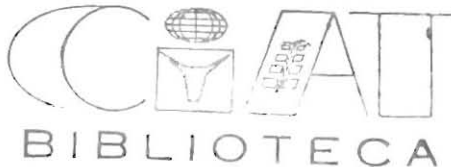


ISSN 0120-5943
Diciembre 1984

c.2

Cosecha y Beneficio de la Semilla de *Andropogon gayanus*

Duván A. García
John E. Ferguson



Serie Boletines Técnicos

Programa de Pastos Tropicales

Número 1



Centro Internacional de Agricultura Tropical

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISSN 0120-5943
Diciembre 1984
Tirada: 1100 ejemplares
Impreso en Colombia

Duván A. García y John E. Ferguson. 1984. Cosecha y beneficio de la semilla de Andropogon gayanus. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 36 p. ilus. Serie Boletines Técnicos. Programa de Pastos Tropicales, no. 1.

1. Andropogon gayanus. 2. Pastos — Semillas. 3. Pastos - Cosecha. 4. Semillas — Procesamiento. I. Ferguson, John E. II. Centro Internacional de Agricultura Tropical. III. Tit. IV. Ser.

D.A. García, Ing. Agr., fue asistente de investigación en el Programa de Pastos Tropicales del CIAT; J.E. Ferguson, Agrónomo, Ph.D., es jefe de la sección de Producción de Semillas del mismo Programa.

Contenido

	Página
Agradecimientos	4
Introducción	5
Métodos de cosecha	7
Cosecha manual	7
Cosecha con combinada	12
Mecanización parcial de la cosecha	17
Recolección del suelo	18
Beneficio	19
Secado	19
Prelimpieza o desbrozado	20
Limpieza	20
Desaristado	23
Clasificación	24
Resumen	29
Términos importantes	31
Referencias	35

Agradecimientos

Los autores agradecen a los ingenieros agrónomos Manuel Sánchez y Carlos Iván Cardozo, asistentes de investigación del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, su valiosa y constante colaboración en el manejo de las pruebas de campo que sirvieron de base para elaborar este manual.

Introducción

Andropogon gayanus Kunth es una gramínea forrajera perenne, de porte alto, y de origen africano. Su potencial como especie forrajera en América tropical fue evaluado por Jones (1979) quien llamó la atención sobre su comportamiento en suelos ácidos e infértiles, su resistencia al pastoreo, a la sequía y a la quema. Grof (1981) subraya su compatibilidad con las leguminosas. Haggart (1966) y Ferguson (1981) han aportado experiencias generales sobre la producción de su semilla.

Bert Grof, Agrónomo del CIAT, introdujo esta gramínea en Colombia en 1973, donde se denominó CIAT 621. Esta introducción ha sido ya liberada como cultivar (o variedad comercial) en los siguientes países: en 1980, en Colombia, donde recibió el nombre de 'Carimagua 1'; en 1980, en Brasil, como 'Planaltina'; en 1982, en Venezuela como 'Sabanero' y en Perú como 'San Martín'; y en 1983, en Panamá, como 'Veranero'.

Características inherentes al cultivar —como la altura de las plantas, la distribución de las inflorescencias en diferentes nodos de los tallos, y la notable falta de uniformidad en la aparición de su floración y madurez— suelen obstaculizar las labores de la cosecha. Asimismo, las características morfológicas de las espiguillas —tales como el bajo peso específico, y la presencia de aristas, de espiguillas estériles y de abundante pelusa (pubescencia)— plantean problemas específicos durante el beneficio de las semillas.

El propósito de este manual técnico es ofrecer a los productores comerciales de semilla del nuevo cultivar de pasto, métodos alternativos para su cosecha y su beneficio. Los métodos propuestos comprenden, no sólo aquéllos que ya han sido utilizados en la sección de Producción de Semillas del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, sino otros que podrían aplicarse según las condiciones ambientales de las distintas regiones donde se produce la semilla de *A. gayanus*.

Métodos de cosecha

Los factores que más influyen en la elección del método de cosecha son los siguientes: el área que se debe cosechar; la disponibilidad de la mano de obra y su costo; la disponibilidad de la maquinaria apropiada y su costo; la altura, la densidad, y la humedad del cultivo.

Cosecha manual

En zonas donde la mano de obra es abundante, y cuando se produce semilla en áreas relativamente pequeñas, la cosecha por el método manual es la mejor alternativa porque arroja los más altos rendimientos. Este método comprende tres etapas principales: el corte, el “apilado”, y la separación.

Corte. Se recolectan los tallos florales cortándolos a una altura tal que permita capturar todas las espiguillas (Figura 1). No deben agitarse excesivamente las inflorescencias durante esta operación para evitar el desprendimiento de las espiguillas maduras. Los tallos florales se acarrean —desde el sitio de corte hasta el sitio donde se levantan con ellos pilas, “burros” o montones ordenados— en manojos que se colocan sobre una lona pequeña (1 m x 1.5 m); al recogerse ésta por sus bordes más largos, enrolla los tallos protegiendo así las espiguillas. De este modo se reducen las pérdidas de espiguillas maduras (Figura 2).

La eficiencia de esta operación depende estrechamente de la organización del equipo de operarios que la ejecutan. Si éste se divide en subgrupos de tres personas, aquélla resulta muy eficiente porque mientras dos operarios cortan los tallos florales de cuatro hileras contiguas del cultivo y los colocan sobre la lona pequeña tendida en la parte central, entre las hileras, el tercero se encarga de trasladarlos a la pila y de organizarlos en ella (Figura 3).

Apilado. En esta etapa se levantan pilas o montones de tallos florales, y en ella ocurren ciertos procesos físicos y fisiológicos. Su finalidad

primordial es mantener un ambiente que conserve *temporalmente* la humedad de los tallos florales, sometiéndolos así a un proceso de transpiración (“sudado”) durante un período breve de 3 ó 4 días. Según Hopkins (1977) los objetivos de este proceso de sudado son:

- a) estimular en las panículas el desprendimiento natural de sus espiguillas, es decir, efectuar un “trillado biológico”; y
- b) propiciar la madurez completa de algunas cariopsis que, al momento del corte, no la habían alcanzado.

Otra finalidad del apilado, menos obvia pero muy práctica, es mantener ordenados los tallos florales para facilitar luego su separación.

Cómo cumplir todos estos objetivos sin que se deteriore la viabilidad de la semilla? Evitando, ante todo, el calentamiento excesivo del material mediante la construcción adecuada de los montones o pilas para que éstas permitan un intercambio térmico y gaseoso con el ambiente exterior. Una solución acertada son las pilas —rectangulares o circulares— donde se superponen capas de tallos florales, colocados éstos ordenadamente uno junto al otro, con sus ápices enfrentados y dirigidos al interior de la pila apuntando un poco hacia arriba. Esta posición se logra dando inclinación a la pila con un tronco de guadua —o con el tallo de un árbol, un trozo de madera, o aun socas del mismo cultivo— colocado sobre el suelo bien sea a lo largo, y en la parte central, de la base de la pila rectangular (Figura 4) o bien según el diámetro de la pila circular.

El grado de inclinación de los tallos florales en la pila depende de la ocurrencia de las lluvias en el período de la cosecha, y varía desde la posición casi horizontal (Figura 4) en zonas donde la cosecha se presenta durante el tiempo seco, hasta la posición casi vertical en las zonas muy lluviosas. Las pilas deben cubrirse con una capa de material vegetal de 10 cm, como mínimo, para evitar el secamiento rápido de su parte superior. La altura final de una pila no debe sobrepasar los 70 cm. Se recomienda construir las pilas en el campo, cerca del sitio de corte del pasto, en un terreno bien drenado y limpio, y si es posible, sobre una lona permeable o sobre una tela de polipropileno. La pila debe conservar una humedad relativa alta durante tres o cuatro días —según las condiciones del ambiente— al cabo de los cuales se debe hacer la separación de las espiguillas o su secamiento, o ambas operaciones.

Separación. A diferencia de la trilla convencional, el objetivo de la separación es retirar las espiguillas, ya desprendidas (Figura 5) por el proceso de sudado, del resto del material vegetal. Se utiliza para ello, como instrumento de separación, una zaranda que se coloca horizontalmente al lado de la pila (Figura 6). Las mejores zarandas miden 0.8 m x

**COSECHA
MANUAL**



Figura 1. Corte con hoz.



Figura 2. Traslado de los tallos florales hasta la pila.

Figura 3. Equipo de operarios trabajando de manera organizada.





Figura 4. Construcción de la pila en forma horizontal.

Figura 5. Apariencia de los tallos florales y de las espiguillas sueltas luego de cumplirse el sudado.



COSECHA MANUAL

Figura 6. Método de separación o trilla suave aplicado en el campo.



1.6 m y están fabricadas con malla de alambre cuyas aberturas tienen 1 plg x 1 plg. La separación se hace esparciendo, uno tras otro, los manojos de tallos florales sobre la zaranda donde son agitados con movimientos horizontales; de este modo, sólo las espiguillas sueltas pasan fácilmente a través de la malla. Es necesario insistir en que no se deben golpear los tallos florales contra la zaranda —como en la trilla convencional— porque los golpes desprenderían también espiguillas inmaduras y vanas (sin cariósido) y cantidades apreciables de material vegetal (pedazos de tallo, de hoja o de inflorescencia) que se sumarían a las espiguillas ya separadas. El sistema de separación antes descrito permite recolectar un material cosechado (semilla cruda) con 20 a 30% de espiguillas llenas —es decir, con cariósido— y con menos de 20% de material vegetal sobrante.

Los requerimientos de mano de obra varían, según el método de cosecha, entre 15 y 25 jornales/ha, variación que está relacionada con la densidad del cultivo y la forma como se paga el trabajo de los operarios. Así, se requiere menos mano de obra cuando el pago se efectúa según el área cosechada o según el peso de la semilla recolectada —o por área y peso. El Cuadro 1 presenta los requerimientos relativos de mano de obra para cada una de las etapas de la cosecha manual, en lotes con alta densidad de tallos florales, en CIAT-Palmira.

En resumen, la cosecha manual permite obtener los más altos rendimientos de semilla pura; no obstante, su producto final (semilla cruda) puede tener un alto contenido de materia inerte. Estos dos atributos la hacen apropiada para la siembra manual que no exige un acondicionamiento mecánico de la semilla. Además, este método tiene

Cuadro 1. Requerimientos de mano de obra para la cosecha de semillas de *Andropogon gayanus* por el método manual, en CIAT-Palmira.

Etapas de la cosecha	Jornales ^a (no./ha)	Proporción ^b (%)
Corte	8	32
Acarreo y apilado	4	16
Separación	10	40
Secado y empaque	3	12

a. Jornales de ocho horas de trabajo.

b. Con respecto a la mano de obra total: 25 jornales.

otra ventaja: permite cosechar semilla no contaminada con semillas de malezas y de otros cultivos porque el recolector desecha esas plantas durante el corte.

Cosecha con combinada

Combinada convencional. Aunque la combinada convencional para granos plantea ciertos problemas en la cosecha de semilla de *A. gayanus* —especialmente por la altura del cultivo en su madurez y por el gran volumen de material vegetal que debe ser procesado por la máquina— ésta ha sido la cosechadora mecánica más accesible en las regiones capacitadas para producir semilla de esa especie (Figura 7).

La combinada convencional posee un sistema de alimentación y de trilla no apropiado para cosechar gramíneas como *A. gayanus*; sin embargo, puede utilizarse directamente para cosecharlas si está correctamente ajustada. El éxito de la operación depende, en buena parte, de la habilidad y del interés del conductor de la máquina, quien debe efectuar continuos ajustes durante la recolección; sin este requisito, no sólo se perdería la mayor parte de las semillas sino que la máquina se deterioraría rápidamente.

Los principales ajustes que se deben hacer a la combinada son los siguientes:

1. *Velocidad de avance.* Esta velocidad depende de la densidad del cultivo; en realidad, debe ser muy lenta y no mayor de 0.8 a 1.0 km/hr. Velocidades superiores a ésta harán que se sobrecargue la máquina obstruyendo, en consecuencia, el cilindro de trilla y entorpeciendo las zarandas; el resultado serán los daños que sufrirá la máquina y la pérdida casi total de las semillas.

2. *Velocidad del ventilador.* La polea del ventilador debe ajustarse a su mínima velocidad para evitar pérdidas de semilla, detrás de la máquina, por el flujo excesivo de aire.

3. *Velocidad del cilindro de trilla.* La gran cantidad de material vegetal que entra a la combinada exige que este cilindro gire a alta velocidad, para que pueda trasladar rápidamente el material que pasa por él evitando así que se sobrecargue la máquina. Normalmente, esta velocidad debe ser de 1200 RPM, más o menos.

4. *Distancia entre el cilindro y el cóncavo.* Esta distancia debe ser la máxima posible (aproximadamente 5 cm) con el fin de producir un flujo rápido del material a su paso por el cóncavo y evitar que los tallos se partan demasiado.

5. *Orificios de las zarandas.* Los orificios de las zarandas deben tener la abertura adecuada para facilitar el paso de las semillas que, por su peso liviano, su pelusa y las aristas de su cubierta, tienden a permanecer adheridas a los tallos o al material inerte. Es, pues, necesario revisar las zarandas con mucha frecuencia durante la cosecha para asegurarse de que sus perforaciones están libres de trozos de tallos que podrían obstaculizar el paso de las semillas.

La principal desventaja de la cosecha con combinada convencional, si se la compara con la cosecha manual, es su baja eficiencia respecto al rendimiento de semilla pura. Los datos comparativos del Cuadro 2 indican pérdidas en rendimiento de aproximadamente un 50%; las causas principales de esas pérdidas son:

- a) no se efectuó en las inflorescencias el proceso de sudado, requisito previo indispensable para lograr un desprendimiento eficaz de las espiguillas maduras;
- b) las características morfológicas de las espiguillas —como su bajo peso específico y la presencia en ellas de aristas y abundante pelusa— que mantienen a algunas de ellas adheridas a los tallos florales; y
- c) el sistema de trilla de la combinada convencional, que es muy vigoroso e inapropiado para una gramínea como *A. gayanus*.

En suma, no sólo se pierde una buena cantidad de semillas por este método sino que, inevitablemente, se agregan muchos fragmentos de tallo a las semillas; el resultado final es una semilla cruda con alto contenido de materia inerte (Cuadro 3). Este proceso, además, eleva considerablemente el costo del acondicionamiento de las semillas.

Cuadro 2. Rendimiento de semilla pura^a de *A. gayanus*, obtenido con dos métodos de cosecha, en CIAT-Palmira.

Epoca de cosecha	Rendimiento de semilla pura (kg/ha)	
	Con combinada	Manual
Enero, 1978	32	69
Agosto, 1980	19	32
Septiembre, 1980	29	49
Julio, 1981	23	51
Promedio	26	50

a. Semilla pura significa espiguillas sésiles con cariósipide.

Cuadro 3. Composición de la semilla cruda de *A. gayanus* cosechada por métodos manuales o con la combinada convencional.

Composición ^a	Semilla cruda	
	Manual	Con combinada
Semilla pura, en peso (%)	26	16
Materia inerte, en peso (%)	74	84
Espiguillas llenas, en número (%)	34	35

a. Del lote de semillas.

Finalmente, aunque la combinada convencional ofrece una alternativa para la cosecha de *A. gayanus* (Figura 21) su utilidad se reduce, principalmente, por la altura del cultivo y por la lentitud del movimiento de la máquina. Respecto a lo primero, es indispensable un manejo preliminar del cultivo por medio del pastoreo o de cortes previos oportunos —o por uno y otro método— con el fin de evitar que, al momento de la cosecha, el cultivo tenga una altura superior a los 2 m, altura máxima de cosecha de la máquina. En cuanto a lo segundo, la combinada puede cosechar, en promedio, de 2 a 3 ha/día; por tanto, una sola combinada cosecharía, como máximo, de 30 a 40 ha durante la época de madurez del cultivo.

Combinada modificada. Con el fin de aprovechar los beneficios del sudado que se practica en la cosecha manual, se sugiere modificar algunos componentes de la combinada convencional, de manera que la cosecha se cumpla en dos etapas separadas: corte y separación. Son dos las modificaciones:

- un ajuste en el molinete para aminorar las pérdidas en el frente de la combinada, y
- una reducción en la acción del sistema de trilla.

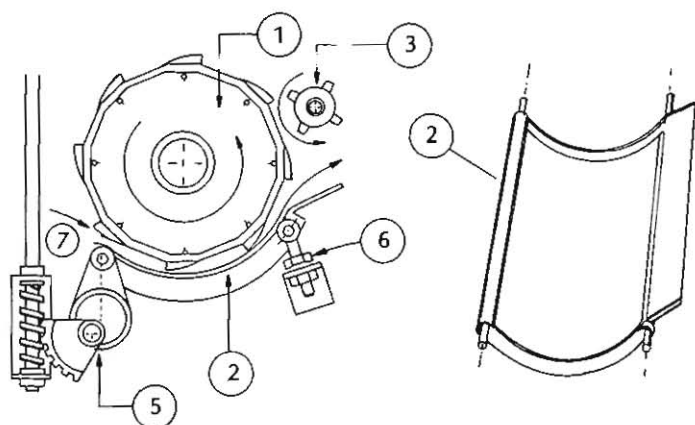
El molinete se puede simplificar hasta cuatro barras para amortiguar los golpes que reciben las inflorescencias durante el corte. La acción del sistema de trilla se puede amortiguar recubriendo el interior del cóncavo con una lámina metálica lisa (Figura 8) y guarneciendo en parte el cilindro con placas metálicas longitudinales (Figura 9) similares a las utilizadas en el cilindro de trillar maíz.

Con estos cambios, la máquina se emplea, en principio, como cortadora aunque al mismo tiempo captura por medio de su sistema de separación —en el sacapaja y los zarandones— las espiguillas maduras



**COSECHA
MECANICA**
total o parcial

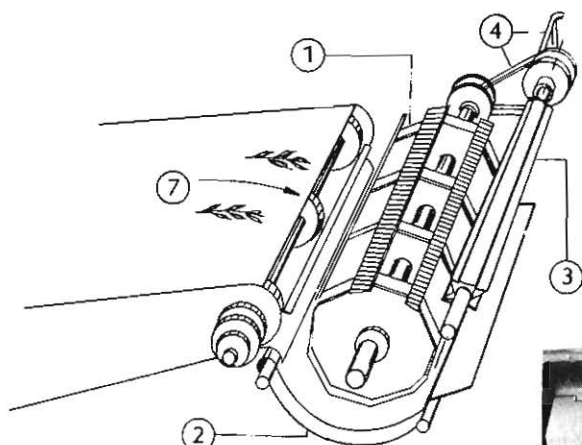
Figura 7. Combinada convencional para la cosecha de la semilla.



- 1 = cilindro de trilla
- 2 = cóncavo^a
- 3 = batidor^b
- 4 = sistema de mando de velocidad variable^c
- 5 = ajuste de la luz entre cilindro y cóncavo, a la entrada
- 6 = ajuste de la luz entre cilindro y cóncavo, a la salida^d
- 7 = material de trilla^e

Figura 8. Esquema del cilindro y el cóncavo con los cuales se modifica la combinada ilustrada en la Fig. 7.

- a. Nótese la lámina metálica lisa en vez de la malla, y la plancha de extensión a la salida del material trillado.
- b. Guía, hasta el sacapajas, el material arrastrado por el cilindro.
- c. Para ajustar la velocidad periférica del cilindro
- d. Aproximadamente, la mitad de la luz a la entrada
- e. Tallos florales e inflorescencias de *A. gayanus*.



Cilindro con placas (vista frontal)



Figura 9. Esquema del cilindro con placas metálicas longitudinales para modificar la combinada de la Fig. 7.



COSECHA MECANICA
total o parcial

Figura 10. *Material obtenido a la salida de la combinada.*

Figura 11. *Cortadora empleada para cosechar la semilla de algunas gramíneas.*



Figura 12. *Separación de la semilla con la zaranda oscilatoria inclinada. La misma zaranda, con malla de 1 plg se emplea en la prelimpieza mecánica de la semilla.*



que se desprenden fácilmente. El material que arroja por detrás la combinada, compuesto por inflorescencias con espiguillas inmaduras o próximas a madurar (Figura 10), se recolecta bien sea manual o bien mecánicamente —colocando un remolque detrás de la máquina— y se reúne en montones o pilas donde se somete al proceso de sudado.

El tamaño y la forma de estas pilas variará según el método empleado para construirlas. Cuando se hacen en forma manual, bastará con levantar pequeños montones en el surco cada 10 ó 20 m, según la densidad del cultivo, y cubrirlos con material vegetal. Cuando se utiliza un remolque, el tamaño de la pila dependerá de la capacidad de éste; aunque la pila se puede extender indefinidamente en un plano horizontal, es necesario, en cambio, limitar su altura a 60 cm, como máximo, para facilitar a las inflorescencias apiladas el intercambio gaseoso y térmico con el ambiente. Convendría cubrir también esta pila, si es posible, con una capa ligera de material vegetal.

La separación de las espiguillas del resto del material (el “sacudido”) se hará tres o cuatro días después del apilado, una vez haya ocurrido el sudado dentro de la pila. Esta separación se lleva a cabo con la misma combinada o utilizando una zaranda oscilatoria inclinada que se describirá más adelante (pág. 20).

Mecanización parcial de la cosecha

Con el propósito de aprovechar los beneficios del sudado —como se explicó en la cosecha manual— y considerando que unas etapas de la cosecha tienen mayores requerimientos de mano de obra que otras, se recomienda mecanizar parcialmente la cosecha, es decir, algunas de sus etapas según la importancia que éstas tengan dentro de la operación total. La mecanización parcial puede hacerse mediante sistemas aplicados con diversas máquinas ya existentes en el mercado.

Corte. Para mecanizar el corte de un cultivo de *A. gayanus*, se podrían aplicar, con gran provecho, los principios del funcionamiento de la cortadora-atadora, antiguamente utilizada para cosechar algunos cereales de clima templado como avena y cebada. Esta máquina, en efecto, corta los tallos florales y los amarra en “atados”, operación que facilita grandemente la construcción de las pilas.

Es posible, asimismo, acoplar a un tractor una barra de corte con molinete y un recipiente, delante o al lado del tractor (Figura 11). Cuando se ha acumulado suficiente material dentro del recipiente, éste, al ser descargado, forma una pequeña pila que se sometería al proceso de sudado. Tanto la cortadora-atadora como el tractor deben ser

capaces de cortar los tallos de *A. gayanus* a una altura de 80-100 cm, requisito que dificulta la adaptación de muchos modelos de esas máquinas.

Separación. Tres o cuatro días después del corte, las espiguillas maduras deberán estar completamente sueltas. Para separarlas del resto del material vegetal se emplea una zaranda oscilatoria inclinada. El modelo más simple consta de una malla similar a la usada en la cosecha manual, que se instala, inclinada, sobre una estructura metálica y es accionada por un excéntrico acoplado bien sea a un motor de gasolina (Figura 12) o bien a la toma de fuerza de un tractor; el conjunto puede ir montado sobre ruedas para facilitar su traslado en el campo.

Recolección del suelo

La recolección del suelo es una operación de orden secundario que se ejecuta solamente cuando las demás alternativas no son posibles, o como complemento de ellas para recoger las semillas que ya han caído al suelo. Su utilidad está restringida a áreas pequeñas con suelo liviano y libres de lluvias durante las épocas de madurez y de cosecha. Además, la operación se complica por los obstáculos que presente la superficie del suelo como, p.ej., las coronas del propio cultivo o las malezas —o unas y otras.

La recolección de las espiguillas caídas puede hacerse manualmente, usando escobas y palas, o por métodos mecánicos, con aspiradoras. En ambos casos —especialmente en la recolección manual— el material recolectado contiene un gran porcentaje de residuos vegetales, de partículas de suelo, y de polvo, por lo cual se dificulta mucho el acondicionamiento de las semillas. Por consiguiente, es mejor utilizar ese material como semilla cruda.

Beneficio

El beneficio tiene como objetivo primordial mantener la viabilidad de las semillas, reducir sus contaminantes —como el material inerte y las malezas— y adecuarlas para el almacenamiento y la siembra del próximo cultivo. Así considerado, el beneficio completo abarca las etapas que separan la cosecha de la siembra siguiente, cuales son: a) prelimpieza, b) secado, c) limpieza, d) desaristado, y e) clasificación. Con frecuencia el productor omite algunas de ellas.

La secuencia que deben seguir estas etapas depende del método de cosecha empleado. Las Figuras 13 a 22 describen, en general, los diferentes pasos que conducen a la producción final de tres clases básicas de semilla: la semilla cruda, la semilla limpia, y la semilla clasificada.

Secado

El secado es una etapa muy importante del beneficio de la semilla, puesto que oculta los mayores riesgos de pérdida de la viabilidad y del vigor de las semillas. Su objetivo es reducir el contenido de humedad de las semillas hasta un nivel apropiado (10-11%) para su almacenamiento, y debe tardar en lograrlo no menos de dos días.

El sistema de secado dependerá, en buena parte, de los volúmenes de semilla que deben manejarse y de las condiciones ambientales imperantes en la época de madurez. El sistema más práctico y económico —siempre que el clima permita aplicarlo— es el secado natural que consiste en extender las semillas al sol o a la sombra, controlando la tasa de secado por medio del espesor de la capa de semilla (Figura 14): al sol, ésta debe ser de 30 ó 40 cm, como mínimo, y a la sombra, de 15 a 20 cm. En ambos casos —especialmente en el secado al sol— es necesario voltear el material cada dos o tres horas para permitir un secado uniforme, evitando así un calentamiento excesivo del interior de aquellas espiguillas cuyo contenido de humedad sea alto.

Aplicar sistemas de secado artificial es una labor difícil por el alto contenido de humedad —con frecuencia mayor del 50%— que posee el material al momento de la separación o trilla, humedad que compacta la masa de espiguillas e impide el paso uniforme de cualquier flujo de aire a través de ella.

Puede desarrollarse, no obstante, un sistema combinado de secado natural y artificial. Un secado inicial al sol es muy conveniente para extraer la humedad superficial de las espiguillas y mejorar así la porosidad de la masa de ese material; más tarde, el secado puede concluirse mediante métodos artificiales, haciendo circular aire seco a través de las semillas. Si se introducen tubos perforados, por los cuales circule el aire a presión, dentro de la masa de semillas, se aligera mucho la etapa de secado; la semilla a granel, por ejemplo, puede amontonarse formando cilindros desde cuyo centro, por los conductos perforados del tubo, se envía aire a presión. La altura del cilindro de semillas variará según el contenido de humedad de las semillas y la presión del aire insuflado.

Prelimpieza o desbrozado

La prelimpieza o desbrozado consiste en la separación de los contaminantes cuyo tamaño sea mayor que el de las espiguillas, como los trozos de tallo, las hojas, las piedras, y otros semejantes. Como resultado de esta operación, se reduce la cantidad de material inerte y se facilitan las etapas ulteriores de acondicionamiento de la semilla.

La prelimpieza se puede hacer de dos modos:

a mano, especialmente cuando forma parte de la cosecha manual (Figura 13); mecánicamente, por medio de una zaranda oscilatoria inclinada o de una zaranda cilíndrica.

La semilla cosechada con combinada convencional debe separarse en la prelimpieza mecánica. Un excéntrico mueve la zaranda oscilatoria inclinada, como se ilustra en la Figura 15. El diámetro de los orificios de la malla de esta zaranda debe ser de 1 plg² y su inclinación de unos 15°.

Limpieza

En esta operación puede emplearse de nuevo la zaranda oscilatoria inclinada (Figura 15) ya descrita en la etapa de prelimpieza, haciéndole dos modificaciones: primera, se sustituye la malla por otra de aberturas más pequeñas (aproximadamente 3/8 plg de diámetro); segunda, se establece, por medio de un ventilador, una corriente de aire bajo la malla

BENEFICIO



Figura 13. *Prelimpieza manual, hecha en el campo.*

Figura 14. *Secado natural y gradual de la semilla.*

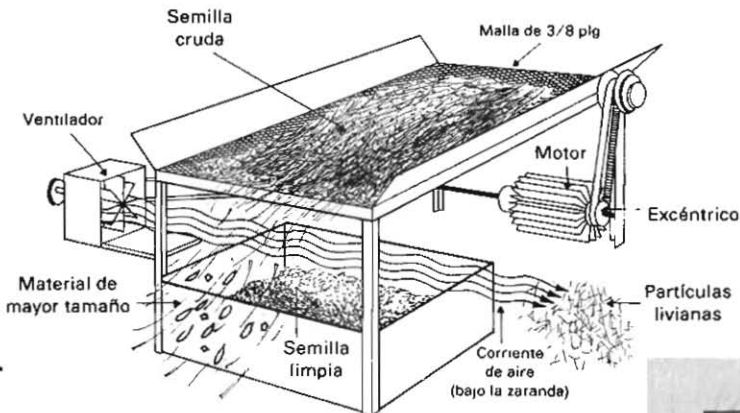


Figura 15. *Esquema de una zaranda oscilatoria inclinada dispuesta para la limpieza mecánica de la semilla; puede instalarse en el campo o en la planta de beneficio.*

Modelo experimental



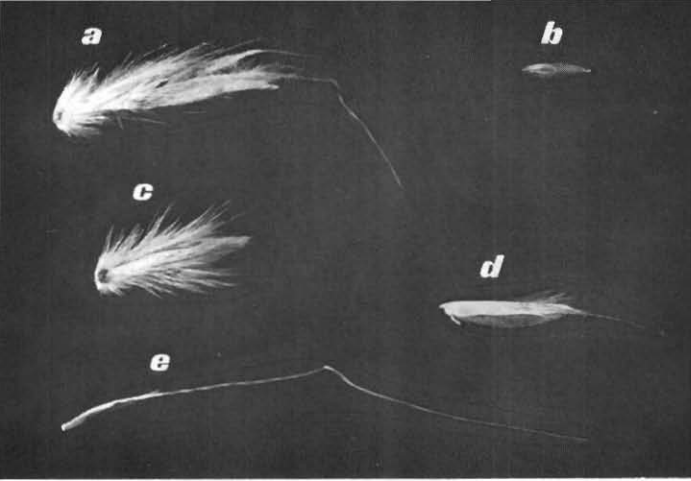


Figura 16. Componentes de una espiguilla individual de *A. gayanus*: a) el par de espiguillas que conforman la unidad de dispersión natural; b) la cariósipide; c) la espiguilla sésil; d) la espiguilla pedicelada; e) la arista.

BENEFICIO

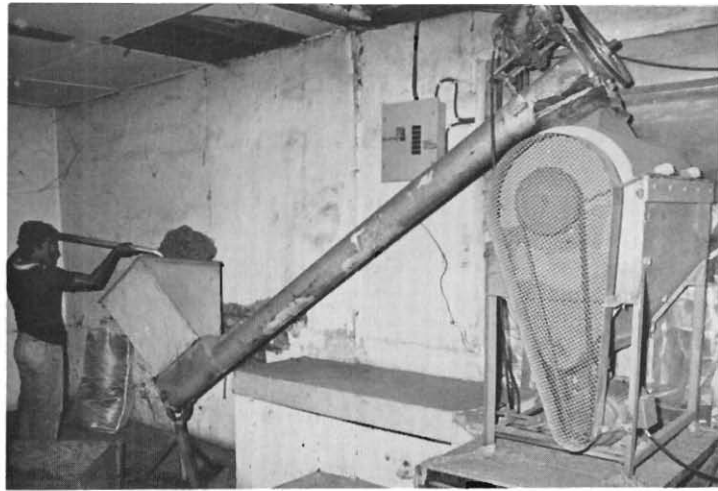


Figura 17. Modelo experimental de desaristadora de la semilla de *A. gayanus*.

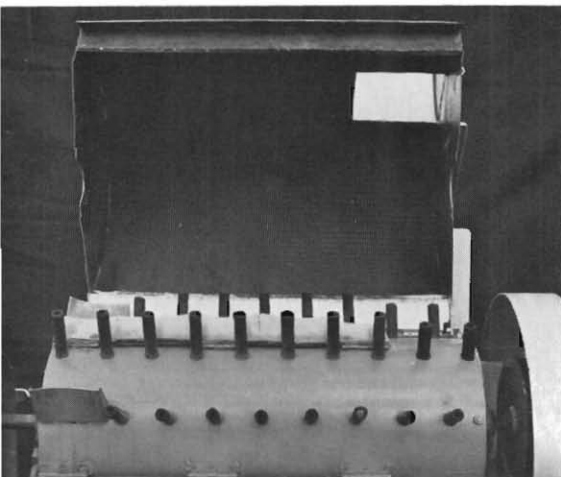


Figura 18. Cóncavo de caucho acanalado y cilindro con dedos de caucho, en la desaristadora de semillas.

para separar el material liviano. Además, se debe aumentar la velocidad del motor para que la zaranda vibre rápidamente.

Cuando la zaranda vibra a alta velocidad, la fricción de la masa de semillas contra la malla causa el desprendimiento de algunas aristas y espiguillas pediceladas, lo que equivale a efectuar un desaristado parcial de la semilla cruda. Enviando una corriente de aire bajo la zaranda de manera que pase a través del material que cae de la malla, se logra separar los componentes de ese material cuyo peso sea menor que el de las espiguillas con cariósipide, tales como aristas sueltas, espiguillas pediceladas, espiguillas sésiles vanas, pelusa, etc. Puesto que el material inerte de mayor tamaño que las espiguillas —pedazos de tallos y de hojas, fragmentos de tallos florales, y partículas grandes de suelo— ha sido separado previamente por la malla de la zaranda, el producto final de esta operación será, por consiguiente, una semilla limpia, de características intermedias entre las de la semilla cruda y las de la semilla clasificada.

Desaristado

La presencia de aristas y de pelusa en las espiguillas da lugar a la formación de cúmulos o aglomeraciones que se oponen al libre flujo de las mismas espiguillas a través de las limpiadoras convencionales; esas obstrucciones impiden el beneficio adecuado de las espiguillas.

El desaristado consiste, básicamente, en desprender de las espiguillas un buen número de aristas y en separar las espiguillas sésiles de las pediceladas (Figura 16). Esta operación, que mejora la fluidez del material y facilita así su clasificación, sólo se justifica en los siguientes casos:

- cuando se requiere semilla con suficiente fluidez y alto contenido de semilla pura para las siembras mecanizadas;
- cuando la semilla se destina a un mercado más exigente; o
- cuando es necesario reducir el espacio ocupado por la masa de semilla para disminuir los costos de transporte o de almacenamiento de ésta.

En el mercado corriente de semilla, el desaristado no siempre se practica.

Para evitar que se pierda la viabilidad de las semillas, el desaristado debe hacerse por fricción —no a golpes— en molinos de martillo modificados o en desbarbadoras debidamente adaptadas para ejecutar esta operación. Un modelo experimental de desaristadora con dedos de caucho, especialmente diseñada para esta labor (Figuras 17 y 18), fue descrita ya por García y Ferguson (1981). Sus componentes básicos

(Figura 19) pueden tomarse de otras máquinas y adaptarse a ella. La mayor parte de los lotes de semillas sometidos al desaristado en una máquina que funcione según estos principios no deben sufrir daños físicos que afecten la viabilidad de las semillas.

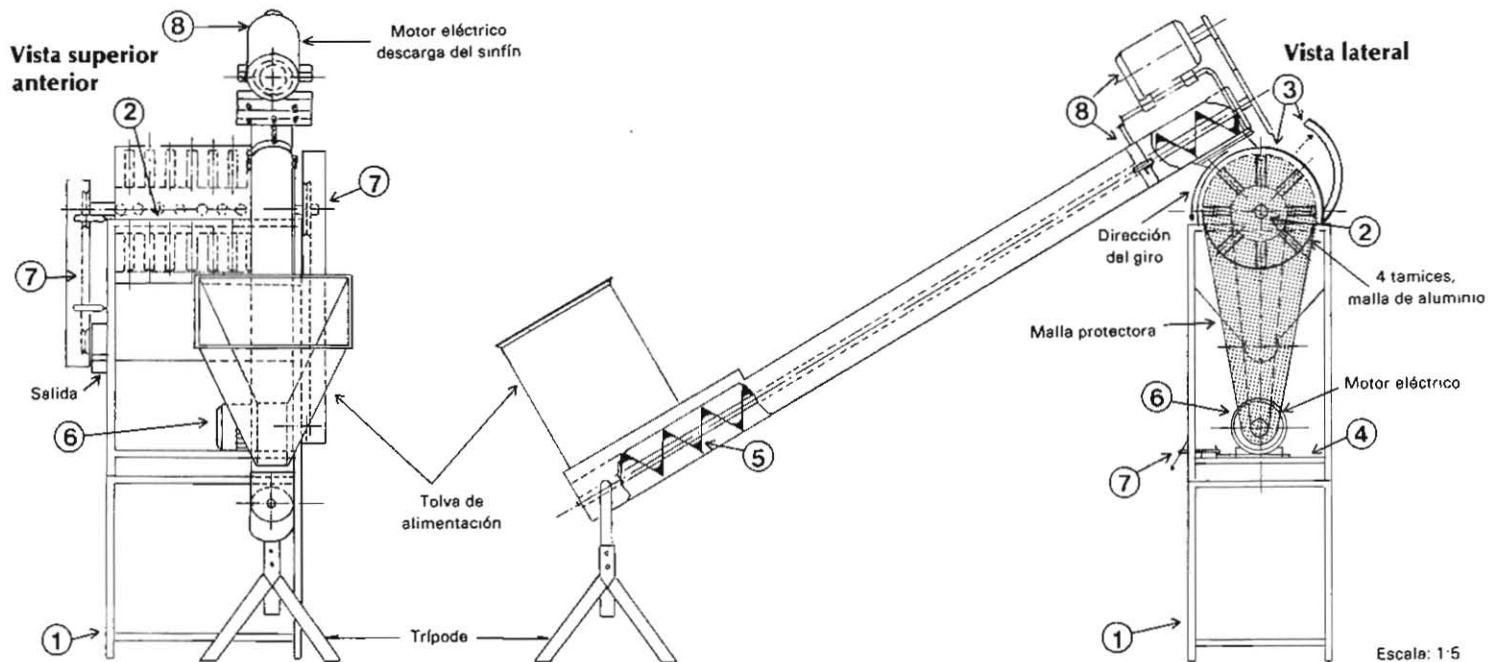
Durante el desaristado se libera una gran cantidad de pelusa y polvo que deben ser controlados para evitar molestias de tipo ambiental y para proteger la salud de los operarios. Los transportadores herméticos de modelo sinfín y las cámaras de sedimentación son muy eficientes en el transporte y manejo de material de esta clase —compuesto por semilla y contaminantes— e impiden que la pelusa y el polvo escapen al ambiente. Estos dos componentes mecánicos deben incorporarse a la línea de beneficio: el transportador como parte del sistema que alimenta la desaristadora y las cámaras como enlace entre la desaristadora y la limpiadora de aire con zarandas. Cuando no se dispone de esta maquinaria, la mínima solución que debe darse al problema de la contaminación del ambiente es establecer corrientes de aire limpio que protejan a los operarios.

Clasificación

La clasificación es, en realidad, la última etapa del beneficio de la semilla. Su eficiencia está estrechamente relacionada con el grado de limpieza y desaristado de las semillas. Su objetivo es remover, hasta el máximo posible, las aristas, las espiguillas pediceladas, algunas espiguillas vanas, y el polvo; éstos y otros contaminantes son de menor peso que la *semilla pura* —es decir, la espiguilla sésil con cariósipide— y se separan de ella por medio del aire. El residuo, es decir, otros materiales contaminantes, como los tallos partidos, las hojas y las malezas, también se separan aquí según su tamaño mediante un sistema de zarandas.

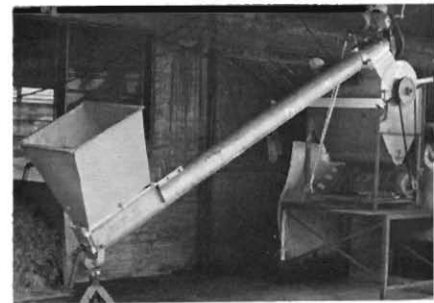
Las limpiadoras-clasificadoras convencionales con dos sistemas de aire y una o más zarandas (Figura 20) son las máquinas de clasificación de semilla más eficientes. El primer sistema de aire —que trabaja por succión— separa el polvo, la pelusa y otras partículas muy livianas del resto del material. El segundo sistema de aire —que actúa por presión dentro de una columna— retira las aristas y algunas espiguillas vanas. En la salida de estos sistemas de aire debe instalarse un ciclón o cualquier otro mecanismo de control del polvo.

La separación por tamaño puede hacerse con una sola zaranda desbrozadora, de preferencia grande y con mínima pendiente, que permita fácilmente el paso de las espiguillas. Un diámetro adecuado para las perforaciones de esta zaranda es $3/8$ plg.



- | | |
|---|---|
| 1 Estructura de soporte, en hierro | 6 Sistema accionador |
| 2 Cilindro con barras de caucho | 7 Sistema de ajustes: de la velocidad del cilindro, y de la criba |
| 3 Cóncavo, de caucho acanalado | 8 Sistema de descarga, de tipo sinfín |
| 4 Criba semicilíndrica, en malla de aluminio estirado | |
| 5 Sistema de alimentación, de tipo sinfín | |

Figura 19. Ocho componentes básicos de una desaristadora de semilla de *A. gayanus*. En la foto inferior una vista general del modelo experimental de la Fig. 17.



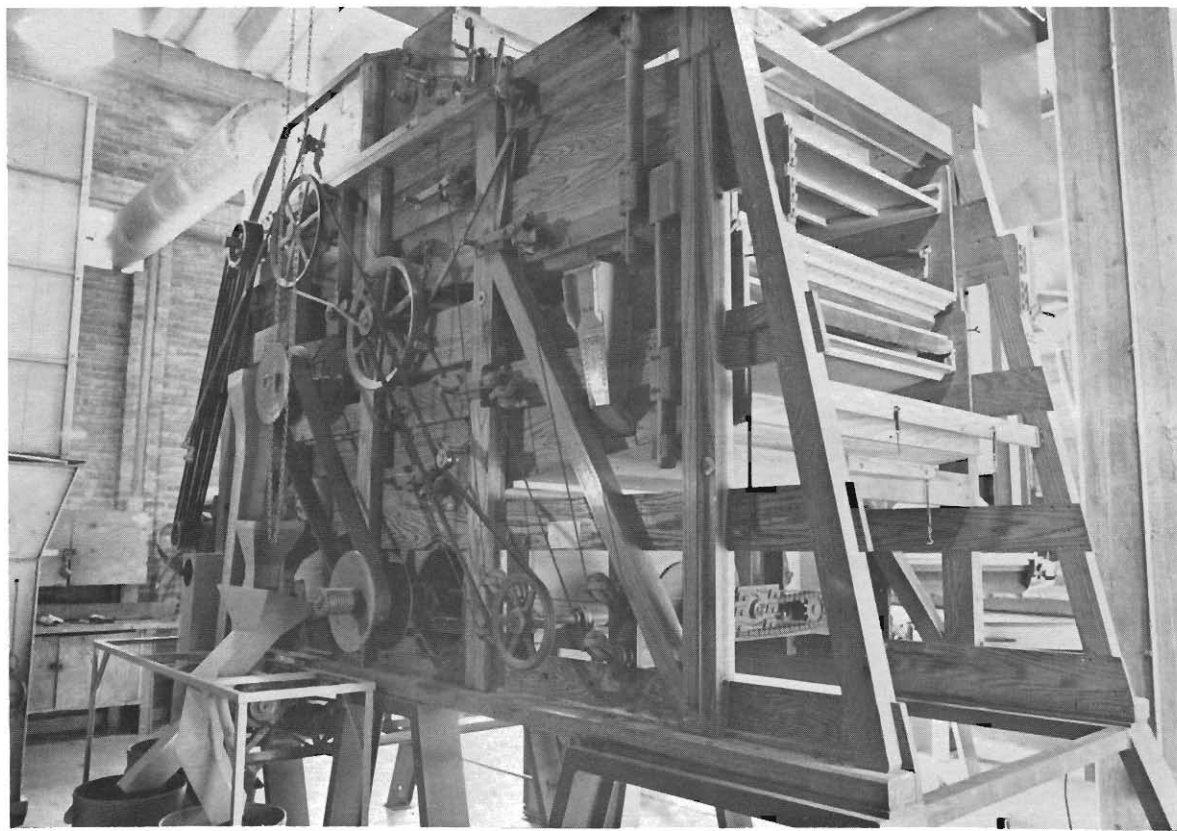


Figura 20. *Limpiadora-clasificadora con dos sistemas de aire, para el beneficio de la semilla de A. gayanus.*

La tasa de alimentación de estas limpiadoras-clasificadoras debe ser baja pero continua. El sistema de alimentación constará de un elevador hermético, de una tolva con un cilindro dentado, y de algunos agitadores que giren lentamente. La finalidad de tal sistema es proporcionar a la máquina una cortina de material suficientemente delgada que permita una separación eficiente de los componentes de ese material. La capacidad normal de esta máquina es de 30 a 40 kg/hr de material desaristado.

Las etapas de limpieza y clasificación representan el costo más alto de la operación de beneficio de la semilla, costo que puede reducirse si se considera que, generalmente, el beneficio de semillas termina en su limpieza. Los cambios que, finalmente, experimentan las características físicas de la semilla por causa de la limpieza, del desaristado, y de la clasificación se pueden apreciar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de las semillas cruda y clasificada de *A. gayanus*.

Composición	Semilla cruda		Semilla clasificada	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio
Del lote de semilla				
Semilla pura, en peso (%)	5-35	20	25-60	40
Materia inerte, en peso (%)	65-96	80	40-75	60
Contenido de espiguillas sésiles, en peso (%)	60-80	70	80-95	90
Peso/volumen (kg/m ³)	34-45	40	50-70	60
De las espiguillas sésiles				
Espiguillas con arista, en número (%)	70-90	80	5-30	20
Espiguillas llenas, en número (%)	10-40	25	30-60	40

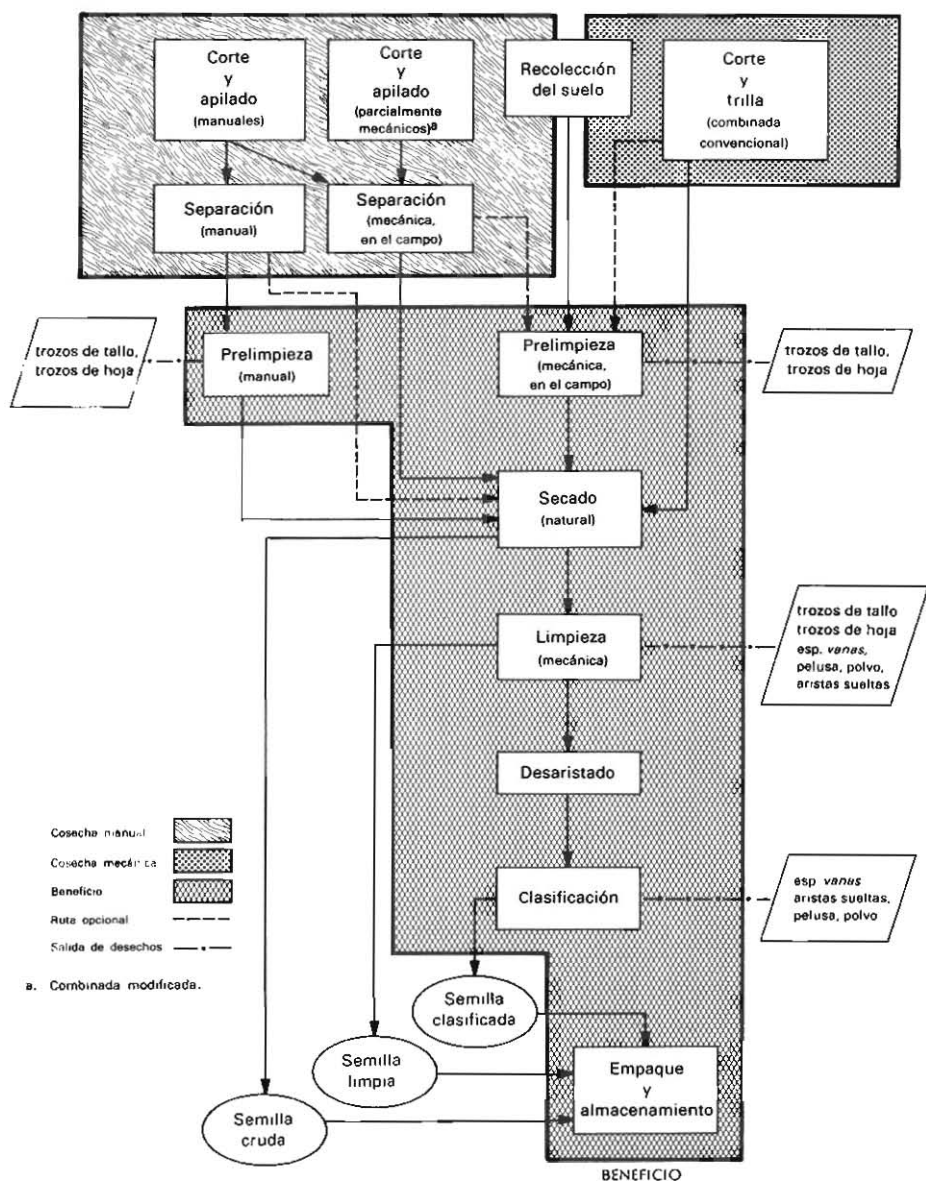


Figura 21. Alternativas de flujo en la cosecha y el beneficio de la semilla de *A. gayanus*. esp. vanas = espiguillas sésiles vanas y espiguillas pediceladas estériles.

Resumen

Hay métodos alternativos para llevar a cabo la cosecha y el beneficio de la semilla del pasto *Andropogon gayanus*, los cuales se describen esquemáticamente en la Figura 21.

La **cosecha** puede ser totalmente manual, totalmente mecánica, o también parcialmente mecánica cuando algunas de sus etapas se mecanizan. La cosecha manual ofrece los más altos rendimientos de *semilla pura* con un contenido aceptable de material inerte, y obtenida sin recurrir a ningún acondicionamiento mecánico. Este método de cosecha está restringido, sin embargo, a regiones donde haya mano de obra abundante y disponible. A pesar de sus propias limitaciones, la combinada convencional puede utilizarse si el cultivo, merced a un manejo previo adecuado, alcanza poca altura; no obstante, su rendimiento de semilla pura es reducido lo que eleva considerablemente el costo del beneficio.

Los métodos propuestos para mecanizar parcialmente la cosecha —como el uso de cortadoras y separadoras (zaranda oscilatoria) durante la operación— al igual que la recolección de la semilla del suelo por succión —con aspiradoras— no han sido suficientemente probados, hasta el momento, en el agro latinoamericano; ofrecen, sin embargo, alternativas promisorias a los productores de semilla que dispongan del equipo apropiado.

El **beneficio** que reciba la semilla de *A. gayanus* depende mucho del método de cosecha empleado y de la condición en que debe entregarse la semilla a sus consumidores, es decir, a los ganaderos. Si la semilla se destina a un mercado regional o para siembras manuales, bastará con someterla a las etapas de prelimpieza y de secado. Las etapas adicionales —la limpieza, el desaristado, y la clasificación— elevan mucho el costo de la semilla y sólo se justifican cuando se requiere que el contenido de semilla pura sea más alto y su fluidez mayor, condiciones que la disponen mejor para la siembra mecánica o que hacen más fácil y económico su transporte.

Del beneficio resultan tres clases de semillas:

- *Semilla cruda.* Es una clase de semilla de composición muy variable que se obtiene después de realizar la prelimpieza y el secado. Su composición depende mucho del grado de prelimpieza efectuado y sus características, en general, son las siguientes: poca fluidez, por la presencia de las aristas; baja relación peso/volumen: aproximadamente 40 kg/m³; bajo contenido de semilla pura: alrededor de 20-30%; y un contenido alto (70-80%) de materia inerte. Esta clase de semilla - -muy útil en los comercios locales donde se ofrece para la siembra manual- - es la que suele producirse con más economía.
- *Semilla limpia y semilla clasificada.* De estas dos clases de semilla, la primera ha cumplido la etapa adicional de limpieza y la segunda, además de la limpieza, ha pasado por cierta clasificación (Figura 22); por consiguiente, su costo es mayor. Comparadas con la semilla cruda, estas semillas tienen mayor fluidez; su relación peso/volumen (60 kg/m³) es más alta; su contenido de semilla pura (alrededor de 40-50%) es también mayor; y su contenido de materia inerte (50-60%) es menor. La semilla limpia y la semilla clasificada poseen un valor agronómico más grande, son adecuadas para la siembra mecanizada, y tanto su transporte como su almacenamiento son más fáciles. En la práctica, la mayor parte de los lotes de semilla poseen características intermedias entre las de la semilla cruda y aquéllas de la semilla clasificada.



Figura 22. *Semilla clasificada, producto final del beneficio de la semilla.*

Términos importantes

Para tratar el tema del acondicionamiento de semillas se requiere el uso estándar de varios términos específicos de la tecnología de semillas. Las espiguillas de *A. gayanus*, el material que se cosecha, y la morfología de las semillas de esa gramínea deben, pues, definirse con claridad.

1. **Análisis de pureza.** Este análisis consiste en una prueba de laboratorio hecha a un lote de semillas donde se define, según su peso, la proporción de tres componentes del lote: a) semilla pura, b) materia inerte, y c) otras semillas.
 - a. **Semilla pura.** Para *A. gayanus*, esta definición contiene, solamente, las espiguillas sésiles con carióspside, pero sin la arista y sin la espiguilla pedicelada; pueden llevar el entrenudo del raquis o carecer de él. También se consideran como semilla pura ya sea cualquier carióspside libre o ya las carióspsides bien formadas.
 - b. **Materia inerte.** Para *A. gayanus*, y según la definición a., se ha considerado que la materia (o material) inerte contiene los siguientes componentes: las aristas, las glumas, las lemas y las páleas sueltas; las espiguillas sésiles sin carióspside (o vanas); las espiguillas pediceladas; las partículas de materia extraña como piedras, arena o suelo; y otros residuos de material vegetal como fragmentos de tallo, de hoja, y de otras partes de la planta.
 - c. **Otras semillas.** En los lotes de semilla de *A. gayanus*, las otras semillas comprenden cualquier semilla ajena a las de esa gramínea, como las semillas de otros cultivos y las de las malezas, cuando unas y otras tengan más de la mitad de su tamaño normal.
2. **Carióspside** (= cariopsis). Es el fruto, seco e indehisciente, de una gramínea: proviene de un óvulo fertilizado (carpelo simple), y su pericarpio está unido a la semilla que guarda el embrión y el endospermo. En condiciones favorables, el embrión puede germinar y desarrollarse como una nueva plántula.
3. **Cultivar** (= variedad). Es una población genética estable con un grado particular de uniformidad —generalmente alto— y con una o más características de importancia agrícola. Tiene su origen en una línea experimental cuya evaluación ha sido sobresaliente; más tarde, durante el proceso de liberación, la línea se convertirá en un cultivar y su semilla, identificada con un nombre particular, estará a disposición de los agricultores.

4. **Desaristadora.** Máquina para despojar de las aristas a las espiguillas de las gramíneas.
5. **Desbrozar.** Acción de prelimpiar la semilla en una zaranda. Significa la separación física de las partículas de tamaño más grande que las espiguillas, especialmente los trozos de tallo y de hoja (la broza).
6. **Espiguilla.** La estructura básica de la inflorescencia de una gramínea, considerada vulgarmente como la semilla. En *A. gayanus*, la unidad de dispersión de la inflorescencia está formada por un par de espiguillas:
 - a. La *espiguilla sésil* (basal y más grande) compuesta por dos glumas, una lema, una pálea, tres estambres, dos estigmas, y un ovario con un solo óvulo; cuando ya se ha formado la carióspside, aquella equivale a la espiguilla llena, también denominada espiguilla con carióspside.
 - b. La *espiguilla pedicelada* (más pequeña) constituida por dos glumas, una lema, una pálea y tres estambres; no puede dar origen a una carióspside porque no tiene óvulo.
7. **Introducción** (= accesión). Material genético que se recibe de diversas fuentes como material básico en un programa de mejoramiento o en un banco de germoplasma.
8. **Términos locales o regionales útiles**

<i>Apilado</i>	Etapa de la cosecha manual de algunas gramíneas en la cual los tallos florales se colocan en montones de manera ordenada. Durante el apilado pueden ocurrir el sudado y el desprendimiento natural de las espiguillas.
<i>Atado</i>	(reg.) Gavilla, haz, o brazada de tallos florales cosechados en un cultivo.
<i>Burro</i>	(reg.) Montón levantado originalmente sobre una o varias armazones de madera construidas, cada una, con un travesaño y patas en sus extremos.
<i>Carpa</i>	(= lona, reg.) Tela fuerte con que se fabrican tiendas de campaña o "carpas".
<i>Corte</i>	(reg.). Acción de cortar los tallos florales de una gramínea para cosecharla.
<i>Pila</i>	Se refiere a los montones ordenados de tallos florales levantados en el campo durante la cosecha manual.
<i>Precorte</i>	Corte hecho a un cultivo para controlar su altura y mantenerla uniforme, con el fin de adecuarlo para la cosecha con máquina combinada.
<i>Separación</i>	Etapa de la cosecha manual en que las espiguillas ya desprendidas se separan del resto del material vegetal. Aunque guarda semejanza con la trilla, no fuerza, como ésta, el desprendimiento de las espiguillas.

<i>Sinfin</i>	Tornillo sinfín, sistema de acarreo que consta de un cilindro con resalto helicoidal externo que gira dentro de un compartimento tubular abierto en los extremos.
<i>Sobre- calentamiento</i>	(reg.). Recalentamiento.
<i>Soca</i>	(reg.) El residuo de las macollas de una planta o cultivo que, una vez hecho el corte de la cosecha, permanece anclado al suelo por las raíces.
<i>Sudado</i>	(= sudoración, traspiración). Nombre dado al fenómeno que puede ocurrir, dentro de la pila, durante el período inicial del apilado; consiste en que el medio alrededor de los tallos florales recientemente cosechados adquiere una alta humedad por su traspiración y una alta temperatura por su respiración. Cuando el sudado ocurre durante un corto tiempo (3-4 días) y sin que se presente un sobrecalentamiento extremo, favorece tanto el desprendimiento de las espiguillas como la maduración de un buen número de carióspsides inmaduras.
<i>Trillado</i>	Trilla, acción de separar las espiguillas de <i>A. gayanus</i> (el grano) de los tallos florales y otros residuos vegetales (la paja).

9. Símbolos y abreviaturas

cm	= centímetro
g	= gramo
h	= hora
ha	= hectárea
kg	= kilogramo
m	= metro
plg	= pulgada ("")
reg.	= regionalismo
RPM	= revoluciones por minuto

Referencias

- Ferguson, J. E. 1981. Perspectivas da produção de sementes de *Andropogon gayanus*. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, D.F. 3(1):175-193.
- García, D.A. y Ferguson, J. E. 1981. Desaristado mecánico de las semillas de *Andropogon gayanus*. En: Cuarto Seminario Nacional y Primer Congreso Colombiano de Ingeniería Agrícola. Bogotá; octubre 8-11, 1981. Memorias. Cosmos, Bogotá, Colombia. p. 42-43.
- Grof, B. 1981. The performance of *Andropogon gayanus*-legume associations in Colombia. J. Agric. Sci. Camb. 96:233-237.
- Haggard, R. J. 1966. The production of seed from *Andropogon gayanus*. Proc. Intern. Seed Test. Assoc. 31:251-259.
- Hopkinson, J. J. 1977. Sweating of grass seed. Queensland Seed Producers Notes. New series, no. 20. p. 12-16.
- Jones, C. A. 1979. The potential of *Andropogon gayanus* Kunth in the Oxisol and Ultisol savannas of Tropical America. Herb. Abstr. 49:1-8.