean desechos en las operaciones de elaboración, pero pueden aprovechar los de operaciones de fabricación

Fuente: Stout⁵

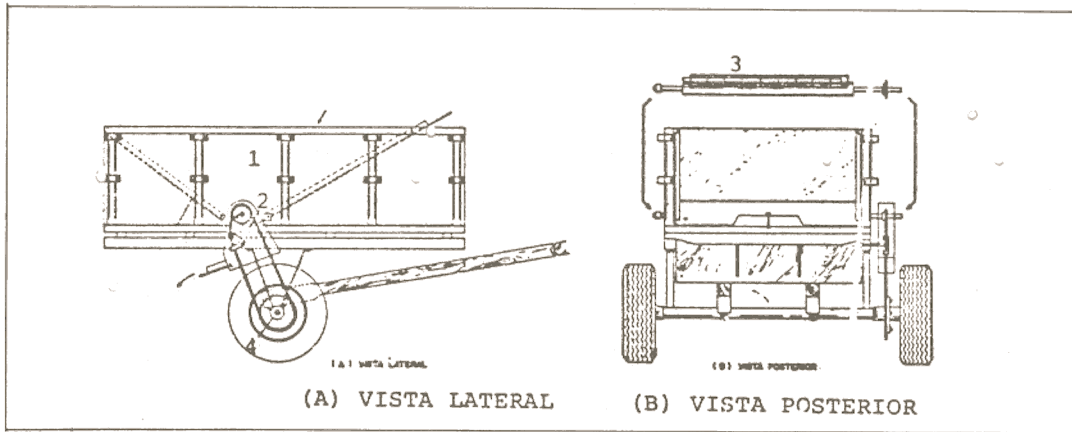


FIGURA 1 —Distribuidor de Abono Orgánico sólido a tracción animal. 1. Remolque; 2. Compuerta; 3. Cilindro Impulsor de Abono; 4. Mecanismo Pinón-Corona.

El piñón instalado en la extremidad derecha del cilindro impulsor del abono, con 16 dientes, permite una relación de transmisión (piñón/corona) de 3,25: 1, siendo la que, según las pruebas efectuadas, permite una mejor salida del abono, a la-velocidad de trabajo del animal.

En el interior de la tolva, un poco por encima del vértice formado por las paredes de madera, se encuentra instalado el cilindro impulsor de abono construido de tubo de acero galvanizado con 5,0 cm de diámetro provisto de dedos radiales de 5,0 cm de longitud dispuestos en cuatro filas espaciadas 90 grados.

Una chapa rectangular de 1x0,02x0,002 m une las extremidades de los dedos, a fin de facilitar la extracción del abono.

El cilindro se apoya en dos anillos metálicos (uno en cada extremidad) aislados del abono para evitar posibles atascos. Otro aspecto interesante es su facilidad de desmontaje cuando se precisa utilizar el remolque para transporte.

Durante el desarrollo del prototipo se llevaron a cabo pruebas iniciales y pruebas finales; las pruebas iniciales tenían como reto estudiar el comportamiento y/o modificaciones en la estructura, sistema de movilización de la masa de estiércol, mecanismo de transmisión del movimiento y regulación de la abertura de la compuerta de salida del material. En las pruebas finales se evaluaron aspectos tales como caudal, velocidad de trabajo, tiempos necesarios y capacidad efectiva de trabajo del conjunto remolque-animal.

3. DESARROLLO DEL PROTOTIPO Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las experiencias se realizaron en el campus del Pici del Centro de Ciencias Agrarias de la

Universidad Federal del Ceará (Brasil) en marzo de 1985, con estiércol de vacuno mezclado con paja.

3.1. Pruebas iniciales

** Estructura.* Inicialmente se pensó en construir las lanzas de tiro de tubo de hierro para asegurar la resistencia de la estructura, pero cambiamos por madera, que, además de ser abundante en el medio rural, es resistente y permite reducir el costo de construcción y ofrece más oportunidad de trabajo a los artesanos locales.

Dado que el remolque sería arrastrado por los animales existentes (caballos, burros, bueyes) y que éstos poseen diferentes alturas, hicimos una ligación regulable entre remolque y lanza, puesto que la tracción se hace directamente del eje.

** Sistema de movilización de la masa de estiércol.* En los ensayos iniciales, el estiércol formaba un bloque único de difícil salida por el fondo de la tolva. Ante esta situación construimos unas púas de hierro que movían toda la masa, pero tenían los siguientes inconvenientes: era necesario mucho esfuerzo para su movimiento, complicaba bastante la construcción del prototipo y requería más regulaciones, siendo propenso a la avería; por tales razones, no utilizamos este sistema.

** Mecanismo de transmisión de movimiento.* El primer sistema empleado en el prototipo fue un par de poleas y una correa trapezoidal, por lo que el remolque no podría disponer de suspensión debido al deslizamiento y salto de la correa.

A través de este sistema se pretendía que las ruedas motrices accionaran el cilindro impulsor del estiércol formado por un tubo galvaniza-

do con dedos de hierro dispuestos radialmente, que se encuentra en el interior de la tolva y está sometido a la carga del estiércol; en estas condiciones, no se conseguía que el cilindro girase y el animal tenía dificultad en tirar del remolque. Verificamos entonces que la correa trapezoidal montada inicialmente aún regulada su tensión de trabajo, deslizaba y el remolque no podía moverse ni hacia delante ni hacia detrás y los esfuerzos se hacían sentir en toda la estructura.

Ante estas dificultades, el mecanismo de transmisión del movimiento por correa fue cambiado por un mecanismo de piñón-corona-cadena que, además de no deslizarse, permitía el desplazamiento del remolque hacia atrás puesto que el mecanismo queda libre en este sentido. Este accionamiento por cadena y piñón de bicicleta fue seleccionado porque actualmente los animales y las bicicletas son los medios de transporte más comunes en estas zonas de forma que el hombre del campo ya está identificado con su uso; incluso en caso de rotura del sistema ellos mismos pueden arreglarlo, no precisando acudir a ningún especialista.

Con estas modificaciones se notaba una ligera mejora en el comportamiento del remolque, o sea, el cilindro impulsor giraba aceptablemente aunque con cierta dificultad debido al peso del material sobre el cilindro; consecuentemente caía al suelo poco estiércol, y de manera desuniforme.

Ante esta situación, hicimos tres modificaciones; la primera consistió en aumentar la inclinación de las paredes de la tolva hasta el ángulo de reposo del material con la finalidad de reducir el rozamiento y facilitar su deslizamiento. La segunda modificación tenía como reto disminuir la carga de estiércol sobre el cilindro impulsor. Este problema fue resuelto colocando la extremidad inferior de la pared izquierda de la tolva sobre el cilindro de modo que solamente la mitad del cilindro en el sentido de su longitud soportaba una parte de la carga. Con estas dos modificaciones hicimos pruebas y observamos una mejora significativa en términos de alivio del movimiento de rotación del cilindro, del mecanismo piñón-corona y una caída más abundante del estiércol si bien la uniformidad conseguida no nos satisfizo. Observamos también que cuando el cilindro impulsor giraba, no agarraba suficiente material; sus dedos radiales sólo penetraban en la masa y movilizaban poco estiércol; entonces hicimos la tercera modificación: fijamos una chapa de hierro de la longitud del cilindro en los extremos de los dedos para que el contacto del cilindro con el estiércol se verificase en toda su longitud. Hicimos nuevas prue-

bas y para nuestra satisfacción tanto la caída como la uniformidad mejoraron notablemente.

**Compuerta de salida del estiércol.* La salida del estiércol de la tolva hacia el suelo era regulada a través del desplazamiento de una placa de madera localizada en la parte trasera del remolque. Inicialmente el deslizamiento de la compuerta se verificaba con dificultad debido a la presencia de estiércol entre la compuerta y su plano de deslizamiento; para superar este inconveniente, quitamos la madera y pusimos una chapa de hierro delgada con 1,0 m de anchura que correspondía al ancho de aplicación del remolque. Con esta modificación la compuerta funcionó mucho mejor.

3.2. Pruebas finales. Las pruebas finales consistieron en tres ensayos, determinándose en cada uno los aspectos siguientes: nivel de abertura y caudal, tiempos necesarios por ciclo y capacidad de trabajo efectiva del conjunto remolque animal.

3.2.1. *Ensayos de dosis de abonado y capacidad de trabajo.*

Se realizaron tres ensayos, utilizándose en cada uno un nivel de abertura de la compuerta. Mostramos los cálculos realizados con detalle únicamente en el primer ensayo, por el método repetido en los otros dos.

**Ensayo 1: Nivel de abertura 5 cm.*

- Capacidad de la tolva. . . 0,33 m³ (C_t)
- Densidad del material. . . 700 kg/m³ (C_t)
- Anchura del remolque. . . 1,0 m (a)
- Longitud equivalente a 231 kg de estiércol (capacidad de la tolva). . . 72 m (L)
- Tiempo para descargar los 231 kg en los 72 m. 85 s (t)
- Rendimiento efectivo para la operación. . . 60%

Cálculos:

a) *Velocidad de trabajo, v_t*

$$v_t = \frac{L}{t} = \frac{72\text{m}}{85\text{s}} = 0,847 \text{ m/s, transfor}$$

mando en km/h = 3 km/h

b) *Capacidad de trabajo efectiva en el campo, S_e*

$$S_e = v.a.n_e.0,1$$

donde:

v = velocidad de trabajo (km/h)

a = anchura de trabajo (m)

n_e = rendimiento efectivo (60% = 0,6)

0,1 = factor de conversión

Entonces:

$$S_e = 3(\text{km/h}) \cdot 1(\text{m}) \cdot 0,6 \cdot 0,1.$$

$$S_e = 0,18 \text{ ha/hora}$$

En las faenas manuales, el hombre en nuestra región trabaja cerca de 6 horas/día, pero considerando que la operación de aplicación de abono a tracción animal es menos molesta y para que el hombre pueda trabajar sin fatiga, usaremos este valor para el cálculo de la capacidad efectiva en términos de ha/día.

$$S_e = 0,18 (\text{ha/h}) \cdot 6 (\text{h/día}),$$

$$\text{donde } S_e = 1,08 \text{ ha/día}$$

c) *Dosis aplicada por hectarea, p.*

$$p = \frac{p \cdot 100}{a}$$

donde:

P = dosis aplicada por hectárea (kg/ha)

100 = constante

p = masa de material distribuída en 100 m.

Observar que:

$$p = \frac{231 \cdot 100}{72} = 320 \text{ kg}$$

a = anchura de distribución (m)

Considerando una eficiencia de aplicación estimada de 60%, tenemos:

$$p = \frac{320 \cdot 100}{1} \cdot 0,6 = 19.200 \text{ kg/ha}$$

Para conseguir, por ejemplo, una aplicación de 10.000 kg/ha, debemos cerrar un poco la ventana y haciendo pruebas llegaremos a la aplicación deseada.

**Ensayo 2: Nivel de abertura 15 cm.*

Tomaremos en consideración los parámetros variables:

- Longitud equivalent a 231 kg de estiércol. . . 58 m
- Tiempo para descargar kis 231 kg. 58s

**Ensayo 3: Nivel de abertura 20 cm.*

Parámetro variables:

- Longitud equivalent a 231 kg de estiércol. . . 46m
- Tiempo para descargar los 231 kg. . . 43s

3.2.2. *Tiempos necesarios por ciclo.*

Considerando una parcela situada a 100m del estercolero, hemos obtenido los siguientes tiempos en cada ensayo:

Ensayo 1

- A) Tiempo necesario para el cribado y carga. . . 10 min

- B) Tiempo para el transporte hasta la parcela 06 min
- C) Tiempo de distribución 01 min 25 s
- D) Tiempo de vuelta. . . 05 min

Total de los tiempos empleados en un ciclo operacional 22 min 55s

Ensayo 2: Abertura de la compuerta de 15m.

- A) Tiempo necesario para el cribado y carga. . . 10 min
- B) Tiempo para el transporte hasta la parcela. . . 06 min
- C) Tiempo de distribución. . . 0 min 58 s
- D) Tiempo de vuelta. . . 05 min

Total de los tiempos empleados en un ciclo operacional. . . 21 min 58 s

Ensayo 3. Abertura de la compuerta de 20 cm.

- A) Tiempo necesario para el cribado y carga. . . 10 min
- B) Tiempo para el transporte hasta la parcela. . . 06 min
- C) Tiempo de distribución. . . 0 min 43 s
- D) Tiempo de vuelta. . . 05 min

Total de los tiempos empleados en un ciclo operacional. . . 21 min 43 s

En la tabla 3 se exponen de forma resumida los resultados obtenidos.

DISCUSION

– De acuerdo con la tabla 3, observamos que aumentando la abertura de la compuerta se obtiene un incremento de la capacidad de trabajo efectiva y de la dosis de aplicación.

– Al aumentar la dosis de aplicación precisaremos más tiempo para la aplicación, considerando que limitamos en 6 horas/día el trabajo del hombre.

– Las dosis resultantes para los dos primeros niveles de abertura pueden ser reducidas o aumentadas, pero la aplicación de 30.120 kg/ha corresponde la abertura máxima de la compuerta.

– La deposición del estiércol en el suelo fue en capas uniformes y continuas.

– Para evitar atascos o rotura de los mecanismos del remolque es necesario hacer una operación de cribado del estiércol.

5. CONCLUSIÓN

1. Como máquina distribuidora de abono a tracción animal responde a los objetivos fijados con sus limitaciones de trabajo.

2. Debido a su simplicidad de mantenimiento y a no requerir ninguna regulación puede ser de fácil aceptación para el hombre del campo el cual se resiste, en general, a los cambios tecnológicos.

Tabla 3
Resultados de los ensayos del remolque

Ensayo	Abertura de la compuerta (cm)	Capacidad de trabajo efectiva (ha/día)	Ciclo operacional/viaje Tiempo* (min, s)	Dosis de aplicación (kg/ha)	Capacidad de trabajo total (kg/día)	Tiempo de aplicación por dosis (ora)
1	5	1,080	22 min 25 s	19.200	3.710	5
2	10	1,296	21 min 58 s	23.880	3.786	6
3	15	1,382	21 min 43 s	30.120	3.829	8

*El ciclo operacional se refiere al tiempo/viaje de 231 kg de estiércol.

3. El uso de la máquina puede permitir un aprovechamiento más eficaz y efectivo de las parcelas de tierra con el empleo de abono orgánico, manteniendo o mejorando la fertilidad del suelo.
4. Una utilización más eficiente de la energía humana y de la tracción animal para algunas regiones, puede constituirse en una importante mejora tecnológica.
5. La simplicidad del remolque y su comportamiento en los ensayos nos llevan a investigar en el futuro la posibilidad de su adaptación a una fuente de potencia tractorizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNON, I. *La modernización de la agricultura en países en vía de desarrollo*. Ed. Limusa, S.A. México. pp. 1987, 91-472.
2. CANDELON, P. *Las máquinas agrícolas*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1970, pp. 153-186.
3. ORTIZ-CAÑAVATE, J. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1979, 111-118.
4. STONE and GULVIN. *Maquinaria agrícola*. Ed. CECSA, México, 1969, pp. 325-355.
5. STOUT, B.A. *Energía para la agricultura mundial*. FAO. Italia, 1980, p. 303. pp. 139-150.