



## **Capítulo I**

# **Metodologías para la selección de materiales forrajeros**

Álvaro Rincón Castillo,  
Otoniel Pérez López,  
Óscar Pardo Barbosa,  
Raúl Alejandro Díaz Giraldo,  
Óscar Javier Cerinza Murcia,  
Mayra Alejandra Villalobos Bermúdez

En este capítulo se presentan los procedimientos que se deben cumplir para la selección de materiales forrajeros que se utilizarán en la alimentación de bovinos. Se inicia con la evaluación agronómica en pequeñas parcelas y se continúa con la multiplicación de semilla de los materiales seleccionados en la evaluación agronómica. Esta semilla es la que se empleará en el establecimiento de parcelas grandes para las pruebas con animales.

## Metodología 1: evaluación y selección de germoplasma forrajero en pequeñas parcelas

El objetivo de esta metodología es seleccionar nuevos materiales forrajeros según su adaptación a las condiciones de clima y suelo de cada región, para identificar atributos de alta producción, de buena calidad nutritiva y de tolerancia a plagas y enfermedades. Los materiales que pueden ser evaluados con esta metodología son los siguientes:

- ✎ Gramíneas forrajeras para pastoreo
- ✎ Gramíneas forrajeras para corte
- ✎ Leguminosas forrajeras para pastoreo
- ✎ Leguminosas arbustivas para corte o ramoneo

### Metodología

Para establecer experimentos de evaluación agronómica de materiales forrajeros se deben tener en cuenta las etapas que se presentan a continuación.

#### Época de siembra

Se recoge información sobre la distribución de lluvias de la región a fin de asegurar la humedad del suelo que se requiere para la germinación de las semillas o el rebrote del material vegetativo.



Se recomienda realizar la siembra al comienzo de la época de lluvias dado que si se hace en los meses más lluviosos, será más difícil la preparación de suelos y la siembra de los materiales forrajeros. Siembras tardías, que coincidan con la disminución de las lluvias, pondrán en riesgo el establecimiento de los experimentos.

## Muestreo de suelos

Es necesario recoger información sobre las características químicas (pH, materia orgánica, contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, aluminio, hierro, boro, cobre, zinc) y físicas (densidad aparente, densidad real, porosidad) de los suelos y determinar las concentraciones de minerales, la textura y los grados de compactación. Esta información se obtiene de análisis que se encargan a entidades de investigación como el Instituto Colombiano de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, universidades o laboratorios privados. Con los resultados se puede determinar la fertilización para el establecimiento y mantenimiento de los materiales forrajeros y la intensidad de labranza. Las muestras que se envían a análisis se toman a una profundidad de 0 a 20 cm para el establecimiento de especies forrajeras y de 0 a 30 cm para especies arbustivas.

## Preparación de suelos

La labranza se debe practicar a una profundidad de 25 a 30 cm con implementos como cinceles, vertedera o rastra pesada (Rincón & Caicedo, 2010). Posteriormente se hace un pase de pulidor a fin de dejar el terreno en condiciones adecuadas para la germinación de las semillas. La intensidad de labranza debe ser menor en suelos arenosos dada su mayor fragilidad. No se debe hacer sobrepreparación en ningún tipo de suelo ya que esto tiene efectos negativos en la estructura del suelo y aumenta su disposición a la erosión. La sobrepreparación del suelo también puede hacer que la semilla se profundice y se presenten problemas de germinación. En áreas con alta invasión de malezas es importante el control manual o químico antes de la siembra. En zonas donde no es posible la utilización de maquinaria para la preparación de suelos, primero es necesario hacer control de las malezas y luego preparar los suelos manualmente, de forma localizada en los sitios donde se va a sembrar la semilla o el material vegetativo.



## Fertilización

La que se debe hacer en el momento de la siembra depende de la concentración de minerales reportada en el análisis de suelos, cuya aplicación práctica se ilustra en el siguiente ejemplo. El análisis de un suelo ácido y franco-arenoso de la altillanura muestra que la materia orgánica tiene una concentración de 2 %, el fósforo (P) de 2 mg/kg, el potasio (K) de 0,04 cmol/kg, el calcio (Ca) de 0,3 cmol/kg, el magnesio (Mg) de 0,10 cmol/kg y el azufre (S) de 1,5 mg/kg. Todos los minerales presentan bajas concentraciones y por consiguiente es necesario aplicarlos mediante los fertilizantes reportados en la tabla 1. En este ejemplo se recomienda aplicar 40 kg/ha de P, de los cuales 50 % provendrá de un fertilizante de lenta a mediana disponibilidad como las escorias Thomas (4 % de P y 34 % de Ca) y el otro 50 % de uno de rápida solubilidad como el fosfato diamónico (19 % de P y 18 % de N). Como fuente de Ca y Mg se recomienda la cal dolomita (25 % de Ca y 7 % de Mg), y como fuente de S, el yeso agrícola (17 % de Ca y 14 % de S), fertilizantes ambos que además contribuyen con más Ca. Las escorias Thomas, la cal dolomítica y el yeso agrícola se pueden incorporar antes de la siembra (figura 2), mientras que el fosfato diamónico y el cloruro de potasio se aplican en el momento de la siembra. El N deberá incorporarse solamente en los experimentos con gramíneas, 30 y 60 días después de la siembra. Es importante tener en cuenta que esta fertilización es específica para un suelo ácido de la altillanura; en otras regiones puede variar de acuerdo con la fertilidad del suelo.

**Tabla 1.** Fertilización para el establecimiento de materiales forrajeros en condiciones de suelos ácidos de la altillanura colombiana

Elemento	Cantidad del mineral (kg/ha)	Fuente	Cantidad de la fuente (kg/ha)
Fósforo (P)	40	Escorias Thomas (50%)	500
		Fosfato diamónico (50%)	100
Potasio (K)	40	Cloruro de potasio	80
Calcio (Ca)	400	Cal dolomita	800
Magnesio (Mg)	30		
Azufre (S)	30	Yeso agrícola	214
Nitrógeno (N)	50	Urea	108

Fuente: Elaboración propia a partir Salinas et al. (1984)

La fertilización de mantenimiento se practica un año después de la siembra con la mitad de la fertilización de establecimiento.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 2.** Aplicación de los fertilizantes de establecimiento, antes de la siembra.

## Siembra

Las semillas de las accesiones que serán evaluadas se solicitan a los bancos de germoplasma de forrajes. En el caso de los tropicales, los materiales de interés se solicitan a Recursos Genéticos del CIAT y se establecen acuerdos de transferencia de materiales.

La profundidad de siembra depende del tamaño de la semilla. Las muy pequeñas (como en *Desmodium heterocarpon*, que tiene 500 semillas/g) deben colocarse a 1 cm de profundidad, y las semillas grandes (como en *Centrosema molle*, que tiene 32 semillas/g) no deben quedar a una profundidad superior a 2 cm. En cada sitio se colocan de dos a tres (figura 3). Sin embargo, esta cantidad puede variar de acuerdo con el porcentaje de germinación de cada lote de semillas. Después de ubicada la semilla en el terreno, esta se debe tapar y presionar para que tenga buen contacto con el suelo.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 3.** Siembra con semillas.

La utilización de material vegetativo en la siembra se presenta cuando no hay disponibilidad de semillas, y su uso se da principalmente en gramíneas de pastoreo (algunas accesiones de *Megathyrus maximus* y de *Urochloa*) y en todos los pastos de corte. Las leguminosas en su mayoría se siembran con semilla, salvo excepciones como *Arachis pintoii*, con la cual se pueden utilizar estolones o partes de tallos. Las gramíneas de pastoreo se siembran con cepas o parte de la planta con raíz (figura 4) y las gramíneas de corte, con tallos. La siembra de material vegetativo debe practicarse en días nublados en suelos con buena humedad para evitar deshidratación y muerte del material. Para la siembra de material vegetativo se recomienda utilizar material fresco, que no tenga más de un día de extraído, ya que si pasa más tiempo, el material se deshidrata y pierde la viabilidad.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 4.** Siembra con material vegetativo.

En el establecimiento de las plantas, se debe hacer control de malezas de forma manual, pero cuando la densidad es alta el control se puede realizar con herbicidas selectivos. Estos controles contribuyen al desarrollo inicial del material. Posteriormente, los controles se suspenden para determinar la capacidad de competencia de los materiales en evaluación.

## Diseño experimental

En todos los materiales, el diseño experimental se compone de bloques completos distribuidos al azar (BCA), con mínimo tres repeticiones o réplicas de cada tratamiento. Las áreas, distancias de siembra y cantidades de plantas en una parcela se presentan en la tabla 2.



**Tabla 2.** Aspectos para tener en cuenta en el establecimiento de experimentos de evaluación agronómica de materiales forrajeros en pequeñas parcelas

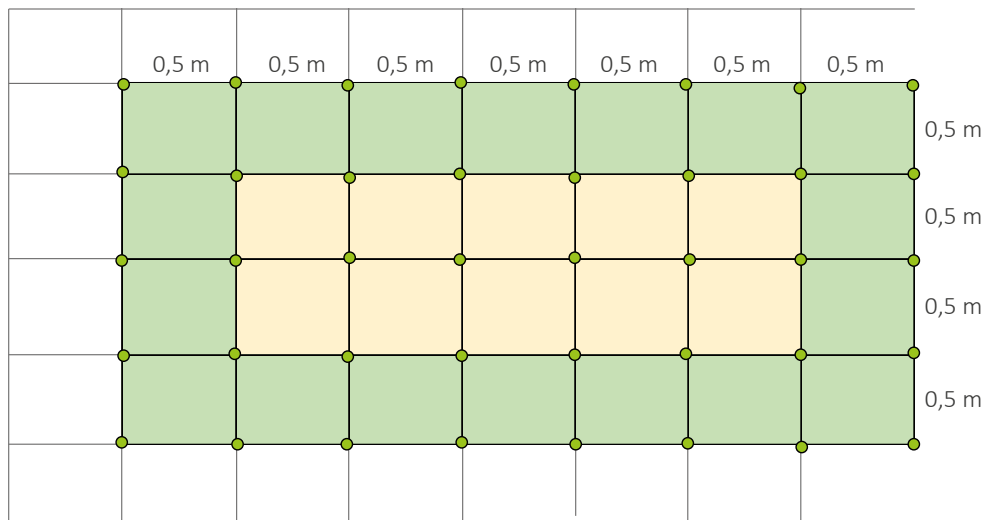
Característica	Gramíneas de pastoreo	Leguminosas de pastoreo	Gramíneas de corte	Leguminosas arbustivas
Diseño experimental	BCA*	BCA	BCA	BCA
Repeticiones (n.º de parcelas)	3 a 4	3 a 4	3 a 4	3 a 4
Área de cada parcela (m <sup>2</sup> )	7	7	16	18
Largo x ancho (m)	3,5 x 2	3,5 x 2	4 x 4	9 x 2
Distancia entre plantas (m)	0,5	0,5		1,0
Distancia entre surcos (m)	0,5	0,5	1	2,0
Surcos/parcela (n.º)	5	5	5	1
Plantas/surco (n.º)	6	6		10
Plantas/parcela (n.º)	30	30		10
Distancia entre parcelas (m)	2	2	2	1,5
Distancia entre repeticiones (m)	3	3	3	3

\* Bloques completos al azar.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se presenta el esquema de una parcela de gramíneas o leguminosas de pastoreo, la cual debe tener cinco surcos con una longitud de 3,5 m. La distancia entre cada surco es de 0,5 m y entre plantas de 0,5 m. De esta forma, se tendrán ocho plantas en cada surco y 40 en la parcela. El área de cada parcela o unidad experimental debe ser de 7 m<sup>2</sup> (3,5 m x 2 m) y la distancia entre parcelas, de 2 m y entre repeticiones, de 3 m. En pastos de crecimiento erecto y con alta capacidad de producir macollas, como las accesiones de *Megathyrsus maximus*, la distancia entre surcos y entre plantas puede aumentar a 0,7 o 0,8 m. Las evaluaciones deben realizarse en la parte central de la parcela para no muestrear plantas ubicadas en los bordes ya que por menor competencia, especialmente por luz, estas últimas generalmente presentan mayor desarrollo con respecto a las que se localizan en el centro.





▲ **Figura 5.** Detalle de una parcela con un área de 7 m<sup>2</sup> (3,5 m × 2m) y 40 plantas por parcela de gramíneas o de leguminosas herbáceas para pastoreo. El área sombreada en amarillo es el área de evaluación.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se presenta una parcela establecida en campo de leguminosas herbáceas.

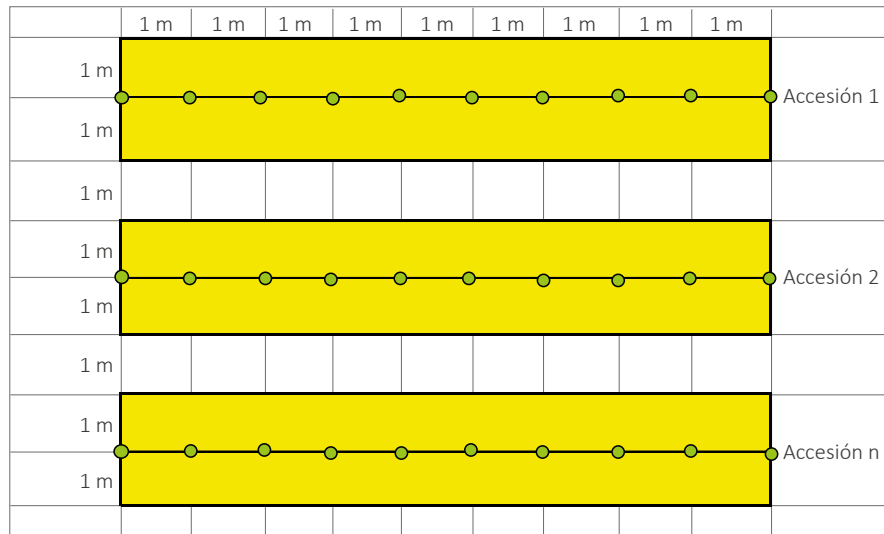


Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 6.** Parcela de una leguminosa herbácea a los 60 días después de la siembra.



Para la evaluación de leguminosas arbustivas, en cada unidad experimental se establecen diez plantas a una distancia de 1 m (figura 7). Por consiguiente, cada parcela tendrá un área de 18 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta una longitud de 9 m y un ancho de 2 m. La distancia entre cada parcela o unidad experimental debe ser de 1 m y de 3 m entre repeticiones.



▲ **Figura 7.** Parcelas y distancias de siembra para el establecimiento de experimentos de leguminosas arbustivas (una repetición).

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se presenta una parcela establecida en campo de leguminosas arbustivas.

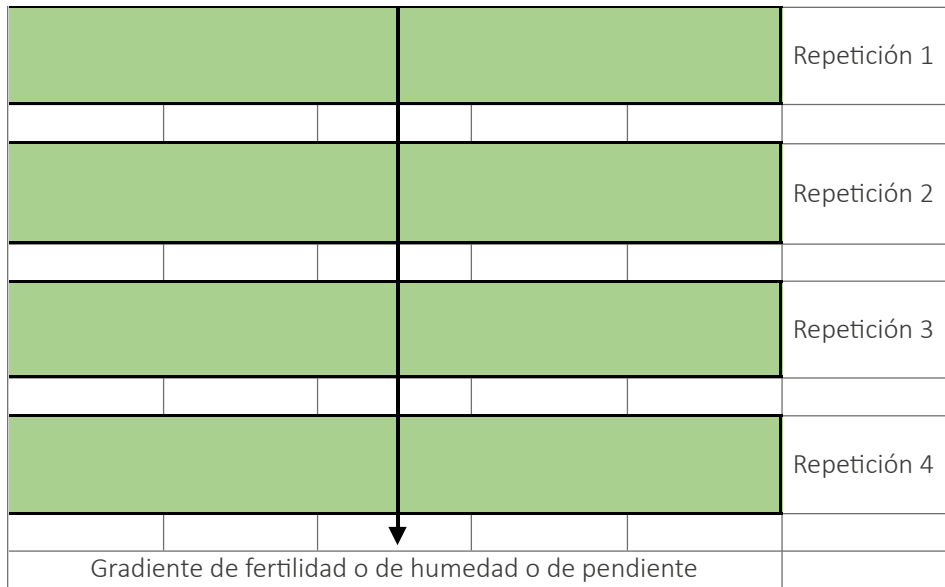


Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 8.** Parcelas de leguminosas arbustivas a los 60 días de sembradas.



Para la distribución de las repeticiones o bloques en el campo, es importante tener en cuenta los gradientes que se presenten en el terreno como la pendiente, la humedad del suelo o la fertilidad. Las repeticiones deben colocarse perpendiculares al gradiente (figura 9) (Toledo & Schultze-Kraft, 1982).



▲ **Figura 9.** Ejemplo de distribución de un experimento con cuatro repeticiones teniendo en cuenta los gradientes.

Fuente: Adaptado de Toledo y Schultze-Kraft (1982)

## Evaluación de gramíneas y leguminosas herbáceas para pastoreo

Una vez sembradas las especies forrajeras, se toma información sobre su establecimiento durante los primeros 56 días. Posteriormente, en la fase de producción de los materiales forrajeros, se continúan las evaluaciones. Con la información obtenida se pueden seleccionar las accesiones de mejor comportamiento agronómico.

### En fase de establecimiento

La germinación se evalúa a los 20 y 28 días después de la siembra y se da en porcentajes, con un valor de 100 si germinan las 40 plantas sembradas. Se hacen tres observaciones por parcela y en la totalidad de cada una se evalúa la cobertura de la accesión con porcentajes,



el vigor con valores de 1 a 4 (donde 1 es bajo vigor y 4 buen vigor) y la altura de la planta con centímetros. La altura (cm) se mide desde la superficie del suelo hasta donde llegue la mayor proporción de hojas sin estirarlas. Estas tres medidas se toman a los 28, 42 y 56 días después de la siembra (tabla 3).

La estimación de la cobertura del pasto es un indicador importante para determinar el establecimiento y persistencia de una especie forrajera. Hay métodos clásicos para su estimación, los cuales se realizan de forma visual, no son muy exactos y tienden a ser subjetivos (Haydock & Shaw, 1975; Mendoza & Lascano, 1985), ya que la precisión del dato medido depende del “ojo” del evaluador, que si es experimentado puede tener una alta precisión, pero si tiene poca experiencia, el resultado presentará mayor incertidumbre. Actualmente existen nuevas herramientas tecnológicas y metodologías de análisis como el sensoramiento remoto satelital o aerotransportado con drones, el aprendizaje automático (*machine learning*) y otras técnicas de inteligencia artificial (Kharuf et al., 2018). Estas herramientas han permitido desarrollar un método para analizar imágenes digitales y estimar el porcentaje de cobertura verde por medio de *software* de cómputo y aplicaciones para teléfonos móviles. Con los avances realizados en el Centro de Investigación (C. I.) La Libertad de AGROSAVIA, se ha podido estimar la cobertura verde en diferentes ecotipos de pasto de *Megathyrus maximus* a partir de imágenes tomadas por drones y algoritmos de aprendizaje Random forest, con los que se han obtenido resultados preliminares satisfactorios. Dentro de las diferentes aplicaciones para teléfonos inteligentes que existen para estimar la cobertura verde, se destaca la *app* Canopeo, desarrollada por la Universidad Estatal de Oklahoma (Patrignani & Ochsner, 2015) y disponible gratuitamente tanto en Android (Google) como en iOS (Apple). Las imágenes son tomadas con la cámara del teléfono y se analizan en tiempo real para determinar el porcentaje de cobertura verde a partir de los valores de los colores rojo, verde y azul (RGB, por las iniciales de los colores en inglés) (Chhetri & Fontanier, 2021).

## En fase de producción

Con un buen establecimiento de las accesiones, el corte de uniformización se realiza con guadaña manual (figura 10) o con otro elemento como hoz o tijeras, 60 días después de la siembra. El material cortado debe ser retirado de la parcela. Las evaluaciones se hacen 21, 28, 35 y 42 días después del corte de uniformización. Este proceso se repite tres veces durante la época de lluvias y dos veces en la temporada seca, por un periodo de dos años.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 10.** Corte de uniformización con guadaña.

Las evaluaciones visuales de cobertura, altura, vigor, ataque de plagas o enfermedades y deficiencias nutricionales o toxicidades, se realizan en toda la parcela. Para la evaluación de la producción de forraje se ubica un marco de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m × 0,5 m) en el área de evaluación de la parcela sin incluir los bordes (tabla 3).

**Tabla 3.** Evaluaciones de gramíneas y leguminosas de pastoreo durante las fases de establecimiento y producción

Evaluación	Momento de evaluación
<b>Fase de establecimiento</b>	
Germinación (%)	20 y 28 días después de la siembra
Cobertura (%)	28, 42 y 56 días después de la siembra
Altura (cm)	28, 42 y 56 días después de la siembra
Vigor (1 a 4)	28, 42 y 56 días después de la siembra
Corte de uniformización	60 a 90 días después de la siembra
<b>Fase de producción</b>	
Cobertura (%)	21, 28, 35 y 42 días después de la uniformización (tres veces en época de lluvias y dos en temporada seca, durante dos años).
Altura (cm)	
Vigor (1 a 4)	
Ataque de plagas y enfermedades	
Deficiencias nutricionales y toxicidades	
Producción de forraje (kgMS*)	

\* Kilogramo de materia seca.

Fuente: Elaboración propia



La muestra de forraje se corta dentro del marco a una altura que dependerá del hábito de crecimiento de los forrajes. En plantas de crecimiento postrado, la altura de corte será de 15 a 20 cm y en las de crecimiento erecto, de 25 a 30 cm. La muestra se pesa inmediatamente y después se obtiene una submuestra de aproximadamente 200 g para secarla en estufa a una temperatura de 60 °C durante 72 horas. La submuestra seca se pesa en una balanza de precisión para determinar proporción de materia seca del forraje.

## Evaluación de gramíneas y leguminosas para corte

Las gramíneas y leguminosas que se utilizarán para corte y posterior suministro a los animales deben cumplir un proceso de selección que se inicia en la fase de establecimiento (la cual abarca desde la germinación hasta los primeros 70 días de desarrollo). Posteriormente continúan las evaluaciones en la fase de producción, que se extienden durante un periodo de dos años.

### En fase de establecimiento

En esta fase se realizan evaluaciones de plantas emergidas, con medición de altura y vigor, 42, 56 y 70 días después de la siembra. El corte de uniformización se lleva a cabo 90 días después de la siembra.

### En fase de producción

Por ser materiales de crecimiento erecto, no se evalúa cobertura. La altura de planta se toma en tres de las seis plantas de cada parcela, sin incluir los extremos. Vigor, ataque de plagas y enfermedades, deficiencias y toxicidades se evalúan en todas las plantas. Las evaluaciones en la fase de producción se hacen 42, 56 y 70 días después del corte de uniformización en una de las seis plantas de la parcela que no esté en los bordes o extremos. El forraje cortado estará compuesto por hojas y tallos tiernos desarrollados después del corte de uniformización (tabla 4). Este proceso se repite tres veces en la época de lluvias y dos en la temporada seca, durante dos años.



**Tabla 4.** Evaluaciones de gramíneas y leguminosas para corte durante las fases de establecimiento y de producción

Evaluación	Momento de evaluación
<b>Fase de establecimiento</b>	
Germinación (%)	20 y 28 días después de la siembra
Altura (cm)	42, 56 y 70 días después de la siembra
Vigor (1 a 4)	42,56 y 70 días después de la siembra
Corte de uniformización	90 días después de la siembra
<b>Fase de producción</b>	
Altura (cm)	42, 56 y 70 días después de la uniformización (tres veces en época de lluvias y dos en temporada seca, durante dos años).
Vigor (1 a 4)	
Ataque de plagas y enfermedades	
Deficiencias nutricionales y toxicidades	
Producción de forraje (kgMS*)	

\* Kilogramo de materia seca.

Fuente: Elaboración propia

El corte de uniformización y evaluación de gramíneas como los pastos de corte del género *Pennisetum* se realiza de 0 a 5 cm por encima nivel del suelo. En otros géneros de crecimiento erecto como *Megathyrsus maximus* el corte se practica a una altura de 25 a 30 cm. En leguminosas arbustivas como *Cratylia argentea*, *Desmodium velutinum* o *Acacia diversifolia*, el corte se hace a una altura de 30 a 50 cm (tabla 5).

**Tabla 5.** Altura para el corte de uniformización y evaluación de producción de forraje

Especie forrajera	Altura de corte (cm)
Gramíneas y leguminosas de crecimiento postrado	15 a 20
Gramíneas y leguminosas de crecimiento erecto o semierecto	25 a 30
Leguminosas arbustivas	30 a 50
Pastos de corte	0 a 5

Fuente: Elaboración propia



## Evaluación de plagas y enfermedades

En el manual para evaluación agronómica de forrajes publicado por el CIAT, se hace una buena descripción de las principales plagas y enfermedades que afectan a los forrajes (Lenne, 1982; Calderón, 1982). En el capítulo II de esta publicación se encuentra una descripción más detallada de este tema. La plaga de mayor impacto en las gramíneas es el mion o salivazo (*Aeneolamia* sp.), aunque se pueden presentar otras plagas como el gusano ejército (*Mocis* sp.) y las hormigas arrieras (*Atta* sp. o *Acromyrmex landolti*). En las leguminosas se ha observado mayor ataque de crisomélidos. En cuanto a las enfermedades, en gramíneas el mayor problema es la pudrición de la raíz por ataque de hongos como *Fusarium* sp. o *Rhizoctonia* sp., mientras que en leguminosas es la pudrición del cuello de la raíz causada por *Phytophthora*, especialmente en *Centrosema* sp. En la tabla 6 se presenta una guía para la evaluación del nivel de daño de plagas y enfermedades (Lenne, 1982; Calderón, 1982).

**Tabla 6.** Nivel de daño de plagas y enfermedades en especies forrajeras

Nivel de daño	Plagas	Enfermedades
1	Presencia de algunos insectos, la parcela no presenta áreas foliares consumidas	5 % de plantas afectadas
2	Daño leve: 1 a 10 % de follaje consumido	5 a 20 % de plantas afectadas
3	Daño moderado: 11 a 20 % de follaje consumido	20 a 40 % de plantas afectadas
4	Ataque grave: más de 20 % de follaje consumido	Mas de 40 % de plantas afectadas

Fuente: Toledo y Schultze-Kraft (1982)

Al finalizar la fase de evaluación agronómica, en la que se eligen los materiales promisorios para continuar con el proceso de selección, se recomienda tener un día de campo con los productores de la región, para presentarles los resultados obtenidos, mostrarles los materiales preseleccionados y escuchar sus apreciaciones y recomendaciones, que deberán ser tenidas en cuenta en el proceso de evaluación.



## Metodología 2: multiplicación de semilla de materiales seleccionados

El objetivo de esta metodología es disponer de semilla de las accesiones preseleccionadas para dar continuidad a los experimentos con animales.

La fase reproductiva de las gramíneas forrajeras se inicia con el alargamiento del tallo, que conduce a la aparición de flores y posteriormente a la formación de semilla. Se suceden modificaciones en los puntos de crecimiento, y los primordios foliares no se desarrollan como hojas sino como futuros órganos florales. En algunas regiones donde se planea su introducción, se ha observado que las gramíneas de pastoreo no producen semillas debido a factores de clima y a que el fotoperiodo es el factor más determinante para su producción. Esto es bastante común en la Orinoquia, pero no tanto en el Cauca o el Caribe seco, donde algunas accesiones de *Urochloa* sí producen semilla. La evaluación del potencial de producción de semilla es tan importante como el potencial de producción y calidad de forraje, ya que una accesión de alta productividad y buen comportamiento en determinada región, tendrá limitantes para su adopción si no se dispone de semilla comercial.

Dadas las dificultades que a veces se presentan para la producción comercial de estas semillas, la capacidad de producirlas debe ser un factor de suma importancia para la selección de materiales forrajeros.

El proceso de floración, que suele darse de forma habitual en una época definida, responde al estímulo de algunos factores ambientales, principalmente la extensión del día y la temperatura (Muslera Pardo & Ratera García, 1984). Estos factores, junto con el manejo de los campos de multiplicación (que incluye uniformización, fertilización y cosecha), determinan el éxito o fracaso de la producción de semilla de pastos.

Los materiales preseleccionados, luego de dos años de evaluación agronómica, deben continuar su evaluación bajo pastoreo, para lo cual es necesario establecer parcelas grandes que permitan la entrada de animales. Para poder establecer estas parcelas, se debe multiplicar la semilla de los materiales promisorios, razón por la cual, en las últimas etapas de la evaluación agronómica, es importante seguir y evaluar el potencial de producción



de la semilla y determinar el momento en que inicia la etapa reproductiva, la cual puede variar entre los géneros y especies forrajeras. Con esta información se podrán programar las diferentes actividades de manejo del cultivo y cosecha de semillas.

## Multiplicación de semilla de gramíneas forrajeras

Las labores de adecuación de las áreas para multiplicación de semillas de especies del género *Urochloa* (anteriormente *Brachiaria*) incluyen uniformización y fertilización al comienzo de las lluvias y cosecha dos o tres meses después de la uniformización. En subespecies de *Megathyrus maximus*, la uniformización y fertilización también se pueden llevar a cabo al inicio de la época de lluvias, pero en algunas accesiones la cosecha de semillas se puede realizar varias veces al año, dada la capacidad que tienen de producir inflorescencias de forma permanente.

El establecimiento de los campos de multiplicación se puede realizar con semillas o material vegetativo. El área depende de la disponibilidad de material de multiplicación, aunque se recomienda establecer al menos 1.000 m<sup>2</sup> del material preseleccionado.

Las actividades para la multiplicación de semillas de gramíneas forrajeras son las que se presentan a continuación.

### Uniformización

La primera actividad que se debe llevar a cabo para la producción de semilla de gramíneas es la uniformización o emparejamiento de los campos de multiplicación, con el fin de sincronizar la emisión de inflorescencias y la cosecha y de este modo reducir la falta de uniformidad en la producción y maduración de la semilla. La uniformización puede hacerse con guadaña manual en áreas pequeñas y con guadaña accionada por tractor en áreas grandes. Pueden utilizarse otros implementos como la cegadora e incluso bovinos si no se dispone de maquinaria.



## Fertilización

La fertilización para la producción de semillas de gramíneas forrajeras influye directamente en los rendimientos obtenidos. Las dosis de nutrientes deben ajustarse a las propiedades del suelo en donde se establecerá el semillero. La época de fertilización depende del inicio de las lluvias y de la fecha de uniformización. La provisión adecuada de nitrógeno durante la fase vegetativa favorece la formación de macollas y con ello la densidad de inflorescencias, lo que conduce a mayores rendimientos de semillas. En términos generales se considera que las gramíneas tropicales producen mayor cantidad de semilla cuando reciben de 100 a 150 kg de nitrógeno por hectárea, cantidad que se acompaña de una fertilización básica de P, K, Mg y S (Rincón & Bueno, 1997).

## Cosecha

La decisión de iniciar la recolección debe apoyarse en visitas diarias al campo de multiplicación y en muestreos tomados al azar. Cuando las semillas tienen una consistencia pastosa y se desprenden con alguna facilidad del tallo floral, se debe iniciar la recolección de forma mecánica con combinada o manualmente. Como las áreas son pequeñas en esta etapa de multiplicación de semillas de materiales preseleccionados, se recomienda practicar la cosecha manual, la cual se describe a continuación.

Los tallos florales son cortados con hoz (figura 11a) y posteriormente apilados para que la semilla complete la maduración y se facilite su desprendimiento del raquis (figura 11b), en un proceso denominado “sudado”. Las panículas cortadas se colocan ordenadamente en montones horizontales o pilas de un mismo sentido a una altura aproximada de 80 cm. La pila de sudado se construye sobre un plástico para recoger las semillas que se alcancen a desprender en el proceso. La pila, una vez terminada, se tapa con material vegetal compuesto de hojas del mismo pasto. Pilas muy grandes limitan la ventilación, lo cual puede afectar el proceso de sudado (Ferguson, 1984).





Fotos: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 11.** Cosecha de semilla de gramíneas forrajeras. a. Corte de tallos florales de *Megathyrsus maximus* con hoz; b. Formación de pila de “sudado” con los tallos florales cortados.



En el proceso de sudado, la temperatura de la pila se eleva a 50 °C sin que esta tenga efectos nocivos en la semilla. En pilas muy altas (con una altura superior a 80 cm) y compactadas, que dificulten la ventilación, se han registrado temperaturas de 70 °C, lo cual afecta notablemente la viabilidad de la semilla. La atmósfera dentro de la pila cambia significativamente durante el sudado; los niveles de dióxido de carbono se elevan desde 0,003 % (contenido normal) hasta aproximadamente 20 %, y los niveles de oxígeno disminuyen de 20 % (considerado lo normal) hasta proporciones que no pueden medirse (Hopkinson, 1977). La semilla debe permanecer cuatro días dentro de la pila; si esta última se abre antes, las espiguillas no se desprenderán fácilmente, y si se abre después, posiblemente se presentará una actividad fungosa excesiva. Después del “sudado” de la semilla en la pila, sigue la trilla, que se efectúa con una zaranda de malla fina que solo permite el paso de las espiguillas, las cuales se desprenden fácilmente del raquis al dar golpes suaves en la zaranda. La semilla obtenida viene con alta humedad del campo, por lo que es necesario iniciar de inmediato el proceso de secado.

## Manejo de postcosecha

El manejo de las semillas después de la cosecha es otra etapa importante del proceso, ya que es entonces cuando ocurren los mayores daños en su viabilidad. Las semillas de gramíneas presentan un alto contenido de humedad (cerca de 50 %) al momento de la cosecha y se encuentran aún en actividad fisiológica. Por ello, un aumento de temperatura o una acumulación de gases, dos accidentes a los que se exponen las semillas almacenadas en depósitos a granel o en los sacos de polipropileno en espera del secamiento, es suficiente para reducir drásticamente su calidad (Hopkinson, 1977).

## Secado

La semilla cosechada manual o mecánicamente recibe una prelimpieza de tallos, hojas y otros materiales en la trilla (separación de las espiguillas de los tallos florales) y en el proceso de secado, para que este último sea más rápido. El objetivo del secado es reducir el alto contenido de humedad con el que vienen las semillas del campo, de modo que alcance un 10 % y estas se puedan almacenar. Un sistema de secado que ha dado óptimos resultados es el que se realiza bajo techo, con capas de semillas de un espesor máximo de 20 cm sobre piso de cemento. Allí las semillas se someten a constante movimiento mediante el uso de palas o trinchos durante el tiempo que se necesite para que disminuya la humedad. El proceso de secado puede ser más



rápido cuando se utiliza un secador de aire a 40 °C. El ventilador envía el aire a una resistencia y luego a unos compartimentos o cajones de madera donde se encuentra la semilla dispuesta en capas de 20 cm de espesor. Este espesor permite la circulación del aire, el cual penetra por la base de estos cajones, conformada por una lámina metálica perforada. Las semillas permanecen en este secador durante 48 horas, tiempo durante el cual la humedad baja a 12% (esta se puede determinar con un medidor de humedad de granos). Al finalizar este proceso se obtiene la semilla cruda-seca lista para su clasificación. La mayor causa de pérdida de germinación de las semillas es su alta humedad durante el almacenamiento.

## Clasificación

La semilla cruda-seca trae consigo semillas vanas y de malezas, pedazos de plantas (tallos, hojas), tierra e insectos, por lo que es necesario clasificarla para retirar estas impurezas. Esta práctica se lleva a cabo con una máquina “clasificadora”, con aire y zarandas accionadas por un motor eléctrico o de gasolina. La máquina separa este material de la semilla pura o clasificada, cuyo porcentaje será de 40 a 50% del total de semilla cruda-seca cosechada. Se deben hacer de tres a cinco pases o clasificaciones a cada lote para lograr una pureza superior a 90 %. Se ha visto que algunos materiales de gramíneas presentan bajo potencial de producción de semilla pura en condiciones cercanas al ecuador, donde la duración del día y la noche es similar. Si bien en tales condiciones los materiales producen abundante cantidad de tallos florales, de 70 a 90 % de la semilla cosechada es vana o carece de embrión.

## Almacenamiento

La alta humedad relativa, asociada a temperaturas altas, reduce drásticamente la calidad de la semilla en cuanto a viabilidad, germinación y vigor. Por esta razón, durante el almacenamiento la semilla producida debe mantenerse lo más fría y seca posible, para que no pierda la capacidad de germinación y el vigor. A fin de que el almacenamiento sea exitoso, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Harrington, 1968):

- ✎ Humedad de la semilla de 10 a 12%
- ✎ Humedad relativa de 50%
- ✎ Temperatura de 15 °C



La semilla clasificada y seca se almacena al medio ambiente en sitios secos y con buena ventilación, libres de insectos y roedores. En el caso particular de *U. humidicola* cv. Llanero, la semilla se cosecha en julio y se empaca en sacos de polipropileno hasta febrero del año siguiente, que es cuando ha completado de siete a ocho meses de almacenamiento y ha entrado en estado de latencia. Las semillas del género *Urochloa* deben ser escarificadas para mejorar la germinación mientras que las de *Megathyrsus* no necesitan este proceso.

## Latencia en semillas de gramíneas forrajeras

La latencia es un proceso que ocurre en la mayoría de las gramíneas tropicales, que hace que las semillas viables no germinen pese a estar bajo condiciones adecuadas para ello en cuanto a agua, oxígeno y temperatura. Este proceso tiene lugar en los primeros meses de poscosecha, cuando la semilla entra en un estado de reposo en forma natural que coincide con la época seca. Sin embargo, la latencia desaparece cuando empieza la época de lluvias y es entonces cuando la semilla está lista para la siembra y para una buena germinación.

Después de tres meses de cosechada, la semilla presenta una viabilidad de 70 % y solamente una germinación de 0 a 5 %, lo cual se explica por la existencia de una barrera fisiológica. Sin embargo, algunos trabajos realizados con *U. decumbens* (Fisher & Kerridge, 1998) indican que los tegumentos actúan como una barrera física que impide la entrada de agua y el intercambio de gases como el oxígeno y el CO<sub>2</sub>, de tal manera que además de una barrera fisiológica, existiría una barrera física que impide la germinación.

La escarificación de las semillas consiste en romper su barrera física o fisiológica. Se han probado varios métodos para mejorar la germinación con escarificación mecánica (lija), cambios de temperatura y química (nitrato de potasio al 0.2 %, ácido giberélico, peróxido de hidrógeno, ácido sulfúrico). Los mejores resultados se han obtenido con escarificación química basada en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Este procedimiento consiste en mezclar cuatro kilos de semillas clasificadas de gramínea forrajera como el pasto Llanero con 500 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en una concentración de 90 %, durante un tiempo de 25 a 30 minutos, e inmediatamente después lavarlas con abundante agua y ponerlas a secar. Con este tratamiento se pierde aproximadamente 25 % del peso de la semilla clasificada. Normalmente la escarificación de la semilla se realiza cuando la latencia está llegando a su



fin, después de 7 a 8 meses de permanecer en este estado, entre febrero y marzo. De esta manera las semillas estarían en condiciones de germinar en las siembras que se realizan a comienzos de la época de lluvias (abril).

La semilla escarificada y empacada en sacos de polipropileno o en bolsas plásticas de un kilogramo se almacena en un cuarto frío que brinde las condiciones de humedad y temperatura mencionadas anteriormente. De no almacenarla en estas condiciones, se corre el riesgo de bajar su calidad ya que los embriones pueden morir por la exposición a las altas temperaturas y a la humedad propia de la región.

### Análisis de calidad de las semillas

La calidad de las semillas es un término que se refiere a varios atributos físicos, fisiológicos y sanitarios de un lote (Sánchez, et al 1989). El análisis de semillas se hace con el fin de medir estos atributos mediante pruebas de laboratorio principalmente.

**Condición física:** Para medir la condición física se hace un análisis de pureza a una muestra representativa del lote. En esta prueba se determina el contenido de semilla pura (espiguillas que poseen cariósipide), de material inerte y residuos vegetales, y de semillas de otras especies (malezas). La pureza se mide en 200 g del lote, en los cuales se separan las semillas llenas, las semillas vanas, las partes de planta como pedazos de hojas y tallos, y las otras semillas. Estos componentes se pesan por separado. Una muestra de 200 g con 160 g de semilla llena de la especie forrajera tiene 80 % de pureza. Esta prueba se puede hacer en tres repeticiones.

**Condición fisiológica:** Se mide mediante pruebas de germinación, viabilidad y emergencia. La información obtenida da un estimado del potencial o capacidad del lote de semillas para desarrollar plántulas. Las pruebas fisiológicas se realizan con la fracción de semilla pura obtenida del análisis de la condición física.



- ✿ *Prueba de germinación:* Se hace bajo condiciones adecuadas para la germinación de las semillas en cuanto a luz, temperatura ambiental y humedad del suelo. En un recipiente (materia, germinador plástico) que contenga un sustrato, se colocan cien semillas a una profundidad de 1 cm en condiciones de luz natural y humedad que permitan la germinación. A los 7, 14 y 21 días se cuentan las plántulas que lograron germinar. Con la información obtenida se obtiene el porcentaje de germinación del lote de semillas.
- ✿ *Prueba de viabilidad.* Da información sobre las cariósides que están vivas en el lote de semillas. Es común obtener una alta viabilidad y una baja germinación, lo que constituye un indicativo de semilla en latencia. Esta prueba se hace con el objeto de determinar rápidamente la viabilidad de las semillas que normalmente germinan con lentitud o presentan latencia. La prueba se lleva a cabo con tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio), un compuesto incoloro que da a las semillas una coloración roja cuando entra en contacto con sus células vivas. Con un bisturí, las semillas se dividen a lo largo en dos partes iguales de modo que quede expuesto parte del embrión, se impregnan de tetrazolio y se dejan en completa oscuridad durante seis horas a una temperatura de 30 °C. Las semillas que al cabo de este proceso tengan el embrión de color rojo serán las que están vivas, mientras que aquellas que lo tienen blanco o de color natural son las que están muertas.
- ✿ *Prueba de emergencia:* Se hace en las condiciones de suelo y clima en las que se va a establecer el pasto. Su procedimiento y evaluación es similar a la prueba de germinación, pero en este caso la luz, la temperatura y la humedad no se controlan. Las plántulas que emergen dan una información más real de la calidad de la semilla, puesto que la prueba semeja una siembra directa en campo.

Los resultados obtenidos de forma individual sobre la condición física y fisiológica de un lote no son suficientes para interpretar si una semilla es de buena o mala calidad. Es necesario, por tanto, integrar estos dos conceptos y obtener un índice compuesto que se expresa como “semilla pura germinable” o valor cultural. Este valor resulta de multiplicar el porcentaje (por peso) de pureza por el porcentaje (por número) de germinación y dividirlo por 100.



## Evaluación de producción de semilla

La información que se debe tomar en la fase reproductiva de las gramíneas forrajeras se presenta en la tabla 7. Los días de inicio de la floración, máxima floración y momento de la cosecha se cuentan a partir del corte de uniformización de la gramínea. El periodo reproductivo de las gramíneas forrajeras es variado porque algunas especies de *Urochloa* son más precoces (con una duración de cuatro meses) y otras son más tardías (con un periodo reproductivo de cinco meses).

**Tabla 7.** Evaluaciones en el periodo reproductivo de gramíneas forrajeras

Evaluación	Momento de evaluación
Inicio de floración, número de días después de la uniformización	De acuerdo con la especie
Máxima floración, número de días después de la uniformización	De acuerdo con la especie
Número de tallos florales en cada planta	Máxima floración
Longitud del tallo floral (m)	Máxima floración
Número de racimos en cada espiga	Máxima floración
Porcentaje de inflorescencias atacadas por enfermedades	Máxima floración
Número de espiguillas en cada racimo	Momento de cosecha
Número de semillas en cada espiguilla	Momento de cosecha
Número de semillas llenas	Momento de cosecha
Producción de semilla cruda	Momento de clasificación
Producción de semilla pura	Momento de clasificación
Producción de semilla vana	Momento de clasificación
Peso de 100 semillas	Después de clasificación
Cantidad de semillas en un gramo	Después de clasificación
Porcentaje de germinación a los 7, 14 y 21 días	De 6 a 7 meses después de cosecha (por latencia de semillas)

Fuente: Elaboración propia

## Multiplicación de semilla de leguminosas forrajeras

Las leguminosas de crecimiento erecto o postrado como las de los géneros *Stylosanthes* y *Desmodium* se pueden establecer en campos de multiplicación cuya área depende de la disponibilidad de semilla de los ecotipos seleccionados.



En las leguminosas de crecimiento voluble como *Centrosema* y *Pueraria*, es necesaria la construcción de tutores para obtener mayor producción y facilitar la cosecha. Para la siembra de estas leguminosas, se establecen surcos separados por una distancia de 2 a 3 m y con una distancia entre plantas de 1 m (figura 12). En el caso de las leguminosas arbustivas, la distancia de siembra entre surcos y entre plantas es de 2 a 3 m. El cultivo debe manejarse adecuadamente con nutrición mineral; es necesario, por tanto, conocer la concentración de minerales en el suelo a fin de suplir las deficiencias con fertilización. Generalmente las leguminosas son muy atacadas por crisomélidos, que deben ser controlados cuando la afectación del área foliar supera el 20 %. Las leguminosas entran en su fase reproductiva a final de las lluvias, el llenado de las vainas ocurre en época seca (enero o febrero) y se observa alto vaneamiento cuando hay estrés hídrico. Para solucionar este problema, debe considerarse el riego en estos meses secos. Los géneros de la mayoría de leguminosas, como *Centrosema*, *Cratylia* y *Stylosanthes*, poseen los órganos masculinos y femeninos en la misma flor, por lo que en ellos se da la autopolinización, si bien se puede presentar polinización cruzada mediante insectos como abejorros o abejas. Si se establecen accesiones del mismo género, es posible que se presente polinización cruzada, lo que dará origen a nuevos materiales por cruzamiento y afectará la genética del material original. Por consiguiente, se recomienda sembrar las accesiones en campos de multiplicación separados.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 12.** Campo de multiplicación de semilla de *Centrosema macrocarpum*.



## Metodología 3: pruebas con los materiales seleccionados para evaluar el efecto del bovino sobre la planta

El objetivo de esta metodología es determinar la respuesta de los materiales forrajeros preseleccionados al pisoteo, corte, ramoneo y consumo por parte de los bovinos, y establecer la capacidad de rebrote y persistencia bajo pastoreo.

Como continuación del proceso de selección de los materiales forrajeros preseleccionados en los experimentos de evaluación agronómica, se deben establecer experimentos para determinar el efecto de los bovinos en los materiales forrajeros promisorios. Una vez terminada la evaluación agronómica, los materiales pueden ser sometidos a pastoreo mediante “pruebas de cafetería” para determinar de forma preliminar la preferencia de consumo de los animales (figura 13). En las pruebas de cafetería, los animales tienen a su disposición todos los materiales forrajeros que fueron evaluados agronómicamente. Después de un tiempo corto de pastoreo no superior a un día, el investigador determina las accesiones de mayor consumo, y esto constituye una característica importante para tener en cuenta en el proceso de selección.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 13.** Pastoreo preliminar en las parcelas de evaluación agronómica para determinar preferencia de consumo de los animales.



Dado que esta metodología involucra experimentos de pastoreo con mayor costo y altos requerimientos de semillas, fertilizantes, cercas, bebederos y animales, el número de materiales que se establecen debe ser bajo. Por ejemplo, si se inician evaluaciones agronómicas con 25 accesiones de leguminosas, al cabo de dos años deben preseleccionarse las dos o tres mejores para las pruebas bajo pastoreo. En esta fase se evalúan gramíneas puras o leguminosas asociadas con gramíneas y se deben incluir al menos dos épocas lluviosas y dos secas. Por consiguiente, el tiempo requerido para esta evaluación es de dos años, incluidas siembra, adecuación para pastoreo y evaluaciones.

## Establecimiento

Las prácticas para el establecimiento de los materiales deben seguir las recomendaciones ya descritas para el establecimiento de las evaluaciones agronómicas. Se empieza con muestreo de suelos para análisis químico y físico, labranza profunda, control inicial de malezas, fertilización según concentración de minerales en suelo y siembra.

Las semillas de los materiales preseleccionados en las pruebas agronómicas deben someterse a una prueba de germinación para determinar su calidad. Además, se debe saber cuántas corresponden a un kilo de semillas. En la tabla 8 se presentan ejemplos para determinar la densidad de siembra de dos gramíneas (Toledo y *Urochloa brizantha* 26124 cv. Caporal) y dos leguminosas (*Centrosema macrocarpum* y *Centrosema molle*). Nótese que el tamaño de las semillas de estos materiales es diferente, lo cual se puede apreciar en la cantidad de semillas contenidas en 1 kg. Por consiguiente, *C. macrocarpum* necesita una densidad de siembra mayor que *C. molle*, lo mismo que Toledo con respecto a *U. brizantha* 26124 cv. Agrosavia Caporal. En el ejemplo de la tabla, la cantidad de plantas deseadas se calculó para el establecimiento de asociaciones de *Centrosema* con las gramíneas forrajeras mencionadas, lo que dio como resultado un estimado de 50.000 plantas/ha de cada leguminosa y 50.000 de cada gramínea. En caso de sembrar gramínea pura, la densidad de siembra tendrá que duplicarse.



**Tabla 8.** Densidad de siembra de acuerdo con germinación y cantidad de semilla en 1 kg de algunas gramíneas y leguminosas

Información de la semilla	<i>Centrosema macrocarpum</i>	<i>Centrosema molle</i>	Pasto Toledo	<i>B. brizantha</i> CIAT 26124 cv. Agrosavia Caporal
Semillas en 1 kilo (100 % pureza)	18.000	32.000	100.000	222.000
Semillas en 1 kilo (90 % pureza)	16.200	28.800	90.000	199.800
Semillas germinables en 1 kilo de leguminosa (60 % germinación)	11.340	17.280		
Semillas germinables en 1 kilo de gramínea (30 % germinación*)			27.000	59.940
Semillas emergidas descontando pérdidas de 25 % en siembra	8.505	12.960	20.250	44.955
Población deseada (plantas/ha)	50.000	50.000	50.000	50.000
Densidad de siembra (kg/ha)	5,9	3,9	2,5	1,1

\* En gramíneas se considera que un lote de semilla presenta una germinación adecuada cuando esta es superior a 30 %.

Fuente: Elaboración propia

## Diseño experimental

Los tratamientos de gramíneas puras o asociadas con leguminosas pueden ser distribuidos en bloques completos al azar (BCA) o en un diseño de parcelas divididas. Por ejemplo, si se han seleccionado tres gramíneas como promisorias en las evaluaciones agronómicas, estas pueden distribuirse en BCA con tres replicaciones. Para ver las ventajas de los ecotipos seleccionados, en los tratamientos debe incluirse el testigo que utilizan los productores. En caso de seleccionar leguminosas, estas deben establecerse en asociación con gramíneas de forma aleatoria. Para establecer una buena asociación de gramínea y leguminosa, es importante considerar el hábito de crecimiento de las especies. Leguminosas de crecimiento erecto o voluble (por ejemplo, *Stylosanthes* o *Centrosema*) se deben asociar con gramíneas de crecimiento erecto o semierecto (*U. brizantha*, *U. decumbens*), y leguminosas de crecimiento postrado (*Arachis pintoii*, *Desmodium heterocarpon*) pueden asociarse con gramíneas de crecimiento postrado, erecto o semierecto (*U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. humidicola*, *M. maximus*, *Cynodon*). Como ilustración se presenta un ejemplo de dos ecotipos de *Centrosema* preseleccionados, asociados con dos gramíneas en una distribución de parcelas divididas con tres repeticiones (figura 14):



🌿 Parcela principal: gramínea (*U. brizantha* y *U. decumbens*) con un área de 3.000 m<sup>2</sup>

🌿 Subparcela: leguminosa (*Centrosema 1* y *Centrosema 2*) con un área de 1.500 m<sup>2</sup>

🌿 Área total del experimento: 1,8 ha

Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		
<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 1</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 2</i>	<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 2</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 1</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 1</i>	<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 2</i>	50 m
<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 2</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 1</i>	<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 1</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 2</i>	<i>U. decumbens</i> <i>Centrosema 2</i>	<i>U. brizantha</i> <i>Centrosema 1</i>	50 m
30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	30 m	

▲ **Figura 14.** Distribución de asociaciones de gramíneas + leguminosas en parcelas divididas con tres repeticiones para evaluar efecto del animal sobre los forrajes.

Fuente: Elaboración propia

## Manejo del pastoreo

Para tener buen control en el pastoreo, todas las parcelas y subparcelas se deben separar con cerca eléctrica o convencional. Cada potrero debe estar conectado con broches para poder hacer la rotación de los animales y tener acceso a bebederos en cada potrero. La carga animal se calcula de acuerdo con la disponibilidad de forraje y en ella es importante considerar animales volantes para incluirlos en la rotación cuando sea necesario. En este ejemplo el pastoreo se puede hacer con tres o cuatro animales de 250 a 300 kg de peso inicial cada uno, los cuales rotarán en los doce potreros de forma secuencial, con un periodo de ocupación de dos a tres días y uno de descanso de 22 a 33 días.



## Evaluaciones

Treinta días después de la siembra se evalúa el establecimiento con el fin de determinar competencia con malezas y si es necesario hacer resiembra. La evaluación de la población de cada especie se lleva a cabo en un marco de 0,25 m<sup>2</sup>, con tres observaciones por cada tratamiento en las tres repeticiones. A los 30 y 60 días del establecimiento se evalúa altura de plantas y cobertura. Una vez iniciado el pastoreo, de 60 a 90 días después de la siembra, los animales se rotan una o dos veces por todos los tratamientos, para observar comportamiento de las especies bajo pastoreo.

Las evaluaciones en cada tratamiento se llevan a cabo tres veces en época lluviosa y dos en temporada seca, antes de iniciar periodo de ocupación, y en ellas se mide cobertura, altura, ataque de plagas y enfermedades, composición botánica, producción y calidad nutritiva del forraje (tabla 9). La composición botánica se mide con el fin de determinar proporción de gramíneas, leguminosas y otras especies bajo pastoreo. Para esta evaluación debe seguirse la metodología para evaluación de disponibilidad de forraje y composición botánica (ver capítulo II). En este experimento no se evalúa la respuesta en ganancia de peso animal o la producción de leche; el objetivo es determinar el comportamiento de las especies forrajeras frente a la presencia del bovino.

**Tabla 9.** Evaluaciones para determinar efecto del bovino sobre los materiales forrajeros

Evaluaciones	Momento de evaluación
<b>En establecimiento</b>	
Población de especies	A los 30 días de la siembra
Altura de planta (cm)	A los 30 y 60 días de la siembra
Cobertura (%)	A los 30 y 60 días de la siembra
<b>Bajo pastoreo</b>	
Altura de planta (cm)	Tres veces en época lluviosa y dos veces en seca, antes de iniciar periodo de ocupación.
Cobertura (%)	
Ataque de plagas y enfermedades (1 a 4)	
Composición botánica (%)	
Producción de forraje (kgMS*/ha)	
Calidad nutritiva (proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, degradabilidad, P, Ca, Mg, S, K)	Una vez en época lluviosa y una vez en seca, antes de iniciar periodo de ocupación.

\* Kilogramo de materia seca.

Fuente: Elaboración propia



## Metodología 4: pruebas con materiales seleccionados para evaluar su efecto en la producción de carne o leche en bovinos

El objetivo de esta metodología es determinar la respuesta en productividad de carne o leche, de animales alimentados con los materiales forrajeros seleccionados como promisorios.

### Con forrajes de pastoreo

Con el o los materiales seleccionados por mejor desempeño en las pruebas para evaluar el efecto del animal sobre los forrajes, se desarrollan los experimentos para determinar la productividad de carne o leche en bovinos. El periodo de duración es de mínimo dos años, con dos épocas lluviosas y dos secas. En esta fase se establecen potreros con un área mayor, y en la evaluación se incluye al menos un material, el cual debe ser comparado con un testigo comercial de la región.

### Establecimiento

En la labranza, densidad de siembra, fertilización y control de malezas se siguen las mismas recomendaciones descritas anteriormente, con el propósito de tener praderas bien establecidas (figura 15). En regiones como los Llanos Orientales, en la fase de establecimiento es importante hacer control de hormigas, especialmente en el momento de emergencia de las plántulas. Si no se realiza, el experimento puede fracasar debido al daño que ocasionan las hormigas al cortar las plántulas. De igual forma, es necesario tener la información actualizada del comportamiento de la precipitación en la región. El establecimiento de estos experimentos es costoso y por fallas en la época de siembra u otros aspectos relacionados con esta actividad, la liberación de un material forrajero se puede demorar un año más con el consecuente incremento de costos.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 15.** Gramíneas forrajeras establecidas para la evaluación con animales.

## Diseño experimental

Generalmente se selecciona el mejor ecotipo de gramínea o leguminosa para el establecimiento de las pruebas en producción animal. En caso de ser una gramínea, se evalúa junto con el testigo comercial; si se trata de una leguminosa, esta se siembra en asociación con la gramínea de uso comercial en la región y se incluye el mismo testigo de la gramínea sin asociación con leguminosa.

En la figura 16 se presenta la distribución de los tratamientos de gramínea seleccionada y gramínea testigo, en bloques completos distribuidos al azar con tres repeticiones. En este ejemplo, el área de cada potrero o unidad experimental es de 1,5 ha, donde se puede tener en pastoreo un número representativo de animales (por ejemplo, 1,5 ha × 3 repeticiones × 2 animales/ha = 9 animales en cada tratamiento). Estos tratamientos deben separarse con cerca eléctrica o convencional para facilitar el manejo del pastoreo. Por la variabilidad existente entre animales, la información puede ser más confiable si se aumenta el área y la cantidad de animales (Amézquita, 1986).



Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Gramínea seleccionada	Gramínea testigo	Gramínea seleccionada	100 m
Gramínea testigo	Gramínea seleccionada	Gramínea testigo	100 m
150 m	150 m	150 m	

▲ **Figura 16.** Distribución de tratamientos en BCA con tres repeticiones para evaluar efecto de los forrajes sobre la productividad animal.

Fuente: Elaboración propia

## Manejo del pastoreo

Los bovinos en los pastos establecidos pueden ser para producción de carne o leche. Lo más recomendable para obtener información en un tiempo más corto, y por mejor respuesta y facilidad de manejo, es evaluar la producción de carne bovina, aunque la decisión debe tomarse de acuerdo con el sistema de producción predominante en la región. En este ejemplo se tendrá en cuenta la producción de carne.

Para el pastoreo se debe tener un grupo de animales por cada tratamiento o material forrajero. En el ejemplo, se tienen dos grupos de bovinos: uno para la gramínea seleccionada y otro para la gramínea testigo. Como cada unidad experimental tiene un área de 1,5 ha, el total de las tres repeticiones equivaldrá a 4,5 ha. La capacidad de carga en cada pasto se calcula de acuerdo con la disponibilidad de forraje. El grupo de animales para la gramínea seleccionada y para la gramínea testigo debe ser uniforme en raza y con edades y pesos similares; esto es importante tenerlo en cuenta para reducir el error experimental por variabilidad entre animales (Amézquita, 1986). El peso inicial promedio debe ser de 250 kg/animal, con un



rango de 230 a 270 kg/animal. Los bovinos deben permanecer en el experimento hasta alcanzar su peso de sacrificio. Para evitar inconvenientes en el manejo se recomienda utilizar animales castrados.

La carga animal es la cantidad de bovinos que pueden pastar en determinada área y está relacionada con la disponibilidad de forraje. Se ha determinado que el consumo diario de un novillo es de 12 % de su peso vivo; por consiguiente, un bovino de 300 kg consumirá 36 kg/día de forraje verde o 10,8 kg/día de forraje seco (en promedio, un forraje de 30 días de rebrote tiene 30 % de materia seca). La carga animal en una pradera se puede expresar en kg de peso vivo/ha o en unidad animal/ha (U.A./ha). En la Orinoquia, una U.A. equivale a 400 kg de peso vivo.

Si el área disponible de cada pasto en el total de las tres repeticiones es de 4,5 ha (1,5 ha × 3 repeticiones), los animales de cada grupo rotarán con un periodo de ocupación aproximado de 14 días y 28 días de descanso. Con una capacidad de carga de 2 U.A./ha en época lluviosa (800 kg de peso vivo), se necesitarían 3 animales/ha de 250 kg. Sin embargo, esta cantidad de animales puede variar de acuerdo con la región, el potencial de producción de los materiales y el forraje disponible. Regiones con suelos más fértiles producirán más forraje de mejor calidad y por tanto se necesitarán más animales experimentales. Se debe disponer de un área adicional de pastos para ubicar los animales volantes que se necesitan para ajustar cargas. Esto es muy importante en regiones donde el forraje disminuye por estrés hídrico en la época seca. Todos los animales deben poder consumir sal mineralizada a voluntad y tener el manejo sanitario exigido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Para el suministro de agua, debe construirse la red hídrica con manguera conductora de agua y bebederos ubicados en las divisiones de modo que sirvan para dos potreros (figura 17). Por buenas prácticas ganaderas, los animales no pueden acceder a agua de caños u otras fuentes naturales.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 17.** División de potreros para evaluación de materiales forrajeros bajo pastoreo.

## Evaluaciones

Las evaluaciones en cada tratamiento se llevan cabo tres veces en época lluviosa y tres en temporada seca, antes de iniciar periodo de ocupación, y en ellas se mide cobertura, altura, ataque de plagas y enfermedades, composición botánica y producción de forraje (tabla 10). La duración de esta fase es de mínimo dos años, tiempo que permite disponer de información sobre ganancia de peso en los dos grupos de animales (uno por cada tratamiento). Para la evaluación de praderas debe seguirse la metodología presentada en el protocolo para la evaluación de disponibilidad de forraje y composición botánica. Se recomienda hacer uno o dos pastoreos para estandarización de pasturas y acostumbramiento de animales a la dieta. Se practica luego un pesaje inicial de los animales y posteriormente se vuelven a pesar cada 56 días.



**Tabla 10.** Evaluaciones para determinar efecto de materiales forrajeros en la producción de carne o leche bovina

Evaluaciones	Momento de evaluación
En el establecimiento	
Población de las especies	A los 30 días de la siembra
Altura de la planta (cm)	A los 30 y 60 días de la siembra
Cobertura (%)	A los 30 y 60 días de la siembra
Bajo pastoreo	
Altura de la planta (cm)	Tres veces en temporada lluviosa y dos en época seca, antes de iniciar periodo de ocupación.
Cobertura (%)	
Ataque de plagas y enfermedades (1 a 4)	
Composición botánica (%)	
Producción de forraje (kgMS*/ha)	
Calidad nutritiva (proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, degradabilidad, P, Ca, Mg, S, K)	Una vez en temporada lluviosa y una en época seca, antes de iniciar periodo de ocupación
Ganancia de peso animal	Pesaje cada 56 días

\* Kilogramo de materia seca.

Fuente: Elaboración propia

## Con cultivos forrajeros

Cultivos forrajeros como los de maíz, sorgo o soya generalmente son evaluados agrónomicamente y seleccionados por investigadores de cultivos transitorios. Para que un cultivo forrajero pueda ser entregado a los productores, debe pasar por una evaluación con animales para ver la respuesta de la producción de carne o leche. Como lo más común es usar estos cultivos como estrategia de alimentación en épocas críticas cuando escasea el forraje de pastoreo, se presenta un ejemplo con sorgo forrajero almacenado en silos.

### Adecuación de áreas experimentales

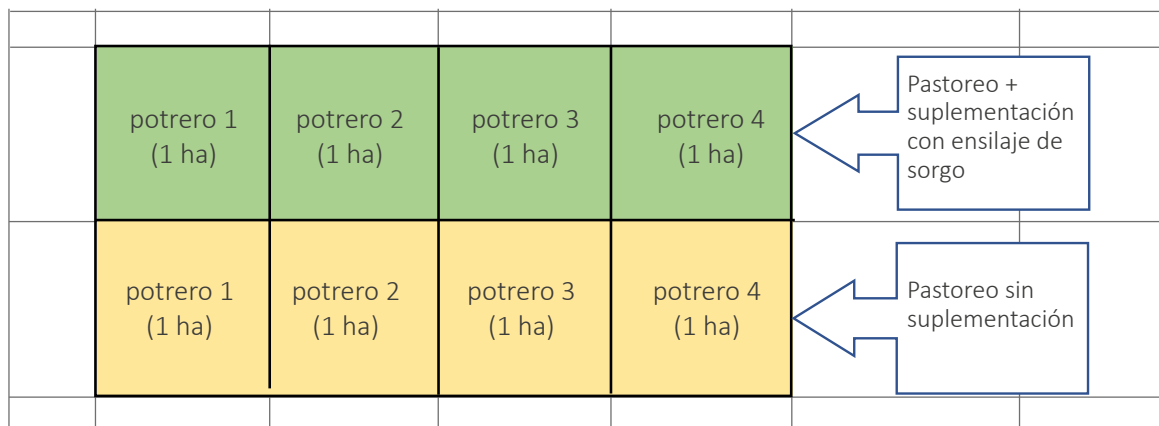
Para evaluar el suplemento de ensilaje de sorgo forrajero en animales que se encuentran en pastoreo, se deben adecuar áreas de praderas que permitan tener un número representativo de animales. Es importante tener mínimo diez animales por tratamiento, hembras o machos, en producción de leche o carne respectivamente. El ejemplo que se expone a continuación es con machos para evaluar producción de carne.



## Diseño experimental

La pradera seleccionada debe ser uniforme, con buena cobertura y producción de forraje, libre de malezas o plagas y de síntomas de degradación. Como ejemplo se seleccionan ocho hectáreas de *Urochloa* sp. (las cuales tienen cerca periférica con alambre de púas y cerca eléctrica interna para las divisiones), con los siguientes dos tratamientos (figura 18):

- 🌿 Tratamiento 1: pastoreo + suplementación con ensilaje de sorgo.
- 🌿 Tratamiento 2: solo pastoreo.



▲ **Figura 18.** Distribución de potreros para evaluación de la suplementación con ensilaje de sorgo.

Fuente: Elaboración propia

El diseño experimental es de tipo continuo, en el que todos los animales permanecen en las áreas correspondientes a su tratamiento y cada uno es considerado como una repetición (Amézquita, 1986).

## Manejo del pastoreo

Como se puede apreciar en la figura 19, las áreas de pastoreo para la evaluación del ensilaje de sorgo son iguales al testigo de solo pastoreo. En el ejemplo hay 4 ha para cada tratamiento, divididas en cuatro potreros para poder hacer un pastoreo rotacional con aproximadamente diez días de ocupación y 30 de descanso. Las áreas para tratamientos,



la carga animal y el manejo del pastoreo son aspectos que determina el investigador de acuerdo con el pasto establecido, y las condiciones de clima y suelo de la región que inciden en la capacidad de rebrote de las praderas (Lascano et al., 1986). A todos los animales se les suministra sal mineralizada para que consuman a voluntad y se les da el manejo sanitario correspondiente. Para el suministro de agua debe construirse una red hídrica con manguera conductora de agua y bebederos ubicados en las divisiones para que sirvan para dos potreros. Por buenas prácticas ganaderas, los animales no pueden acceder a agua de caños u otras fuentes naturales.

El grupo de animales seleccionado para los dos tratamientos debe ser uniforme, de la misma raza y con edades y pesos similares, con el propósito de reducir el error experimental por variabilidad entre animales. Para cada tratamiento se selecciona un grupo aproximado de diez bovinos machos con un peso inicial promedio de 300 kg/animal. El pastoreo se inicia un mes antes de comenzar la época seca, para que se acostumbren al manejo de las rotaciones. Para evitar inconvenientes en el manejo se recomienda utilizar animales castrados.

En condiciones de la Orinoquia el suministro de ensilaje al grupo de animales en el tratamiento de pastoreo + suplementación se inicia a comienzos de enero y se termina a finales de marzo. Son 90 días de época seca, durante los cuales en promedio se le suministra diariamente a cada animal 10 kg de ensilaje. Dado que un animal consume 3 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo, un bovino de 300 kg consumiría 3 kgMS con el ensilaje (30% de MS) y 6 kgMS con el forraje de pastoreo (figura 19). Por consiguiente, para este grupo de animales se deben disponer aproximadamente nueve toneladas de ensilaje (tabla 11), las cuales se deben producir en un área de un cuarto a media hectárea, en la anterior época lluviosa.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

▲ **Figura 19.** Suministro de ensilaje de sorgo forrajero a los animales en época seca.

**Tabla 11.** Cantidad de ensilaje necesario para suplementar diez novillos durante la época seca

Cantidad de bovinos macho para suplementar con ensilaje de sorgo	10
Días de evaluación en época seca (1 de enero a 31 de marzo)	90
Consumo diario de suplemento de sorgo (kg de ensilaje/animal)	10
Consumo total diario de suplemento sorgo (kg de ensilaje/10 animales)	100
Consumo total de suplemento de sorgo en época seca (kg de ensilaje/10 animales/90 días)	9.000

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación en la pradera

El potrero de cada tratamiento se evalúa al inicio del experimento (por ejemplo, enero), posteriormente en la mitad del periodo (por ejemplo, febrero), y al finalizar el experimento al inicio de la época lluviosa (en marzo). La evaluación se lleva a cabo antes de que los animales entren a su respectivo potrero de acuerdo con la metodología de evaluación de praderas en transectos desarrollada por AGROSAVIA (ver capítulo II de esta publicación), que incluye altura, cobertura, composición botánica y disponibilidad de forraje. Para determinar la calidad



nutritiva del forraje de pastoreo se toman muestras al comienzo y al final de la época seca, y con ellas se determina el contenido de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), digestibilidad y los minerales P, Ca, Mg, S, K (tabla 12).

## Evaluación en el ensilaje

Antes de iniciar el suministro del ensilaje a los animales, se toman muestras para determinar materia seca y se envían al laboratorio para análisis de los contenidos de proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, P, Ca, Mg, S, K, valores de degradabilidad y pH.

## Evaluación en animales

Los animales se pesan antes de que entren a pastoreo para determinar peso inicial y posteriormente se pesan cada mes. Con esta información se puede determinar carga animal, ganancia diaria de peso, producción de carne por hectárea, y productividad de carne durante el periodo de evaluación. Previo al suministro definitivo del suplemento, se da un periodo de cinco días para el acostumbamiento de los animales, en el cual el primer día se administran 2 kg/animal del suplemento y a partir del segundo se aumentan 2 kg/día hasta completar los 10 kg/animal.

**Tabla 12.** Evaluaciones para determinar el efecto del ensilaje en la ganancia de peso de bovinos

Evaluaciones	Momento de evaluación
<b>En pradera</b>	Inicio, mitad y final de la época seca
Altura de planta (cm)	
Cobertura del suelo (%)	
Composición botánica (%)	
Disponibilidad de forraje (kgMS*/ha)	
Proporción de forraje seco (%)	
Calidad nutritiva (proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, degradabilidad, P, Ca, Mg, S, K)	Inicio y final de la época seca
<b>En el ensilaje</b>	
Calidad nutritiva (proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, degradabilidad, pH, P, Ca, Mg, S, K)	En el momento de iniciar el experimento
<b>En animales</b>	
Ganancia de peso	Pesaje cada 30 días

\* Kilogramo de materia seca.

Fuente: Elaboración propia



## Consideraciones finales

1. La selección de nuevos materiales forrajeros para los sistemas ganaderos del país debe cumplir con todo el proceso de investigación, que se extiende desde la evaluación agronómica hasta las pruebas con animales.
2. Para que el material forrajero seleccionado pueda ser usado por los productores, es necesario implementar un plan de multiplicación de semilla comercial dentro o fuera del país.
3. Un material forrajero evaluado y seleccionado debe ser liberado o entregado a los productores como cultivares con nombre comercial, previo cumplimiento de las exigencias del ICA para la obtención del registro, según Resolución 067516 del 11 de mayo de 2020.
4. Para la obtención del registro por parte del ICA se exigen pruebas de evaluación agronómica (PEA), aplicables a cultivos. En el caso de materiales forrajeros, la etapa de pruebas agronómicas incluye las que son con animales y por esta razón un material forrajero debe cumplir con las dos pruebas.
5. En este documento se presentan las bases mínimas para la evaluación y selección de materiales forrajeros. Las características locales, de materiales disponibles y demás, deben incluirse a juicio de los investigadores a cargo de los experimentos.

## Referencias

Amézquita, M. C. (1986). Consideraciones sobre planeación, diseño y análisis de experimentos de pastoreo. En C. Lascano y E. Pizarro (Eds.), *Evaluación de pasturas con animales: alternativas metodológicas: memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1-5 de octubre, 1984* (pp. 13-42). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).



- Calderón, M. (1982). Evaluación de daño causado por insectos. En J. M. Toledo (Ed.), *Manual para la evaluación agronómica* (pp. 57-72). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/54148>
- Chhetri, M., & Fontanier, C. (2021). Use of canopeo for estimating green coverage of bermudagrass during postdormancy regrowth. *HortTechnology*, 31(6). <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04938-21>
- Ferguson, J. E. (1984). *Métodos de cosecha en gramíneas forrajeras: 1.º curso intensivo sobre producción de semillas en pastos tropicales*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Fisher, M. J., & Kerridge, P. C. (1998). Agronomía y fisiología de las especies de *Brachiaria*. En J. W. Miles, B. L. Maass & C. B. do Valle (Eds.), *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (Embrapa).
- Hopkinson, J. M. (1977). *Secado de semilla de pastos* [Notes n.º 20] [Trad. R. C. León]. Productora Nacional de Semillas (SARH); Queensland Seed Producers.
- Harrington J. F. (1968). *Secado, almacenaje y empaque de semillas para mantener germinación y vigor* [Trad. S.O.S.]. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Universidad de California.
- Haydock, K., & Shaw, N. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Animal Production Science*, 15, 663-670.
- Kharuf, S., Orozco, R., Aday, O., & Pineda, E. (2018). Multispectral aerial image processing system for precision agriculture. *Sistemas & Telemática*, 16(47), 45-58. <http://dx.doi.org/10.18046/syt.v16i47.3221>
- Lascano, C., Pizarro, E., & Toledo, J. M. (1986). Recomendaciones generales para evaluar pasturas con animales. En C. Lascano & E. Pizarro (Eds.), *Evaluación de pasturas con animales: alternativas metodológicas* (pp. 251-267). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Lenne, J. M. (1982). Evaluación de enfermedades en pastos tropicales en el área de actuación. En M. Toledo (Ed.), *Manual para la evaluación agronómica* (pp. 45-56). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).



- Mendoza, P., & Lascano, C. (1985). Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. En C. Lascano & E. Pizarro (Ed.), *Evaluación de pasturas con animales: alternativas metodológicas: memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1-5 de octubre de 1984* (pp. 143-166). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Muslera Pardo, E., & Ratera García, C. (1984). *Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento*. Ediciones Mundiprensa. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Praderas+y+forrajes.+Producci%C3%B3n+y+aprovechamiento.+&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Praderas+y+forrajes.+Producci%C3%B3n+y+aprovechamiento.+&btnG=)
- Patrignani, A., & Ochsner, T. E. (2015). Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 107(6), 2312-2320. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj15.0150>
- Rincón, A., & Bueno, G. (1997). *Producción de semilla de pasto llanero (Brachiaria dictyoneura) en la altillanura colombiana* [Boletín técnico n.º 1]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/32554>
- Rincón, A., & Caicedo, S. (2010). Establecimiento de pastos en sistemas ganaderos de los llanos colombianos. En A. Rincón & C. Jaramillo (Eds.), *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos* (pp. 75-111). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35794>
- Salinas, J. G., Sanz, J. I., Arregocés, Ó., & Vásquez, J. C. (1984). *Selección y evaluación de pastos tropicales en condiciones de alta concentración de aluminio y bajo contenido de fósforo disponible: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema*. Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. <https://hdl.handle.net/10568/54571>
- Sánchez, M., Cardozo, C. I., & Fergusson, J. E. (1989). *Aspectos de calidad de semillas de especies forrajeras en el establecimiento de pasturas mejoradas: curso taller sobre pastos en la altillanura colombiana y zonas de suelos ácidos*. Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]; Banco Ganadero; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Toledo, J. M., & Schultze-Kraft, R. (1982). Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En J. M. Toledo (Ed.), *Manual para la evaluación agronómica* (pp. 91-111). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/54148>

