

NOTA TÉCNICA

EVALUACIÓN DE EQUIPOS PARA LA SIEMBRA AL VOLEO DE SEMILLAS DE ALPISTE Y LINAZA¹

Carlos Boschini-Figueroa², Fabián Vargas-Rodríguez², Luis Pineda-Cordero²

RESUMEN

Evaluación de equipos para la siembra al voleo de semillas de alpiste y linaza. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de dos equipos de voleo de semillas de plantas forrajeras. La investigación se realizó en Ochomogo de Cartago, en el año 2010. Se emplearon semillas de alpiste (*Phalaris canariensis*) y linaza (*Linum usitatissimum* L). El modelo estadístico fue el de tres caminos de clasificación. Las variables medidas fueron: tiempo empleado en recorrer la franja de trabajo, cantidad de semilla esparcida al voleo por segundo (mg/s), número de semillas esparcidas y peso/m². La distribución de semilla fue de 5,14 mg/seg en ambas especies. Se encontraron diferencias (p<0,05) entre equipos y dentro de ellos, se obtuvieron descargas muy diferenciadas (p<0,01) entre los grados de aceleración y entre los niveles de apertura del voleo. El efecto de la adición de agregados en mezcla con la semilla fue significativo (p<0,01), en el orden de 21, 14 y 9 kg/ha de semilla pura, mezcla con 25% y 50% de agregados, respectivamente. Se realizó un análisis de superficie de respuesta para determinar el grado de aceleración requerido en la bomba de motor o el nivel de apertura de la voleadora manual, junto con el nivel de agregados necesarios en la mezcla, para lograr densidades de 6, 8 y 10 kg/ha en cada equipo empleado.

Palabras clave: cultivos forrajeros, equipos manuales, descarga total de semilla.

ABSTRACT

Evaluation of equipment for broadcast seed sowing of canary and linseed. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of two broadcast sowing of seeds equipments. The research was conducted on Ochomogo of Cartago in 2010. Seeds of canary (*Phalaris canariensis*) and linseed (*Linum usitatissimum* L) were used. The statistical model used was a model three-way classification. Measured variables were time spent to travel the stretch of work, quantity of seed sown broadcast per second, number of seeds dispersed and peso/m². The seed distribution was 5.14 mg/sec in both species. Significant differences (p <0.05) between equipments and within them, show very difference download (p <0.01) between the different levels of acceleration and between the opening volley. Was significant (p<0.01) the effect of the addition of aggregates in the seed mix in the order of 21, 14 and 9 kg/ha of pure seed, mixed with 25% and 50% of aggregates, respectively. An analysis of response surface to determine the degree of acceleration required by the pump motor or the level of openness of the broadcast seed handy, along with the level of aggregates in the mix needed to achieve densities of 6, 8 and 10 kg/ha, in each broadcast equipments employee.

Keywords: broadcast seed, manual equipments, discharge levels.

¹ Recibido: 16 de agosto, 2013. Aceptado: 21 de agosto, 2014. Proyecto No. 737-97-006 “Banco de germoplasma forrajero” inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Ochomogo, Cartago, Costa Rica. carlos.boschini@ucr.ac.cr, fabian.vargas@ucr.ac.cr, luis.pineda@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

El establecimiento de cultivos forrajeros de piso, mediante el voleo de semilla sexual, es el método más empleado por los productores agropecuarios. También es recomendado por las casas comerciales para la siembra de semillas de grano fino como las de plantas forrajeras (Albarrán, 2005).

Al método de siembra al voleo manual se le atribuyen algunas desventajas en comparación con la siembra en hileras, particularmente una pérdida de la capacidad germinativa por su exposición a la luz del sol y una distribución poco uniforme de la semilla en el terreno (Suttie, 2003). Sin embargo, la experiencia indica que ambos métodos son aceptables si se prepara adecuadamente el terreno y se optimiza el número de plantas por metro cuadrado. Además, se debe tomar en cuenta el valor cultural (o porcentaje de semillas que germinará en condiciones normales de humedad, temperatura y luminosidad que se obtiene de $VC = (\% \text{pureza} \times \% \text{de germinación}) / 100$) como herramienta de éxito y un procedimiento de distribución sistematizado (Ojuez, s.f.; González y Ávila, 2003).

Debido a que las semillas de las gramíneas forrajeras son muy pequeñas en comparación a las de grano, las densidades de siembra en peso de semilla por hectárea es bajo, mientras que la densidad de siembra en número de semillas por unidad de área es muy alto. Este es uno de los factores más importantes a resolver técnicamente durante la siembra y con el cual hay que tener cuidado durante el procedimiento de distribución, para que el mismo sea uniforme, ya sea en una siembra al voleo o en hileras. Bajo ninguna circunstancia se recomienda el incremento en los requerimientos de semilla por hectárea para compensar la mala preparación del terreno (Peters et al., 2003).

La siembra al voleo puede hacerse en forma manual y obtener una adecuada distribución cuando es ejecutada por un operario experimentado en esta técnica. Se recomienda el uso de equipo manual de voleo e incluso una bomba de motor para espolvoreo de químicos agrícolas. Ambos con el objetivo de procurar la mejor cobertura posible (Suttie, 2003). Con frecuencia se emplean diferentes agregados como arena, tierra fina seca u otros materiales de similar peso específico, ello con el propósito de mezclar a las semillas e incrementar el volumen de material a usar durante el voleo y efectuar una mejor distribución en campo (Lascano et al., 2002).

Las casas comerciales recomiendan densidades de siembra de 4 a 6 kg/ha y para algunas gramíneas hasta 8 kg/ha. Sin embargo, no existen investigaciones que demuestren cuales deben ser las densidades de siembra en peso/ha en función de la densidad numérica de semillas por kilo. Por ejemplo, Suttie (2003) menciona que un kilogramo de avena (*Avena sativa*) tiene 30 000 semillas, en el sudangrás (*Sorghum sudanense*) hay 100 000 semillas, en el raygrás perenne (*Lolium perenne*) de 440 000 a 585 000 semillas y en el pasto llorón (*Eragrostis curvula*) se reporta hasta 3 300 000 semillas/kg. Cualquier procedimiento de distribución de semillas forrajeras al voleo (manual, voleadora manual y bomba de motor con turbina) requerirá una calibración adecuada a las características de la semilla de cada especie, de la cantidad de plantas deseada por unidad de área, y desde luego, considerar la adición de materiales que permitan aumentar el volumen de semilla a distribuir, tomando en cuenta el valor cultural específico y la capacidad de voleo de los equipos usados (Lascano et al., 2002; Suttie, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de dos equipos de voleo de semilla de plantas forrajeras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Ochomogo de Cartago, Costa Rica, durante el periodo de lluvias del año 2010. Se emplearon dos equipos livianos de voleo, una bomba atomizadora de motor con turbina, de espalda, empleada en el espolvoreo de productos químicos, líquidos y sólidos en polvo o granulados, convertible según el estado físico. Esta bomba es recomendada por el fabricante para la distribución de semillas pequeñas o finas, como las de gramíneas u hortalizas (Figura 1). El grado de espolvoreo fue graduado accionando la palanca de aceleración a lo largo de su recorrido en la carrera del cable de aceleración del motor. El recorrido total del cable fue definido en octavos, empleándose dos niveles, una graduada a dos octavos (un cuarto) y otra a tres octavos del total de la carrera del cable de aceleración del motor.

También se utilizó una voleadora manual, usada en la distribución de semillas, fertilizantes granulados y productos químicos pulverizados. Este



Figura 1. Vista trasera de la bomba de motor utilizada para la distribución de semillas forrajeras de alpiste (*Phalaris canariensis*) y linaza (*Linum usitatissimum* L.). Cartago, Costa Rica. 2010.

equipo posee una perilla de apertura de la tolva o tubo de descarga, graduado en diez puntos o niveles de descarga (Figura 2) se emplearon tres niveles o grados de apertura: 4, 6 y 8.

Se usaron semillas disponibles comercialmente de dos especies: alpiste (*Phalaris canariensis*) y linaza (*Linum usitatissimum* L.) provenientes de Santa Ana, San José, Costa Rica, las cuales se combinaron con alimento concentrado (producto comercial a base de granos) para aumentar el volumen del material a volar (0, 25 y 50% de agregado con base en el peso de la semilla). Se realizaron cuatro observaciones en cada tratamiento.

Al inicio del experimento se realizaron mediciones del peso específico de la semilla en cada especie y de la mezcla de granos a usar como agregado, así también se realizó el conteo del número de semillas

por gramo. Se fijaron algunos parámetros con base en la experiencia en el establecimiento de pasturas por semilla sexual, como la velocidad del operario del equipo empleado, estimando como óptimo la velocidad de un paso por segundo.

El operario fue previamente entrenado para mantener una velocidad constante (un paso por segundo) al utilizar el equipo, con el fin de obtener una distribución homogénea de la semilla en el terreno. Además, se estableció que el tubo de aspersión de la bomba debía desplazarse un metro lateralmente, manteniéndolo en forma inclinada 30° en dirección al terreno, con el propósito de cubrir un ancho de voleo de cuatro metros en una franja a lo largo del terreno, esto es equivalente al ancho de cubrimiento de la voleadora manual.

También hubo un entrenamiento del operario para que la manija de voleo diera un giro a razón de una



Figura 2. Vista frontal de la voleadora manual utilizada para la distribución de semillas forrajeras de alpiste (*Phalaris canariensis*) y linaza (*Linum usitatissimum* L.). Cartago, Costa Rica. 2010.

vuelta/seg. Las mediciones se realizaron en franjas de 50 m de largo por 4 m de ancho.

Además se midió el tiempo y los pasos empleados en recorrer la franja de trabajo, la cantidad de semilla esparcida al voleo en peso por unidad de tiempo y por paso efectuado, el número de semillas esparcidas y la cantidad en peso por unidad de área. Estas dos últimas mediciones se realizaron con el propósito de establecer la densidad de siembra en cada uno de los tratamientos experimentales.

Para el análisis de resultados se empleó el siguiente modelo estadístico planteado por Steel y Torrie (1980):

$$Y_{ijklm} = U + S_i + A_j + V_k + V_k(E_l) + E_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = variable medida en la i -ésima especie de semilla, j -ésimo nivel de agregado, k -ésimo equipo de voleo usado, l -ésimo nivel de descarga en cada equipo de voleo.

U = promedio general del experimento.

S_i = efecto de la i -ésima especie de semilla.

A_j = efecto de la j -ésimo nivel de agregado a la semilla.

V_k = efecto de k -ésimo equipo de voleo.

$V_k(E_l)$ = efecto de l -ésimo nivel de descarga en el k -ésimo equipo de voleo.

E_{ijklm} = error experimental en la i -ésima especie de semilla, j -ésimo nivel de agregado, k -ésimo equipo de voleo usado, l -ésimo nivel de descarga en cada equipo de voleo y m -ésima observación realizada.

El análisis se realizó usando el PROC GLM de SAS, versión 9.1.3 (SAS Institute, 2007). En las fuentes de variación que resultaron significativas se hizo la respectiva separación de medias con la prueba de t -Student y Duncan, según correspondiera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron pruebas preliminares con el propósito de caracterizar los materiales empleados. El alpiste mostró una densidad específica media de $0,757 \pm 0,004$ kg/l, con un contenido de $135\ 654 \pm 2376$ semillas/kg; mientras que la linaza presentó una densidad específica de $0,666 \pm 0,005$ kg/l, con un

contenido de $157\ 638 \pm 1026$ semillas/kg. Por otro lado, la densidad específica de la mezcla de granos (alimento concentrado para animales) empleado en las mezclas de semilla fue de $0,546 \pm 0,007$ kg/l. Este material fue usado para aumentar el volumen del voleo en sustitución de la arena o tierra recomendado frecuentemente, y cuya densidad específica es arriba de 2 kg/l, lo cual no permite una mezcla apropiada por el diferencial de pesos específicos entre la semilla y el relleno, que con el movimiento, dentro de los depósitos de los equipos tiende a separarse, provocando una pérdida sustancial en la homogenización del material durante el voleo.

El tiempo usado en recorrer 50 m tuvo una diferencia ($p < 0,05$) de 8 seg entre el voleo de la semilla de alpiste con respecto a la linaza, así mismo una diferencia ($p < 0,05$) de 4 seg entre los equipos usados. No hubo variaciones ni diferencias importantes entre los tres niveles de agregados, ni entre los dos grados de aceleración en la bomba de motor ($p < 0,05$), contrario a lo que sucedió entre los tres grados de apertura ($p < 0,01$) usados en la voleadora manual (Cuadro 1). Estos resultados difirieron de los obtenidos en las pruebas preliminares realizadas, en los cuales no se encontró diferencia ($p > 0,05$) entre los tres grados de apertura en la voleadora manual. Se observaron también diferencias significativas en los pasos recorridos entre las semillas empleadas, agregados, equipos y grados de aceleración de la bomba de motor. La meta establecida de caminar a una velocidad de un paso/seg resultó a través de todo el experimento en un valor medio de 0,94 pasos/seg con un mínimo de 0,89 y un máximo de 0,98 pasos/seg, lo cual indica que con un entrenamiento previo, el operador puede lograr una precisión óptima y uniforme durante el proceso de voleo.

La cantidad de semilla distribuida por segundo y por cada paso dado fue entre 5,14 y 6,09 mg, respectivamente no observándose diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre especies. En la cantidad de semilla voleada entre los niveles de agregados hubo significancia ($p < 0,01$) tanto en mg/seg como en mg/paso. En ambos casos, al aumentar el nivel de agregados en la mezcla voleada, la cantidad de semilla regada por segundo y por cada paso dado disminuía en forma lineal (Cuadro 1).

Entre equipos se manifestaron diferencias importantes ($p < 0,01$) con valores medios de 2,56 mg/

Cuadro 1. Tiempo empleado, pasos contados y cantidad de semilla distribuida al voleo utilizando dos equipos de voleo de semillas. Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), Cartago, Costa Rica. 2010.

Variables	Tiempo usado en recorrer 50 m (s)		Pasos contados en recorrer 50 m		Cantidad de semilla regada			
					mg/s		mg/paso	
	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE
Especies								
Linaza	70,23	8,97 a	63,80	3,28 a	5,14	4,86	5,43	5,07
Alpiste	62,73	3,98 b	61,50	2,54 b	6,05	6,02	6,09	6,04
Agregados								
Semilla pura	66,30	8,27	62,35	4,02	7,80	7,25 a	8,05	7,36 a
Semilla con 25% de agregado	65,40	5,45	62,20	2,33	5,60	4,82 b	5,80	4,89 b
Semilla con 50% de agregado	67,75	9,51	63,40	2,84	3,38	3,14 c	3,44	3,13 c
Equipos								
Bomba con motor	69,00	6,83 x	64,58	2,70 x	2,56	1,81 x	2,70	1,84 x
Grado de aceleración un cuarto	68,67	5,91	65,16	2,69	1,94	0,98 a	2,03	0,99 a
Grado de aceleración tres octavos	69,33	7,89	64,00	2,69	3,19	2,24 b	3,39	2,25 b
Voleadora de granos	64,81	8,13 y	61,36	2,74 y	7,62	6,27 y	7,80	6,40 y
Grado 4 de apertura	71,08	10,14 a	63,25	2,93	1,01	0,64 a	1,09	0,64 a
Grado 6 de apertura	62,83	5,54 b	61,75	1,96	8,28	3,23 b	8,43	3,29 b
Grado 8 de apertura	60,50	3,03 b	59,08	1,31	13,55	5,29 c	13,88	5,4 c

DE: desviación estándar.

Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro de especies, agregados, grados de aceleración y grados de apertura; x, y: letras diferentes para denotar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre equipos.

seg y 2,70 mg/paso en la bomba de motor y de 7,62 mg/seg y 7,80 mg/paso en la voleadora manual; lo que indica que, este equipo requiere mayor atención al fijar el grado de descarga. Se observaron diferencias muy amplias ($p < 0,01$) entre los tres niveles de apertura de descarga, con una tendencia creciente al aumentar el grado de descarga (Cuadro 1). En tanto, entre los diferentes grados de aceleración de la bomba se observaron diferencias también significativas ($p < 0,05$) en la descarga de semilla, con un valor superior a 3 mg/seg y por paso en la aceleración mayor.

La diferencia en el número de semillas distribuidas fue significativa ($p > 0,05$), siendo esta de 246 y 265 por metro cuadrado para el alpiste y la linaza, respectivamente. Ambas cantidades constituyen una densidad de siembra equivalente a 17 y 18 kg/ha, para linaza y alpiste respectivamente, lo cual representa una alta carga de semillas por unidad de área. Cuando se

analizó la cantidad de semilla en número y peso/m², en los diferentes niveles de agregados a las semillas, se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), manifestándose una disminución lineal al aumentar el nivel de agregados a las semillas, equivalente a 21, 14 y 9 kg/ha de semilla pura, semilla con 25% y con 50% de agregados, respectivamente (Cuadro 2).

Entre equipos de voleo existieron diferencias ($p < 0,01$) en la cantidad de semilla regada, dentro de los límites establecidos en los niveles de aceleración o apertura de descarga estudiados. En la bomba de motor hubo diferencia ($p < 0,01$) entre los dos grados de aceleración con un incremento de 60 semillas/m² al aumentar un octavo de aceleración por encima del nivel menor, equivalente a un incremento de 4 kg/ha de semilla al pasar de un cuarto de aceleración a tres octavos. En la voleadora manual se observó una distribución de 48 semillas/m² en el nivel 4 de

Cuadro 2. Cantidad de semilla de alpiste y linaza distribuida por unidad de superficie utilizando dos equipos de voleo. Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), Cartago, Costa Rica. 2010.

Variables	Cantidad de semilla regada							
	num/m ²		num/dm ²		mg/m ²		kg/ha	
	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE
Especies								
Linaza	265,33	238,45	2,65	2,38	1,68	1,51	16,83	15,12
Alpiste	246,17	243,80	2,46	2,43	1,82	1,80	18,18	18,00
Agregados								
Semilla pura	349,85	303,29 a	3,50	3,03 a	2,42 a	2,11 a	24,18	21,18 a
Semilla con 25% de agregado	259,50	213,29 b	2,60	2,13 b	1,77 b	1,44 b	17,68	14,48 b
Semilla con 50% de agregado	157,90	144,65 c	1,58	1,44 c	1,07 c	0,85 c	10,65	9,51 c
Equipos								
Bomba con motor	128,13	86,62 x	1,28	0,87 x	0,87	0,58 x	8,69	5,81 x
Grado de aceleración un cuarto	97,83	52,43 a	0,98	0,52 a	0,66	0,33 a	6,62	3,34 a
Grado de aceleración tres octavos	158,42	104,6 b	1,58	1,05 b	1,08	0,71 b	10,77	7,07 b
Voleadora de granos	340,83	270,15 y	3,41	2,69 y	2,34	1,86 y	23,38	18,65 y
Grado 4 de apertura	48,75	25,69 a	0,49	0,26 a	0,34	0,19 a	3,41	1,92 a
Grado 6 de apertura	376,50	128,27 b	3,77	1,28 b	2,59	0,98 b	25,91	9,76 b
Grado 8 de apertura	597,25	221,2 c	5,97	2,21 c	4,08	1,53 c	40,82	15,31 c

DE: desviación estándar.

a, b, c letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro de especies, agregados, grados de aceleración y grados de apertura; x, y: letras diferentes para denotar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre equipos.

apertura y se incrementó en 320 y 550 semillas/m² en los niveles 6 y 8 de descarga, respectivamente. La demanda de semilla en el nivel 4 fue de 3,4 kg/ha, de 25,9 y 40,8 kg/ha en los niveles 6 y 8 de apertura, respectivamente (Cuadro 2).

La información de densidad de siembra medida en peso, reveló que cantidades de 3,5 kg/ha son necesarias para obtener una población cercana a una semilla/dm², obtenida mediante el voleo de esta con un 50% agregado y efectuado con la bomba de motor en un cuarto de aceleración (Cuadro 3). Una densidad similar (alrededor de 4 kg/ha) se puede obtener usando semilla pura y con un 25% de agregado, en una voleadora manual en grado 4 de descarga. La distribución de semilla en un equivalente de 6 kg/ha, se logra haciendo un agregado de 50% en relación al peso de la semilla, usando la bomba de motor en tres octavos de aceleración. Si el propósito fuese descargar

un equivalente de 8 kg de semilla/ha, se logra con el uso de semilla pura empleando la bomba de motor en un cuarto de aceleración e incluso cuando se adiciona un 25% de agregados con el mismo equipo en un cuarto o tres octavos de aceleración (Cuadro 3). Estos datos permiten estimar que se requieren 7 kg/ha de semilla para obtener la densidad de siembra de una por dm² (100 semillas/m²).

Esta información se sometió al análisis de regresión con el propósito de formar una superficie de respuesta en cada equipo usado (Figura 3 y 4), y posteriormente se determinó el grado de descarga (aceleración del motor y el grado de apertura de la voleadora manual), así como el nivel de agregados necesarios para la distribución de 6, 8 y 10 kg/ha de semilla.

En la bomba de motor, estableciendo el nivel de aceleración (marcado en dieciseisavos), se determinó el nivel de agregados requeridos que debe adicionarse

Cuadro 3. Tiempo empleado, pasos contados y cantidad de semilla de alpiste y linaza distribuida según la proporción de agregado y el tipo de equipo de voleo empleado. Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), Cartago, Costa Rica. 2010.

Agregado %	Equipo usado		Tiempo usado en recorrer 50 m, seg		Pasos contados en recorrer 50m		Cantidad de semilla regada			
	Tipo	Modo					mg/seg		mg/paso	
			\bar{x}	DE*	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE
0	Bomba de motor	Acel. 1/4	69,75	7,76	65,50	4,79	2,53	1,25	2,63	1,17
		3/8	69,00	13,58	64,00	0,81	5,35	1,37	5,54	2,59
	Voleadora	Grado 4	68,75	7,18	63,00	2,00	1,26	0,92	1,33	0,27
		6	64,25	4,03	61,00	1,41	10,32	4,42	10,72	4,15
25	Bomba de motor	Acel. 1/4	69,00	6,97	65,25	0,50	2,26	0,41	2,39	0,53
		3/8	69,25	4,64	64,00	0,81	2,48	1,01	2,73	1,24
	Voleadora	Grado 4	65,50	5,80	61,25	1,25	1,30	0,18	1,39	0,21
		6	61,75	1,50	61,00	0,81	8,88	1,31	8,98	1,26
50	Bomba de motor	Acel. 1/4	67,25	7,18	64,75	1,71	1,01	0,23	1,06	0,27
		3/8	69,75	4,65	63,75	0,95	1,72	0,68	1,89	0,77
	Voleadora	Grado 4	79,00	12,64	65,50	3,69	0,47	0,13	0,56	0,16
		6	62,50	9,46	63,25	2,62	5,65	1,37	5,58	1,63
		8	60,25	0,95	59,75	0,50	8,03	1,37	8,10	1,37

Agregado %	Equipo usado		Cantidad de semilla regada							
	Tipo	Modo	num/m ²		num/dm ²		mg/m ²		kg/ha	
			\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE	\bar{x}	DE
0	Bomba de motor	Acel. 1/4	127,00	65,62	1,27	0,66	0,86	0,40	8,61	4,02
		3/8	253,75	119,31	2,55	1,21	1,75	0,81	17,51	8,08
	Voleadora	Grado 4	58,00	35,59	0,60	0,35	0,41	0,27	4,15	2,79
		6	465,75	140,24	4,65	1,39	3,25	1,22	32,55	12,22
25	Bomba de motor	Acel. 1/4	115,25	32,06	1,12	0,32	0,78	0,17	7,80	1,72
		3/8	131,50	69,59	1,30	0,68	0,87	0,40	8,76	4,07
	Voleadora	Grado 4	61,75	8,53	0,62	0,09	0,42	0,06	4,25	0,64
		6	398,50	34,10	4,00	0,31	2,73	0,37	27,38	3,79
50	Bomba de motor	Acel. 1/4	51,25	17,65	0,50	0,16	0,34	0,09	3,43	0,95
		3/8	90,00	41,26	0,90	0,39	0,60	0,23	6,02	2,38
	Voleadora	Grado 4	26,50	8,96	0,27	0,09	0,18	0,05	1,82	0,56
		6	265,25	108,32	2,67	1,08	1,78	0,59	17,79	5,97
		8	356,50	79,98	3,55	0,82	2,42	0,40	24,19	4,06

* DE: desviación estándar.

a la semilla para obtener la cantidad deseada a regar (Cuadro 4). Para distribuir cantidades menores de semilla, el nivel de agregados es mayor. Asimismo, se muestra como en un caso la demanda de agregados

es negativo (-7,69%), lo que indica que no debe adicionarse ningún agregado a la semilla y que al usarse una aceleración del motor de 4/16 (1/4), la cantidad voleada sería equivalente a 10 kg/ha menos

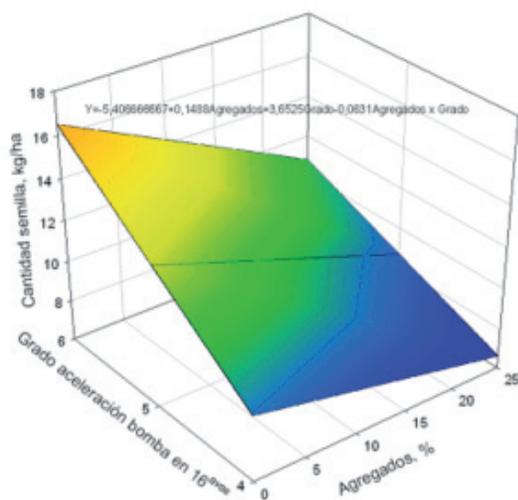


Figura 3. Descarga de semilla según el grado de aceleración de la bomba de motor y de la proporción de agregados mezclados con la semilla de alpiste y linaza. Cartago, Costa Rica. 2010.

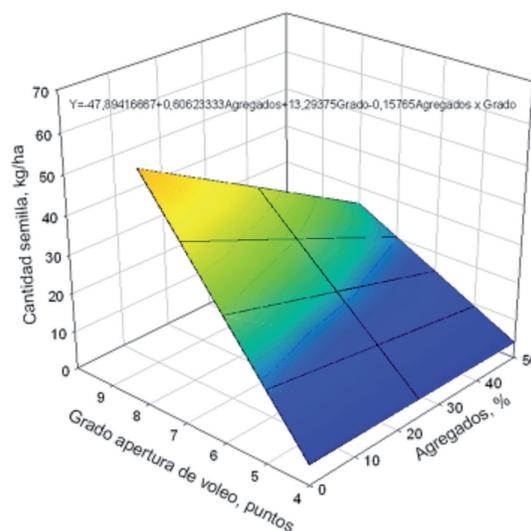


Figura 4. Descarga de semilla según de apertura de la voleadora manual y de la proporción de agregados mezclados con la semilla de alpiste y linaza. Cartago, Costa Rica. 2010.

el 7,69% de ese peso, en consecuencia, utilizando esa aceleración y empleando semilla pura se podría esparcir solamente 9,23 kg/ha.

Con la voleadora manual, los resultados muestran la demanda porcentual de agregados que debe ponerse a la semilla en cada nivel de descarga seleccionado previamente, para cada cantidad que se desea distribuir por hectárea.

La siembra de forrajes está documentada en forma exhaustiva en lo referente a preparación del terreno, época de siembra, fertilización y manejo y control de malas hierbas. En cuanto a densidades y métodos de siembra, la información científica, técnica y comercial es en extremo general, en particular falta información científica sobre la comparación entre los tipos de siembra, estimación por especie de las necesidades de semilla y calibración de equipos para voleo o siembra en hileras (Lobo y Díaz, 2001; González y Ávila, 2003).

Existen grandes desacuerdos entre las necesidades de semillas en función de la capacidad de cubrimiento del terreno (Hossain y Salahuddin, 1994). En algunos forrajes se recomiendan densidades de siembra de 4,5 a 6,5 kg/ha, equivalente a 200-290 semillas por m², para obtener finalmente 120 a 180 plantas/m², lo cual

representa una eficiencia o valor cultural de 64%. En otras especies se recomiendan tan solo 11 semillas/m² con una gran gama intermedia dependiendo del tamaño de la semilla y de la estructura o porte de la planta en estado vegetativo apto para pastoreo (Lascano et al., 2002; Sierra, 2005). Las casas comerciales que distribuyen los equipos de voleo, no disponen de información propia del equipo y de una tabla de graduación de la descarga en función del grado de aceleración o de descarga según la escala de graduación que ofrecen, en especies típicas para lo cual fueron fabricadas. Esto provoca que los productores al usar este equipo de voleo, primero tengan que determinar en forma empírica las capacidades propias de los equipos.

Los datos generados en este estudio brindan información detallada de las potencialidades de los dos equipos probados, de las capacidades de descarga según el número de plantas que se desean por m² y de las necesidades de semilla y la proporción de agregados necesaria para alcanzar la densidad requerida. Es importante mencionar que para la adecuada siembra al voleo de semilla sexual forrajera, con la información generada en esta investigación, se

Cuadro 4. Estimación de agregados necesarios para distribuir la cantidad de semilla deseada utilizando dos equipos de voleo. Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), Cartago, Costa Rica. 2010.

Bomba de motor		
Semilla a regar, kg/ha	Grado de aceleración del motor ¹	Agregados requeridos, % ²
6	4	30,92
8	4	11,62
10	4	-7,69
6	5	41,13
8	5	29,13
10	5	17,13
6	6	45,73
8	6	37,02
10	6	28,32
Voleadora manual		
Semilla a regar, kg/ha	Apertura de la boquilla de salida, en puntos	Agregados requeridos, % ³
6	5	17,28
8	5	14,53
10	5	11,78
6	6	29,22
8	6	26,96
10	6	24,70
6	7	37,55
8	7	35,63
10	7	33,71
6	8	43,69
8	8	42,03
10	8	40,36

¹ grado en dieciseisavos de aceleración del motor de la bomba.

² porcentaje de la semilla que se desea regar, estimada por la fórmula $X = (Y - a - cW) / (b + dW)$, con base en la regresión:

$$Y = -5,406666667 + 0,1488X + 3,6525W - 0,0631 XW$$

donde Y: semilla a regar, kg/ha, X: agregados requeridos, %, W: grado aceleración.

³ porcentaje de la semilla que se desea regar, con base en la regresión $Y = -47,89416667 + 0,60623333X + 13,29375*W - 0,15765*XW$ en este caso W: grado de apertura de la boquilla de la voleadora.

debe tomar en cuenta el valor cultural (% de pureza x % de germinación) y eventualmente agregar más cantidad en sustitución de los agregados necesarios para la mezcla deseada. En general, se estima que las semillas forrajeras tienen un valor cultural de 70%, lo cual indica que conociendo el número de plantas que se desean por m² (una planta/dm² es equivalente a 100 plantas/m²), así como el número de semillas/kg, la distribución al voleo puede ser muy eficaz, con una adición de 30% del peso de la semilla en sustitución de cualquier producto agregado que se requiera (Suttie, 2003; Quijano, 2004).

LITERATURA CITADA

- Albarrán, E.J. 2005. Limitaciones y alternativas de la siembra de semilla sexual de gramíneas forrajeras. IX Seminario Manejo y utilización de Pastos y Forrajes en sistemas de producción animal. 31 de marzo al 2 de abril el 2005. Asociación Venezolana de Producción Animal. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. p. 70-80.
- González, R., y J. Ávila. 2003. Comparación de la siembras al voleo y en hileras en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*). Rev. Unell. Cien. Tec. 21:93-104 .
- Hossain, M., y A. Salahuddin. 1994. Growth and yield of sesame in relation with population density. Bangladesh J. Life Sci. 6:59-65.
- Lascano, C., R. Pérez, C. Plazas, J. Medrano, O. Pérez, y P.J. Argel. 2002. Cultivar Toledo – *Brachiaria brizantha* (Accesión CIAT-26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Villavicencio, Colombia.
- Lobo, M.V., y O. Díaz. 2001. Agrostología. Editorial Universidad Estatal a Distancia (UNED), San José, Costa Rica.
- Ojuez, C., R. Siolotto, A. Lauric, y O. Scheneiter. sf. Efecto de dos sistemas de siembra y distintos niveles de cobertura sobre la implantación de Agropiro alargado en Bolívar. Estación Experimental Agropecuaria INTA Bordenave – Ruta Prov. Nro. 76, km. 36.5 - 8187 Bordenave - Buenos Aires. p 4. http://inta.gov.ar/documentos/efecto-de-dos-sistemas-de-siembra-y-distintos-niveles-de-cobertura-sobre-la-implantacion-de-agropiro-alargado-en-bolivar/at_multi_download/

- file/INTA%20-%2016.%20implantacion_de_agropiro_alargado_en_Bolivar.pdf (Consultado 14 agosto 2014).
- Peters, M., L.H. Franco, A. Schimidt, y B. Hincapié. 2003. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali Colombia.
- Quijano, Y. 2004. Siembra de pastos para henificar. Servicio de Extensión Agrícola, Recinto de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.
- SAS Institute. 2007. User`s guide: Statistics. Version 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Sierra, J.O. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquía, Colombia.
- Steel, R.G.D., y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, NY, USA.
- Suttie, J.M. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores en condiciones pastoriles. FAO, Roma, Italia.