

Diseño de Platos de Siembra para Leguminosas

En este estudio se analizan las características de algunas semillas de leguminosas. En base a estas características se diseñaron platos de siembra adecuados, y se ensayaron a nivel de laboratorio y de campo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinaron las condiciones óptimas de operación. El trabajo a su vez, crea conciencia del análisis de este tipo de problemas, causante de apreciables pérdidas durante la siembra.

JOSE M. CHAPARRO C.
Ingeniero Agrícola, M. Sc.
Profesor Asociado
Depto. Ingeniería Agrícola
GABRIEL GOMEZ G.
Estudiante Ingeniería Mecánica
JOSE CASTELBLANCO C.
Estudiante Ingeniería Mecánica

El problema de la siembra de granos resulta en ocasiones crítico, si se tiene en cuenta que la sembradora de platos, tradicional en nuestro medio, requiere una semilla clasificada, de tamaño y forma uniformes, y un plato de siembra con celdas que permiten la acomodación de la semilla.

Los fabricantes de este tipo de equipos agrícolas en nuestro medio no le han dado la importancia que se requiere y usualmente las sembradoras no poseen platos de siembra adecuados para las semillas comerciales.

El presente trabajo se realizó en colaboración con el ICA y el Centro Agropecuario Marengo, y para las pruebas de campo se utilizó una sembradora IH 184.

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) analizar las variables que tienen que ver con el proceso de siembra, b) estudiar las relaciones entre las variables consideradas, c) estudiar algunas características físicas de semillas de leguminosas, d) con base en las características físicas, diseñar los platos de siembra adecuados para las leguminosas en mención, c) probar los platos de siembra en condiciones de campo y determinar velocidades óptimas de operación.

Revisión de literatura

Una sembradora debe: a) abrir el surco a una profundidad adecua-

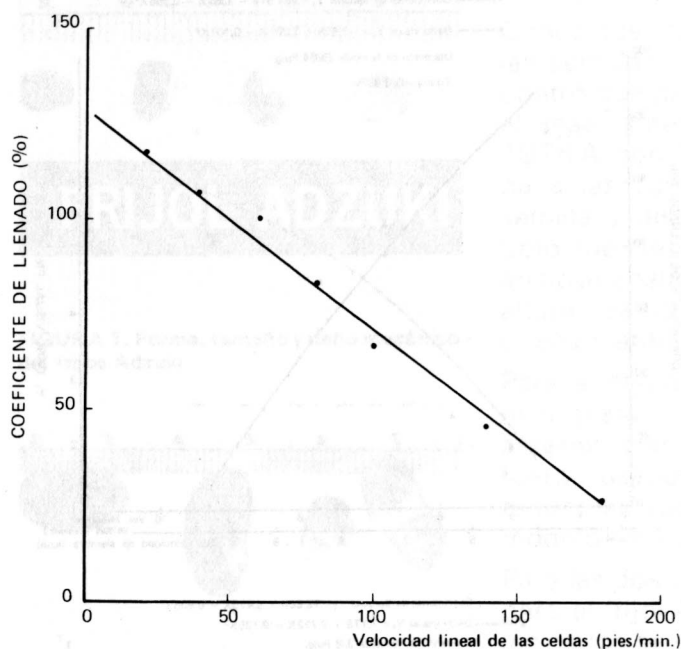
da, b) poseer un buen mecanismo de alimentación; c) depositar la semilla con cierta exactitud; d) cubrir la semilla y compactar el suelo alrededor de la misma.¹

Por otra parte, la germinación y desarrollo de las plantas depende de: a) viabilidad de la semilla, b) condiciones físico-químicas del suelo, y c) magnitud del contacto entre la semilla y el suelo. Además, es lógico que hay otros factores agronómicos a considerar.¹⁵

El comportamiento del sistema de alimentación de una sembradora depende de: a) la velocidad periférica del plato de siembra, y b) la velocidad resultante de las semillas.⁹

Los factores importantes en el rendimiento de la sembradora son: a) tamaño y forma de la semilla, b) tamaño y forma de la celda, c) orientación de la semilla en la celda, e) recorrido de la semilla una vez colocada en el plato, f) tipo de obturador y gatillo, g) cantidad de semilla en la tolva, f) características texturales de la semilla.¹³

El "coeficiente de llenado" es un factor importantísimo en la precisión de la sembradora. Se denomina con este nombre la relación entre el número de semillas que caen realmente por el que debieran caer teóricamente. El de la semilla de remolacha se da en la Gráfica 11.



GRAFICA 1.- Relación entre coeficiente de llenado y velocidad del plato para semilla de remolacha procesada, con dispositivos de siembra de precisión (1).

Cuando se siembra una semilla mecánicamente se presenta dispersión por el tiempo transcurrido desde cuando la semilla deja el plato de siembra hasta cuando cae al surco, y por el efecto de impacto con el surco.^{1,17} Se puede decir que para cada tipo de semilla hay una velocidad óptima a la cual se obtiene una mínima dispersión.¹⁵

Cuando la semilla es forzada a través de un agujero, o sometida a grandes fuerzas de impacto o fricción, usualmente sufre daño mecánico, el cual hace disminuir el porcentaje de germinación. Este daño mecánico depende del contenido de humedad del grano y de las características de diseño y operación de la sembradora. A su paso por el mecanismo de alimentación de una sembradora, una semilla puede sufrir: a) ruptura o separación del peridermo, y b) separación de cotiledones¹¹.

Materiales y métodos

Materiales

En esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Una sembradora de grano grueso, marca International Harvester, modelo 184, con enganche de 3 puntos, categoría II.
- Un tractor International diesel, modelo 544

- Un homogenizador Boerner con capacidad de 2 Kg.
- Un microscopio estereoscópico, marca Wetzlar.
- Un calibrador pie de rey con aproximación de 1/1000 de pulgada.
- Un determinador de humedad Steinlite 400G.
- Un torno paralelo, marca Zugal, de 700 mm entre puntas y 16 pulgadas de volteo.
- Un taladro de árbol con divisor diferencial.
 - Una balanza de pesos por bushel.
 - Una balanza electrónica Mettler P1210 con capacidad de 1200 gramos y 10 mg. de sensibilidad.
 - Un germinador Burrows, modelo 1842 con doble cámara de germinación y control de

temperatura y humedad relativa.

- Semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedades ICA-Pijao, ICA-Gualí y Adzuki.
- Semilla de Soya (*Glycine Máx* (L) Merrill), variedades ICA-Pance y L-108.

Métodos

1 Pruebas de Laboratorio

En el laboratorio se hizo la determinación de:

- Forma y tamaño de la semilla
- Contenido de humedad
- Peso por bushel
- Peso de 100 semillas

El tamaño y la forma de la semilla se estudiaron para hacer el diseño de los platos de siembra de acuerdo a tolerancias establecidas.

La medición del contenido de humedad se realizó para analizar su efecto sobre el daño mecánico al pasar la semilla por el mecanismo de alimentación de la sembradora.

La determinación de los factores c) y d) se hizo con el único propósito de establecer la capacidad en peso y número de semillas de la tolva de la sembradora comercial.

2. Pruebas de campo

Luego de conocer las características de las semillas se diseñaron los platos de siembra para cada uno de los granos y se realizaron los ensayos de campo para determinar: a) daño mecánico de las semillas; b) coeficientes de llenado, y c) distribución de las semillas en el campo, considerando como factores de estudio: a) la velocidad lineal de la semilla, y b) la tolerancia entre semilla y celda.

Tabla 1. Dimensiones extremas de las semillas estudiadas

Semilla	L (mm)		A (mm)		E (mm)	
	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
ICA-Pance	8.54	6.82	6.82	5.85	6.35	5.13
L-108	7.93	6.10	5.98	5.00	5.33	4.12
Adzuki	7.44	5.72	5.48	4.02	4.95	3.95
ICA-Pijao	11.34	7.80	6.95	5.60	4.72	3.48
ICA-Gualí	18.50	13.00	8.90	6.10	6.48	4.67

Resultados

Tamaño y forma de las semillas

De acuerdo a métodos de muestreo se determinó el tamaño mínimo de la muestra, a la cual se le debiera medir el largo como medida que presentó más dispersión, y el valor encontrado fue de 120 unidades. Para nuestro caso, tomamos 150 semillas. De la misma manera, se determinó el número de semillas para observar las 3 dimensiones, a saber:

- a) Largo (L): medida máxima de la semilla cuando está en posición de reposo.
- b) Ancho (A): medida máxima perpendicular al largo, en la misma posición anterior, y
- c) Espesor (E): medida máxima vertical de la semilla, estando en posición de reposo.

Las medidas de largo y ancho se llevaron a cabo con el microscopio estereoscópico y el espesor con el calibrador. De acuerdo a los resultados estadísticos se tomaron muestras de 25 semillas en el caso de la soya ICA-Pance y L-108 y del frijol Adzuki, 50 semillas de frijol ICA-Pijao y 130 semillas de Frijol ICA-Gualí.

Los valores extremos de estos ensayos se muestran en la Tabla 1.

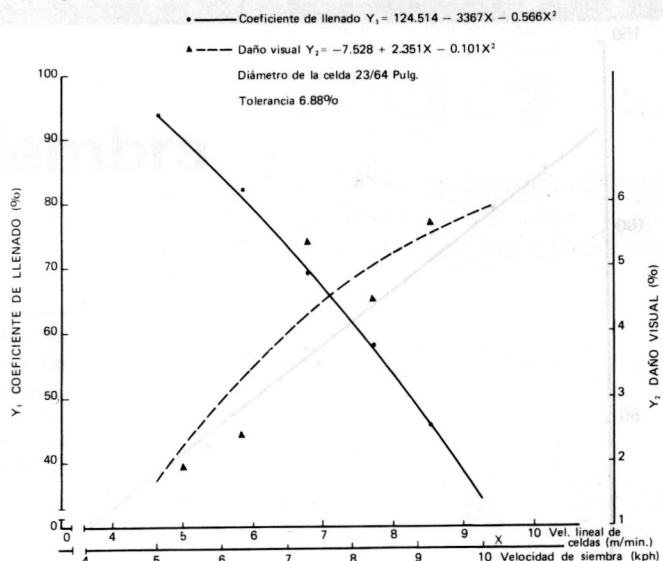
En cuanto a la forma, no existen criterios claros para asimilar una semilla a una forma geométrica específica, pero por observación visual se encontró que las semillas de soya presentan ovoide, el frijol Adzuki presenta mayor simetría central que la soya, y los frijoles ICA-Gualí e ICA-Pijao, tienen forma arriñonada. (Figuras 1 y 2).

Otras propiedades

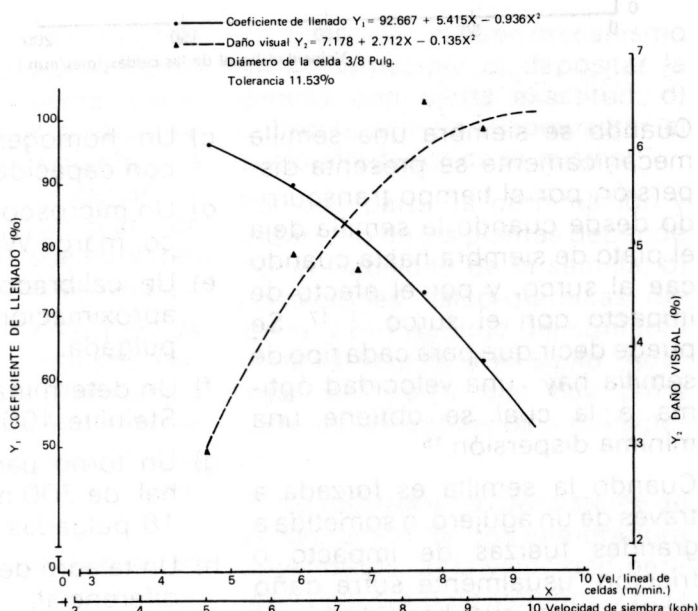
Los valores promedios de humedad (base húmeda), peso por bushel y peso de 100 semillas se muestran en la Tabla 2. Este es el resultado de 3 replicaciones.

De acuerdo con la Tabla 2, se determinó la capacidad máxima de la tolva de la sembradora para las humedades consideradas. Esta estuvo entre 33.0 Kg. para la soya L-108 y 37.0 Kg. para el frijol Adzuki.

GRAFICA 2.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual, para soya ICA-Pance.



GRAFICA 3.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para soya ICA-Pance.



GRAFICA 4.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para soya ICA-Pance.

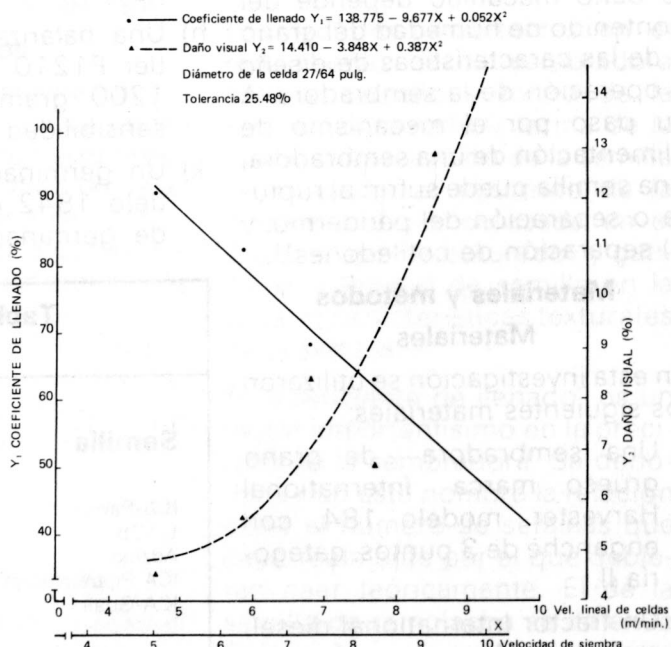




FIGURA 1. Forma, tamaño y daño mecánico del frijol Adzuki.



FIGURA 2. Forma, tamaño y daño mecánico del frijol ICA-Gualí.

Diseño de los agujeros

Conocidas las características de las semillas consideradas se encontró que para el frijol ICA-Gualí el plato International, modelo 1976 A, con 16 celdas se acomoda a las características de esta semilla y distancias de siembra. Sólo fue necesario construir un anillo acanalado para aumentar la altura de la celda y evitar el cizallamiento.

Para el frijol ICA-Pijao se utilizó otro plato comercial similar al anterior, y en ambos casos estos fueron usados con gatillo disparador de rodillos International, modelo 464-336-RI.

Para las dos variedades de soya y para el frijol Adzuki se diseñaron los platos de siembra, pero por no poseer herramientas adecuadas se trabajó con brocas de diámetros mostrados en la Tabla 3, los cuales dan la tolerancia indicada

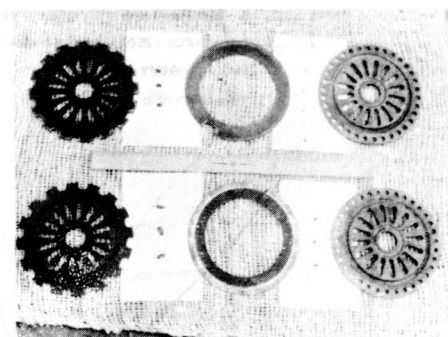


FIGURA 3. Platos comerciales, anillos y platos falsos y platos diseñados.

con respecto al mayor valor de la longitud (mm)., pero no se acomodan a las tolerancias aconsejadas por Roth y Porterfield¹³. (Figura 3).

Pruebas de campo

1. Coeficientes de llenado

En la determinación del Coeficiente de Llenado, se realizaron pruebas con el mismo plato a 5 velocidades del tractor (5.00, 6.30, 7.28, 8.28 y 9.22 kph) y se recogieron las semillas sobre una lona en una distancia de 40 metros, las cuales se contaron. A la vez se realizó el cálculo teórico para hallar así el coeficiente de llenado mediante la relación:

$$C.L.L. = \frac{\text{Semillas que caen realmente}}{\text{Semillas a caer teóricamente}} \times 100 \quad (1)$$

Con base en los datos de campo obtenidos, se determinaron las ecuaciones de regresión. Las curvas correspondientes a los datos aparecen en las gráficas 2 a 12.

2. Daño visual y prueba de germinación

Para determinar el daño mecánico se adoptaron 2 criterios:

- La inspección visual, mediante la cual se separaron aquellos granos o pedazos de granos que presentaron falla por haber sido sometidos a una deformación excesiva o fuerzas de impacto. Una vez, recogido este material se pesó para cada ensayo, y se relacionó con el peso total del grano que pasó a través del mecanismo de alimentación de la sembradora.

Tabla 2. Valores promedios de algunas propiedades de las semillas estudiadas.

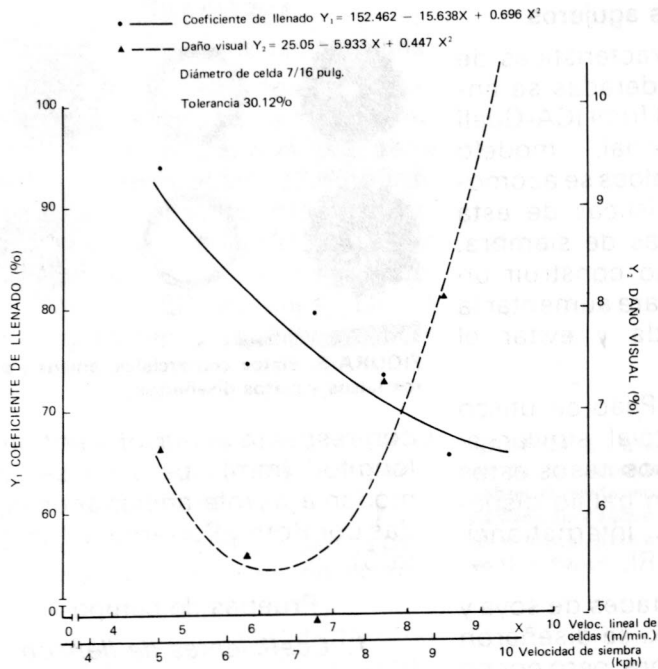
Semillas	Humedad (% bh.)	Peso por bushel (lb/bushel)	Peso de 100 semillas (gramos)
ICA-Pance	9.63	56.41	18.79
L-108	10.20	55.46	12.37
Adzuki	12.64	62.21	11.73
ICA-Pijao	11.90	60.49	19.35
ICA-Gualí	11.83	58.54	52.35

Tabla 3. Dimensiones de las celdas en los platos de siembra diseñados y comerciales.

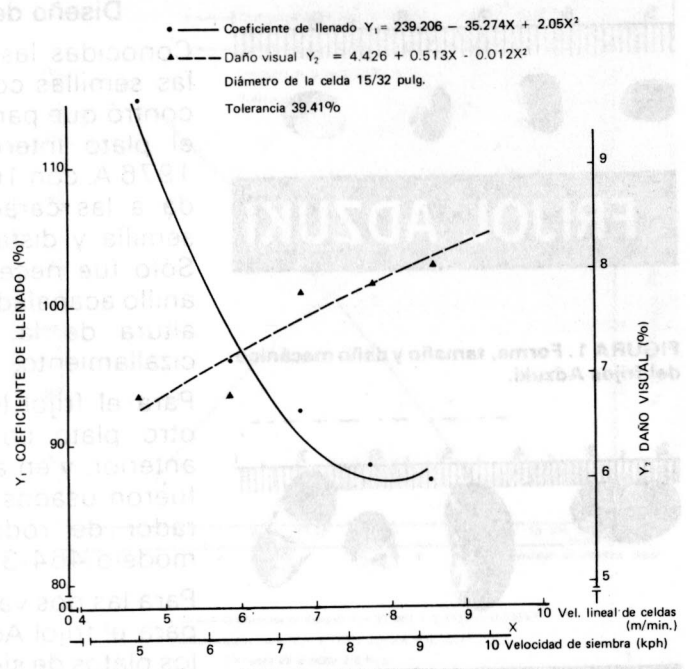
Semilla	Long. máx. (mm).	Ø Celda	Tolerancia (%)	Anillo (* *)
Adzuki	7.44 mm.	7.938 mm. (5/16") 9.128 mm. (23/64")	6.69 22.68	
Soya L-108	7.93 mm.	7.938 mm. (5/16") 9.128 mm. (23/64")	0.10 15.10	1.50 mm
Soya ICA-Pance	8.54 mm.	9.128 mm. (23/64") 9.525 mm. (3/8") 10.716 mm. (27/64") 11.113 mm. (7/16") 11.906 mm. (15/32")	6.88 11.53 25.48 30.12 39.41	1.50 mm. 1.50 mm.
ICA-Pijao (Plato comercial).	11.34 mm.	14.00 mm. (*)	19.00	3.00 mm.
ICA-Gualí (Plato comercial).	18.50 mm.	17.463 mm. (*)	-5.60	5.00 mm. acanalado

(*) Este valor corresponde al largo L, pero las celdas para ICA-Pijao e ICA-Gualí, en los platos comerciales son redondas. En el caso del utilizado con el ICA-Pijao, A = 8.1 mm, y E = 4.7 mm, y con ICA-Gualí, A = 11.113 mm, y E = 7.763 mm.

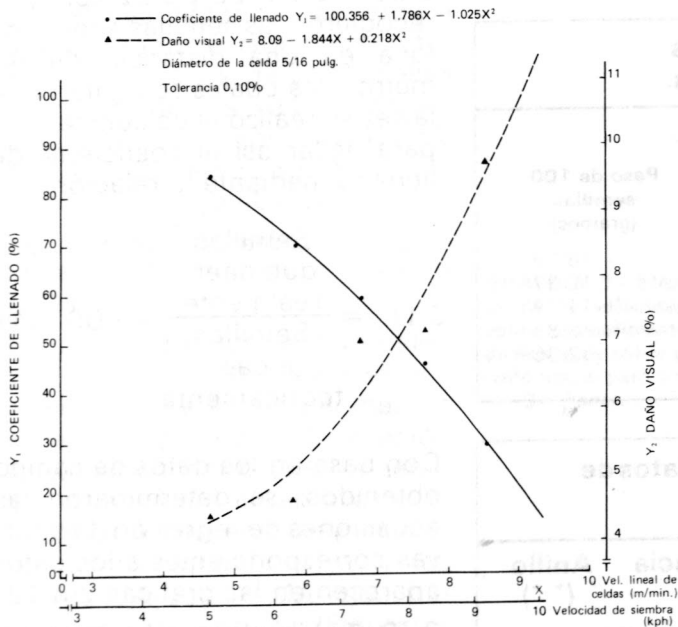
(**) Para aumentar el espesor del plato de siembra fue necesario colocar un anillo o falso plato en el fondo de la tolva. Si este no se colocare, la semilla quedaría parcialmente fuera del plato y el obturador le causaría daño mecánico.



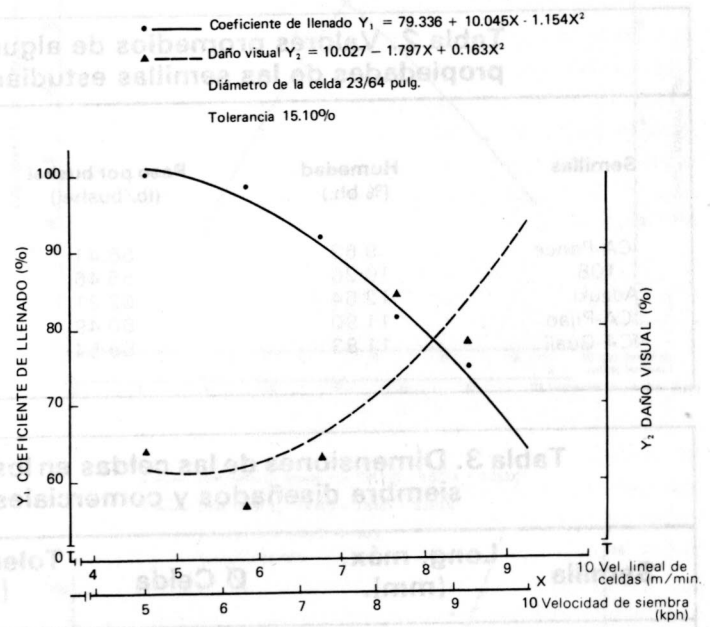
GRAFICA 5. Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual, para soja ICA-Pance.



GRAFICA 6. Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para soja ICA-Pance.



GRAFICA 7. Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para soja L-108.



GRAFICA 8. Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para soja L-108.

Posteriormente, se encontraron las ecuaciones de regresión respectivas y las curvas correspondientes se encuentran en las gráficas 2 a 12.

b) Pruebas de germinación, para lo cual se asumió que las semillas que presentan daño visual no germinan y estas se realizaron con semillas aparentemente sanas en un germinador a una temperatura de 24°C, hu-

medad relativa del 80%, en sustrato de toalla de papel y durante 8 días, según las recomendaciones de Gómez⁸. Los resultados de las pruebas de germinación aparecen en la Tabla 4.

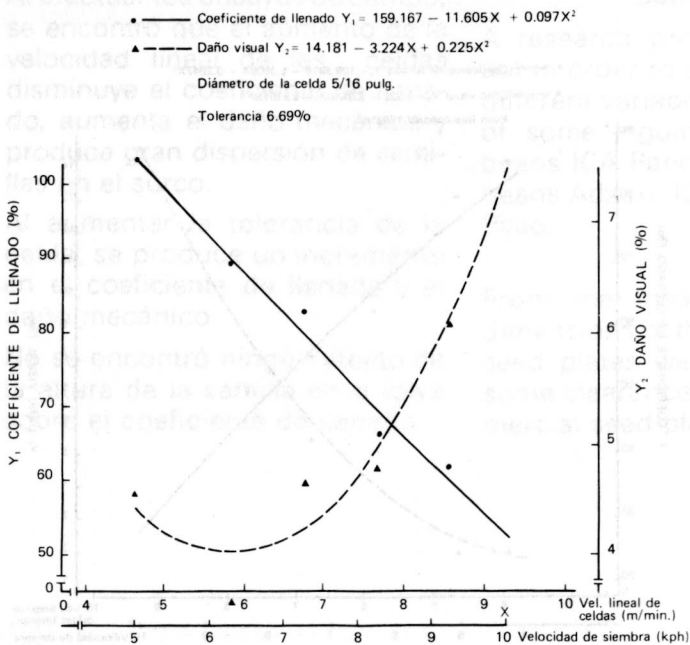
3. Distribución de semillas en el campo

Para observar la distribución de las semillas en el surco con res-

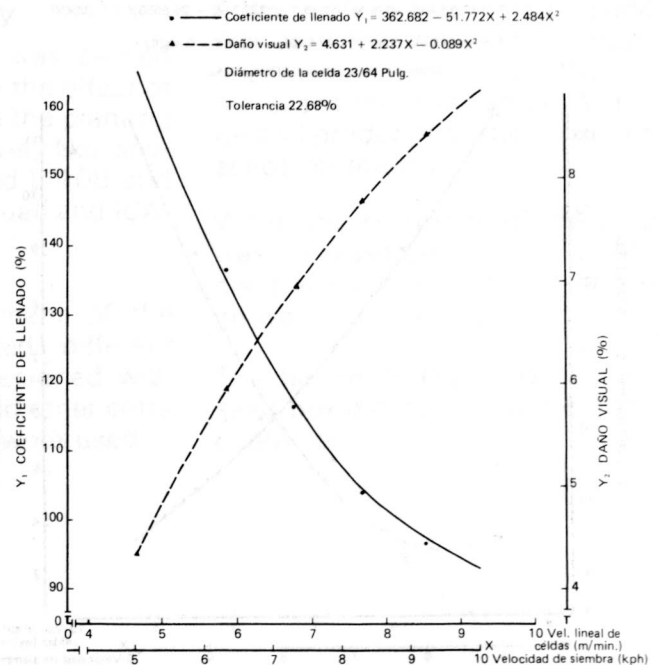
pecto a la velocidad de siembra se tomaron medidas de dispersión en un trayecto de 5 metros para cada velocidad, y se hizo un análisis estadístico del mismo.

Análisis de resultados Resultados preliminares

Al observar la Tabla 1, se encuentra que hay diferencias notorias en las 3 dimensiones de las semillas estudiadas, siendo más noto-



GRAFICA 9.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para frijol ADZUKI.



GRAFICA 10.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para frijol ADZUKI.

rias en los frijoles ICA-Gualí e ICA-Pijao, y con diferencias menos notorias en el caso del Adzuki, y las soyas ICA-Pance y L-108. Lo anterior nos lleva a pensar en la enorme dificultad que se tiene en el diseño de celdas de platos de siembra de semillas tales como el ICA-Gualí y el ICA-Pijao, siendo menos difícil en el caso del frijol Adzuki y las soyas cuyas formas, con poco error, se pueden asimilar a la de una esfera.

Evaluación general

Al analizar el efecto de la velocidad lineal sobre el coeficiente de llenado y el daño visual (Gráficas 2 a 12) se pueden hacer las siguientes observaciones:

- a) Existe una correlación negativa entre la velocidad lineal de las celdas (o velocidad del tractor, manteniendo todos los demás elementos como constantes en la sembradora), y el coeficiente de llenado.
- b) Existe una correlación positiva entre la velocidad lineal de las celdas y el porcentaje de daño mecánico.
- c) Usualmente el mínimo daño mecánico se presenta a velocidades bajas, pero no existe una relación uniforme entre velocidad y daño mecánico.

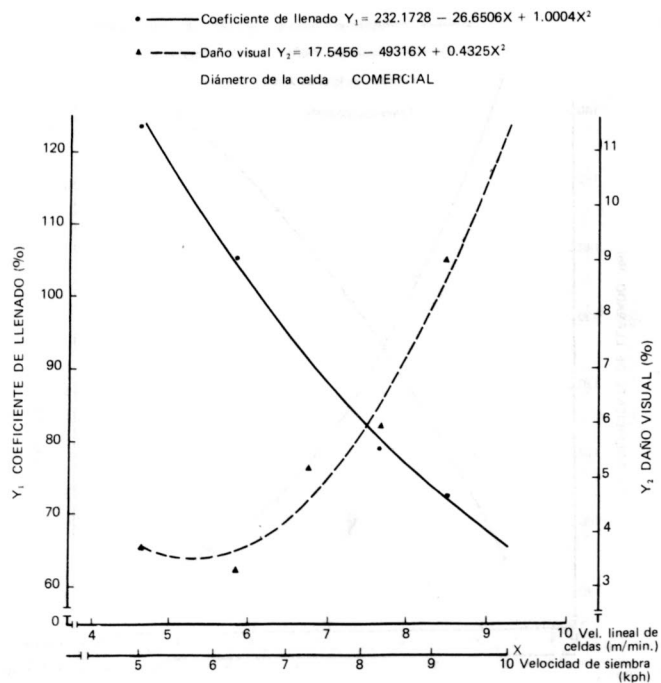
- d) El desplazamiento de la semilla indica que se acomoda en la celda por su propio peso, adquiere luego un desplazamiento circular y finalmente es lanzada dentro del tubo de descarga, lo que hace que sea sometida a fricción e impacto, y en el caso de la soya es un factor determinante por poseer un peridermo muy sensible a la abrasión.
- e) Al mantener constante la velocidad de las celdas e incrementar la tolerancia entre semilla y celda se produce un aumento proporcional en el coeficiente

de llenado. Esto se explica por la más fácil acomodación de la semilla en la celda, y en algunas ocasiones es posible que se acomode más de una semilla. La función puede extrapolarse hacia la derecha, pero no hacia la izquierda, pues llega un momento en que las dimensiones de la celda son menores que las de la semilla. A partir de este punto el coeficiente de llenado es cero.

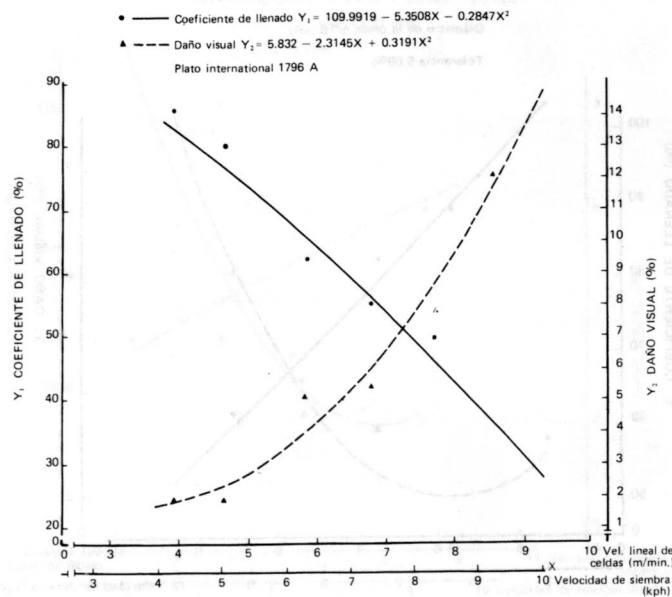
- f) En los ensayos de germinación se encontró en general que los ensayos con el testigo (semillas que no pasaron a través del

Tabla 4. Resultados obtenidos en las pruebas de germinación

		Porcentajes de Germinación							
		Variedad							
		Pance		L-108		Adzuki	ICA Guali	ICA Pijao	
Plato		23/64"	3/8"	27/64"	5/16"	23/64"	5/16"	Comercial	
Velocidad KPH	5.00	71.5	52.8	57.3	73.0	76.5	88.0	76.0	63.0
	6.30	78.0	65.5	56.5	82.0	63.7	82.0	72.5	60.2
	7.28	61.6	61.0	61.0	74.5	79.0	78.0	76.0	69.8
	8.28	61.7	48.7	51.2	67.0	74.4	83.0	76.5	52.7
	9.28	66.2	61.4	59.0	74.2	74.8	80.0	68.2	50.8
Testigo		56.5	56.5	56.5	65.5	65.5	67.5	59.0	72.0
Coeficiente de correlación		-0.67	-0.27	0.57	-0.38	0.27	-0.75	-0.45	-0.49



GRAFICA 11.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual para frijol ICA-PIJAO.



GRAFICA 12.- Efecto de la velocidad sobre el coeficiente de llenado y sobre el daño visual, para frijol ICA-GUALI.

mecanismo de alimentación de la sembradora) dieron un porcentaje de germinación más bajo que aquel de las semillas que pasaron a través del mecanismo de la sembradora. Este resultado, aparentemente contradictorio, fue analizado por algunos fisiólogos vegetales, quienes coincidieron al afirmar que posiblemente se presenta escarificación de la semilla que pasa por el mecanismo de siembra, facilitando la germinación.

Conclusiones

Algunas de las conclusiones de este estudio son:

- a) El "Coeficiente de Llenado" y el "daño visual" están correlacionados con la "velocidad lineal de las celdas".
- b) Al incrementar la tolerancia entre semilla y celda hay una influencia marcada en el "Coeficiente de Llenado".
- c) Es posible tener coeficientes de llenado próximos al 100% como condición ideal con pequeñas tolerancias y bajas velocidades, o tolerancias mayores y altas velocidades.
- d) Al aumentar la velocidad lineal de las celdas se incrementa el daño mecánico en mayor gra-

do que si se incrementa la tolerancia.

- e) La altura de la semilla dentro de la tolva no tiene mayor influencia sobre el coeficiente de llenado.
- f) No hay claridad sobre las pruebas de germinación, ya que los porcentajes de germinación, en semillas que pasaron a través del mecanismo de alimentación de la sembradora, fueron mayores que en el testigo.
- g) Se recomienda la siembra de soya L-108 e ICA-Pance con plato de 34 celdas de 9.138 mm. de diámetro con anillo de 1.5 mm. de espesor y velocidades entre 4.25 y 5.35 KPH para máxima eficiencia.
- h) Para el frijol Adzuki se recomienda un plato de 34 celdas de 7.938 mm. con un anillo de 1.5 mm. de espesor y velocidad de siembra próxima a 5.30 KPH para máxima eficiencia.
- i) Para el frijol ICA-Pijao el plato comercial International 464-336-RI y con anillo de 3 mm. de espesor funcionó correctamente. Para máxima eficiencia se recomienda una velocidad próxima a 6.55 KPH.
- j) En el caso del frijol ICA-Gualí el plato comercial International

1796A de 16 celdas no puede considerarse apto, ya que por la longitud de las celdas solo se acomodaría el 93% de las semillas. Se aconseja aumentar su longitud a 19.8 mm. para obtener una tolerancia del 7%. Para aumentar la altura de la celda se aconseja usar un anillo de 5.0 mm. de espesor.

- k) En las condiciones enunciadas se obtienen las siguientes densidades de siembra: 89.1 kg/ha. para Soya ICA-Pance; 58.6 kg/ha. para soya L-108; 55.8 kg/ha. para frijol Adzuki; 43.0 kg/ha. para frijol ICA-Pijao; y 116.5 kg/ha. para frijol ICA-Gualí, considerando una separación entre surcos de 60 cm, común en el Valle del Cauca.

Resumen

Se realizó un trabajo para estudiar el efecto de diversas variables que tienen que ver con la siembra de algunas leguminosas, como son: soyas ICA-Pance y L-108 y frijoles Adzuki, ICA-Gualí e ICA-Pijao.

De las mediciones iniciales de las dimensiones de las semillas se concluyó que era necesario diseñar algunos platos de siembra con tolerancias variables y utilizar otros comerciales.

Al efectuar los ensayos de campo, se encontró que el aumento de la velocidad lineal de las celdas disminuye el coeficiente de llenado, aumenta el daño mecánico y produce gran dispersión de semillas en el surco.

Al aumentar la tolerancia de la celda, se produce un incremento en el coeficiente de llenado y el daño mecánico.

No se encontró ningún efecto de la altura de la semilla en la tolva sobre el coeficiente de llenado.

Summary

A research project was carried out in order to study the effect of different variables in the planting of some leguminosae, like soybeans ICA-Pance and L-108 and beans Adzuki, ICA-Gualí and ICA-Pijao.

From the measurement of the dimensions of the seeds, different seed plates were designed with some clearances, and other commercial seed plates were used.

From the field tests, it was found that the linear speed of the drops decreases the filling coefficient, increases the mechanical damage and produces scattering of the seeds on the row.

When the clearance of the drop was increased, the filling coefficient and the mechanical damage was increased too.

The height of the seeds on the seed box did not affect the filling coefficient.

BIBLIOGRAFIA

- Bainer, R. et. al. Principles of Farm Machinery. 4th. Ed. John Wiley and Sons. New York. 1965.
- Cárdenas, A. Curso de Soya. Centro de Comunicaciones del ICA.
- Culpin, C. Farm Machinery. 7th Ed. Crosby Lockwood. London. 1963.
- Fischer, A. Métodos Estadísticos para Investigadores. 10a. Edición. Ediciones Aguilar S. A. Madrid 1949.
- García, A. Elementos de Método Estadístico. 4a. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 1966.
- García, J. Atlas de Maquinaria. 1a. Edición. Editorial Dossat, S. A. Madrid. 1956.
- Hunt, D. Farm Power and Machinery Management. 5th. LEd. Iowa State University Press. Ames. Iowa. U.S.A. 1968.
- ICA. Recomendaciones para el Cultivo de Frijol en Clima Caliente Moderado. Programa de Leguminosas. 1974.
- Jimenez, R. and W. Buchele. The Design and Operation of a Precision Planter. ASAE paper Nº 61-142. Iowa State University. Ames. Iowa. 1961.
- León Garre, A. Manual de Agricultura. 2a. Edición, Salvat Editores S.A. Barcelona. 1954.
- Mohsenin, N. Physical Properties of plant and animal materials. 2nd. Department of Agricultural Engineering. Pennsylvania State University. V. 1, 2. 1968.
- Restrepo, L.A. Comparación de siete variedades de soya en diferentes distancias de siembra en la región de Santagueda. Tesis de Grado. Universidad de Caldas. 1968.
- Roth, L. and I. Porterfield. Some Basic Performance Characteristics of a Horizontal Plate Seed Metering Device. Transaction of the ASAE. V. 3 Nº 2. 1960.
- Davies, C. Maquinaria Agrícola, Editorial Aguilar. Madrid. 1956.
- Smith P. Farm Machinery and Equipment. 5th Edition. McGraw Hill. San Francisco. 1965.
- Spiegel, M. Theory and Problems of Statistics. Schaums Publishing Co. New York. 1961.
- Stone, A. and H. Gulvin. Machines for Power Farming. 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York. 1967.
- Gómez, F. Evaluación de Plántulas. Centro de Comunicaciones del ICA.
- Manual del IDEMA. Equipos de Ensayo de Laboratorio.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Semillas 2a. Edición. Compañía Editorial Continental S.A. México. 1963.