

Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras

Rubén Mérola

Saulo Díaz

**Trabajo final
Curso de post-grado:
Producción de semillas de
plantas forrajeras
2012**

UNIVERSIDAD DE LA EMPRESA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir
dormancia en semillas de plantas forrajeras**

por

Tec. Agr. Ruben Mérola

Tec. Agr. Saulo Sebastián Díaz

**Trabajo final presentado como
requisito del curso de post-grado
“Producción de semillas
de plantas forrajeras”**

MONTEVIDEO

URUGUAY

Noviembre 2012

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que éste llegue a un feliz término. Por ello, es para nosotros un verdadero placer utilizar este espacio para brindarles nuestros agradecimientos.

Debemos agradecer de manera especial al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) por el apoyo, confianza y posibilidad que nos han dado para que pudiéramos realizar este Postgrado, en especial al Director Regional de INIA Tacuarembó, Ing. Agr. Gustavo Ferreira y a los Ing. Agrs. Martín Jaurena, Javier Do Canto, Rafael Reyno y Robin Cuadro.

También expresar nuestro agradecimiento a la Mtra. y Lic. en Bibliotecología Carolina Pereira por su permanente apoyo y colaboración.

A todo el equipo de Pasturas y Forrajes de INIA Tacuarembó en especial a Juan Antúnez, Fernando Silveira, Alfonso Albornoz, Ana Viana y a todos los funcionarios que de una u otra forma colaboraron desinteresadamente en la realización de este trabajo.

A la Universidad de la Empresa (UDE), a sus Directores, Funcionarios y a todo el cuerpo docente en particular a los Ing. Agrs. Esteban Pizarro, Daniel Formoso, Horacio Russell y Graciela Romero por su total dedicación, las ideas siempre enmarcadas en su orientación y los conocimientos que nos han brindado y hemos adquirido.

Manifiestar nuestro agradecimiento a los compañeros que compartieron el curso con nosotros y nos hicieron pasar gratos momentos.

Destacar un sincero y muy especial agradecimiento a toda nuestra familia y amigos.

A todos ellos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	II
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 SEMILLA (ASPECTOS CONCEPTUALES).....	4
2.1.1 Definición de semilla.....	4
2.2 CALIDAD DE SEMILLAS.....	4
2.2.1 Conceptos y definiciones de “calidad de semillas”.....	4
2.2.2 Componentes de la calidad de semillas.....	4
2.2.3 Parámetros que definen la calidad.....	5
2.3 DORMICIÓN (ASPECTOS CONCEPTUALES).....	7
2.3.1 Dormancia y la semilla.....	7
2.3.2 Ventajas y desventajas de la dormancia.....	9
2.4 CAUSAS DE LA DORMANCIA.....	10
2.5 TIPOS DE DORMICIÓN.....	13
2.5.1 Tipos de dormancia (Aportes de otros autores).....	13
2.6 MECANISMOS DE DORMICIÓN.....	15
2.6.1 Causas de dormición impuestas por las cubiertas o exógena..	15
2.6.2 Factores que inducen dormición secundaria.....	16
2.6.3 Factores que levantan la dormición.....	16

2.6.4 Efectos del ambiente durante el desarrollo de las semillas.....	16
2.6.5 Aspectos a considerar para controlar la dormancia.....	17
2.7 MÉTODOS PARA SUPERAR LA DORMANCIA.....	17
2.7.1 Método químico.....	17
2.7.2 Escarificación con ácidos.....	17
2.7.3 Escarificación química.....	18
2.7.4 Ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄).....	18
2.7.5 Agua, Alcohol y Acetona.....	19
2.7.6 Aplicación de los estimulantes químicos.....	19
2.7.7 Nitrato de potasio (KNO ₃).....	19
2.7.8 Ácido clorhídrico (HCL).....	20
2.7.9 Agua oxigenada (H ₂ O ₂).....	20
2.8 ESCARIFICACIÓN MECÁNICA.....	20
2.9 MÉTODO FÍSICO.....	20
2.9.1 Temperaturas alternas.....	21
2.9.2 Calentamiento moderado.....	21
2.9.3 Agua hirviendo.....	21
2.9.4 Temperaturas extremas bajas.....	22
2.9.5 Pre refrigeración.....	22
2.9.6 Luz.....	22
2.10 TRATAMIENTOS QUE AYUDAN A ROMPER LA DORMANCIA DE LAS SIMILLAS.....	23
2.10.1 Físicos.....	23
2.10.2 De energía.....	23
2.10.3 Biológicos.....	23

2.10.4 Luz.....	24
2.11 TRATAMIENTO MECANICO.....	24
2.11.1 Máquinas escarificadoras.....	24
2.11.2 Mezcladoras de cemento.....	24
2.11.3 Escarificadores a mano o eléctrico.....	24
2.11.4 Remoción de cubiertas florales.....	25
2.12 TRATAMIENTOS NATURALES.....	25
2.12.1 Efecto de los animales en semillas con dormancia física.....	25
2.12.2 Quema de campos: efecto del fuego en el suelo y en el banco de semillas.....	25
2.13 MÉTODOS HORMONALES.....	25
2.13.1 Métodos hormonales para levantar dormancia en semillas (Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Acido abcísico, Etileno).....	25
2.13.2 Auxinas o ácido indolacético.....	26
2.13.3 Giberelinas (Efectos biológicos).....	27
2.13.4 Utilización de ácido giberélico (GIBER).....	28
2.13.5 Citoquininas.....	29
2.13.6 Ácido abscísico.....	30
2.13.7 Tratamiento con etileno (ETEFÓN).....	30
3. CONCLUSIONES.....	33
4. BIBLIOGRAFIA.....	34

1. INTRODUCCIÓN

La producción moderna de semillas ha alcanzado un estatus del que se conocen detalladamente una serie de aspectos relacionados con la calidad del producto final a obtener.

La etapa de control de calidad es un punto dentro del proceso de producción que requiere de un alto grado de conocimiento de aspectos teórico-prácticos y de habilidad por parte del personal involucrado en el mismo.

Estos conocimientos están orientados hacia la comprensión de los procesos biológicos determinantes de la calidad de los lotes de semillas desde el mismo momento de su generación en condiciones de campo.

La dormancia es un aspecto determinante para la calidad de las semillas.

Algunos lotes de semillas con elevados valores de germinación han mostrado diferencias sustanciales en la emergencia de campo cuando se sembraron en igual fecha, condiciones y tipo de suelo.

Desde el punto de vista evolutivo, la dormancia es una característica adaptativa que asegura la sobrevivencia de las especies en los diferentes ecosistemas.

Como consecuencia, es uno de los factores que contribuyen para la persistencia de las plantas dañinas (malezas), dificultando el control y la erradicación con daños económicos para los productores. A pesar del control sistemático de estas plantas, por medio de herbicidas, todos los años millones emergen durante el cultivo, debido a que las semillas de esas especies sobreviven en el suelo por varios años debido a la dormancia.

El fenómeno de la dormancia es común, principalmente en semillas de determinadas hortalizas y forrajeras, algunas fruteras y de especies arbóreas y ornamentales, que no germinan después de la cosecha debido a los mecanismos internos, de naturaleza física o fisiológica, que bloquean la germinación. Estos mecanismos son genéticos y acontecen durante el ciclo de vida de la especie, durante la maduración de la semilla, de modo que, después de la dispersión, la semilla todavía no estará apta para germinar.

Gracias a la dormancia semillas de muchas especies no germinan en el fruto cuando este está todavía prendido a la planta, pues, luego de la maduración fisiológica, y en condiciones ambientales favorables a la germinación, semillas sin bloqueos al crecimiento del embrión podrán germinar en la planta madre.

La dormancia también puede ser un obstáculo para la agricultura, debido a que genera desuniformidad en la emergencia de las plántulas en campo, por lo que, muchas veces, es necesario utilizar tratamientos adecuados para la superación de la dormancia antes de la siembra, lo que no siempre es práctico y viable. Cabe resaltar que la mayoría de las plantas cultivadas en la actualidad son variedades, cultivares e híbridos genéticamente mejorados por procesos de selección que eliminaron la dormancia, pues los objetivos de la agricultura moderna son la rapidez y la uniformidad de la germinación de la semilla y de la emergencia de la plántula en campo.

La dormancia puede acarrear dos tipos de problema:

- 1) aumento de la densidad de siembra, pues la dormancia post-cosecha es acentuada, de modo que una gran proporción de semillas del lote no germinará.
- 2) muchas semillas durmientes permanecen viables en el suelo y germinarán durante el desarrollo de los futuros cultivos instalados en el área, constituyendo, por lo tanto, plantas invasoras.

En este contexto se plantearon los objetivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Estudiar, evaluar y analizar los distintos métodos, técnicas y tratamientos para desactivar la dormancia en semillas de plantas forrajeras.

1.1.2 Objetivos específicos

1. A través de una revisión bibliográfica conocer los distintos métodos y técnicas que se utilizan para romper dormancia en semillas.
2. Buscar y conocer los diferentes tratamientos (físicos y químicos), para superar la dormancia antes de la siembra a campo.
3. Estudiar y analizar los distintos métodos, técnicas y tratamientos para desactivar la dormancia en semillas de plantas forrajeras, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas a la hora de aplicarlos.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 Semilla (aspectos conceptuales)

2.1.1 Definición de semilla

La semilla es la unidad funcional que produce una planta y es el insumo básico e irremplazable de un cultivo que dispara el desarrollo de una cadena de valores altamente competitiva (Scandian y Ruberti, 2012)

2.2 Calidad de semillas

La expresión de calidad de la semilla generalmente es usada libremente para reflejar el valor global que esta tiene y para la cual fue producida, y no se le da la importancia que tiene. Es por esto que para muchos agricultores, semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras indeseadas. Simplemente decimos “no es más que una buena semilla” pero calidad de semilla significa más que eso no es solo una mezcla de propiedades físicas, fisiológicas, morfológicas y ambientales, por lo que deberíamos decir “primero y ante todo la calidad de la semilla”. Este concepto se refleja en que para muchos laboratorios de análisis de semillas, entre 80 y 90% de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación.

2.2.1 Conceptos y definiciones de “calidad de semilla” por algunos autores

J.G. Hampton (2001), define calidad como un "grado o padrón de excelencia", entonces la calidad de semillas puede ser vista como un padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén.

J.G. Hampton (2001), examina la calidad de la semilla a partir de cinco diferentes perspectivas: calidad de semilla como una herramienta mal utilizada de bioseguridad, calidad de semillas como una herramienta de marketing, calidad de semillas como un contrasentido; calidad de semillas como una exigencia específica para la producción moderna de cultivos; y necesidades de calidad de semillas en ambientes no templados.

2.2.2 Componentes de la calidad de semillas (*J.G. Hampton, 2001*)

La calidad de semillas es un concepto múltiple que comprende diversos componentes, Sin embargo existen otros componentes de la calidad de semillas que pueden ser agrupados en tres categorías:

1. Descripción: especie y pureza varietal, pureza analítica, uniformidad, peso de semillas.
2. Higiene: contaminación con invasora nocivas, sanidad de semillas, contaminación con insectos y ácaros.
3. Potencial de desempeño: germinación, vigor, emergencia, dormancia y uniformidad en campo.

Estos componentes no presentan todo el mismo valor, ni el orden de importancia relativa es el mismo en todas las circunstancias.

2.2.3 Parámetros que definen la calidad

Los factores más importantes que definen la calidad de una semilla son el poder germinativo, el vigor, la pureza físico-botánica y la sanidad.

Poder germinativo: expresa la capacidad de la semilla de producir plántulas normales en condiciones favorables (las mejores condiciones de temperatura y humedad).

Vigor: es la capacidad de la semilla de producir plántulas que emerjan en forma rápida y uniforme en una amplia gama de condiciones. Las condiciones utilizadas habitualmente son saturación y temperaturas bajas (test de frío) y alta humedad con temperaturas altas (envejecimiento acelerado)

Pureza físico-botánica: está determinada por la presencia de materia inerte, semillas extrañas, semilla dañada, esderocios, pureza genética y peso de 1000 semillas.

Sanidad: determina el porcentaje de semillas infectadas por microorganismos, principalmente fúngicos.

Tipos de calidad

Calidad genética: determina la pureza varietal de la especie.

Se debe considerar:

Evaluación del cultivar para cultivo y uso.

Identificación del cultivar

Prueba sobre muestras de semillas en laboratorio (según reglas ISTA).

Parcelas de prueba a campo sobre muestras de semillas

Inspección y certificación a campo de los cultivos

Calidad biológica:

Prueba de germinación mide el porcentaje de germinación de la semilla.

Prueba de viabilidad

Vigor de germinación o energía germinativa

Calidad analítica: determina la pureza física (proporción de semilla pura).

Evalúa el porcentaje de semilla del cultivar.

Otras semillas (otras especies cultivadas o malezas)

Materia inerte (piedritas, tierra y materia seca)

Calidad física: mide la apariencia de la semilla.

Uniformidad (forma, color y tamaño).

Daños mecánicos (semillas rasgadas, quebradas o con cubiertas rotas).

Calidad sanitaria: evalúa el estado sanitario general de las semillas.

Enfermedades debidas a hongos, virus, microorganismos o insectos que se transmiten por semillas.

Calidad de almacenaje:

Es el porcentaje contenido de humedad de la semilla.

Temperatura al cual se la almacena.

El porcentaje de semillas dañadas o con impurezas versus semillas sanas.

Condiciones climáticas en el campo (pos madurez y pre cosecha).

Deterioro de la calidad

La semilla puede comenzar a deteriorarse antes y/o después de la cosecha. El daño antes de la cosecha dependerá básicamente del genotipo, de lesiones causadas por insectos y de los parámetros climáticos (lluvias y temperaturas) desde estados reproductivos tempranos hasta la cosecha. Hay factores abióticos y bióticos involucrados capaces de producir daño en la semilla.

Patógenos de semilla

Los patógenos de semilla son aquellos que pueden ser detectados sobre, dentro o con la semilla. Pueden estar distribuidos dentro de los tejidos de la semilla, encontrarse adheridos a la semilla en forma superficial, como esporas, esderocios, micelio 7/0 en forma contaminante, como esderocios, restos de cultivo, quistes de nematodos, partículas de suelo, mezclados con la semilla. Pueden transmitirse por semilla, y esto significa que hay evidencias que aseguran que el patógeno se transmite, en forma importante, al cultivo por la semilla. Pueden ser virus, bacterias y hongos. Estos últimos son los más importantes; la bibliografía menciona 8 enfermedades que son causadas por patógenos de semilla y pueden ser transmitidas por semillas; 22 enfermedades que pueden ser causadas por patógenos de semillas pero difícilmente se transmitan (muchas de ellas lo pueden hacer en forma concomitante) y 11 enfermedades que no son causadas por patógenos de semillas y no son transmitidos por semillas (también algunas de ellas lo podrían hacer en forma concomitante). Es importante conocer los síntomas y signos que aparecen sobre la semilla para poder identificarlos. También se deben conocer los efectos sobre la calidad de la semilla y los aspectos epidemiológicos.

Los hongos presentes en la semilla disminuyen la calidad industrial, pueden alterar el contenido de proteínas, aumentar la acidez, producir aceites rancios, acumular toxinas (firo y mictotoxinas), reducir la actividad enzimática con pérdida de viabilidad y vigor. El porcentaje promedió de germinación determinado durante los ciclos agrícolas 1994/95 a 2004/05 fue de 79%. El 57% de las muestras analizadas presentó problemas de hongos de campo, el 4% daño por chinche, el 27% daño mecánico y el 27% deterioro durante el almacenaje. Para ese mismo período la calidad sanitaria mostró valores promedio del complejo Diaporthe/Phomopsis de 17% y de 13% para Fusarium spp.

2.3 Dormición (aspectos conceptuales)

La dormancia o también denominada por varios autores como latencia, dormición, letargo, reposo o vida latente.

Es el estado en el cual las semillas a pesar de tener las condiciones normales para su germinación, no lo hacen, debido a mecanismos físicos y fisiológicos internos de la semilla.

Bloqueo interno propio de la semilla que determina que la misma no germine en condiciones consideradas como favorables durante determinado período de tiempo.

Característica adaptativa que determina que las semillas germinen en un momento o lugar favorables a su sobrevivencia.

Se trata de una característica heredable, cuya expresión es modificada por las condiciones ambientales que se dan durante el proceso de maduración de la semilla sobre la planta madre. (Pelton, 1965).

Concepto y clasificación de dormición en semillas.

Dormición: es la suspensión temporaria del crecimiento visible, de cualquier estructura que contenga meristemas. (Lang, 1987)

Paradormición: impedimento para la germinación dentro de la semilla, pero por fuera de la estructura durmiente (embrión). Ej.: cubiertas duras y/o impermeables a los gases y al agua ó inhibidores individuales o balances inhibidores en la cubierta interna (endosperma o perisperma).

Endodormición: impedimento dentro de la estructura durmiente. Ej.: embriones inmaduros ó balances hormonales inhibitorios.

Ecodormición: limitante para el crecimiento en el medio ambiente en el que se encuentra la semilla (falta de agua, temperatura, oxígeno, luz).

Carambula (1984). Señalo que la dormancia constituye un estado que presentan las semillas, en el cual no germinan mientras sus embriones no sufren una serie de cambios fisiológicos y químicos previos.

2.3.1 Dormancia y la semilla

El fenómeno de la dormancia es común, principalmente en semillas de determinadas hortalizas y forrajeras, algunas fruteras y de especies arbóreas y ornamentales, que no germinan después de la cosecha debido a los mecanismos internos, de naturaleza física o fisiológica, que bloquean la germinación.

Estos mecanismos son genéticos y acontecen durante el ciclo de vida de la especie, durante la maduración de la semilla, de modo que, después de la dispersión, la semilla todavía no estará apta para germinar.

Ésta dormancia, que se instala en la fase de maduración de la semilla, es denominada primaria.

No obstante, en algunas especies, el bloqueo a la germinación se establece luego de la dispersión de la semilla, inducido por ciertas condiciones de estrés o por un ambiente desfavorable a la germinación, caracterizando otro tipo de dormancia, denominada secundaria.

Las semillas durmientes son aquellas que, mas allá de que estén vivas y sobre condiciones de ambiente que normalmente favorecen el proceso de germinación, no germinan por causa de alguna restricción interna, la cuál impide el desarrollo del embrión.

La germinación solamente ocurrirá cuando tal restricción sea superada, lo que en la naturaleza puede llevar días, meses o años, dependiendo de la especie.

Una vez madura, la semilla es desprendida de la planta madre, tornándose un organismo autónomo, pues tiene en su estructura un embrión que, en condiciones adecuadas de ambiente, se desenvolverá, originando una plántula.

No obstante, como esto no siempre ocurre, la pregunta es: por que las semillas de algunas especies no germinan, inclusive cuando son sembradas en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

La respuesta puede parecer simple: porque ya están en proceso avanzado de deterioración, que culmina con la muerte del embrión o, entonces, están durmientes.

De esta forma, la dormancia de la semilla es un importante estadio del ciclo de vida de las plantas, caracterizada por la ausencia temporaria de la capacidad de germinación, permitiendo que las especies vegetales sobrevivan a las adversidades, principalmente a aquellas que dificulten o impidan el crecimiento vegetativo de la planta.

Se trata, por lo tanto, de un fenómeno fundamental para la perpetuación y la sobrevivencia de muchas especies vegetales en los más variados ecosistemas.

La dormancia o latencia permite en las angiospermas obviar los periodos de sequias o de fríos inadecuados para el crecimiento vegetal.

También es gracias a la dormancia que semillas de muchas especies no germinan en el fruto cuando este está todavía prendido a la planta, pues, luego de la maduración fisiológica, y en condiciones ambientales favorables a la germinación (como, por ejemplo, aumento de la humedad por el exceso de lluvias), semillas sin bloqueos al crecimiento del embrión podrán germinar en la planta madre.

Cabe resaltar que la mayoría de las plantas cultivadas actualmente es representada por variedades, cultivares e híbridos genéticamente mejorados por procesos de selección que eliminaron la dormancia, pues los objetivos de la agricultura moderna son la rapidez y la uniformidad de la germinación de la semilla y de la emergencia de la plántula en campo.

Para una misma especie, este período puede variar en función del genotipo, del ambiente donde la semilla fue producida y de otros factores.

Además, semillas oriundas de una misma planta tienen intensidades distintas de dormancia, para que la germinación ocurra a lo largo del tiempo, en intervalos regulares, a medida que la dormancia es superada, aumentando la probabilidad de sobrevivencia de los individuos.

De esta forma, el impedimento a la germinación de la semilla, establecido por la dormancia, se constituye en una estrategia benéfica, por distribuir la germinación a lo largo del tiempo y permitir a la especie "escapar" de condiciones adversas al crecimiento de la plántula.

Las semillas de la mayoría de las especies germinan tan pronto están dadas las condiciones favorables; pero si las semillas no germinan se dice que son dormantes.

Aparentemente la dormancia evolucionó como un mecanismo de supervivencia de las especies a determinadas condiciones climáticas, ya que en las regiones de clima templado el invierno sería una amenaza para la sobrevivencia de las especies.

La dormancia tiene algunas desventajas ya que son necesarios períodos largos para que un lote de semillas la supere, la germinación se distribuye en el tiempo, contribuye a la longevidad de las plantas invasoras, interfiere con programas de siembra, presenta problemas para evaluar la calidad de las semillas.

2.3.2 Ventajas y desventajas de la dormancia

Elevar la calidad de la semilla de los pastos y forrajes es una premisa para el futuro desarrollo de nuestra ganadería, pues la siembra de pastos por esta vía brinda la oportunidad de aumentar considerablemente la productividad y utilizar áreas de difícil laboreo del suelo.

Muchas veces ocurre, que no disponemos de las cantidades de semillas para efectuar la siembra y otras veces estas no han completado su desarrollo o existen inhibidores que impiden su germinación.

La madurez de las semillas y su germinación siguen una secuencia directa en la vida de la planta, pero normalmente están separadas en tiempo y espacio (Pollok y Kearns, 1966).

Este espacio puede ser de unas cuantas horas o de muchos años.

En algunos casos la condición de permanecer inactivas las semillas es una desventaja, no obstante permite la supervivencia de las mismas a las condiciones adversas (Evenari, 1965; Rao, 1968 y Roberts, 1972).

Las semillas se protegen de condiciones medio ambientales adversas restringiéndose la germinación en tiempo y espacio.

En otros casos se convierte en indeseable, pues las semillas no germinan, incluso teniendo las condiciones idóneas.

Se dice entonces que la semilla esta en estado de latencia o reposo llamado también dormancia.

Sin embargo, en las condiciones de cultivo la dormancia de las semillas representa en la mayoría de los casos, ciertas incomodidades y desventajas para el establecimiento rápido y vigoroso de un pasto, con frecuencia hay siembras frustradas cuando no se había tomado en cuenta la dormancia de las semillas.

Por otra parte, la dormancia de las semillas puede ser muy útil para la preservación prolongada y uso continuo de las mezclas de pastos.

Pensamos que la dormancia puede convertirse en ventaja cuando se hace renovación o mejoramiento superficial de un pastizal pobre, natural o una siembra degenerada.

2.3.3 Valor práctico de la dormancia.

La existencia de la dormancia en las semillas se considera como una característica biológica o una adaptación muy útil para la sobrevivencia de la especie en el ambiente natural.

Este mecanismo; por ejemplo, impide la germinación inmediata y completa de las semillas cuando ellas aún se encuentran en la planta "madre".

Además permite a la planta conservar en el suelo para largos plazos sus gérmenes latentes hasta que las condiciones se hagan favorables.

De esta forma la especie se fija en un dado fitocenosis natural evolucionado exitosamente sin perder su posición.

2.4 Causas de la dormancia.

Las causas más comunes de la dormancia son:

- a) Cubiertas florales duras e impermeables al agua y el oxígeno (Gramíneas: lema y palea / Leguminosas: tegumento o testa).
- b) Inmadurez del embrión.
- c) Presencia de inhibidores de la germinación que provocan bloqueos que controlan la germinabilidad.

A estas causas atribuyen la dormancia en las semillas (Curtir y Clark, 1950; Mayer y Poljakoh-Mayber, 1963; Besnier, 1965, Bonner Varner, 1965; Evenari, 1965; Ballard, 1971 y Roberts, 1972).

a) Cubiertas florales duras e impermeables al agua y al oxígeno

Las envolturas de las semillas juegan un papel notable, ya que impiden la germinación limitando el acceso del agua y oxígeno al embrión.

La rotura o separación de estas cubiertas llevan a aumentar significativamente la aparición de gérmenes, así como la energía de la germinación.

Por ejemplo: La germinación de la semilla de pasto buffel con cubierta casi es 5 veces menor que en las descubiertas.

El Soviético A.B. Porptzov, determinó que eliminar las envolturas de semillas de pastos no solo se incrementa la velocidad de la germinación, sino también amplía los límites de temperatura en que aparecen los gérmenes.

La impermeabilidad de la envoltura de las semillas de los pastos de leguminosas es muy conocida en ambos climas, en el templado y en el tropical.

Estas semillas se caracterizan por la existencia en el epispermo (tegumento) de una barrera impermeable para el agua y, quizás para el oxígeno también.

La dormancia en esta familia de plantas obtuvo sus nombres especiales en ruso, llamándose "tverdokamenost" (de roca, inquebrantable) y en inglés "Hardseededness".

Según nuestros datos, en Cuba las semillas tratadas de *Teramnus labialis* en condiciones de suelo germinan solo en 8-16 %, de *Glycine* en 0,6 % y *Leucaena leucocephala* en 14-22 % en el período de dos meses.

Las semillas de leguminosas pueden permanecer en el suelo decenas de años casi sin germinar.

La duración del período de dormancia relacionada con la impermeabilidad de sus envolturas está en dependencia de las condiciones del almacenamiento posterior a la cosecha.

Así, pues las semillas de trébol almacenadas con temperaturas bajas, no más de + 10° C dentro de 2-3 o tal vez 4-6 meses pierden su dormancia.

La impermeabilidad de las envolturas de las semillas de leguminosas no puede considerarse como una característica negativa, que obliga a aplicar tratamientos especiales para lograr las siembras parejas, con la densidad necesaria.

Este rasgo se convierte en muy valioso, cuando el pastizal se aprovecha durante un plazo largo, ya que sin hacer la siembra paulatinamente aparecen plántulas nuevas de leguminosas.

b) Inmadurez del embrión

En algunas semillas los embriones no se diferencian bien y se presentan al madurar como una masa de células.

Otras plantas diferencian sus embriones hasta un grado más elevado; sin embargo al emprender la germinación se continúa el crecimiento y el desarrollo del embrión que logra alcanzar tamaños mayores.

En ambos casos mencionados tiene lugar la dormancia que se debe a la inmadurez del embrión. A veces las semillas con este tipo de dormancia no germinan durante múltiples años bajo el régimen de temperaturas elevadas requiriendo, al contrario, las bajas para poder romper la latencia.

En los ensayos de germinación de semillas guinea y buffel, encontramos que la recogida en fase temprana del desarrollo de la inflorescencia germinan peor que las cosechadas desde órganos generativos adelantados en su formación. En estos últimos la

inmadurez del embrión se manifiesta menos, los de mayor tamaño germinan mejor y se pudren menos

Puede ser causa de dormancia la presencia de embriones rudimentarios (Pillay, 1966), esta condición se presenta debido a una fertilidad baja en la fecundación de la semilla y al momento de cosecha de la misma, exigiendo por tanto concretar los estudios hacia la recolección óptima de las mismas, esta causa de dormancia puede ser atenuada realizando una cosecha correcta y dándole a la planta todas las condiciones para su desarrollo.

c) Presencia de inhibidores de la germinación

Las semillas pueden contener varias sustancias químicas que impiden la germinación y que reciben el nombre de inhibidores.

Entre estos se mencionan la lactona cumarina y sus derivados; amoníaco, ácido cianhídrico, aceites esenciales, glucócidos, etc.

Es posible que la dormancia perteneciente al tipo "secundaria" exactamente se provoca por las sustancias obstaculizadoras de la germinación (inhibidoras).

Para el pasto buffel se considera que el agente que impide la germinación se encuentra en las envolturas que rodea la semilla.

A veces el inhibidor es sensible a la luz (semilla de pastos Rhodes) o soluble en el agua y por eso puede ser eliminado por uno de esos factores.

Sabiendo el tipo de tratamiento se logra destruir la sustancia obstaculizadora y se hace posible aumentar y uniformar la germinación de la semilla.

Hembery (1949) indicó que la relación entre la dormancia y la germinación estaba regulada por un balance entre el inhibidor y el activador.

Al suprimirse el inhibidor puede la semilla, si encuentra buenas condiciones germinar; este efecto del inhibidor puede eliminarse con tratamientos químicos y almacenamiento de las semillas.

Todo parece indicar que el almacenamiento hace desdoblarse las enzimas que impiden la germinación.

Las distintas formas de dormancia descritas anteriormente muchas veces se presentan en las semillas como combinaciones originadas por varios mecanismos.

Por esta razón, para romper el estado latente de estas semillas hay que implicar varios tratamientos en cierta secuencia.

Combinación de causas: La presencia de una causa de dormancia no elimina la posibilidad de que otras causas estén presentes. Estas semillas necesitan de una combinación de tratamientos para superar la condición de dormancia.

2.5 Tipos de dormición

Dormición primaria: es inducida sobre la planta madre durante la maduración de la semilla

Dormición secundaria: ocurre luego de la dispersión de la semilla, inducido por ciertas condiciones de estrés o por un ambiente desfavorable a la germinación. Generalmente está sujeta a ciclos anuales (semillas de malezas).

Dormición absoluta: Nivel extremo de dormición, no se da la germinación a ninguna temperatura de incubación.

Dormición relativa: La condición de dormición se expresa solamente en determinados rangos de temperatura que tienen que ver con cambios a nivel de membranas celulares.

2.5.1 Tipos de dormancia (aportes de otros autores)

- Innata
- Inducida
- forzada.

Tres tipos de dormancia son mundialmente conocida (Harper, 1957): dormancia innata, dormancia inducida y dormancia forzada.

Dormancia innata: se presenta en el embrión desde el momento en que se frena su crecimiento en el órgano generativo de la planta "madre".

El grado de dormancia en diferentes semillas de la misma planta es generalmente muy variado. Incluso en algunos cultivares.

De la misma línea genética posee un coeficiente de variación alto.

En algunos casos la existencia de tipos distintos de semillas en el organismo vegetal de la misma constitución genética se relaciona con el ambiente en el cual tuvo lugar la formación y maduración de los órganos generativos (por ejemplo, fotoperíodo).

A veces cuando la semilla "sale" de la dormancia innata, en esta puede surgir otro período de lactancia semejante a la primera.

Dormancia inducida o secundaria: se manifiesta cuando las semillas con bastante contenido de humedad se enfrentan con las condiciones donde existen uno o más factores que impiden la germinación.

Estas principalmente son temperaturas altas, deficiencia de oxígeno o elevado contenido CO₂; la formación dentro de la semilla de inhibidores (NH₃; ácido cianhídrico, aceite esencial) y la acumulación de CO₂ que también puede provocar la aparición de la dormancia secundaria.

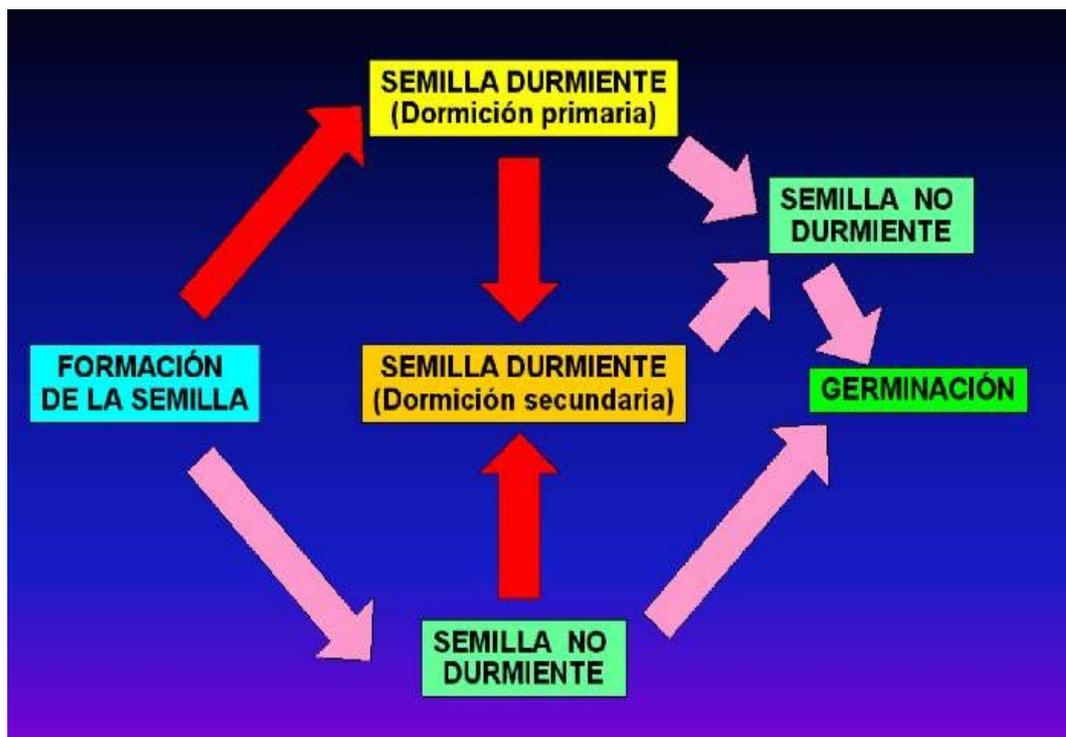
La dormancia forzada: se presenta cuando en el ambiente existen limitantes para la germinación.

El término al respecto se utiliza generalmente para la semilla que se encuentra enterrada en el suelo.

Al liberarse esta semilla del ambiente edáfico la dormancia desaparece.

Los factores del suelo que limitan la germinación son: alto contenido de CO₂; ausencia de la luz y de las temperaturas alternas.

Figura 1: Dormición



En la figura anterior se puede observar los estados en que la semilla transcurre luego de sembrada. (Lang, 1987).

Cuadro 1: Clasificación de la dormición de las semillas

Tipo de Dormancia	Descripción	Clasificación Posterior
Endógenos: Relacionada el embrión de la semilla y/o endosperma		
Fisiológica (DF)	Inhibición de mecanismos fisiológicos (IMF) del embrión	- Profunda (Fuerte IMF) - Intermedia - Leve ó nula (Débil IMF)
Morfológica (DM)	Embriones subdesarrollados o indiferenciados.	n/a
Combinada (DM+DF)	DF y escaso desarrollo del embrión.	- Morfo-fisiológicas - Intermedia simple - Profunda simple - Epicótilo profunda simple - Intermedio complejo - Profunda Compleja
Exógenos: Relacionados con las propiedades de las estructuras de cubierta externa de las semillas (Pericarpio / cubierta de la semilla)		
Física (DFIS)	Tejidos impermeables al agua	n/a
Química (DQu)	Tejidos contienen inhibidores químicos de la germinación.	n/a
Mecánica (DMEC)	Tejidos que restringir la expansión y el desarrollo del embrión.	n/a

En el cuadro anterior se puede observar la clasificación de dormición de las semillas (Lang, 1987).

2.6 Mecanismos de dormición

Embrión: la remoción de las cubiertas no permite a los embriones germinar normalmente. Se dan dos casos:

- inmadurez del embrión.
- en embriones maduros: inhibidores presentes en cotiledones. (Ejemplo: en algunas líneas de cebada, el scutellum impone dormancia).

Cubiertas: los embriones aislados pueden germinar normalmente, la limitante la imponen los tejidos que rodean el embrión (endosperma, pericarpio, testa o glumas)

2.6.1 Causas de dormición impuestas por las cubiertas o exógena

Interferencia con absorción de agua

Semillas duras (leguminosas), donde la constitución de la testa responsable de la impermeabilidad (cutícula cerosa, suberina y principalmente osteoscleridas),

Restricción mecánica

Ejemplo: semillas de lechuga (endosperma con paredes gruesas compuestas por mananos, polímero de manosa, rodea completamente al embrión).

Interferencia con el intercambio gaseoso.

Entrada de oxígeno y salida de CO₂.

2.6.2 Factores que inducen dormición secundaria

Condiciones anaeróbicas

Oscuridad

Exposición prolongada a rojo lejano

Temperaturas por encima de las máximas para germinación

Temperaturas por debajo de las mínimas para germinación

Stress hídrico (déficit ó exceso)

2.6.3 Factores que levantan dormición

“Afterripening”: almacenamiento de las semillas con bajo contenido de humedad

Bajas temperaturas o “chilling”: semillas embebidas se someten a temperaturas de 1 a 10 °C (práctica común en horticultura y forestación).

Temperaturas alternadas

Calidad de la Luz: Rojo vs. Rojo lejano (semillas fotoblásticas)

Reguladores de crecimiento: giberelinas, citokininas, etileno

Escarificación: natural (ataques microbianos, pasaje por el tracto digestivo, alternancia de temperaturas) y artificial (abrasión mecánica), es el caso de semillas duras, ej: leguminosas).

2.6.4 Efectos del ambiente durante el desarrollo de las semillas sobre el nivel de dormición.

Temperatura

Condiciones de sequía: el efecto depende del tipo de dormición y del momento en que se produce (un déficit hídrico aumenta el nivel de dormancia en cebada cuando se da a inicios de llenado, si se da al final del mismo, la dormancia es reducida).

En sorgo semillas desarrolladas en condiciones de sequía tiene menor dormición (disminución del contenido y de la sensibilidad al ABA).

Nutrición: altos niveles de fertilización nitrogenada levantan dormición.

Efectos posicionales: diferencias en nivel de dormición según la posición en la inflorescencia.

Fotoperíodo: en general la dormición se incrementa con días largos.

2.6.5 Aspectos a considerar para controlar la dormancia

-Conocimiento de la especie a propagar: origen, morfología y clima.

-Determinar el mecanismo de dormancia presente en la especie a utilizar.

-Determinar el tratamiento correcto para superar la dormancia: estimuladores de la germinación (bioestimulantes), regulación de la temperatura, acondicionamiento físico de la semilla.

2.7 Métodos para superar la dormancia (Tratamientos)

El método a seguir depende del tipo de dormancia que la semilla disponga, a la vez esta puede tener dos mecanismos de dormancia la cual implicaría utilizar tratamientos combinados. Las técnicas y tratamientos más empleadas pueden citarse los siguientes: pre-refrigeración, distintas combinaciones de temperaturas, solución de nitrato de potasio 0,2 %, ácido giberélico, prelavado y pre secado, ácido sulfúrico, entre otros, (Farias et al., 1996), (Hernández Flores, 2010).

Para lograr establecer un pasto de forma rápida y uniforme junto con el gasto mínimo de las semillas es necesario que estas posean un alto grado de germinación.

Por esa razón las semillas de pastos (leguminosas especialmente) deben ser tratadas propiamente si se caracteriza por el alto nivel de dormancia hasta 50-90%.

Entre los métodos para romper la dormancia de semillas de pastos se han desarrollado los siguientes: a) Químicos, b) Físicos, c) Mecánicos.

El tratamiento de las semillas es más conveniente efectuarlo en el tiempo próximo a la siembra, ya que las semillas tratadas, con facilidad pierden su viabilidad.

2.7.1 Método químico

Este método se aplica para la escarificación de las semillas, es decir para lesionar sus tegumentos.

2.7.2 Escarificación con ácidos

La escarificación es un tratamiento mediante el cual se logra que la cubierta seminal se haga permeable al agua y/o a los gases.

En la naturaleza las cubiertas duras de las semillas se ablandan por medio de diversos agentes del ambiente, tales como abrasión mecánica, congelamiento y deshielo

alternados, ataque por microorganismos del suelo, paso por el tracto digestivo de aves y mamíferos, desgaste por el fuego, sol y agua.

Artificialmente esta deficiencia se puede superar con los siguientes tratamientos:

- a) Escarificación de las semillas con limas, lijas y vasos de agitación
- b) Inmersión en agua caliente y en agua hirviendo
- c) Congelamiento por inmersión en nitrógeno líquido (a 190°C bajo cero)
- d) Presiones hidrostáticas elevadas (2,000 atmósferas)
- e) Vibraciones de alta frecuencia
- f) Ataque por ácido sulfúrico concentrado
- g) Lavados con etanol y otros disolventes

La escarificación puede agruparse en dos categorías generales:

- a) Escarificación mecánica
- b) Escarificación química

2.7.3 Escarificación química

Es un método muy eficaz para interrumpir el reposo debido a la cubierta seminal.

Si se sumergen las semillas en ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, o en disolventes orgánicos como la acetona o el alcohol, se puede interrumpir este tipo de reposo.

Para este propósito incluso se ha empleado con éxito el agua hirviendo, especialmente para algunas leguminosas.

2.7.4 Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)

Es el método químico más utilizado en semillas de especies forrajeras tropicales, porque disuelve, agrieta y debilita las cubiertas florales, lo cual permite la entrada de agua e intercambio de gases, facilita la expansión del embrión y la salida de la radícula.

En semillas de leguminosas de los géneros: *Medicago*, *Calopogonium*, *Centrosema*, *Leucaena*, *Neonotonia* y *Stylosantes*, se han obtenidos altos porcentajes de germinación (80-90%) cuando la semilla se trata por un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos.

Por ejemplo; las semillas del *Macroptilium atropurpureum* incrementa la germinación de 10 a 95 % al ser tratado con el ácido sulfúrico.

Las semillas de *Panicum coloratum* después de ser colocadas en este ácido (con exposición de 20 minutos), mostraron una alta germinación (48%) los tratamientos con el menor (12 minutos) o con el mayor tiempo (30 minutos) dieron peores resultados (18 y 40 %) de germinación respectivamente).

En semillas de *B. humidicola*, *B. dictyoneura* se redujo acortar el periodo de latencia sometiendo a la semilla a escarificación ácida durante 11 y 20 minutos, incrementando su germinación en un 20%.

Existen recomendaciones de utilizar para la escarificación el ácido nítrico (H_3NO), sin embargo, el uso de ácidos y el sulfúrico en particular, representa varios inconvenientes:

- 1) Requiere de personal altamente calificado y de un equipamiento especial (piletas de inmersión, utensilios de laboratorio y grandes cantidades de agua).
- 2) Tener en cuenta que los operarios tienen que contar con equipos de protección personal adecuados (botas de goma, mamelucos, delantales, gafas o protectores faciales, guantes largos, etc), ya que los ácidos podrían provocarles quemaduras o lesiones.
- 3) Una parte de las semillas se lesionan demasiado y pierde su viabilidad.
- 4) Se debe considerar también llevar adelante un protocolo adecuado de manejo del agua y de residuos tóxicos, ya que en esta técnica se utilizan grandes volúmenes.
- 5) Es un método caro causa del alto costo que tiene el ácido sulfúrico.

2.7.5 Agua, Alcohol etílico y Acetona.

Dentro del método químico se plantea la aplicación de varias sustancias químicas que neutralizan o eliminan los inhibidores de la germinación.

Dentro de ellos el agua, el alcohol y la acetona permiten desechar los inhibidores que bloquean al metabolismo en las semillas, aumentando significativamente el porcentaje de germinación.

Ensayos en *Prosopis alba* (Algarrobo blanco) con alcohol etílico absoluto en inmersión durante 12 horas dieron como resultado una germinación del 61%. (Prokopiuk, D - Chifa, C 2000)

También (Prokopiuk, D - Chifa, C 2000) en *Prosopis alba* (Algarrobo blanco) con acetona pura en inmersión durante 12 horas dieron como resultado una germinación del 71%.

2.7.6 Aplicación de los estimulantes químicos

Puede también romper la dormancia de las semillas; ellos quizás destruyen los efectos de algunos inhibidores.

Con este fin se utiliza más el ácido giberélico, así como 2-cloroetiltrinitil amonium cloruro, herbicidas (2,4-D) y pesticidas.

Requiere de personal altamente calificado y de un equipamiento especial.

2.7.7 Nitrato de potasio (KNO_3)

Se recomienda para la ruptura de latencia de las semillas de varios pastos tropicales (*Chloris gayana*, *Melinis minutiflora* y *Panicum maximum*, *Sorghum halepense*, *Stylosanthes humilis*), incrementando su germinación en un 15%.

En Venezuela se probó con semillas intactas de *B. dictyoneura* disminuyendo la latencia alcanzando un 47% de germinación.

Utilizando dosis de 0,2 % se obtiene los mejores resultados.

Requiere de personal altamente calificado y de un equipamiento especial.

2.7.8 Ácido clorhídrico (HCL)

El tratamiento consiste en la inmersión de las semillas en el ácido (a una dosis recomendada por bibliografías consultadas al 1%) y el tiempo varía según las semillas a tratar.

Se obtuvieron buenos resultados usando ácido clorhídrico al 1% durante 16 minutos y posterior neutralización de 15 minutos en agua corriente en semillas de palma robelina (*Poenix roebelinii*). (Pablo, D; Victor, C 2010)

2.7.9 Agua oxigenada (H₂O₂)

Este método consiste como los otros en la inmersión de la semilla.

(Pablo, D; Victor, C 2010). Utilizaron este tratamiento obteniendo buenos resultados en (*Poenix roebelinii*) en la cual sumergieron las semillas en una solución al 5% durante 10 minutos, luego de transcurrido el tiempo se enjuagaron en agua corriente.

En semillas de *Pinus pseudostrobus* también se usó esta técnica, las semillas fueron colocadas en remojo al 2% durante 6 horas posteriormente se enjuagaron. (mexal et al, 1994).

2.8. Escarificación mecánica

Es cualquier proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de las cubiertas de las semillas (sin tocar el embrión) para hacerlas permeables al agua o a los gases.

El desgaste o la ruptura de la cubierta seminal se puede lograr con la agitación de las semillas con algún material abrasivo como la arena o mediante raspado, también cortando la cubierta con un cuchillo.

El frotar las semillas con papel lija, rayarlas con una lima y romper las cubiertas con un martillo, son métodos sencillos y útiles para lotes pequeños de semillas relativamente grandes.

2.9. Método físico

Este método con sus variantes diversas da muy buenos resultados para solucionar los problemas prácticos.

En las semillas de pastos (de gramíneas), se considera cambian la viscosidad del

protoplasma de las células del embrión, modificando sus características físicas y químicas.

Por lo general, muchas especies de pastos tropicales germinan mejor en condiciones de temperaturas alternas.

Por ejemplo, el ISTA (Asociación Internacional de los Ensayos de Semillas) da estas recomendaciones para varios pastos que son de importancia en Cuba

Al contrario, existen pastos que germinan mejor a temperaturas constantes: *Cenchrus ciliaris* (30°), *Medicago sativa* (20°), *Macroptilium atropurpureum* y *Leucaena leucocephala* (25°).

A veces el efecto de las temperaturas alternas reduce la germinación.

2.9.1 Temperaturas alternas

Se concluyó que si las semillas van a ser sembradas inmediatamente después de la recolección, deben ser tratadas con las temperaturas alternas (3-30°C) durante 24 horas, con lo que se logra incrementar la germinación de las semillas totales (llena + vacías) en un 9 %.

No requiere de personal altamente calificado pero si de un equipamiento especial (estufa, cámara de calefacción, heladera, freezer o cámara de refrigeración).

2.9.2 Calentamiento moderado

El calentamiento moderado de las semillas "duras" de leguminosas bajo el régimen de temperatura de 30-45°C, acelera su germinación.

Este tratamiento rompe la impermeabilidad del hilio, parecido a lo que sucede cuando la semilla se golpea contra una superficie sólida.

En semillas de *B. decumbens* y *B. dictyoneura* se recomienda el calor seco entre 35° y 50°C por un tiempo de exposición no mayor de los 30 minutos. (Zulay Flores, V 1997).

No requiere de personal altamente calificado pero si de un equipamiento especial (estufa o cámara de calefacción).

2.9.3 Agua hirviendo

Uno de los métodos bien conocidos de liberar la semilla del estado de latencia es tratarla con agua hirviendo.

Las semillas de algunas especies como *Glycine*, *Leucaena* y *Acacia* al pasar un tiempo breve en este ambiente, aumentan su germinación bruscamente.

También (Zulay Flores, V 1997). En semillas de forrajeras de los géneros *Leucaena*, *Stylosantes*, *Centrosema*, *Pueraria* y *macroptilium* ha obtenido incrementos en la germinación de 40 a 80 % usando este método.

La deficiencia principal de este método consiste en que las semillas tratadas con el agua hirviendo, la absorben en cantidades suficientes y germinan en el campo, independientemente de las condiciones meteorológicas y si no llueve o el riego no está garantizado, la siembra puede frustrarse.

Se han realizado investigaciones con *Teramnus labialis* cv. Semilla Clara, que han demostrado que el tratamiento con agua a 80°C, da resultados satisfactorios en las germinaciones. Inclusive se pueden tratar las semillas recién cosechadas, secarlas y almacenarlas posteriormente.

Otros ensayos con Agua a 100 °C, dejando enfriar 24 horas y Agua a 20 °C durante 24 horas en *Prosopis alba* (Algarrobo blanco) dieron como resultado una germinación del 74,75% en el primer tratamiento antes dicho y un 80,70% en el otro tratamiento mencionado. (Prokopiuk, D - Chifa, C 2000).

No se requiere de personal altamente calificado ni de un equipamiento especial.

2.9.4 Temperaturas extremas bajas

Existen datos que las temperaturas bajas de -50 hasta -90°C pueden eliminar la latencia de las semillas de las leguminosas.

No requiere de personal altamente calificado pero si de un equipamiento especial (nitrógeno líquido cámaras especiales de frío).

2.9.5 Pre refrigeración

Consiste en someter a la semilla a 5 °C durante 7 días y al finalizar la duración del ensayo, las mismas sometidas a ambientes favorables de germinación deben romper dormancia.

No requiere de personal altamente calificado pero si de un equipamiento especial (heladeras, freezer o cámaras de frío).

2.9.6 Luz

La luz juega un papel importante en la ruptura de la dormancia.

La germinación de las semillas latentes de gramíneas se acelera bajo el efecto de la luz.

El descubrimiento de este fenómeno lo hizo el científico Soviético Filimonov, al determinar la dormancia como estado de la semilla cuando no se saben los requerimientos o condiciones bajo los cuales ellas germinan.

Dentro del grupo de los pastos tropicales cultivados en Cuba, las condiciones de la luz germinan mejor las semillas de Buffel, Rhodes, Guinea, Brachiaria, Stylosanthes, etc.

Al contrario, varias especies de leguminosas no necesitan la luz: Alfalfa, Glycine, Leucaena, Macroptilium, Trébol subterráneo y otros.

2.10. Tratamientos que ayudan a romper la dormancia de las semillas

2.10.1 Físicos

1. Saturación con O₂ de la atmósfera. Muchas semillas de especies forrajeras se caracterizan por poseer dos tegumentos muy compactos y que actúan como una barrera física para evitar la entrada de agua y el intercambio gaseoso (O₂ y CO₂). Semillas de *B. decumbens* y *B. dictyoneura* al ser colocadas en una atmósfera rica en oxígeno, incrementaron significativamente su germinación, asociando esta respuesta a una mayor disponibilidad de oxígeno por el embrión, sin embargo semillas de *B. humidicola* no respondieron favorablemente a la condición de alta tensión de O₂. (Zulay flores v 1997).

2. Secado moderado.

3. Mojado y secado.

4. Colocar el ambiente de alta presión (las semillas de leguminosa resisten las presiones hasta 2 000 de atmósferas físicas sin reducir la viabilidad, con el incremento de la germinación).

5. Humificación. Muy utilizado en semillas forestales.

6. Corte distal del tegumento. Se realiza un corte en el extremo de la chalaza): en forma manual. En semillas de “algarrobo blanco”(*Prosopis alba*) se obtuvieron germinaciones de un 66% utilizando este método. (Prokopiuk, D - Chifa, C 2000).

2.10.2 De energía.

1. Equipos magnéticos.

2. Campos eléctricos.

3. Deionisante.

4. Ultrasonido.

5. Radiación iónica.

2.10.3 Biológicos.

1. Tricodermas: Se realiza con enzimas y hongos.

2.10.4 Luz

Técnica de Radiación infrarroja

2.11. Tratamiento mecánico

Este método es el que más se aplica en las condiciones de producción y consiste en la aplicación de medios mecánicos para romper la dormancia.

2.11.1 Máquinas escarificadoras

En la URSS para tratar lotes grandes de semillas fueron construidas las máquinas escarificadoras.

Existen modelos CBB-2; CKC-1 y otros. La máquina SIC-1, por ejemplo, se utiliza el método de golpear las semillas de leguminosas contra una superficie metálica acanalada.

La capacidad potencial del equipo es de 155-550 Kg/h/semillas, lo que está en dependencia de la especie.

El número de semilla "dura" de Alfalfa después de procesarla en CIC-1, se redujo de 36,5 a 7,5 %.

2.11.2 Mezcladoras de cemento

En Brasil para la escarificación de las semillas de Glycine, con éxito se utilizan los mezcladores de cemento.

Este equipo puede ser eficaz para procesar la semilla de arroz así como para la semilla de algunas gramíneas.

Este tratamiento consiste en forrar internamente la mezcladora con lija y se la deja rotar, el tiempo va a depender de la semilla a utilizar. Este método tiene como desventaja lo engorroso que es poner y cambiar las lijas porque tienen que ir pegadas al tacho de la máquina y se desgastan rápidamente.

2.11.3 Escarificadores a mano o eléctrico

Los lotes pequeños de semillas se escarifican con la ayuda de escarificadores de mano o eléctricos de poca capacidad, frotando entre dos pedazos de papel de lija, cortando una parte de las cubiertas o con martilleo (Roo y Jones, 1969).

El efecto positivo de la escarificación mecánica consiste en el incremento notable de la germinación.

Por ejemplo: semillas de Siratro y Glycine después de ser escarificadas aumentaron la germinación de 20-25 % hasta 80-90 % y las gramíneas Paraná y Panicum coloratum de 1-2 % hasta 50-70 %.

Este método es utilizado en muy pequeñas cantidades de semillas (gramos), ya que tiene muy bajo rendimiento por realizarse de forma manual.

Es muy utilizado en ensayos experimentales.

2.11.4 Remoción de cubiertas florales

Es una técnica utilizada en gramíneas y se realiza manualmente retirando la lema y la palea que recubren el embrión facilitando así la absorción de agua y el intercambio gaseoso.

La remoción de las cubiertas florales de Buffel cv. Viólela incrementó la germinación de las semillas frescas en 5 veces.

2.12. Tratamientos naturales

2.12.1 Efecto de los animales en semillas con dormancia física

Se desconoce la forma en que un sistema digestivo rompe la dormancia física de las semillas, sin embargo, se asume que es por medio del ácido y/o escarificación mecánica (Cavanagh, 1980; Lamprey *et al.*, 1974; citados por *Martínez, 2005*).

Otro ejemplo del efecto del sistema digestivo de los animales en las semillas con dormancia física, es el aumento en el porcentaje de germinación de 20 a 31% para *Trifolium campestre*, cuando el tiempo de retención en el tracto digestivo de las ovejas es aumentado de 24 a 48 h (Russi *et al.*, 1992; citado por *Martínez, 2005*).

2.12.2 Quema de campos: efecto del fuego en el suelo y en el banco de semillas

En el Uruguay se tiene a la quema como una práctica de manejo poco usada.

Los productores no consideran a ésta técnica como otra práctica de trabajo y se la asocia a malos manejos de campo natural.

Sin embargo estos manejos se realizan a causa del acumulado de forraje que ha perdido calidad.

No obstante aunque no se la realice con el objetivo de despertar la latencia de la semilla, como efecto secundario de esta practica, el calentamiento del suelo por un periodo corto de tiempo y la quema de las estructuras florales de la semilla provocan que las especies productivas y malezas germinen.

2.13. Métodos hormonales

2.13.1 Métodos hormonales para levantar dormancia en semillas (Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Acido abscísico, Etileno).

Las hormonas vegetales tienen una función crítica en el desarrollo de las plantas, ya que según su presencia en el sitio y momento adecuado pueden estimular o inhibir procesos fisiológicos específicos para tener un cierto crecimiento, diferenciación, metabolismo, etc, que se refleja en la fenología.

El desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) e internos (hormonales).

Una definición del término hormona a cualquier producto químico de naturaleza orgánica que sirve de mensajero químico.

Las hormonas y las enzimas cumplen funciones de control químico en los organismos multicelulares.

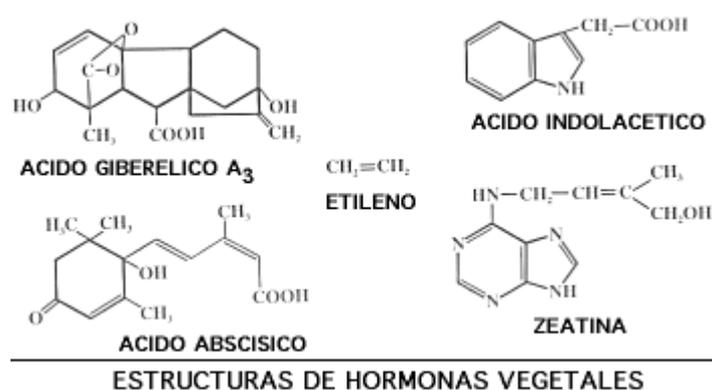
Las **fitohormonas** pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento en plantas.

Se incluyen al **etileno**, **auxina**, **giberelinas**, **citoquininas** y el **ácido abscísico**, cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta.

Dosis que se utilizan en tratamientos de inmersión de semillas durante una hora para todos los reguladores de crecimiento en concentraciones de 0, 75, 150 Y 225 micrones /ml.

Otro tratamiento con un producto comercial (Extracto de algas 100 % puro Chelal Alga) recomienda para inmersión de la semilla 3 grs / 10 lts de agua y en aplicaciones sobre la cama de siembra la dosis a usar es entre 500 y 750 grs / ha.

Figura 2. Estructura de hormonas vegetales



2.13.2 Auxinas o ácido indolacético

Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, la más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo.

Se le encuentra tanto como **molécula libre** o en **formas conjugadas** inactivas.

Cuando se encuentran conjugadas, la auxina se encuentra metabólicamente unida a otros compuestos de bajo peso molecular.

Este proceso parece ser reversible.

La concentración de auxina libre en plantas varía de 1 a 100 mg/kg peso fresco.

El flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical.

El movimiento de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del pecíolo parece también prevenir la abscisión.

2.13.3 Giberelinas (Efectos biológicos)

Según Weaver 1987, las giberelinas pueden terminar con el período de reposo en semillas de muchas especies.

En los primeros trabajos las semillas de algunas especies no fueron afectadas por la aplicación de giberelinas exógenas; ciertas investigaciones posteriores indicaron que frecuentemente la causa era que la sustancia no penetraba las cubiertas de las semillas.

Quizás las giberelinas provocan cambios a nivel genético que estimulan a su vez la síntesis enzimática en las células (Osborne, 1965).

Las giberelinas provocan la estimulación de la síntesis de RNA en las capas de aleuronas, que pueden requerir de la expresión de los efectos giberelínicos, (Weaver 1987).

Una de las teorías sostiene que las giberelinas tienen relación con la síntesis del mensajero RNA, dirigida por el DNA, en el núcleo.

En la actualidad, se cree que las giberelinas modifican el RNA producidos en los núcleos, y así puede este ejercer su control sobre la expansión celular, así como otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal, (Weaver 1987).

Al asperjar las plantas con giberelinas se estimula el crecimiento y los tallos de las plantas tratadas se vuelven generalmente mucho más largos que lo normal es (Stowe y Yamaki, 1959).

Estimula el crecimiento en los entrenudos más jóvenes y frecuentemente se incrementa la longitud de los entrenudos individuales; mientras que el número de entrenudos permanece sin cambios.

Con frecuencia, se asocia la palidez temporal de las hojas de muchas plantas tratadas con el aumento de la superficie de las mismas; sin embargo el color verde normal se vuelve al cabo de algunos días.

Las giberelinas pueden provocar la floración de muchas especies que requieren temperaturas frías, (Weaver 1987).

La aplicación de giberelinas en tallos ocasiona un incremento pronunciado de la división celular en el meristemo sub apical.

Sánchez y colaboradores (1960) manifiestan que el crecimiento rápido de muchas plantas arrosetadas es gracias al efecto de las giberelinas.

El veloz y rápido crecimiento es resultado tanto del número mayor de células formadas como del aumento en expansión de las células individuales, (Weaver 1987).

2.13.4 Utilización de ácido giberélico (GIBER)

El ácido giberélico es una hormona vegetal que no es tóxica para humanos ni animales y es de fácil manejo.

Las concentraciones varían de 2 a 15 ppm (2 a 15gramos de AG3 en 1000 litros de agua) y la inmersión de los tubérculos debe hacerse durante 10 a 20 minutos.

Esto depende de la variedad y del estado de reposo en el que se encuentran los tubérculos, (Marca e Hidalgo 1997).

Según López (s.f.), con el objeto de facilitar el rompimiento de la latencia en los tubérculos seleccionados para la siembra, se usa normalmente el ácido giberélico.

Éste acelera la aparición de los brotes y se favorece la presencia de una mayor cantidad de tallos/planta.

Mientras mayor es el número de tallos/planta, mayor es la cantidad de estolones, más alta es la generación de tubérculos y, por lo tanto, mayor es el rendimiento final del cultivo.

La aplicación de este producto reemplaza a la producción natural de giberelinas en los tejidos del tubérculo, facilitando la liberación de enzimas que liberan los nutrientes necesarios para el desarrollo de los embriones y aumentado la actividad celular.

El resultado final es una más temprana emergencia de los brotes, (López.s.f.).

Como se trata de romper la latencia lo antes posible, de tal manera de llegar al momento de la siembra con una abundante cantidad de brotes por tubérculo, lo recomendable es tratar tempranamente la semilla con ácido giberélico temprano después de la cosecha, pero teniendo la precaución que los tubérculos estén ya “desinfectados” y la piel se haya afirmado.

Esto normalmente ocurre 4 a 5 días después de la cosecha.

Existen muchas recomendaciones en cuanto a la concentración en el uso de AG3: la dosis a menudo depende del material y del estado de reposo en el que se encuentra el tubérculo, (Jamez y Bryan 1989).

El Centro Internacional de la Papa (CIP), recomienda usar 2 ppm por semilla AG3 para tratar tubérculos cuyo período está por finalizar el período de reposo y 5 ppm para tubérculos aún dormantes.

Los mejores resultados se obtienen cuando el tratamiento se realiza antes de que los cortes y magulladuras hayan cicatrizado, (Marca e Hidalgo 1997).

Jamez y Bryan (1989) manifiestan que los tubérculos recién cosechados se limpian y se sumergen en una solución de ácido giberélico (AG3) por 10 -20 minutos.

Se recomienda soluciones de 5-10 ppm de AG3 para tratar todo tipo de tubérculos, especialmente aquellos que ya están viejos o los que han sufrido muchos cortes o magulladuras.

Mayores concentraciones, nunca por encima de 100 ppm, se pueden usar para tubérculos suberificados, recién cosechados.

López, s.f. afirma que la forma correcta de aplicación de ácido giberélico es sumergir mallas de tubérculos en una solución de este producto, en dosis de 20 ppm (una pastilla de 2 gramos en 100 litros de agua), por un período no mayor de 2 minutos y dejar posteriormente que el exceso de solución escurra de la malla.

Luego, se debe dejar secar los tubérculos y cuando estén completamente secos, almacenar a granel o en mallas o jabas (nunca en sacos), en una condición de luz difusa y con ventilación.

Además se advierte que concentraciones altas pueden causar brotes ahilados, emergencia deficiente y plantas atípicas.

En tubérculos que tienen brotes no se debe usar concentraciones mayores de 2 ppm.

Después del tratamiento los tubérculos deben secarse al aire y mantenerse entre 18-25°C hasta que se produzca el brotamiento.

Se eliminan los primeros brotes para reducir los efectos adversos del AG3, (James e. Brayan 1989).

2.13.5 Citoquininas

Las citoquininas son hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos.

Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces.

La presencia de altos niveles de citoquininas puede facilitar su habilidad de actuar como una fuente demandante de nutrientes.

Otros efectos de las citoquininas en plantas:

- estimulación de la germinación de semillas
- estimulación de la formación de frutas sin semillas
- ruptura del letargo de semillas
- inducción de la formación de brotes
- mejora de la floración
- alteración en el crecimiento de frutos

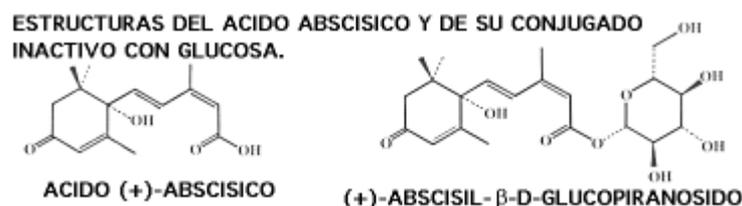
2.13.6 Acido abscísico

Inhíbe el crecimiento celular y la fotosíntesis.

El ácido abscísico (ABA), conocido anteriormente como dormina o agscisina, es un inhibidor del crecimiento natural presente en plantas.

Químicamente es un terpenoide que es estructuralmente muy similar a la porción terminal de los carotenoides:

Figura 3. Estructura del ácido abscísico y de su conjugado inactivo con glucosa.



El ácido abscísico regula las respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico, y por lo tanto tiene efectos contrarios a las de las hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas).

Típicamente la concentración en las plantas es entre 0.01 y 1 ppm, sin embargo, en plantas marchitas la concentración puede incrementarse hasta 40 veces.

2.13.7 Tratamiento con etileno (ETEFÓN)

Weaver R.J., 1987 manifiesta que el etileno es una de las hormonas de estructura más simple y gaseosa.

Al ser un hidrocarburo, es muy diferente a otras hormonas vegetales naturales.

El etileno provoca respuestas como geotropismo y abscisión, además estimula la germinación.

El etefón (producto químico liberador de etileno), ha despertado gran interés en la agricultura, puede aplicarse mediante técnicas agrícolas, actúa como un regulador de crecimiento, (Weaver 1987).

Es posible que el etileno se produzca en todos los tejidos vivos.

Los frutos en maduración son fuentes ricas especialmente en etileno.

El etefón se ha considerado un agente que aparentemente se descompone en los tejidos vegetales, liberando etileno cerca del sitio de acción, (Weaver 1987).

En su estructura química, el etileno, producto natural del metabolismo vegetal, es la hormona de crecimiento vegetal más simple.

Hay otros compuestos volátiles, como el acetileno que es entre 60 y 100 veces más activo que el propileno, el siguiente compuesto más efectivo del grupo, también es el único producto volátil que se produce en cantidades apreciables en los tejidos vegetales, (Weaver 1987).

Las concentraciones de etileno requeridas para la maduración varían según las especies, pero en la mayoría de los casos oscila entre 0.1 a 1 ppm, aunque por razones prácticas se utilizan concentraciones mucho mayores.

Además, la efectividad del etileno en lograr una maduración más rápida y uniforme va a depender del tipo de fruto en tratamiento, su estado de madurez, la temperatura y humedad relativa del ambiente y duración de la exposición, (Weaver 1987).

Por otra parte, es importante destacar que dada la amplia gama de efectos fisiológicos en los que está involucrado el etileno y la presencia del mismo como agente contaminante del aire no es sorprendente pensar que diferentes respuestas fisiológicas reguladas por el etileno tengan efectos perjudiciales sobre la calidad de algunos productos frutihortícolas; algunos ejemplos: amarillamiento (hortalizas de hojas), abscisión de hojas y cáliz (coliflor, berenjena), sabor amargo (zanahoria), brotación prematura (papa), punteado anaranjado (lechuga), lignificación (espárrago), maduración prematura (tomate), (Weaver 1987).

Los tubérculos de papa no son muy sensibles a etileno externo. Se ha observado que bajos niveles de etileno externo elevan la respiración, especialmente en papas inmaduras y dan lugar a pérdidas de peso y leve arrugamiento.

Después de un moderado envejecimiento por 2-3 meses a temperaturas superiores a 5°C.

Altas concentraciones de etileno y oxígeno pueden inducir la brotación, (Lucangeli y Murray 1998).

El etileno es un producto químico peligroso que debe ser manipulado con mucho cuidado.

Tubérculos limpios se colocan en bolsas de malla y se sumergen en la solución hasta que se moje toda la superficie de los mismos.

Los tubérculos se extraen de la solución inmediatamente y se colocan en un recipiente, con soportes herméticamente cerrado, por unos tres días.

Los soportes no permiten que los tubérculos entren en contacto con el exceso de la solución que gotea de ellos, (James e. Bryan 1989).

Efectos biológicos del etileno Weaver (1987) afirma que los primeros efectos observados del etileno es el de estimular la germinación, y el crecimiento de brotes.

Los tubérculos de papa en reposo, se ven estimulados a germinar cuando se les ha aplicado etileno, a intervalos breves; sin embargo, los tratamientos más largos suprimen la germinación.

También estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, estacas de madera dura y raíces, al igual que la germinación de algunas especies, al aplicar el producto simplemente como pre tratamiento breve, si se limita la exposición unas horas o pocos días antes de la brotación o durante la inhibición de las semillas.

Otros tratamientos hechos después de la brotación o germinación, inhiben el crecimiento de brotes y las hojas.

Otro efecto del etileno es provocar la abscisión prematura de las hojas, frutos jóvenes y otros órganos.

Es probable que los efectos de la defoliación producidos por el 2,4D, el NAA, las morfactinas y otros compuestos, se produzcan por el resultado de inducir la producción de etileno por parte de estos compuestos, (Weaver 1987).

4. CONCLUSIONES

- Existen un amplio rango de tratamientos a tener en cuenta a la hora de tratar lotes de semillas, las cuales dependerán de la especie del método que se adapte mejor a cada una de ellas.
- La investigación en este contexto juega un rol importante, ya que la agricultura moderna exige cada vez más ser precisos y eficientes en siembras y densidades.
- En la búsqueda de conocimientos de cómo superar la dormancia en semillas, de tratar de obtener el mejor tratamiento, el hombre utiliza un amplio y diverso rango de metodologías para superar esta problemática.
- La dinámica de los sistemas agropecuarios se actualiza día a día en la búsqueda de nuevas especies y por ende la investigación de nuevas alternativas tecnológicas (nuevos métodos, técnicas y tratamientos para romper dormancia en semillas) acompañando el crecimiento tecnológico.
- El conocimiento de las técnicas, métodos y tratamientos para superar la latencia en semillas, sus ventajas y desventajas a la hora de aplicarlos nos ayudarán a resolver cuál es el método apropiado a utilizar.
- El estudio y el análisis en este trabajo de los distintos métodos nos ayudarán a entender algunos mecanismos que tienen de perpetuación algunas especies y malezas.
- Destacar la importancia que tiene las aplicaciones estas tecnologías en la actualidad agropecuaria, minimizando costos y tiempos de producción.

5 BIBLIOGRAFIA

AUDESIRK, T.; et al . 2003. La vida en la tierra 6º edición. Pearson Educación, México.

AXAYACATL, P., et al; 2010.Evaluación de métodos de escarificación, sustratos y madurez de semilla de Palma robelina (*Phoenix robelini*) para su germinación. Universidad de vera cruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Córdoba.

BARBARA, C.; MUÑOZ, J.; SANCHEZ Y ALMAGUER, W. 2004. Germinación, dormancia y longevidad potencial de las semillas de *Guazuma ulmifolia*. Pastos y Forrajes, v. 27, no. 1.

BARNES, C. 1994. Worth publishers. New York, Panamericana.

CONLAGOULCO, M. 2010. Evaluación de temperaturas y acelerantes en tubérculos-semillas de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*). Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Agronómica.

FLORES, H. 2010. Métodos de escarificación y prueba de envejecimiento acelerado en semillas de *Brachiaria brizantha*. Texoco, EDO.DE México.

FLORES, Z. 1997. La tecnología de semillas forrajeras en Venezuela, sección de especies latencia. FONIAP-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay.

GARCIA, A; LASA, J. 1991. Ensayos de vigor de nascencia: Revisión Bibliografica. Consejo superior de investigaciones científicas. Estación Experimental de Aula DEI-Zaragoza.

GONZALEZ, Y. 2005. Dormancia beneficio, conservación y tratamientos a las semillas.

HAMPTON, J. 2001. New Zealand Seed Technology Institute - Lincoln University
Canterbury - New Zealand.

KAHRE, L. 1977. International Seed Testing Association.

MARTINEZ, J. 2005. Ecología de la semilla de lupinus bilineatus. Chapingo: México.p.
12

MEXAL, J. et al; 1994. International forest nursery training course. USDA-Forest service.

ORTIZ, P. 2003. Efecto del ácido giberélico, el ácido clorhídrico y la estratificación,
sobre la germinación de semillas de pinabete (*abies guatemalensis rehder*). Instituto
de Investigaciones agronómicas.

ORTIZ, P. 2003. Tratamientos para romper la dormancia en la semilla. Guatemala:
Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía.

VILLALOBOS, R; et al. 1992. Germinación de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*).
II. Ruptura del reposo. Agronomía Costarricense.