PROCESAMIENTO DE LAS SEMILLAS DEL PASTO ANGLETON (*Dichanthium aristatum*, Poir) PARA REMOVER SUS ARISTAS*

Fernando Moreno P.**
Dennis Larson**

INTRODUCCION

El pasto angleton es muy importante en la alimentación del ganado, bajo condiciones de pastoreo en regiones cálidas y secas. Al estudiar la capacidad de carga en pastoreo contínuo de este paso, bajo las condiciones del Valle del Sinú, se encontró que era posible mantener 2,5 animales por hectárea durante todo el año. La ganancia diaria fue de 500 gramos y la producción de carne por hectárea de 456 kilogramos/3. Bajo el sistema de rotación de potreros, con aplicaciones de úrea y períodos de ocupación y descanso apropiados, es posible mantener como mínimo cuatro animales por hectárea durante el año. Lo anterior ha sido demostrado por el Programa de Pastos y Forrajes en estudios realizados en El Espinal (Tolima)/4.

Sánchez y Lotero/14, anotan que la producción de semilla es deficiente, se expende sin garantía y con un costo elevado. La producción por cosecha es de 330 kilogramos por hectárea, con tres a cuatro posibles cosechas anuales y un rendimiento de 1.200 kilogramos por hectárea por año. Las semillas del pasto angleton tienen aristas que no se pueden separar en la operación de prelimpieza, lo que origina que se aglomeren e impidan los procesos posteriores. Lo anterior ocasiona que la calidad de la semilla que se vende en la actualidad sea deficiente.

Las máquinas comunes de procesamiento de semillas, presentan dificultades para limpiar las semillas de especies de pastos. Entre estas semillas figura la del pasto angleton, en donde la presencia de aristas en los flósculos restringen la fluidez y causan amontonamiento de la masa de semilla. Al remover las aristas de las semillas se facilitará su manejo, ya que se podrá emplear el transportador de canjilones comúnmente utilizado en las plantas de

---

* Contribución del Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias (ICA-Universidad Nacional) y el Departamento de Ingeniería Agrícola del ICA. Adaptación y resumen del trabajo presentado por el autor principal a dicho Programa como requisito parcial para optar el título de Magister Scientiæ.

** Respectivamente, Ingeniero Mecánico del Programa de Ingeniería de Procesos Agrícolas e Ingeniero Agrícola Ph.D. Misión de la Universidad de Nebraska.

beneficio de semillas. Al carecer de aristas las semillas se podrán almacenar sin peligro de calentamiento, facilitando su secamiento. Al reducir el volumen de materia inerte se aumentará la semilla pura viva, así como el número de semillas por kilogramo.

El propósito de esta investigación fue, encontrar el método de remoción (desaristado y limpieza) de aristas de las semillas del pasto, angleton, evaluando los efectos de cada parámetro sobre el proceso. Esto fue hecho con la finalidad de obtener el mayor porcentaje de semilla desaristada, con el menor daño mecánico en las semillas. Además, se buscó que la semilla al finalizar el proceso tuviera la menor cantidad de materia inerte.

Con esta investigación, se buscó encontrar los medios mecánicos para el procesamiento a escala comercial, con los mismos principios de funcionamiento de los equipos utilizados en este trabajo. Esta investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, del Institito Colombiano Agropecuario (ICA), localizado en Mosquera, Cundinamarca. El estudio se comenzó en julio de 1971 y se terminó en agosto de 1972.

A. Revisión de Literatura

Harmond et al/9, anotan los tipos de máquinas que han sido investigadas como medio para remover las aristas o apéndices de las semillas. Entre estos se cuentan el molino de martillos, una trilladora que opera a alta velocidad, un tambor con piedras y la desbarbadora.

Harmond et al./10, explican que el molino de martillos emplea brazos que rotan dentro de un cilindro de metal perforado. Las semillas en el molino están sujetas a una abración rigurosa, lo que origina el desprendimiento de las aristas. Luego, éstas son forzadas a salir por los orificios de la zaranda. Schwendiman et al./15, utilizando un molino de martillos, realizaron un estudio de desaristado en semillas de las especies: Agropyron spicatum, Elymus glaucus, Elymus canadensis, Elymus sibericus, Arrechenatherum elatus, Hordeum bulbosum, Sitanion hystrix, Erodium cicutarium y Clematis ligusticffolia.

Lo más importante de este estudio fue lo siguiente: la semilla requirió velocidades entre 600 y 1.200 revoluciones por minuto, la mitad de la velocidad de molienda normal; debido a que a velocidades mayores, aumentaban los porcentajes de daños mecánicos y el desaristado era deficiente. Resultados desfavorables similares ocurren, si la alimentación del molino de martillos no está cerca a la capacidad máxima en la velocidad determinada. Los dos tipos de martillos, uno con brazos móviles y el otro con brazos fijos, tuvieron la misma efectividad en la velocidad óptima de la máquina. El estudio muestra que

para los molinos de tamaño medio, la velocidad periférica del cilindro determina la operación correcta. Así para máquinas que teniendo cilindros de diferentes diámetros, se encontró que la velocidad del molino variaba inversamente cerca de 40 revoluciones por minuto por cada pulgada que variaba el diámetro.

Harmond et al/9, explican otra forma de desaristar empleada en la semilla del pasto Elymus canadensis, que consistía en una operación de trillado, la cual se efectuaba por un cilindro con velocidad sobre el cóncavo, dejando un espacio mínimo y reduciendo la cantidad de aire. Para este proceso, el contenido de humedad y el tiempo de trillado es de gran influencia.

Harmond et al/10, dicen que las máquinas desbarbadoras son comúnmente usadas en la remoción de aristas. Constan de brazos martilladores rotativos, que son barras de acero instaladas en un eje central con un ángulo de 15 grados, y de brazos estacionarios de construcción similar a los anteriores, pero que están permanentemente fijos en las paredes de la máquina. Vaughan et al/18, explican el funcionamiento de la desbarbadora, en la cual las semillas están sujetas a la acción de los brazos martilladores rotativos. Estos se mueven a través de la masa de semilla y entre los brazos estacionarios, a una velocidad relativamente alta. Las semillas están expuestas a una acción de frotamiento, la cual rompe las protuberancias.

Harmond et al/9, comentan la utilización de un quemador como posibilidad para el desaristado. Las finas aristas de las semillas del pasto negro, fueron quemadas dejando caer la semilla a través de una llama producida por una lámpara de soldar. No hubo chamuscamiento de la lema ni la palea, ni un aumento de temperatura que se pudiera detectar al tocar la semilla.

Schwendiman et al./15, explican que la semilla una vez pasada por el molino para remover las aristas de los pastos Erodium cicutarium y Clematis ligusticifolia, fue limpiada con un Clipper, Modelo 16, con el fin de separar la materia inerte, principalmente aristas, pajas, desperdicios y semilla partida.

B. Materiales y Métodos

1. Aspectos generales de la semilla.

a. Forma y tamaño. La forma y tamaño son inseparables en un objeto físico. Ambos son generalmente necesarios para describirlo satisfactoriamente; además para definir el tamaño algún parámetro debe ser medido. En semillas, granos, frutas y vegetales, de forma irregular, teóricamente requieren un infinito número de medidas. Pero desde el punto de vista práctico, la medida en el

objeto en dirección a los ejes perpendiculares es suficiente, Moshsanin/13.

Para encontrar las dimensiones de la semilla del pasto angleton, se utilizó un tornillo micrométrico con aproximación a milésimas de pulgada y una lupa con tres aumentos. El número de semillas utilizadas para cada dimensión fue de 70. La longitud de la semilla del pasto angleton se encontró que era en promedio 4,67 milímetros y el ancho 1,49 milímetros. Los contaminantes o sean las aristas, presentaron una forma diferente a la de las semillas, y fue imposible efectuar alguna medición.

De esta manera, al efectuar la separación de semillas y aristas, se buscó que la semilla obtenida como material puro tuviera el mínimo de materia inerte, y a su vez, el material desaristado llevara la mínima cantidad de semillas. Por esta razón, se tomó como dimensión para seleccionar los orificios de la zaranda, el límite de confiabilidad superior en la distribución normal. Estos valores fueron, 4,72 milímetros para la longitud y 1,54 milímetros para el ancho.

b. Estado del material cosechado. Dos métodos son utilizados actualmente para la recolección de la semilla en el campo, un método es recolectando del suelo los flósculos que han madurado. Sánchez y Lotero/14, encontraron que al utilizar este método el porcentaje de materia inerte es del 97 por ciento, constituído por tierra, residuos vegetales y flósculos estériles.

El otro sistema de recolección es por corte de las panículas cuando llegan a un estado avanzado de madurez; las panículas son almacenadas durante un determinado tiempo y luego son cernidas en un tamiz de cuatro por cuatro. Con este método, el porcentaje de impurezas es menor del 45 por ciento, constituído por partes de la planta, flósculos infértiles y aristas, Sánchez y Lotero/14.

2. Aparatos empleados. Los aparatos empleados en la remoción de aristas de las semillas del pasto angleton fueron:

-Molino de martillos
-Alimentador para la limpiadora
-Limpiadora ("Emerson Dockage Tester").

c. Molino de martillos. El molino de martillos fue seleccionado para el desaristado de la semilla del pasto angleton por las siguientes razones:

-Trabajos realizados exitosamente en otras especies para remover las aristas y apéndices de las semillas, descrito por Schwendiman et al/15.

-La facilidad que hubo para adaptar un molino de tamaño pequeño (potencia necesaria menor de cinco HP) utilizando en molienda, para ser empleado en el desaristado de la semilla del pasto angleton.

El movimiento del material en el molino es como se muestra en la Figura 1. Inicialmente el material se transportó por la banda de caucho, para ser depositado en la tolva que permitió la entrada del material al centro de la zaranda. Una vez las semillas estaban dentro de la zaranda, se sometieron a la acción de frotamiento creada por los martillos, la cual originó el desprendimiento de las aristas. Posteriormente las semillas y aristas giraron dentro de la zaranda, hasta encontrar el paso a través de los orificios, para luego ser transportadas por el sinfín al exterior del molino.

d. Alimentador. El material proveniente del molino de martillos, presentó compactación al utilizar el dosificador empleado en la Emerson Dockage Tester. Para evitar dicha compactación, se construyó un alimentador que se colocó en la parte superior de la Emerson, el cual se componía de tres rotores para separar y mover el material.

El material descargado del molino fue colocado en la tolva del alimentador, en donde se le obligó a efectuar la trayectoria descrita por los rotores. Con esto, se consiguió uniformar la dosificación en la limpiadora, ya que los dedos en cada uno de los ejes se encargaron de romper el compactamiento y permitieron un mejor flujo de material. La dosificación fue regulada por la velocidad de rotación de los ejes, que se movieron por medio de una manivela. La salida del material fue controlada por la compuerta de descarga por medio de una corredera.

e. Limpiadora. Para separar las semillas de las aristas después de ser desprendidas en el molino de martillos, se utilizó el probador de clasificación Emerson, diseñado y producido originalmente por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

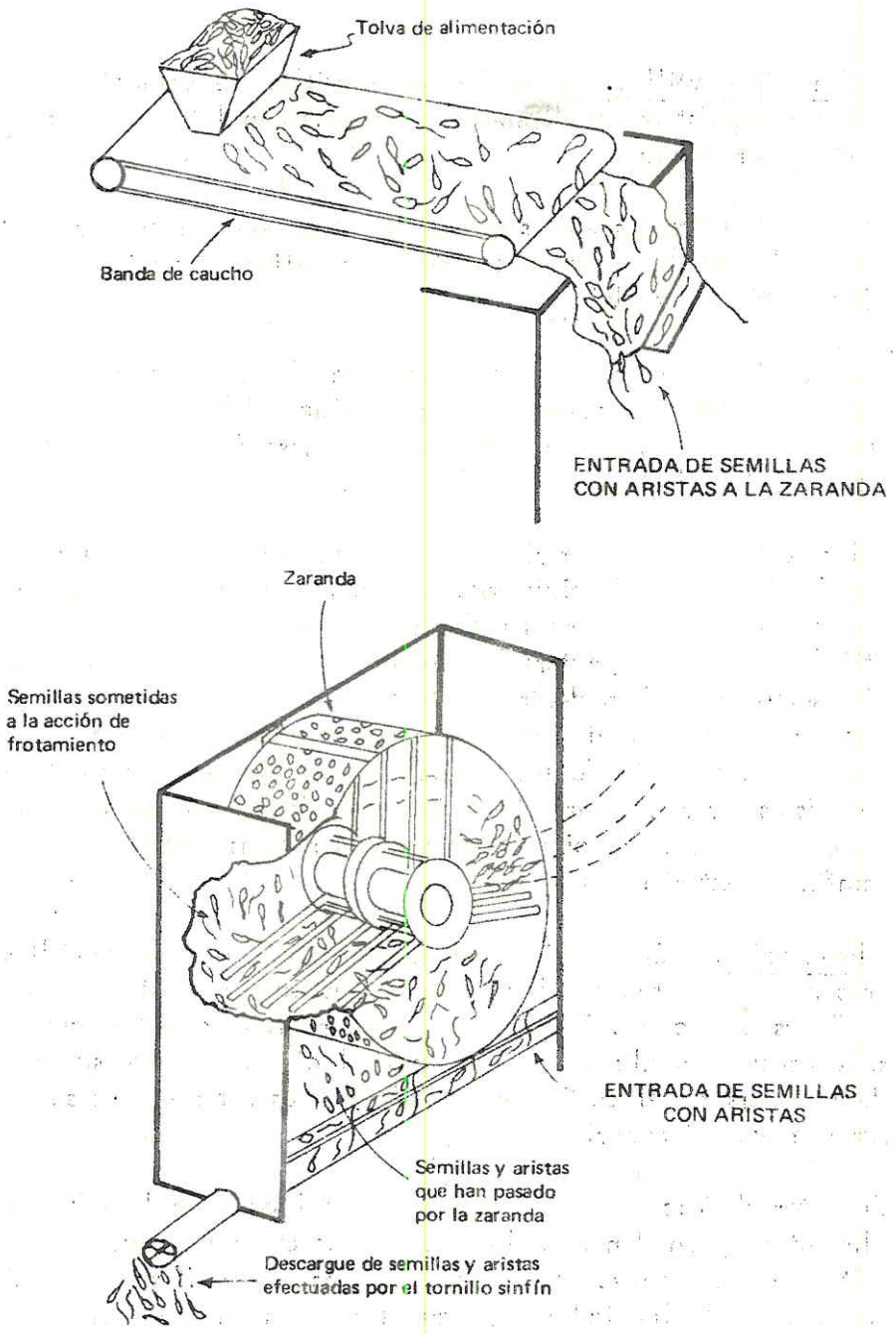

FIGURA 1 Movimiento del material en el molino de martillos.

En la parte superior de la máquina, se colocó el alimentador construído para reemplazar la tolva de dosificación de la Emerson. Las semillas y materia inerte fueron entonces descargadas sobre la primera criba y sometidas inmediatamente al movimiento de la máquina.

Las acciones de vibración e impacto hicieron que las semillas y las aristas fueran desplazándose hacia la parte superior. A medida que el material iba caminando sobre la criba, las semillas se introducían en los orificios, mientras las aristas de forma irregular continuaban ascendiendo hasta ser descargadas en la salida superior.

En la Figura 2, además de que se muestran las partes de la Emerson Dockage Tester, se señala el sitio de recolección del material descargado de las cribas y el tamiz. Las semillas pasaban por los orificios de la primera criba, para caer en la segunda criba. En ésta, se efectuó una mínima limpieza por la forma de sus orificios. Seguidamente el material proveniente de la segunda criba quedaba sobre el tamiz. Las semillas fértiles y estériles pasaban por el tamiz y eran descargadas en la parte inferior de la máquina. Las aristas que pudieron pasar las cribas, eran descargadas en la parte lateral inferior con alguna cantidad de semillas.

f. Cribas y tamiz. En la limpiadora Emerson se emplearon dos cribas y un tamiz. La criba superior fue la No. 25, utilizada en la máquina Carter Dockage Tester en la limpieza de arroz, o una criba construída de forma similar a la anterior, pero de diferentes dimensiones en sus orificios. La criba inferior fue la 12/64 (orificios redondos) empleada para la limpieza de maíz en la Emerson y como tamiz se empleó el 9/64 (orificios triangulares) utilizado en la limpieza de trigo.

El movimiento del material en la criba No. 25 y en la criba construída, fueron similares. El material cayó sobre los peldaños al salir del alimentador, y luego, por el movimiento de la máquina, fue impulsado hacia la parte superior. El movimiento fue originado por una leva abierta en un lado, que permitió al cilindro de caucho crear un golpe de impacto. En esta forma, el material sobre la criba al recibir el impacto caminó uno o varios escalones; y por la inclinación de los orificios en la criba (30 grados) y la inclinación de la criba en la máquina (21 grados), el material se pudo deslizar para descender por los orificios. Como las aristas eran de forma irregular y en general más largas que las semillas, no alcanzaban a pasar por los

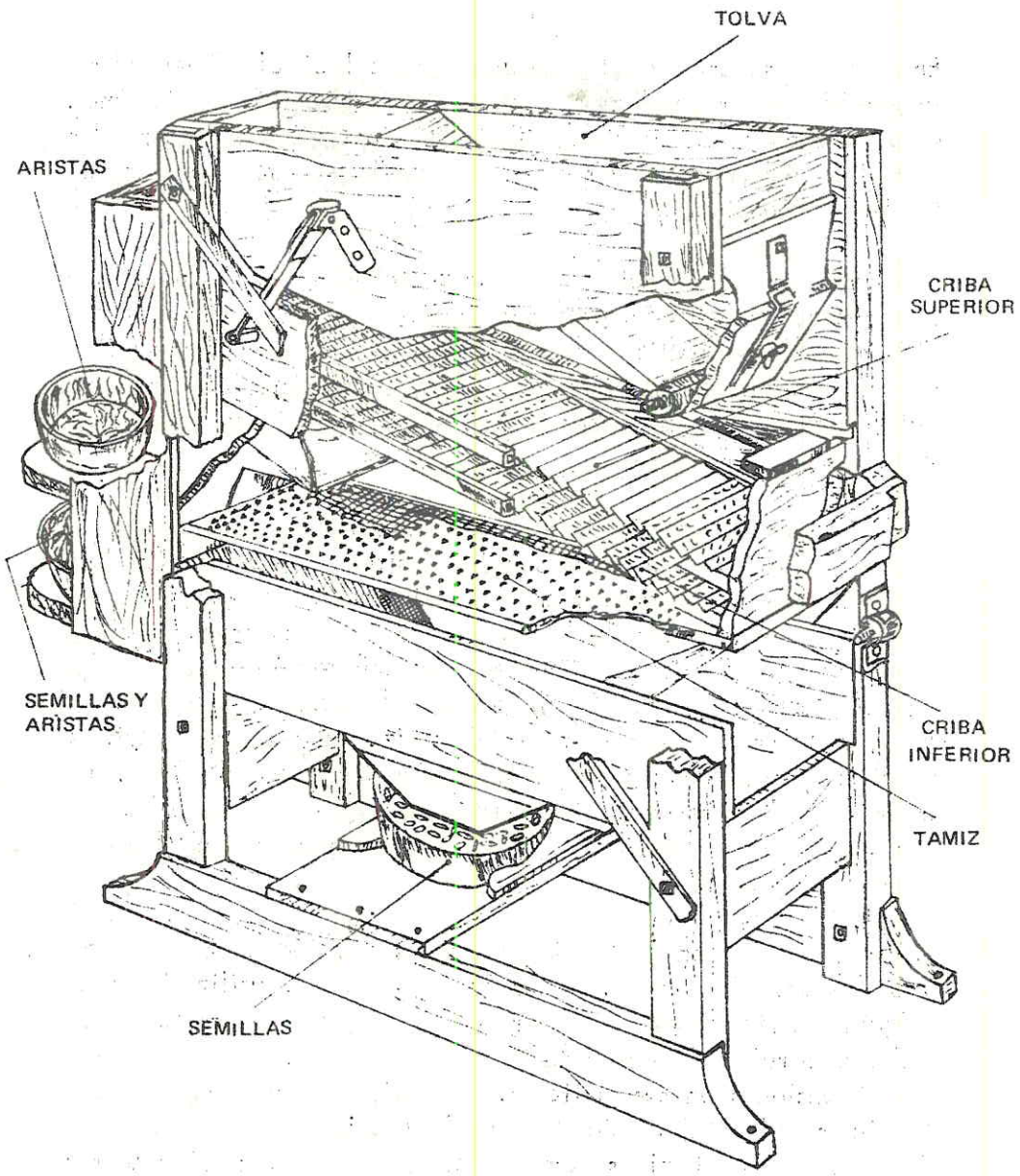

FIGURA 2 Emerson Dockage Tester y sus partes.

orificios y algunas se quedaron momentáneamente en estos, hasta que recibieron el siguiente golpe que las impulsó de nuevo, para que continuaran su camino hacia la parte superior. Las semillas iban subiendo hasta encontrar el paso por los orificios, mientras las aristas caminaron sobre la criba hasta la parte superior, donde cayeron fuera de ésta.

3. Procedimiento.

a. Pruebas iniciales. Inicialmente se buscó remover las aristas de las semillas del pasto angleton, con la separadora convencional de aire-zaranda. Para esto, se utilizó una máquina Clipper Test, cuyo funcionamiento es similar al de las máquinas Clipper tamaño grande. Al efectuar los ensayos, se determinó la necesidad de buscar un sistema que permitiera al material rodar por la zaranda y evitar las obstrucciones en las aberturas de salida. Para lograr lo anterior, se ensayó la clasificadora Emerson Dockage Tester utilizando la criba No. 25, con la que se consiguió separar las aristas de las semillas del pasto angleton.

Para observar si la capacidad de la Emerson mejoraba al disminuírle el contenido de humedad del material inicial, se realizaron ensayos de remoción de aristas con semillas a diferentes contenidos de humedad. Los ensayos no mostraron un aumento de eficiencia ni variaciones en el material obtenido en cada salida de la máquina.

De los ensayos anteriores, se vió la necesidad de dividir la remoción de las aristas en dos partes. La primera, el desaristado de las semillas, el cual se logró en el molino de martillos y la segunda, la separación de las aristas y semillas efectuada en la Emerson Dockage Tester.

b. Selección de los factores para la remoción de las aristas. Para la remoción de las aristas se tuvo en cuenta los siguientes factores:

-Velocidad en el eje del molino.
-Diámetro de los orificios de la zaranda empleada en el molino.
-Criba utilizada en la limpiadora.

La velocidad en el eje del molino fue considerada como un factor importante, porque a velocidades bajas el desaristado y el daño podrían ser bajos, mientras a velocidades altas el desaristado y el daño podrían ser elevados.

Si los orificios de la zaranda empleada en el molino tenían un diámetro muy pequeño, podrían obligar a la semilla a permanecer mucho tiempo tiempo en la zaranda, lo que originaría un menor daño. Si los orificios eran demasiado grandes, las semillas podrían pasar rápidamente a través de los mismos y el porcentaje de desaristado sería bajo.

Se consideró la criba como un factor importante, porque al tener ésta diferentes dimensiones en los orificios, se podría obtener diferencias en el rendimiento, en relación a la limpieza.

c. Procedimiento de las pruebas. El material utilizado para cada prueba de desaristado fue de un kilogramo, el cual fue dosificado manualmente sobre la banda alimentadora del molino. La velocidad deseada en el molino, fue obtenida con el acelerador del motor de gasolina y verificada con el tacómetro puesto sobre su eje. El tiempo de desaristado se tomó desde que el material entraba al molino, hasta que dejaba de salir por el tornillo sinfín.

Una vez que el material fue descargado del molino, se tomaron 400 gramos para separar las aristas de las semillas en la limpiadora Emerson. La dosificación en la limpiadora fue efectuada por el alimentador operado manualmente. El material salió de la limpieza como se muestra en la Figura 2, y posteriormente la cantidad obtenida en cada salida, fue pesada para ser enviada luego a su análisis en el laboratorio.

Se examinó cada muestra antes y después del proceso para determinar daño, desaristado, pérdidas de peso, pureza, germinación, semillas por kilogramo y peso por volumen.

Para estimar el efecto de cada una de las variables dependientes anteriores, que fuera necesario con relación a las variables independientes (velocidad en el eje del molino, tipo de zaranda en el molino y criba en la limpiadora), se planteó la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = a + bV + cZ\ dT + eV^2 \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Y = variable dependiente
V = velocidad en el eje del molino

T = zaranda empleada en el molino
Z = criba utilizada en la limpiadora
a = constante
b,c,d,e = coeficientes de regresión múltiple.

Las pruebas para la remoción de aristas de las semillas del pasto angleton, fueron hechas para evaluar las variables independientes que inciden sobre el proceso. La relación de estos tres factores determinó 16 pruebas. Velocidades en el eje del molino de 500, 1000, 1500 y 2000 revoluciones por minuto, fueron utilizadas. Para cada una de las velocidades anteriores, se utilizaron dos zarandas en el molino de diferentes diámetros en sus orificios, 3/16" y 1/4". Con cada velocidad y tipo de zaranda se emplearon dos cribas en la limpiadora; la No. 25 y la criba construída. La tasa de alimentación en el molino, fue de un kilogramo para todas las pruebas. En la limpiadora, se emplearon 400 gramos de material desaristado en el molino, para cada prueba.

C. Resultados y Discusión

1. Resultados y discusión de las pruebas preliminares. La clasificadora Emerson Dockage Tester, se encontró factible en la remoción (término que comprende el desaristado y la limpieza) de aristas de las semillas del pasto angleton. En el primer ensayo se vió que la capacidad de la máquina era demasiado baja, ya que para remover las aristas de 200 gramos de material se gastó un tiempo de 18 minutos. Para esta prueba la dosificación del material fue hecha manualmente.

Para tratar de disminuír el tiempo en la remoción de aristas efectuadas en la Emerson, se dispuso de muestras a diferentes contenidos de humedad inferiores al de la muestra inicial. En la Tabla No. 1, se muestra, en porcentaje, el material obtenido en cada salida de la máquina y el tiempo de procesamiento de cada muestra.

La finalidad del ensayo fue reducir el tiempo de operación al emplear muestras con diferentes contenidos de humedad. Lo anterior no se consiguió, ya que el tiempo de procesos fue similar en la mayoría de las pruebas. La diferencia en tiempo en algunas pruebas se debió a la dosificación desuniforme. El material inicial por su apelmazamiento no fluyó por el dosificador, lo que hizo necesario ayudarle con la mano. Esta ayuda consistió en agitar el material en la tolva, la cual originó el desprendimiento de las motas formadas por semillas y aristas. Inicialmente el flujo de material era contínuo, pero a medida que se desocupaba la tolva la dosificación se dificultaba. Esto se

Tabla No. 1

Rendimiento Obtenido al Utilizar la Emerson para Desaristas y Limpiar las Semillas

Muestra No.	Salida No.1 % de Aristas	Salida No. 2 % de Aristas y Semillas	Salida No.3 Semillas	Tiempo (Minutos)
1	15,37	2,08	79,71	18
2	16,39	3,85	79,03	18
3	16,08	3,95	79,85	18
4	16,41	4,12	79,59	19
5	16,63	2,59	80,36	19
6	16,55	3,97	78,17	18
7	17,14	3,82	77,71	18

debió, a que la semilla por el movimiento dado por la mano fue desaristada y fluía hacia la criba, mientras las aristas y las semillas contenidas en las motas formadas por éstas no descendían. Al dejar la abertura de salida amplia, las motas descendían sobre la criba y continuaban sobre ésta sin sufrir proceso alguno. Al reducir la abertura, la capacidad de la máquina fue deficiente porque el material que descendía era muy poco.

Debido a los problemas en la dosificación y baja capacidad de la máquina al emplearla para desaristar y limpiar las semillas, se dividió el proceso en dos partes: el primero para efectuar el desaristado y el segundo para la limpieza. Para efectuar el desaristado se utilizó el molino de martillos, el cual había sido empleado en otras especies como lo describe Schwendiman et al/15. Al ensayar el molino de martillos en una prueba preliminar de desaristado, a velocidades de molienda (3.400 revoluciones por minuto) empleando zarandas con orificios de 3/16", 1/4" y 5/16" de diámetro, se obtuvo un trillamiento de la semilla. Para obtener velocidades inferiores a las de molienda se empleó un motor de gasolina. En prácticas tentativas se logró desaristar con velocidades entre 400 y 3000 revoluciones por minuto. El daño en las semillas se veía incrementar cuando se aumentaba la velocidad.

En la limpieza se utilizó la máquina Emerson, la cual al emplear el molino de martillos en el desaristado y el alimentador en la dosificación, mejoró su rendimiento. El tiempo obtenido al utilizar únicamente la máquina Emerson para remover las aristas, fue de 18 minutos. Al utilizar el molino,

el alimentador y la máquina Emerson, el tiempo total del proceso se redujo a 9,5 minutos. Las semillas y las aristas obtenidas del molino, fueron descargadas uniformemente sobre la criba por el alimentador, obteniéndose mayor eficiencia de la criba.

2. Resultados y discusión de las pruebas. El efecto del proceso sobre las semillas en la remoción de sus aristas es mostrado en la Tabla No. 2. En esta Tabla, se incluyen las condiciones iniciales de las semillas, como los resultados obtenidos en cada prueba. En las tres columnas, figuran las variables independientes: velocidad en el eje del molino, diámetro de los orificios de la zaranda empleada en el molino y criba utilizada en la limpiadora. La criba No. 25 y la criba construída, ambas empleadas para separar las aristas de la semilla se denominaron de la siguiente forma:

Criba No. 25 = 0

Criba construída = 1

De las variables dependientes mostradas en la Tabla No. 2, algunas tenían más importancia en la finalidad del trabajo, que era remover las aristas del pasto angleton, tratando de obtener el mayor porcentaje de semillas desaristadas con el mínimo daño posible. Además de esto, se buscaba que la semilla al finalizar el proceso tuviera la menor cantidad de materia inerte.

La presencia de enfermedades en los flósculos, como también las semillas que no estaban constituídas básicamente, alteraron los resultados de los valores de germinación. Los anteriores problemas no permitieron evaluar la influencia que tenía el proceso sobre la germinación.

Los valores de pureza, semillas por kilogramo y peso por volumen, debieron estar relacionados con el valor de pérdidas de peso. Sin embargo, en la Tabla No. 2, los valores obtenidos muestran variaciones con respecto a las relaciones esperadas. Esto se debió, a la presencia de flósculos estériles y al hecho de que no todas las semillas aparentemente fértiles pesaban igual.

Para relacionar cada una de las variables dependientes (daño, desaristado y pérdidas de peso), con las variables independientes (velocidad en el eje del molino, diámetro de los orificios de la zaranda y criba en la limpiadora), se utilizaron ecuaciones de regresión múltiple. Estas ecuaciones permitían predecir las variaciones de cada variable dependiente con relación a las variables independientes.

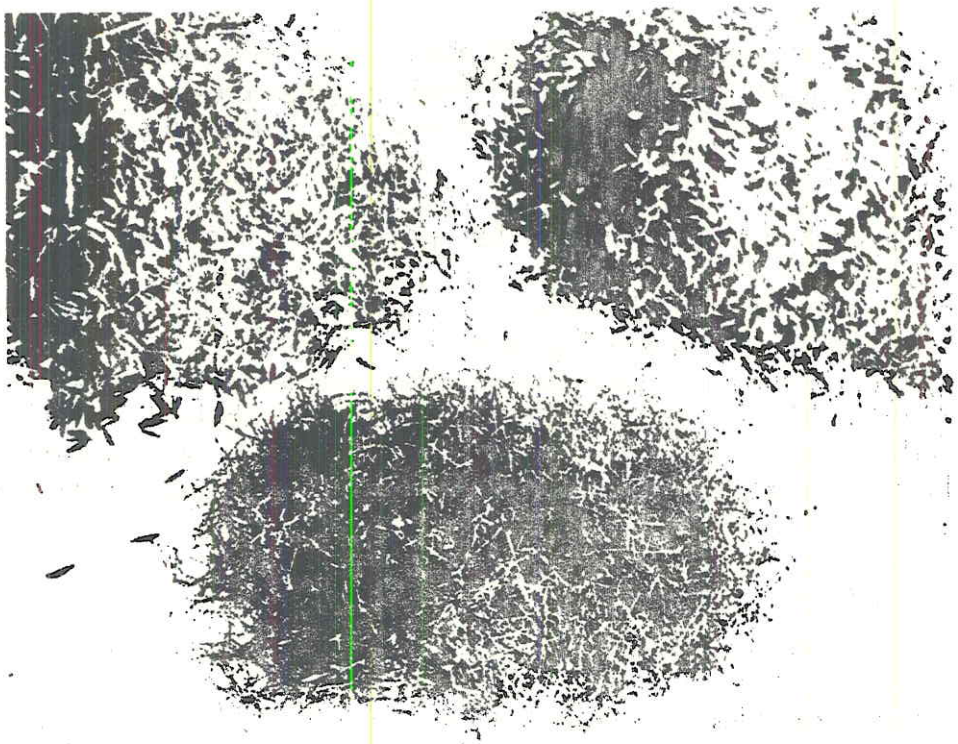

FIGURA 4. Semillas de pasto ángleton antes y después del proceso de desaristado.

El efecto del proceso sobre las semillas en la remoción de sus aristas es mostrado en la Tabla 2. En esta Tabla, se incluyen las condiciones iniciales de las semillas, como los resultados obtenidos en cada prueba. En las tres columnas, figuran las variables independientes: velocidad en el eje del molino, diámetro de los orificios de la zaranda empleada en el molino y criba utilizada en la limpiadora. La criba No. 25 y la criba construida, ambas empleadas para separar las aristas de la semilla se denominaron de la siguiente forma:

Criba No. 25 = 0
Criba construida = 1

De las variables dependientes mostradas en la Tabla 2, algunas tenían más importancia en la finalidad del trabajo, que era remover las aristas del pasto ángleton, tratando de obtener el mayor porcentaje de semillas desaristadas con el mínimo daño posible. Además de esto, se buscaba que la semilla al finalizar el proceso tuviera la menor cantidad de materia inerte.

La presencia de enfermedades en los flósculos, como también las semillas que no estaban constituidas básicamente, alteraron los resultados de los

Las ecuaciones que relacionan las variables independientes con cada variable dependiente son :

Daño

$$Y_1 = 46,37 + 0,0316V - 34,39T - 2,45Z - 7x10^{-6}V^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Desaristado:

$$Y_2 = 94,32 + 0,0083V - 1,97T - 0,46Z - 3x10^{-6}V^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Pérdidas de peso:

$$Y_3 = 14,02 - 0,0112V + 34,79T + 1,95Z + 3x10^{-6}V^2 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

V = Velocidad en el eje del molino
T = Diámetro de los orificios de la zaranda
Z = Criba de la limpiadora

Los valores encontrados de las ecuaciones anteriores, son representadas gráficamente en las Figuras 3, 4 y 5. En ellas, se relacionaron el daño, el desaristado y las pérdidas de peso, con la velocidad en el molino, para cada zaranda utilizada en el molino y criba empleada en la limpiadora.

En la Figura 3, se muestra que para una misma velocidad y zaranda en el molino, los daños eran mayores con la criba No. 25 (Z=0); esto podría ser debido a la amplitud de sus orificios. Con la misma velocidad en el molino y la misma criba en la limpiadora, la zaranda de orificios más reducidos (3/16"), causaba más daño a las semillas; debido posiblemente a que éstas no podían pasar rápidamente por los orificios y permanecían más tiempo sometidas a la acción de los martillos.

Se observó, que al aumentar la velocidad en el molino se incrementaba el daño para todas las curvas. Al derivar la ecuación 2 con respecto a la velocidad manteniendo constantes T y Z, se obtuvo el valor de la velocidad que produciría el mayor daño a las semillas. El valor encontrado fue de 2257 revoluciones por minuto. Además, el daño fue menor al emplear orificios de 1/4" en la zaranda y la criba construída (Z=1) en la limpiadora.

En la Figura 4, se muestra que para una misma velocidad y zaranda en el molino, el porcentaje de semilla desaristada era mayor con la criba No. 25 (Z=0). Esto se debió a que esta criba ayudó a desaristar las semillas que

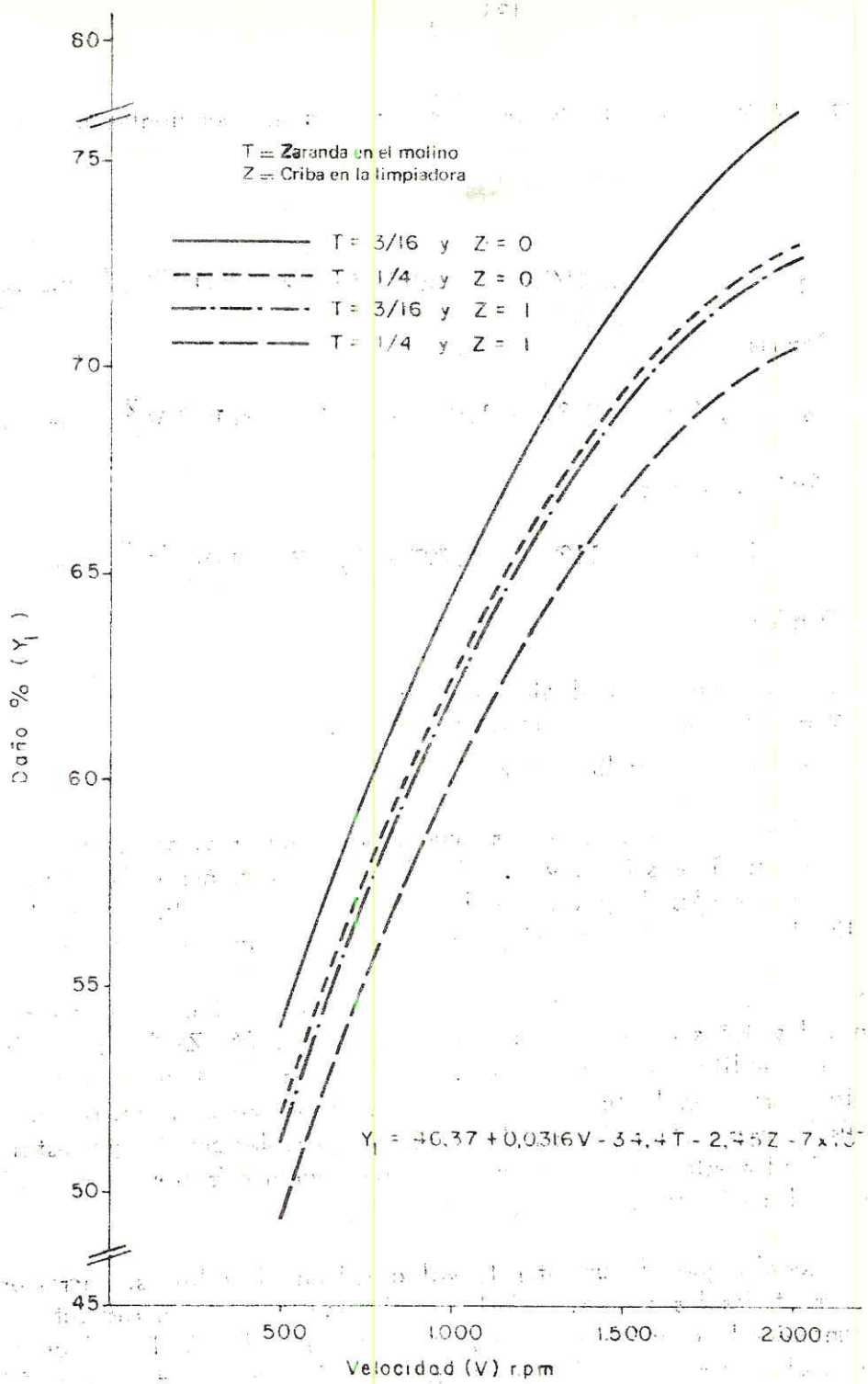

FIGURA3 Efecto de la velocidad en el molino sobre el daño en las semillas.

pudieron pasar rápidamente por la zaranda del molino, sin ser sometidas a la acción del frotamiento. Con la misma velocidad en el molino y la misma criba en la limpiadora, la zaranda con orificios más reducidos (3/16") causaba mayor porcentaje de semilla desaristada. Lo anterior se debió, al hecho de permanecer las semillas mayor tiempo en la zaranda sometidas a la acción del frotamiento.

En la Figura 4, podemos ver que entre velocidades de 1200 y 1700 revoluciones por minuto en todas las curvas, se obtiene el mayor porcentaje de semilla desaristada. La velocidad que producía el máximo porcentaje de semilla desaristada, fue obtenida al derivar la ecuación 3 con respecto a la velocidad, manteniendo constante T y Z; el valor encontrado fue de 1383 revoluciones por minuto. Se podría predecir que a velocidades inferiores de 500 revoluciones por minuto y superiores de 2000 rpm., el porcentaje de semilla desaristada tiende a decrecer. El máximo porcentaje de semilla desaristada se obtuvo al utilizar orificios de 3/16" en la zaranda y la criba No. 25 (Z-O) en la limpiadora.

En la Figura 5, se muestra que para una misma velocidad y zaranda en el molino, la materia inerte separada fue mayor con la criba construída (Z=1). Esto se debió, a que los orificios de ésta eran más reducidos que los de la criba No. 25 (Z=0), lo que impedía el paso de mayor cantidad de materia inerte. Con la misma velocidad en el eje del molino y la misma criba en la limpiadora, la zaranda con orificios más grandes (1/4") permitía mayor separación de materia inerte de la semilla.

Aparentemente en la Figura 5, se obtiene mejor separación de materia inerte con una velocidad de 500 revoluciones por minuto. Al derivar la ecuación 3, se encontró la velocidad más deficiente para separar la materia inerte; el valor obtenido fue de 1866 revoluciones por minuto. Se puede predecir en la Figura 5, que a velocidades inferiores a 500 revoluciones por minuto y superiores de 1866 revoluciones por minuto, la materia inerte separada tiende a incrementarse. El máximo porcentaje de materia inerte separada, se obtuvo al utilizar orificios de 1/4" en la zaranda y la criba construída (Z=1) en la limpiadora.

Conclusiones

Empleando un movimiento vibratorio en la separadora convencional aire-zaranda, no se pudo separar la semilla del pasto angleton de sus aristas.

Por las dificultades encontradas en la dosificación y la baja capacidad obtenida en la clasificadora "Emerson Dockage Tester", no pudo ser utilizada como único medio de remoción (desaristado y limpieza) de aristas.

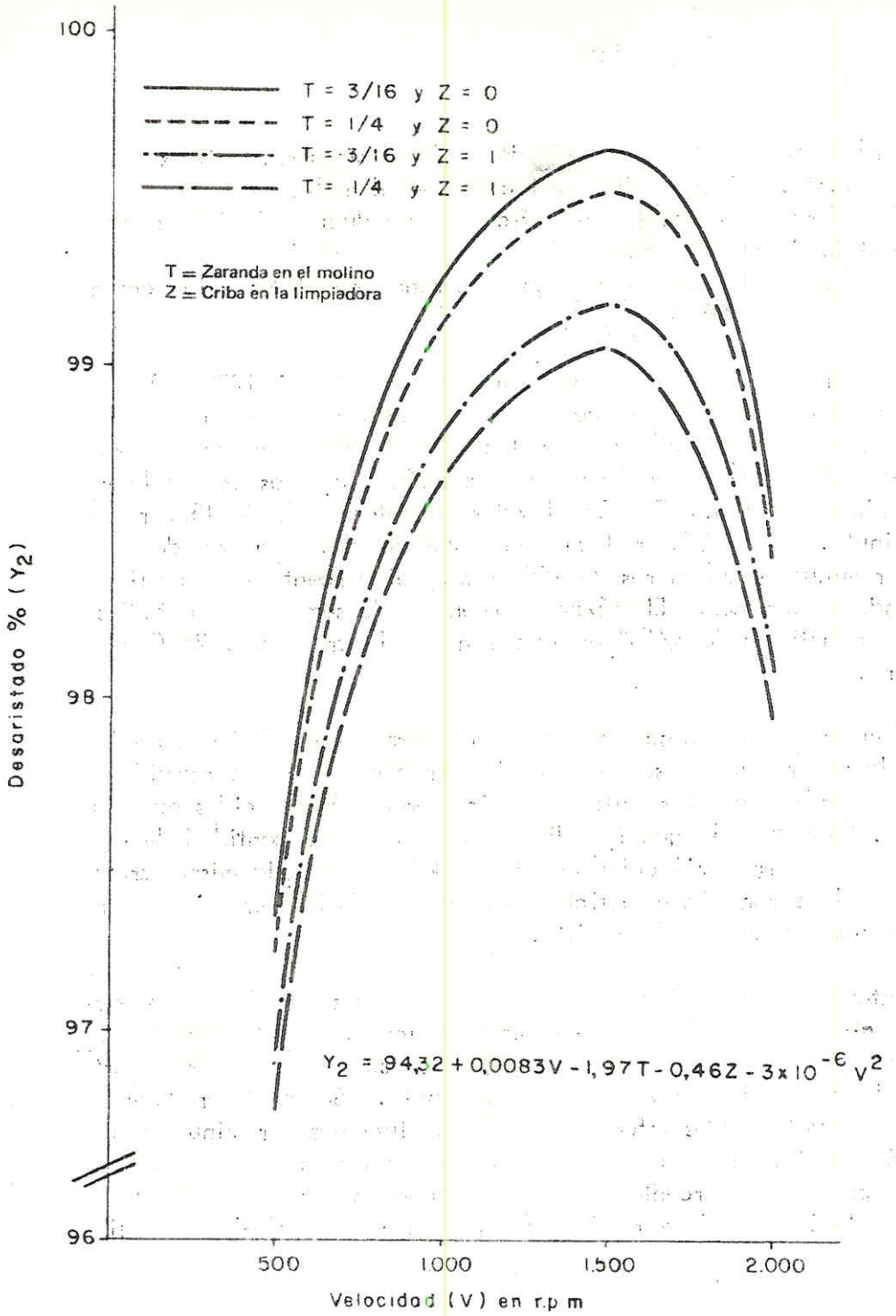

FIGURA 4 Efecto de la velocidad en el molino sobre el desaristado de las semillas.

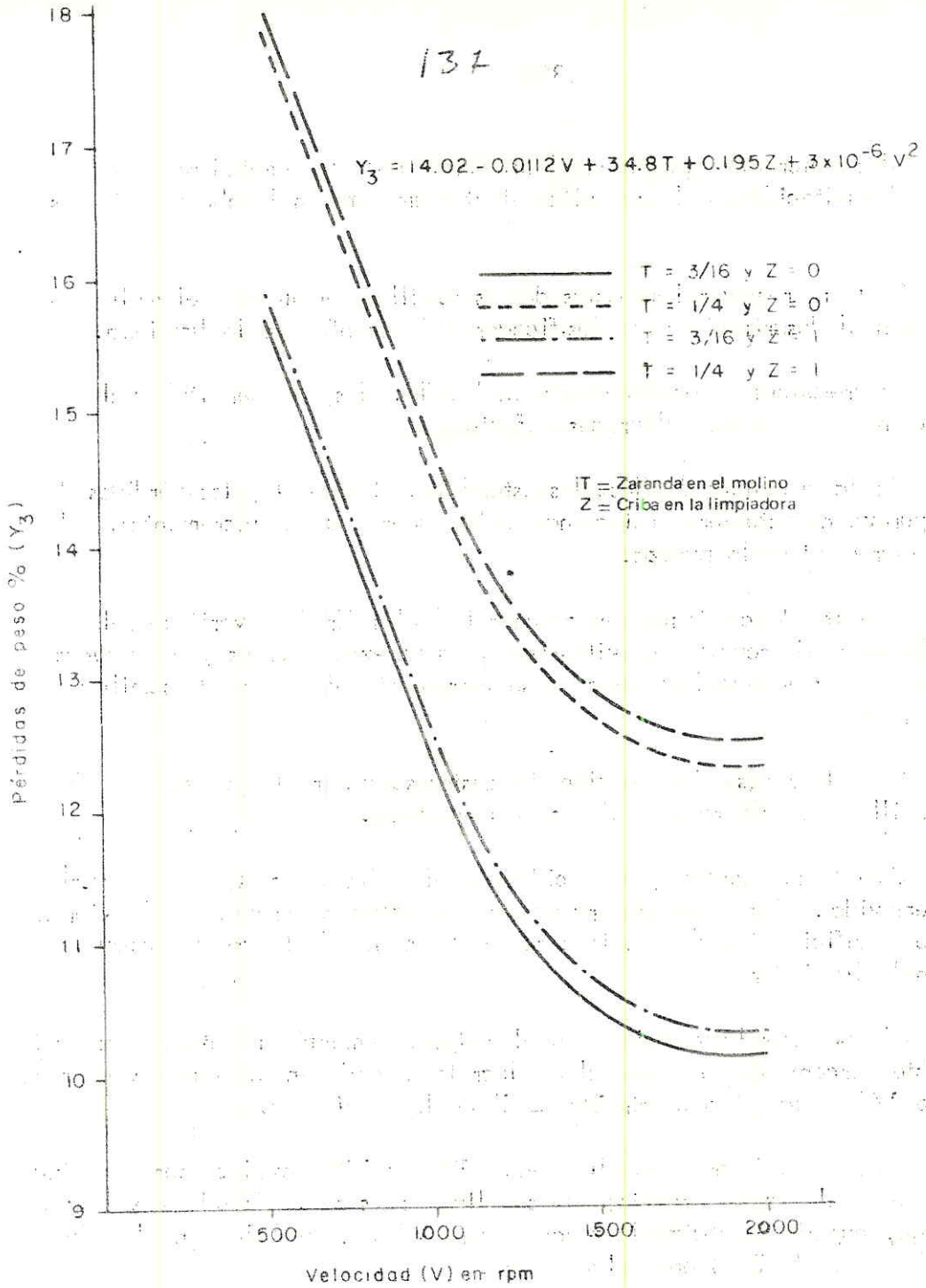

FIGURA 5 Efecto de la velocidad en el molino sobre las pérdidas de peso.

Al someter el material en el alimentador de la limpiadora a un movimiento de agitación, se logró evitar el atascamiento en la abertura de descarga.

Se logró remover las aristas de las semillas, empleando el molino de martillos en el desaristado y la clasificadora "Emerson" para la limpieza.

La presencia de enfermedades en los flósculos, no permitió evaluar la germinación con relación al proceso efectuado.

Por la presencia de flósculos estériles en la semilla, las pérdidas de peso y pureza no estuvieron relacionados de manera que al incrementarse el peso se incrementara la pureza.

La falta de cariópside en algunos flósculos fértiles, varió la relación entre el número de semilla por kilogramo y la pureza. Por eso, en algunas pruebas al incrementarse la pureza no se incrementó el número de semillas por kilogramo.

Con el proceso de remoción de aristas se mejoró la pureza, el número de semillas por kilogramo y el peso por volumen.

Cuando se aumentó la velocidad en el molino, disminuyó la materia inerte removida. Los mayores porcentajes de materia separada, se obtuvieron al emplear orificios de 1/4" en la zaranda del molino y la criba construída (Z=1) en la limpiadora.

Al aumentar la velocidad en el molino, aumentó el daño en las semillas. Este porcentaje fue menor al emplear la zaranda en el molino con orificios de 1/4" y la criba construída (Z=1) en la limpiadora.

Para velocidades del molino entre 1200 y 1700 revoluciones por minuto, se obtuvo el mayor porcentaje de semilla desaristada. Siendo mayor este porcentaje, cuando se utilizó la zaranda con orificios de 3/16" en el molino y la criba No. 25 (Z=0) en la limpiadora.

Los mejores resultados para desaristar las semillas, con el menor daño y la mayor cantidad de materia inerte removida, se obtuvieron con velocidades entre 500 y 800 revoluciones por minuto. Con estas velocidades, el porcentaje de semilla desaristada disminuyó un dos por ciento, en relación al porcentaje máximo obtenido con velocidades en el molino entre 1200 y 1700 revoluciones por minuto. Al utilizar velocidades en el molino entre 500 y 800 revoluciones por minuto, el daño en las semillas disminuyó un 17 por ciento y el material removido aumentó un cinco por ciento, en relación a los valores obtenidos con velocidades entre 1200 y 1700 revoluciones por minuto.

Los orificios de 1/4" en la zaranda utilizada en el molino, fueron los más adecuados en el desaristado de las semillas.

La criba construída (Z=1) utilizada en la limpiadora, fue la más adecuada en la separación de aristas y semillas.

Recomendaciones

Emplear en la remoción de aristas de las semillas del pasto angleton, un molino de martillos funcionando con una velocidad entre 500 y 800 revoluciones por minuto, con orificios de 1/4" en la zaranda para efectuar el desaristado. En la limpieza, utilizar una máquina que funcione con el mismo principio de la Emerson Dockage Tester en la cual, se debe utilizar una criba que tenga los orificios, en la misma forma de la construída en este trabajo (Z=1). Para esto, se debe tener en cuenta las variaciones recomendadas en las dimensiones de los orificios. Además, se debe utilizar un alimentador tanto para el molino como para la limpiadora.

El alimentador del molino de martillos y de la limpiadora, se deben construír con el mismo principio de funcionamiento, que el empleado en la dosificación de la limpiadora Emerson en este trabajo.

Construír una máquina a escala comercial empleando el mismo principio de movimiento que la Emerson Dockage Tester. El área útil de la criba debe permitir que la capacidad de limpieza sea mayor o igual a la capacidad del molino para desaristar. Es importante que la dimensión del ancho en la criba sea mayor que el largo de ésta, debido a que la separación ocurre en los primeros orificios donde descienden las aristas y semillas. Se debe emplear en el área útil travesaños de madera que permitan romper las motas que podrían llegar a la criba.

Para aumentar la capacidad y obtener mejor limpieza de las semillas, se podría emplear dos cribas de igual forma a las utilizadas en este trabajo, pero de diferentes dimensiones los orificios. La criba superior debería tener las aberturas más amplias que la inferior, teniendo esta última las dimensiones de la criba construída (Z=1).

Para evitar el atascamiento en los orificios de la criba construída, se debería cambiar la dimensión del espesor en la abertura de salida de tres a cinco milímetros.

Es posible utilizar los mismos principios definidos en este trabajo, para el desaristado de semillas de otras especies de pastos tropicales tales como puntero (Hiparrhenia rufa, (Nees) Stapf) y buffel (Cenchrus ciliaris L.). Estos

pastos son de gran importancia en Colombia, y sus semillas presentan forma, tamaño y características físicas similares a las semillas del pasto angleton.

Resumen

Esta investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, localizado en Mosquera, Cundinamarca.

El pasto angleton es muy importante en la alimentación del ganado, bajo condiciones de pastoreo en regiones cálidas y secas. Las semillas de este pasto tienen aristas que no pueden separarse en la operación de prelimpieza, lo que origina que se aglomeren e impidan los procesos posteriores de limpieza. Lo anterior ocasiona que la calidad de la semilla que se vende en la actualidad sea deficiente.

El presente trabajo estuvo destinado a encontrar el método de remover (desaristar y limpiar) las aristas de las semillas del pasto angleton (Dichanthium aristatum Poir). Esto se hizo para permitirle a la semilla fluidez como también reducirle el volumen de materia inerte. El procesamiento de las semillas fue hecho utilizando un molino de martillos para el desaristado, y la limpiadora Emerson Dockage Tester para la limpieza. A esta máquina, se le adaptó un alimentador construído especialmente para este tipo de material.

Para efectuar la investigación, se utilizaron velocidades en el eje del molino de martillos entre 400 y 3000 revoluciones por minuto. Esto se consiguió al emplear un motor de gasolina, con poleas de diferentes diámetros incorporados en los ejes del motor y del molino. En el molino, se utilizaron zarandas con orificios de 1/4" y 3/16". En la limpiadora Emerson, se empleó la criba No. 25 utilizada para la limpieza de arroz en la máquina Carter Dockage Tester, o una criba construída que tenía la misma forma que la anterior, pero de diferentes dimensiones en los orificios.

Las pruebas para la remoción de aristas fueron hechas evaluando las variables independientes (velocidad en el eje del molino, zaranda del molino y criba en la limpiadora), la relación de estas variables determinó 16 pruebas. La evaluación se hizo en base de los análisis efectuados a las semillas antes y después del proceso. Para esto, se consideraron las siguientes variables: daño, desaristado, pérdidas de peso, pureza, germinación, semillas por kilogramo de peso y por volumen.

Los valores obtenidos de algunas variables como germinación, pureza, semillas por kilogramo y peso por volumen, no representaban la incidencia que tenía el proceso sobre las semillas al remover sus aristas. Esto se debió,

a la presencia de enfermedades en los flósculos, falta de cariópside en algunos flósculos fértiles y flósculos estériles. Por lo anterior, se seleccionaron como variables representativas para evaluar el proceso, el daño, desaristado y pérdidas de peso. Estas variables, se relacionaron con las variables independientes por medio de ecuaciones de regresión múltiple, las cuales permitieron predecir las variaciones de cada variable dependiente con relación a las variables independientes.

De acuerdo a las anteriores relaciones, se encontró que el propósito de la investigación era satisfactoriamente desarrollada al utilizar velocidades en el molino entre 500 y 800 revoluciones por minuto. Entre esta amplitud de velocidad, se efectuaba el menor daño en las semillas con la mayor cantidad de materia inerte separada en la limpiadora. Con estas velocidades, el porcentaje de semilla desaristada disminuyó un dos por ciento en relación al porcentaje máximo obtenido entre velocidades de 1200 a 1700 revoluciones por minuto. Los orificios de 1/4" en la zaranda empleada en el molino, fueron los más adecuados en el desaristado de las semillas. La criba construída (Z=1) utilizada en la limpiadora, fue la más adecuada en la separación de aristas y semillas.

Es posible utilizar los mismos principios definidos en este trabajo, para el desaristado de semillas de otras especies de pastos tropicales como, puntero (Hyparrhenia rufa), (Nees) Stapf) y buffel (Cenchrus ciliaris L.).

BIBLIOGRAFIA

1. ALARCON, E, LOTERO, E. , ESCOBAR, L. Producción de semillas de los pastos angleton, puntero y guinea. Agricultura Tropical. (Colombia) 1969. 25 (4):207-215.

2. COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Curso de Suelos, Pastos y Ganadería para el Valle del Cauca. 1968. Boletín No. 4. 35-36 p.

3. _____ Programa de Pastos y Forrajes. Informe Anual de Progreso. 1970. 130 p.

4. _____ Programa de Pastos y Forrajes. Informe Anual de Progreso. 1971. 125 p.

5. DELOUCHE, J.C., VAUGHAN, C.E. Memoria de Cursos sobre Tecnología de Semillas realizado en América Latina. 1969 s.n.t.

6. CROWDER, L.V. Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en Colombia. Ministerio de Agricultura, División de Investigaciones Agropecuarias, DIA. Boletín Técnico No. 8. 1960. p.12-13.

7. HALL, C.W. Drying Farm Crops. 6a.ed. Agricultural Consulting Associates. 1957. 50-60 p.

8. HARMOND, J.E. Efficient Cleaning and Handling of seed. Mississippi Sedman's short course. 1968. s.n.t. 37-49 p.

9. _____; KLEIN, L.M., BRANDENBURG, N.R. Seed Cleaning and Handing. U.S. Dept. Agr. 1961. ARS 179:29-31 p.

10. _____; BRANDENBURG, N.R. , KLEIN, L.M. Mechanical Seed Cleaning and Handing. U.S. Dept. Agr. 1968. ARS 354:36-39.

11. JOLLIF, G.D., SANCHEZ, J. Trabajos en Semillas. Medellín, 1971. s.n.t.

12. KLEIN, M.L., BRANDENBURG, N.R. The use of dimensional analysis in making seed separations, U.S. Dept. Agr. 1964. ARS: 5 p.

13. MOSHSANIN, N.N. Physical Properties of Plant and Animal Materials, Structure, Physical characteristics and Theological Properties. 2a. ed. Pennsylvaria, Department of Agricultural Engineering the Pennsylvania State University. 1968. 2 (1): 58-68.

14. SANCHEZ, G.E., LOTERO, J.C. Producción de Semillas en Pastos Curso de Pastos y Forrajes, ICA. Programa de Educación Continuada. 193-211 p.

15. SCHWENDIMAN, J.L. SACKMAN, R.R., HAFENRICHTER, A.L. Processing seed of grasses and other plants to remove awns and appendages. U.S. Dept. Agr. 1940. Cir. 558. 15 p.

16. SHARP, G.W., ANDREWS, C.H. Report to USAID/Colombia on consultation visit with Caja Agraria (Rural Bank) Mississipi State University. 1969. 22 p.

17. SPIEGEL, M.R. Estadística. Traducción por Gómez Espadas, J.L., Losada Villasante,A.L. Madrid, McGraw-Hill. 1969. 357 p.

18. VAUGHAN, C.E., GREGG, B.R., DELOUCHE, J.C. Procesamiento Mecánico y beneficio de semillas. Traducción por D.N. Guerrero S. Edit. Herrero Hermanos. México. 1968. 284 p.

Tomado de Revista ICA (Colombia). 7 (3): 233-250. 1972