

11 FEB. 2003

**SEMINARIO SOBRE PRODUCCION
DE SEMILLAS DE FORRAJERAS**

**SERIE INFORMES DE CONFERENCIAS, CURSOS Y
REUNIONES No. 99**

**ALGUNOS ASPECTOS DE FISIOLOGIA
DE SEMILLAS DE JORRAJERAS**

JAVIER BERNAL EUSSE

21666

SERIE: INFORMES DE CONFERENCIAS, CURSOS Y REUNIONES N° 99

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

11 FEB. 2003

SEMINARIO SOBRE PRODUCCION DE SEMILLAS DE FORRAJERAS



Comisión de la Oливada de Semillas del Instituto Colombiano Agropecuario

ICA

Dr. J. B. D. de la Oливada de Semillas, Instituto Colombiano Agropecuario

ALGUNOS ASPECTOS DE FISILOGIA DE SEMILLAS DE FORRAJERAS*

Javier Bernal Eusebio**

INTRODUCCION

La semilla es básicamente la estructura que se desarrolla a partir del óvulo fecundado y que es capaz de producir una nueva planta a través del proceso de germinación.

Antes de que la semilla pueda germinar, sufre una serie de transformaciones hasta alcanzar el estado de madurez fisiológica, lo cual ocurre generalmente en la planta madre. Una vez cosechada, la semilla presenta ciertas características y sufre una serie de transformaciones bioquímicas y fisiológicas específicas.

Es necesario conocer estas características fisiológicas para evitar que la semilla pierda su vigor o su poder germinativo durante el manipuleo y el almacenamiento.

Morfológicamente la semilla consta de dos partes, el embrión que es una planta extremadamente pequeña, que se encuentra en sus primeros estados de desarrollo y la testa o cubierta, que se origina normalmente de los integumentos del óvulo. Además de estas dos partes, la gran mayoría de las semillas presentan una reserva alimenticia, contenida en algunas especies en el endospermo y en otras en los cotiledones del embrión.

7.

La composición química de las semillas presenta la misma variabilidad que las otras partes de la planta. Los compuestos se pueden dividir en dos grupos: (1) Los compuestos químicos que se encuentran normalmente en todo tejido vegetal y (2) compuestos de reserva, que se presentan frecuentemente en grandes cantidades. De acuerdo con la naturaleza química de los compuestos de reserva, las semillas se dividen en dos grupos: las que almacenan carbohidratos y las que acumulan lípidos/8.

A. Madurez Fisiológica

Se entiende por madurez fisiológica la serie de cambios morfológicos, fisiológicos y funcionales que ocurren en las semillas desde el momento de la fertilización hasta cuando están listas para ser cosechadas.

* Colaboración de la División de Semillas del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA.

** I.A., Ph. D. Jefe División de Semillas. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Apartado Aéreo 7984. Bogotá, Colombia.

Una vez que las semillas han alcanzado la madurez fisiológica deben cosecharse lo más pronto posible, para evitar daños o deterioro en la calidad, que se pueden presentar si permanecen expuestas por largos períodos a las condiciones de campo/4.

Según Delouche/4 los principales cambios que ocurren en la semilla a medida que madura son:

1. El contenido de humedad decrece de 70-80 por ciento a 15-20 por ciento.
2. El tamaño de la semilla aumenta hasta un máximo, luego decrece levemente. En el momento en que la semilla alcanza su máximo peso seco, llega a la madurez fisiológica.
3. El peso de la semilla aumenta hasta un máximo, luego decrece levemente a medida que la semilla se seca.
4. Algunas semillas son capaces de germinar en pocos días después de la fertilización, sin embargo, la máxima germinación se alcanza más tarde.
5. El vigor de las plántulas aumenta hasta alcanzar un máximo al momento en que el peso seco también es máximo, o sea cuando se alcanza la madurez fisiológica.

B. Fisiología de Post-Cosecha

La maduración de la semilla y su germinación son eventos que generalmente están separados en el tiempo y el espacio. Las semillas son resistentes a condiciones extremas, cuando se encuentran en un estado de desecación. En estas condiciones, las semillas retienen su poder de germinación por períodos relativamente largos de tiempo/7, /8.

Por otra parte, muchas semillas recién cosechadas no germinan, aún bajo condiciones adecuadas. El tiempo transcurrido entre la madurez fisiológica y el momento en que la semilla puede germinar es un período natural y persistente de reposo, que se conoce con el nombre de latencia/7, 10.

La latencia no es casual, sino que es el resultado de adaptaciones fisiológicas a través de la evolución que son casi siempre de gran valor para la supervivencia de las especies. Durante la latencia se presentan una serie de fenómenos fisiológicos y la composición de muchas de las sustancias presentes en la semilla se altera, la permeabilidad de los tegumentos cambia y pueden desaparecer ciertas sustancias que son inhibitorias de la germinación y aparecer otras que son promotoras de este fenómeno/7, /8, 10.

La mayoría de las semillas de pastos presentan el fenómeno de la latencia. La duración es variable y depende entre otros factores de la especie, del clima y de las prácticas culturales, como la fertilización, que se hayan hecho al cultivo. Estudios realizados en Colombia indicaron que los porcentajes de germinación fueron mínimos para semillas recién cosechadas de puntero (*Hyparrhenia rufa*), guinea (*Panicum maximum*) y angleton (*Dichanthium aristatum*), pero que estos se aumentaron a 38 por ciento en puntero a los 130 días, a 10.4 por ciento en guinea a los 160 días y a 56.6 por ciento en angleton a los 219 días, períodos después de los cuáles empezaron a declinar en su porcentaje de germinación/1. Para gordura (*Melinis minutiflora*) el período de latencia reportado fue de 120 días, para buffel (*Cenchrus ciliaris*) de 160 días y para braquiaria (*Brachiaria decumbens*) entre 180 y 240 días/9.

La latencia presenta algunas ventajas ya que permite a la planta superar condiciones adversas que se pueden presentar durante este período, como sequías prolongadas; distribuye la germinación en el tiempo y evita que el embrión germine estando aún en el campo. Entre las desventajas de la latencia están la desuniformidad en la germinación, dificulta la programación de las siembras y puede acarrear problemas de resiembra/5.

El grado y persistencia de la latencia parece estar relacionado con la historia agrícola de las especies. La latencia es muy profunda en las especies de poca importancia agrícola y muy caía en las especies que han sido cultivadas por largo tiempo y mejoradas genéticamente. Los cambios que se suceden con posterioridad a la cosecha se denominan "post-maduración". La duración de este período varía mucho, en algunos pastos puede llegar hasta cinco años, aproximadamente/3, 5.

La latencia es de diferentes tipos de acuerdo con el mecanismo o localización de la restricción o inhibición.

De acuerdo con Delouche/5, los principales tipos de latencia son:

1. Impermeabilidad al agua (semillas duras). Es una característica de las leguminosas. Las capas exteriores de la semilla no permiten la penetración del agua al interior, por lo cual la imbibición no se efectúa. En estas semillas el embrión no se encuentra en estado latente.
2. Impermeabilidad al oxígeno. Se debe a la impermeabilidad del pericarpio al intercambio gaseoso. Se ha reportado como el principal mecanismo causante de latencia en las gramíneas. En estas semillas el embrión no se encuentra en estado latente.
3. Latencia del embrión. Es un tipo de latencia más complicado porque se debe a latencia del embrión completo, o de partes de él. Se conoce poco respecto a este tipo de latencia que es característico de algunos árboles y plantas ornamentales.

4. **Inhibidores.** Este tipo de latencia se caracteriza por presencia de algunas sustancias químicas específicas que inhiben el proceso de germinación. Es muy posible que los inhibidores estén involucrados en todo tipo de latencia. Algunos inhibidores han sido aislados de la semilla de avena. Los inhibidores más conocidos son el ácido abscísico, los fenoles y compuestos relacionados/5, 9.

5. **Requisitos de luz.** Algunas plantas tienen requerimientos específicos de intensidad, duración y calidad de la luz que deben recibir, para poder germinar.

6. **Restricciones mecánicas de los tegumentos que impiden la emergencia de la plántula.** Parece que este tipo de latencia, que ha sido reportado por varios autores, no tiene mayor validez.

7. **Combinaciones de varios tipos de latencia.** Son muy frecuentes en pastos en los cuales se pueden combinar impermeabilidad a agua o gases con presencia de inhibidores, etc..

Algunas semillas pueden presentar un período de latencia secundaria. La latencia secundaria se puede presentar espontáneamente en las semillas, debido a cambios fisiológicos y bioquímicos en el interior de ellas. Algunas veces la latencia secundaria se induce si se proporciona a la semilla todas las condiciones requeridas para la germinación, menos una. Por ejemplo, si no se suministra luz a las semillas que la requieren, aunque las otras condiciones sean favorables. Temperaturas demasiado altas o demasiado bajas para la germinación también inducen latencia secundaria, lo mismo que baja tensión de oxígeno o alta tensión de CO_2 /8.

La latencia se puede romper utilizando métodos mecánicos y químicos, de acuerdo con el tipo de ella. Cuando la latencia se debe a impermeabilidad al agua (semillas duras), se puede superar rompiendo de alguna manera los tegumentos, prácticas que muchas veces es necesario efectuar en forma rutinaria con las semillas de leguminosas. Los métodos más utilizados son:

- a. **Uso de solventes,** como agua caliente o solventes orgánicos que reblandecen los tegumentos.
- b. **Presión.** Presionando la semilla entre dos superficies duras se causan fracturas en el pericarpio que permiten la entrada del agua.
- c. **Escarificación contra una superficie dura,** generalmente lija, debilita los tegumentos y disminuye la impermeabilidad. Aunque los dos últimos métodos son efectivos, se pueden producir daños en el embrión.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

d. **Escarificación con ácido.** Consiste en remojar la semilla en ácido sulfúrico concentrado por períodos de tiempo que varían según la especie entre cinco y 30 minutos. El ácido, disuelve la lema y la palea de la cariópside, y además agrieta, debilita y adelgaza los tegumentos disminuyendo la impermeabilidad. El tiempo durante el cual se aplica el tratamiento es importante para evitar daños al embrión. Este método ha sido reportado por algunos autores como el más efectivo. Inmediatamente después del tratamiento se debe lavar la semilla con abundante cantidad de agua y secar a la sombra.

e. **Temperaturas altas y bajas por períodos de una hora u hora y media** pueden causar fracturas en la cubierta. Es necesario conocer los límites de temperatura en cada especie para evitar muerte del embrión.

La dureza es un tipo de latencia que se supera con relativa facilidad pero se pueden causar daños graves a la semilla si no se controlan estrictamente la intensidad y la duración del tratamiento/5, 10.

La impermeabilidad al intercambio gaseoso, que es el mecanismo de latencia que se presenta comúnmente en semillas de gramíneas, puede ser relativa o absoluta. Este tipo de latencia puede ser superado resquebrajando o debilitando las cubiertas de la semilla y no está relacionada con impermeabilidad al agua. Aparentemente algunos inhibidores también están relacionados con la latencia de las gramíneas/5, 10.

Para romper parcialmente la latencia en semillas de pastos existen varios métodos:

- a. **Rompimiento del pericarpio.** Este puede hacerse escarificando mecánicamente la semilla o punzando las cubiertas de la semilla cerca al embrión.
- b. **Alternación de temperaturas de 20 a 30, de 15 a 30 y de 15 a 25 grados centígrados** por períodos de cinco a 30 días ha sido efectivo para la germinación de semillas de pastos recién cosechados. En semilla profundamente latente la efectividad es menor.
- c. **Tratamiento con KNO_3 .** Consiste en humedecer las semillas en soluciones de KNO_3 entre 500 y 1.000 ppm. por períodos de tiempo entre 10 y 40 horas. Este sistema no es muy efectivo en semillas profundamente latentes.
- d. **Tratamientos de preenfriamiento.** Someter las semillas de gramíneas a temperaturas entre 5 y 10 grados centígrados por cinco a 30 días ha sido muy efectivo para romper la latencia. Este tratamiento es efectivo en semillas de especies de zona templada como Poa, Phleum y Festuca y muy poco efectivo en semillas de pastos tropicales como Paspalum y Panicum.

- e. Luz. Muchas semillas de pastos aumentan su poder germinativo cuando se someten a iluminación durante todo el período de germinación.
- f. Aumento de las presiones parciales de oxígeno. Este tratamiento ha aumentado la germinación en Avena, Chloris y Agropyron en forma moderada, y probablemente esté relacionado con oxidación de sustancias inhibitoras, de las cuales han sido aisladas algunas en Avena.
- g. Uso de componentes químicos. El remojo de la semilla con compuestos químicos como Etileno Clorhidrin en concentraciones de 1.000 ppm., o Peróxido de Hidrógeno e Hipoclorito de Sodio en bajas concentraciones han sido muy efectivas para estimular la germinación en algunas especies de gramíneas.
- h. Remojamiento en agua. Como en este tipo de latencia no se presenta impermeabilidad al agua, algunas veces el tratamiento es efectivo.
- i. Escarificación con ácido. Se utiliza ácido sulfúrico concentrado por períodos de cinco a 30 minutos. Tiene el mismo efecto que en las semillas duras. Es necesario lavar completamente después del tratamiento.
- j. Presecado. En algunos pastos tropicales el presecado a 40 o 45 grados centígrados durante 1 a 4 semanas aumenta la germinación.
- k. La combinación de tratamiento en muchos casos es más efectiva que la aplicación de uno solo de ellos. Ramos/10 reportó resultados positivos en Braquiaria al combinar tratamientos de luz y temperatura.

Cuando la latencia de la semilla se debe a latencia del embrión, las cubiertas de la semilla pueden ser removidas o debilitadas sin que por esto se afecte el estado de la tencia.

En muchas especies un período de baja temperatura rompe la latencia. Cuando se presenta una combinación de embriones latentes con cubiertas duras, es necesario romper las cubiertas, por uno de los métodos mencionados y posteriormente someter la semilla al tratamiento de baja temperatura. Como se dijo anteriormente, este tipo de latencia es poco conocida/5.

Cuando la latencia se debe a inhibidores como el ácido abscísico, presentes en la cubierta o el embrión, estos pueden ser lavados con agua corriente, ya que casi todos parecen ser solubles/5.

La luz tiene gran importancia en la germinación de las semillas de algunas especies. Bajo condiciones de laboratorio se ha demostrado que la intensidad, calidad y duración de la iluminación afectan la germinación, siendo los requerimientos de iluminación una característica específica/10.

C. Métodos para Prolongar la Vida de las Semillas

En muchas ocasiones es más importante prolongar la capacidad de germinación de la semilla que romper la latencia. Esto ocurre cuando se guarda semilla de un año a otro o cuando la época de cosecha y la de siembra están muy separadas en el tiempo.

Viabilidad es la capacidad que tienen las semillas para conservarse vivas y germinar bajo circunstancias apropiadas en un momento dado. De acuerdo con la duración de la viabilidad las semillas se pueden dividir en:

- a. Microbióticas: Semillas con viabilidad menor de tres años.
- b. Mesobióticas: Semillas con viabilidad entre tres y 15 años.
- c. Macrobióticas: Semillas con viabilidad mayor de 15 años/7.

Para asegurar una buena viabilidad de la semilla es necesario conocer las condiciones apropiadas de cosecha, secado, procesamiento, empaque y almacenamiento.

Las semillas alcanzan su más alto vigor y capacidad de germinación al mismo tiempo que su madurez fisiológica. Con el tiempo, la calidad empieza a disminuir, siguiendo una curva típica de envejecimiento, en la cual el vigor declina más pronto que el porcentaje de germinación, Figura No. 1/4, 6.

1. Cosecha. La mayor parte de las semillas llega a su madurez fisiológica y funcional cuando ésta tiene contenidos altos de humedad, que varían entre 35 y 80 por ciento, dependiendo de la especie/2, 4. En este estado la semilla alcanza su máximo poder de germinación y vigor. Mientras más rápidamente pueda ser cosechada la semilla, mejor será su calidad, asumiendo que se puede secar hasta llegar a contenidos de humedad entre 10 y 14 por ciento. Si no se cosecha rápidamente se pueden presentar pérdidas adicionales por volcamiento, desgrane y daños por enfermedades y plagas.

Cuando se cosecha la semilla y se apila en el campo se presenta un rápido aumento en la temperatura causado por un incremento en el metabolismo. Este calentamiento puede alcanzar temperaturas de más de 45 grados centígrados que causan fermentación con el consiguiente deterioro en la capacidad germinativa. Por lo tanto, es más recomendable dejar el material recién cosechado a la sombra durante varios días para que rebaje el contenido de humedad y luego completar el secado al sol, si no se dispone de secado artificial/3.

2. Secado. El contenido de humedad al cual se cosecha la semilla causa calentamiento y deterioro de la calidad en un período de tiempo muy corto, si éste no se rebaja natural o artificialmente. El contenido de humedad durante el almacenamiento, junto con la temperatura, son los factores más importantes en el

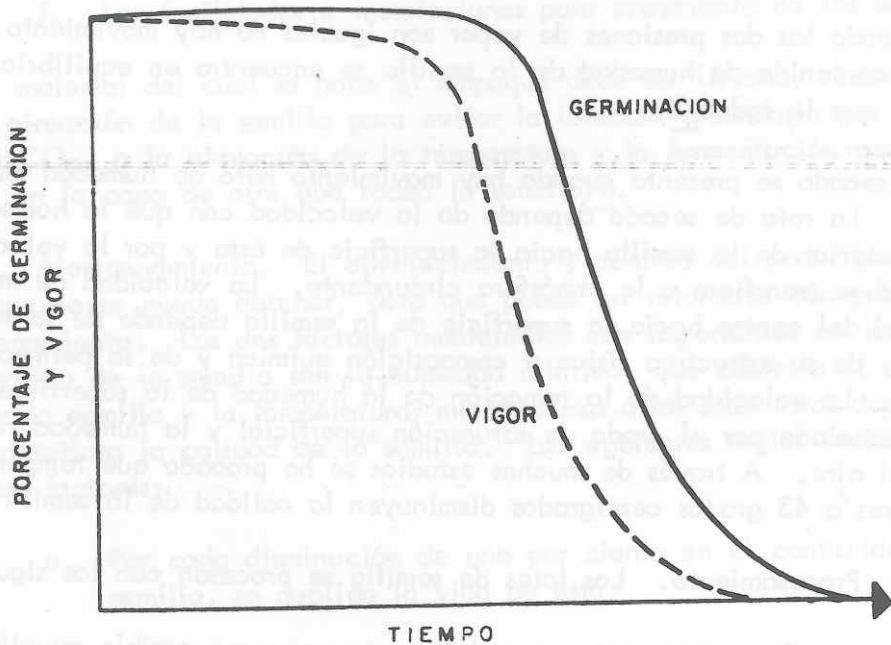


Fig. 1. Pérdida de vigor y germinación de la semilla como una función del tiempo.

deterioro de la semilla. El crecimiento de hongos se puede iniciar cuando la semilla tiene entre 12 y 15 por ciento de humedad; el calentamiento de la semilla debido al aumento en la rata de respiración y la actividad de los microorganismos se inicia cuando el contenido de humedad de la semilla es de 16 por ciento y la semilla inicia el proceso de germinación cuando el contenido de humedad se encuentra entre 35 y 60 por ciento/2.

La importancia del contenido de humedad en la calidad de la semilla, hace casi obligatorio el uso de secado artificial en la producción de semillas de buena calidad.

La semilla está compuesta por un complejo de materiales higroscópicos, por lo tanto su contenido de humedad depende de la humedad relativa y de la temperatura del aire que la rodea. El factor más importante es la presión de vapor de agua en el aire que está en contacto con la semilla. Cuando la presión de vapor dentro de la semilla es mayor que la del aire que la rodea, el vapor de agua se moverá hacia afuera de la semilla. Si el gradiente ocurre a la inversa, el movimiento de humedad también ocurre a la inversa, pasando ésta del aire al interior de la semilla.

Cuando las dos presiones de vapor son iguales no hay movimiento neto, y se dice que el contenido de humedad de la semilla se encuentra en equilibrio con el de la atmósfera que la rodea/2.

El secado se presenta cuando hay movimiento neto de humedad de la semilla hacia afuera. La rata de secado depende de la velocidad con que la humedad se mueva desde el interior de la semilla hacia la superficie de ésta y por la velocidad a la cual la humedad se transfiere a la atmósfera circundante. La velocidad de movimiento de la humedad del centro hacia la superficie de la semilla depende de la temperatura de la semilla, de su estructura física y composición química y de la permeabilidad de las cubiertas. La velocidad de la remoción de la humedad de la superficie de la semilla está influenciada por el grado de saturación superficial y la humedad relativa y temperatura del aire. A través de muchos estudios se ha probado que temperaturas de secado superiores a 43 grados centígrados disminuyen la calidad de la semilla/2.

3. Procesamiento. Los lotes de semilla se procesan con los siguientes objetivos:

- a. Para remover tan completamente como sea posible aquellos materiales que rebajan la calidad de la semilla como semillas de malezas, materiales inertes, semillas inmaduras, quebradas, deterioradas o dañadas por insectos, enfermedades o mecánicamente.
- b. Para clasificarlas por tamaño u otras características.
- c. Para tratarlas con sustancias químicas protectoras, generalmente insecticidas y/o fungicidas.

El procesamiento se minimiza cuando la semilla proviene de campos a los cuales se han hecho buenas prácticas culturales, se han cosechado oportuna y técnicamente y se han evitado las mezclas con otros materiales/2.

4. Empaque. El empaque es importante y es necesario considerar varios factores:
- a. La cantidad de semilla que se quiera tener en cada empaque;
 - b. La protección deseada;
 - c. El costo del empaque;
 - d. El valor de la semilla;
 - e. Las condiciones de almacenamiento en las cuales será colocado el empaque;
 - f. Las facilidades e instalaciones para secamiento de las semillas.

El material del cual se hace el empaque debe ser liviano, resistente y permitir una buena aireación de la semilla para evitar la latencia secundaria por altas concentraciones de CO_2 o la elevación de la temperatura y la fermentación por aumento de la humedad en la capa de aire que rodea la semilla/6.

5. Almacenamiento. El envejecimiento y pérdida del poder germinativo es un proceso que no se puede detener, pero que puede ser retardado con prácticas adecuadas de almacenamiento. Los dos factores ambientales más importantes en la pérdida del poder germinativo de la semilla son la humedad relativa, que controla el contenido de humedad de la semilla y la temperatura; mientras más altos sean estos dos factores, más pronto se deteriora la calidad de la semilla. Las siguientes reglas indican la importancia de estos factores:

- a. Por cada disminución de uno por ciento en el contenido de humedad de la semilla, se duplica la vida de ésta.
- b. Por cada descenso de 5 grados centígrados en la temperatura de almacenamiento se duplica la vida de la semilla.

La primera regla es aplicable para contenidos de humedad entre 14 y cinco por ciento. Por encima de 14 por ciento, el crecimiento de los hongos destruye rápidamente la germinación y por debajo de cinco por ciento se presentan algunas reacciones bioquímicas que aceleran levemente el deterioro de la semilla/6.

Cuando estas reglas se aplican, los efectos son geométricos. Si se seca una semilla de 14 por ciento de humedad a 13 por ciento vivirá el doble; si se seca al 12 por ciento vivirá cuatro veces más tiempo que la de 14 por ciento, y si se seca a 11 por ciento vivirá ocho veces más tiempo. Un fenómeno similar ocurre con la temperatura, si se almacena a 27 grados centígrados en lugar de 32 grados centígrados, vivirá el doble, a 22 grados centígrados vivirá cuatro veces más tiempo y a 17 grados centígrados ocho veces más tiempo que a 32 grados centígrados/6.

Otros factores además de temperatura y humedad que afectan la vida de la semilla durante el almacenamiento son la tensión de oxígeno y CO_2 en el aire que rodea la semilla, la clase de semilla, el manejo que se le haya dado antes del almacenamiento, el número y clase de los tratamientos químicos a que se haya sometido, y el ataque que haya sufrido por hongos, insectos y roedores/6.

BIBLIOGRAFIA

1. ALARCON M., E., J. LOTERO C. y L. ESCOBAR R. Producción de semilla de los pastos angleton, puntero y guinea. En: Seminario sobre producción de Semillas de Forrajeras. IICA-Caja Agraria-ICA-Acosemillas. Serie: Informes de reuniones, cursos y conferencias No. 79, Bogotá, 1975. p. 105-118.
2. BOYD, A.H., G.M. DOUGHERTY, R.K. MATTHES, and K.W. RUSHING. Seed drying and processing. In: Cereal seed Technology. FAO, 1975. p. 60-86.
3. CORREA V., J. Algunos aspectos importantes para la producción de semillas de pastos en zonas tropicales. En: Seminario sobre producción de Semillas de Forrajeras. IICA-Caja Agraria-ICA-Acosemillas. Serie: Informes de reuniones, cursos y conferencias No. 79, Bogotá, 1975. p. 179-191.
4. DELOUCHE, J.C. Madurez fisiológica de las semillas. En: Memoria de cursos sobre tecnología de semillas realizadas en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana-AID-Fundación Rockefeller y Universidad del Estado de Mississippi, 1969. p. 247-253.
5. _____. Latencia de la semilla. En: Memoria de cursos sobre tecnología de Semillas realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana-AID-Fundación Rockefeller y Universidad del Estado de Mississippi, 1969. p. 539-549.
6. DOUGLAS, J.E. Seed storage and packaging. In: Cereal seed Technology, FAO, 1975. pp. 87-107.
7. HERNANDEZ, N. y C.J. JORGENSEN. Las semillas. En: Introducción a la fisiología de cultivos tropicales. UN-ICA. Publicación miscelánea No. 9, 1968. XV-1-16.
8. MAYER, A.M. and A. POLJAKOFF-MAYBER. The germination of seeds. Pergamon Press, London, 1963. p. 236.
9. RAMOS G., N.A. Producción comercial de gramíneas y leguminosas forrajeras. En: Seminario sobre producción de Semillas de Forrajeras. IICA-Caja Agraria-ICA-Acosemillas. Serie: Informe de reuniones, cursos y conferencias No. 79, Bogotá, 1975. p. 168-178.

10. RAMOS G., N.A. Factores que influyen en la germinación del pasto braquiaria (Brachiaria decumbens Stapf). Tesis. Programa de Estudios para Graduados Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario. 128 p. (Sin publicar).