

Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y algarrobo (*Prosopis spp.*).

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

presentado por

Jhoanna Paola Arévalo Proaño

Zamorano-Honduras
Abril, 1998

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Jhoanna Paola Arévalo Proaño

Zamorano-Honduras
Abril, 1998

**Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de
yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y algarrobo (*Prosopis spp.*).**

presentado por

Jhoanna Paola Arévalo Proaño

Aprobada:

Odilo Duarte, Dr. sc. agr.
Asesor Principal

Alfredo Montes, Ph. D.
Jefe de Departamento

Mauricio Huete, Ing. Agr.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Liana Cáceres, Ing. Agr.
Asesor

Keith Andrews, Ph.D
Director

Odilo Duarte, Dr. sc. agr.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios por la vida, por mis padres, por darme cada día una oportunidad para soñar, para luchar , para elegir.

Al ser que inspira mi vida: Mercedes, mi madre, por ser un ejemplo de esposa, madre, e hija, por ser fortaleza, voluntad y apoyo, por haber estado siempre junto a mí durante estos cuatro años, por todos sus esfuerzos y sacrificios y especialmente por tanto amor.

A Ernesto, mi padre, por dar alas a mis sueños, por su amor y confianza.

A Michelle, mi hermana, por su cariño, apoyo y comprensión.

A mi papá Jorge, porque él y sus enseñanzas siempre estarán presentes en mi vida.

A mi mamá Maruja, por su cariño, por ser mi ejemplo de bondad, generosidad y fortaleza.

A Mónica por motivarme a seguir esta carrera y porque juntas lo lograremos.

A Lourdes por su entusiasmo y tantos ánimos.

A Kristian y Anett porque son mi alegría.

A la familia Arévalo Burgos, por su cariño, apoyo y confianza.

A Balwin por ser siempre tan especial.

A mi querido Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su amor, confianza y apoyo incondicional .

Al Dr. Odilo Duarte por su gran apoyo, conocimientos, tiempo, consejos, y por ser más que un asesor un verdadero maestro.

A la Ing. Liana Cáceres por su ayuda, apoyo y confianza.

A los Ingenieros Mauricio Huete, por su ayuda en la realización de este trabajo.

Al Dr. Alfredo Montes por sus consejos.

Al todo personal del Departamento de Horticultura, especialmente a Elga.

A mis hermanos: Gustavo Larrea, Julia Prado, Jorge Merino y James Andrade por su cariño, paciencia, comprensión y apoyo; por estar siempre allí, por tantos buenos momentos compartidos, los quiero mucho y ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

A mis queridos amigos del PIA: Mónica Duarte, Francisca Palacios, Elena Toro, Susana Enríquez, Hans Dockweiler, Iván Borja, Carla García, Hermes Castillo, Carlos Palala, Mauricio Botero, Pablo Sánchez, Diego Vivanco, Miguel Yunez, Alvaro López, Hemerson Salazar, Marcelo Echeverría, Paola Padilla, Giovanna Muñoz y Diego Román.

A Zamorano por haber abrigado mis sueños, luchas, triunfos y derrotas durante estos cuatro años, por todo lo aprendido tanto personal como profesionalmente, por ser mi orgullo por enseñarme a valorar lo que soy y lo que tengo.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A mis padres por tener la seguridad de que el mejor legado que se puede dejar a un hijo es la educación, por haber hecho tantos esfuerzos y sacrificios para financiar mis estudios durante estos cuatro años, porque sin tanto apoyo y confianza este logro no hubiera sido posible.

RESUMEN

Arévalo, J.P. 1998. Tratamientos para mejorar la germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) y algarrobo (*Prosopis spp.*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 30p.

En un invernadero con temperaturas promedio de 35°C de día y 23°C de noche, se evaluó el porcentaje de germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) de 6 meses de cosechadas y de algarrobo (*Prosopis spp.*). En yerba mate se usó 20 tratamientos que incluyeron remojos en ácido sulfúrico: 5, 10, 30, 60, 90 minutos; en ácido giberélico: 100, 1000, 10000 ppm por 24 h.; en agua fría: 24, 48 y 72 h.; en agua caliente; escarificación mecánica, estratificación a 5°C, etc. Ninguna semilla germinó en este ensayo. Las semillas de algarrobo fueron sometidas a doce tratamientos que incluyeron remojos en agua fría por 24, 48 y 72 h, en ácido sulfúrico concentrado por 1, 5, 10 y 30 minutos, en agua recién hervida y el pasar por el tracto digestivo de una cabra. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones de 20 semillas cada uno. Se sembró las semillas en una mezcla de cuatro partes de casulla de arroz quemada, una de arena lavada y una de materia orgánica descompuesta, usando bandejas de espuma plástica de 200 celdas, con una semilla por celda. La germinación comenzó a los tres días salvo en el testigo que comenzó al quinto día. Cuando empezó la germinación se procedió a hacer conteos diariamente hasta que terminó. El mayor % de semillas germinó entre los 3 y 12 días y a partir del día 24 ya no se registró germinación. Sólo dos tratamientos superaron numéricamente al testigo en % y velocidad de germinación, fueron los de remojo en agua por 48 y 72 h aireando las semillas 10 minutos cada 24 h., que alcanzaron 95% de germinación. El remojo en agua por 24 h fue numéricamente igual al testigo con 92.5% y muy cerca estuvo el remojo en agua hirviendo pasada por un colador (91.25%), algo más alejado estuvo el remojo en ácido sulfúrico por 1 minuto (85%), que tampoco fue estadísticamente inferior a los mejores tratamientos. Los tratamientos con ácido sulfúrico por 10, 15 y 30 minutos disminuyeron significativamente el % de germinación y a mayor tiempo menor % (67.5, 41.2 y 31.2%) respectivamente. Las semillas puestas en agua hirviendo y las cortadas en su costado con remojo en agua por 24 h alcanzaron una germinación significativamente inferior a todos los demás tratamientos incluyendo al testigo (80 y 71.2%). Al dar las semillas como alimento a cabras estabuladas éstas masticaron la mayoría y dañaron el embrión.

Palabras claves: algarrobo, yerba mate, cubiertas duras, tratamientos pregerminativos.

¿ CÓMO MEJORAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ALGARROBO ?

El algarrobo (*Prosopis spp.*) es una planta de gran importancia en zonas áridas por su resistencia a sequía, se la emplea también como fuente importante de sombra, forraje, madera y leña. Sin embargo, presenta problemas de germinación ya que su semilla posee cubiertas duras e impermeables lo cual ocasiona problemas como desperdicio de espacio en semillero, gasto de semilla y desuniformidad de plantación.

En este ensayo se evaluó el porcentaje de germinación de semillas de algarrobo sometidas a diversos tratamientos en busca del mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

Los tratamientos utilizados fueron: remojo en agua fría por 24, 48 y 72 horas aereándolas 10 minutos cada 24 horas; remojo en ácido sulfúrico por 1, 5, 10 y 30 minutos; lavado y siembra; remojo por 24 horas en agua que acababa de ser retirada del fuego luego de hervir y otros similares.

Los mejores tratamientos en porcentaje y tiempo de germinación fueron los de remojo en agua durante 48 y 72 horas aereando las semillas 10 minutos cada 24 horas por lo cual se recomienda su uso. Los demás tratamientos resultaron con porcentajes y velocidades de germinación similares o inferiores a los del testigo, por lo cual no son recomendables.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Autoría	ii
	Páginas de firmas.....	ii
	Dedicatoria	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen	vii
	Nota de prensa	viii
	Contenido	ix
	Índice de Cuadros	x
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	Generalidades sobre semilla	2
2.1.1	Tipos de semillas	2
2.1.1.1	Ortodoxas	2
2.1.1.2	Recalcitrantes	2
2.1.2	Partes de la semilla	2
2.1.2.1	Embrión	3
2.2.2.2	Tejidos de almacenamiento	3
2.2.2.3	Cubiertas de la semilla.....	3
2.1.3	Formación de las semillas	3
2.1.4	Acumulación de reservas alimenticias	4
2.1.5	Viabilidad de las semillas	5
2.1.5.1	Ensayo de insición o corte.....	5
2.1.5.2	Ensayo Bioquímico o Tetrazolio	5
2.1.5.3	Ensayo de Rayos X.....	6
2.1.6	Requisitos para la germinación	6
2.1.7	Proceso de germinación.....	6
2.2	Latencia de semillas	7
2.2.1	Causas de la latencia.....	7
2.2.2	Tipos de latencia.....	8
2.2.2.1	Latencia exógena o del pericarpo o cubierta seminal.....	8
2.2.2.2	Latencia endógena o del embrión.....	8
2.2.2.3	Latencia combinada.....	8
2.2.3	Tratamientos para superar la latencia	9
2.2.3.1	Escarificación	9

2.2.3.2	Escarificación mecánica	9
2.2.3.3	Escarificación con agua caliente	10
2.2.3.4	Escarificación con ácido	10
2.2.3.5	Escarificación a temperaturas elevadas	11
2.2.3.6	Estratificación	11
2.2.3.7	Estratificación cálido-húmedo	12
2.2.3.8	Lixiviación	12
2.2.3.9	Combinación de tratamientos	12
2.2.3.10	Métodos biológicos	12
2.2.3.11	Tratamiento con giberelinas	13
2.3	Descripción, reproducción y usos de la yerba mate	14
2.3.1	Descripción	14
2.3.2	Reproducción	15
2.3.3	Usos	16
2.4	Descripción de la germinación y reproducción del algarrobo	16
2.4.1	Descripción	16
2.4.2	Reproducción sexual	17
3	MATERIALES Y MÉTODOS	20
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5	CONCLUSIONES	28
6	RECOMENDACIONES	29
7	BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1.	Porcentaje de germinación de semillas de algarrobo (<i>Prosopis spp.</i>) luego de diversos tratamientos pregerminativos.	24
2.	Porcentaje de germinación de semillas de algarrobo (<i>Prosopis spp.</i>) luego de diversos tratamientos, a los 12 días de iniciado el proceso, en relación al porcentaje final de semilla germinada.	27

1. INTRODUCCION

El algarrobo (*Prosopis spp.*) es una planta de gran importancia como pionera, resistente a sequía y fuente importante de sombra, forraje, madera y leña. Estas plantas como la mayoría de leguminosas de zonas áridas presenta problemas de germinación por tener cubiertas duras e impermeables. Igualmente las semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*), una planta de importancia económica por su uso como bebida estimulante, tienen inicialmente un alto poder germinativo, pero el rápido endurecimiento e impermeabilización de sus tegumentos al agua dificultan la germinación de semillas que no se siembran frescas y esto puede tardar varios años, hasta que suficiente agua o acción bacteriana haya ablandado la cubierta de la semilla para que ésta germine. Es importante vencer estos obstáculos para obtener germinaciones rápidas y homogéneas que permitan utilizar las plantas en el tiempo planificado para una plantación.

La emergencia temprana y el crecimiento rápido de las plántulas de un cultivo pueden tener ventajas considerables, puesto que permitirán a las plantas jóvenes evitar muchos de los riesgos de insectos y enfermedades, así como encostraduras en la superficie del suelo, que acompañan frecuentemente a la germinación y crecimiento inicial. Por otro lado, una etapa inicial adecuada en una planta puede significar una vida más productiva y longeva. Entre los beneficios que se derivan de los tratamientos efectuados a las semillas para mejorar su germinación se puede citar: el ahorro de semilla y espacio en semillero; un período predecible y concentrado de transplante; una mejor densidad en el vivero y plantas de tamaño más uniforme.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el mejor tratamiento para que las semillas de yerba mate y de algarrobo germinaran con mayor rapidez, uniformidad y porcentaje.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES SOBRE SEMILLAS

La semilla, medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas y angiospermas, se define en un sentido botánico estricto, como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal (Camacho, 1994) .

La propagación por semillas es uno de los métodos principales de reproducción de las plantas en la naturaleza es uno de los más eficientes y que más se usan en la propagación de plantas cultivadas (Hartman y Kester, 1987).

Conocer la manera en que las semillas se desarrollan en la naturaleza redundará en beneficio de su manipulación, almacenamiento y tratamiento previo.

2.1.1 Tipos de semillas

De acuerdo a Roberts (1973) se distinguen dos tipos principales de semillas:

2.1.1.1 Ortodoxas. Semillas que pueden secarse hasta un contenido de humedad de alrededor del 5% (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos períodos.

2.1.1.2 Recalcitrantes. Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 por ciento, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos.

2.1.2 Partes de la semillas

La semilla está compuesta de tres partes básicas: a) el embrión. b) los tejidos de almacenamiento de alimentos; y c) las cubiertas de la semilla (Hartmann y Kester, 1987).

2.1.2.1 Embrión. El embrión es una nueva planta que resulta de la unión de los gametos masculino y femenino durante la fecundación. Su estructura básica es un eje embrionario, con un punto de crecimiento en cada extremo, uno para el tallo y otro para la raíz más una o más hojas seminales (cotiledones) adheridas al eje embrionario.

2.1.2.2 Tejidos de almacenamiento. Las semillas no endospermicas almacenan alimentos en los cotiledones, los cuales forman las partes dominantes de la semilla. En las semillas endospermicas, el material de reserva se encuentra en el endospermo, perisperma o en el caso de las gimnospermas en el gametofito haploide femenino.

2.1.2.3 Cubiertas de la semilla. Las cubiertas de las semillas pueden consistir en los tegumentos, los remanentes de la nucela, del endospermo y a veces, partes del fruto. Las cubiertas de la semilla o testa, por lo general una o dos (con rareza tres), se derivan de los tegumentos del óvulo. Durante el desarrollo las cubiertas de la semilla se modifican de manera que en la madurez presentan un aspecto característico. Las propiedades de la cubierta externa de la semilla pueden ser muy características de la familia a que pertenece la planta. Usualmente la cubierta externa se seca y se vuelve algo engrosada y endurecida, de color parduzco. En ciertas familias se vuelve dura e impermeable al agua. Por otra parte la cubierta interna de ordinario es delgada, transparente y membranosa. Dentro de la cubierta interna de la semilla se encuentran los remanentes del endospermo y de la nucela, formando a veces una capa distinta, continua, alrededor del embrión. Las cubiertas de la semilla proporcionan protección mecánica al embrión, haciendo posible manejar las semillas sin dañarlas, permitiendo así transportarlas a grandes distancias y almacenarlas durante períodos considerables. Las cubiertas de la semilla pueden desempeñar un papel importante al influir sobre la germinación de las mismas.

2.1.3 Formación de la semillas:

La siembra es el inicio físico de la propagación de plántulas. Sin embargo, la semilla misma es el producto final de un proceso de crecimiento y desarrollo efectuado en la planta progenitora. Ese proceso de desarrollo se inicia cuando durante la floración el polen se transfiere de la antera al estigma (polinización), en donde germina. Un tubo polínico crece en el estilo hacia abajo hasta que llega al saco embrionario que está dentro del óvulo. En el saco embrionario son descargados dos gametos masculinos, uno que se unirá con el gameto femenino (fecundación) para producir el cigoto y otro que se unirá con los dos núcleos polares para producir el endospermo. El cigoto es diploide ($2n$) y se divide para convertirse en el embrión, el endospermo es triploide ($3n$) y se desarrolla para formar un tejido nutriente para el embrión en desarrollo. Ambas estructuras están encerradas dentro de la nucela (en el interior del óvulo), que funciona como un tejido nodriza para el embrión y el endospermo en desarrollo. (Hartman y Kester, 1987).

El cigoto tiene la propiedad de totipotencia, esto es, tiene toda la información genética necesaria para reproducir la planta adulta e iniciar el ciclo de plántulas en la generación siguiente. El cigoto es una estructura que se desarrolla dentro del óvulo y del ovario para dar lugar a un embrión encerrado en la semilla y el fruto. Durante ese período el embrión es parásito de la planta madre y pasa por etapas de desarrollo características. Con la germinación de la semilla, el embrión se desarrolla a formar una plántula y en el desarrollo del óvulo fecundado hasta convertirse en la semilla madura ocurren varias cosas, desde el exterior hacia el interior son las siguientes:

1. Los integumentos del óvulo se convierten en la cubierta de la semilla madura. Esta cubierta consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y membranosa, que es el tegmen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación (Krugman y otros, 1974).
2. En algunos géneros puede persistir la nucela en forma de una capa delgada -el perisperma- que está situada en la parte interna de la cubierta y que suministra reservas nutritivas al embrión. En la mayoría de las angiospermas, en cambio desaparece pronto y su función pasa a desempeñarla el endosperma.
3. El endosperma suele crecer con más rapidez que el embrión durante el período que sigue inmediatamente a la fecundación. Acumula reservas de alimentos y en su máximo desarrollo es rico en carbohidratos, grasas, proteínas y hormonas de crecimiento (Kozlowski, 1971).
4. El embrión ocupa la parte central de la semilla. Su grado de desarrollo cuando la semilla está madura varía considerablemente según la especie. En los embriones de algunas especies se pueden distinguir todas las partes de la planta rudimentaria: -la radícula, que en la germinación dará lugar a la raíz primaria; las hojas de la semilla o cotiledones; la plúmula, de la que surgirá el tallo primario, y el hipocótilo, que conecta los cotiledones con la radícula. Cuando el embrión absorbe todas las reservas nutritivas del endosperma, los cotiledones gruesos y carnosos suelen convertirse en los principales órganos de almacenamiento de alimento y ocupar casi toda la cavidad seminal.

2.1.4 Acumulación de reservas alimenticias

Después de que la semilla ha alcanzado su tamaño completo, los aumentos posteriores en peso seco son una medida de acumulación de materiales de reserva en ella. Estos materiales de reserva se originan como carbohidratos producidos por la fotosíntesis en las hojas y trasladados a los frutos y semillas, donde se convierten en productos complejos de almacenamiento como: carbohidratos, grasas y proteínas.

Para la obtención de semillas de alta calidad, el proceso de acumulación debe efectuarse de manera apropiada y llegar a un grado mínimo de completamiento. Esas semillas deben ser gordas y pesadas para su tamaño. Como el desarrollo inicial de las plántulas depende de esos materiales de reserva, las semillas más pesadas deben germinar mejor y producir plántulas más vigorosas. Si en ese proceso de almacenamiento se presentan condiciones que interfieran con el mismo, de manera que se acumulen menos materiales de reserva, las semillas resultarían delgadas, chupadas y livianas. Entre más se acentúen esas condiciones, menos semillas pueden sobrevivir a los períodos de almacenamiento, la germinación será mala y se producirán plántulas más débiles.

La interferencia con el almacenamiento apropiado de alimentos se debe, principalmente, a condiciones adversas en el crecimiento, tales como nutrición deficiente, falta de humedad, daños por insectos o enfermedades y temperaturas extremas. La causa principal de falta de alimentos de reserva es la inmadurez de las semillas al cosecharlas.

2.1.5 Viabilidad de las semillas

Para lograr una buena germinación de la semilla hay que tener en cuenta algunas consideraciones básicas mínimas tales como:

Recordar que como todo ser vivo, la semilla, muere. Antes de sembrarla es conveniente conocer la calidad mediante una prueba de inspección directa. Esta prueba se realiza haciendo un corte a la semilla y observando que tenga su endospermo completo, sano, sin coloraciones indicadoras de muerte de los tejidos y con un aspecto normal. Después se verifica la fecha de recolección, la fecha de siembra y se cruza con la información sobre el tiempo que se conserva viable dicha semilla (Trujillo, 1995).

La estimación de la viabilidad de las semillas permite determinar rápidamente la posible germinación de aquellas semillas de especies que germinen normalmente con lentitud o que presentan latencia. En semillas de rápida y fácil germinación se hace lo que se llama ensayos o pruebas de germinación usando diferentes métodos en laboratorio que permitan establecer el porcentaje de viabilidad, mientras que en semillas de lenta y difícil germinación Ochoa (1988) recomienda tres métodos de aplicación muy confiables:

2.1.5.1 Ensayo de insición o corte. Consiste en cortar o partir cierto número de semillas y por una evaluación visual determinar cuales tienen su estructura completa y pueden producir plantas.

2.1.5.2 Ensayo Bioquímico o de Tetrazolio. Es la solución de una sal que penetra en los tejidos de las semillas, mediante preparación previa. Se pueden distinguir las partes vivas de las semillas, que se colorean en rojo o rosado cuando hacen contacto con un tejido vivo. Las semillas viables se colorean completamente y las muertas se quedan sin colorear.

2.1.5.3 Ensayo de Rayos X. En este ensayo se aplican los mismos principios utilizados en medicina. Se toma una radiografía de las semillas, se revela en un cuarto oscuro y después se hace la evaluación .

2.1.6 Requisitos para la germinación

Según Hartmann y Kester (1987), para que la germinación se realice, se deben cumplir tres requisitos básicos: la semilla debe de ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y en condiciones de germinar; la semilla debe ser puesta en condiciones ambientales favorables, siendo los factores esenciales: agua disponible, temperatura apropiada y provisión de oxígeno, en algunas semillas se requiere de presencia de luz; cuando las condiciones ambientales externas son favorables, deben superarse las condiciones internas que impiden la germinación. Para superar esas condiciones a veces se hacen necesarios tratamientos pre-germinativos.

2.1.7 Proceso de germinación

La germinación es el proceso mediante el que un embrión adquiere el metabolismo necesario para iniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta (Jann y Amen, 1977; citados por Weaver, 1989). Según estos mismos autores los sucesos comunes que se realizan en la germinación son:

1. Imbibición de agua por la semilla (Puede ocurrir en semilla muerta).
2. Desaminación de los aminoácidos del eje embrionario.
3. Utilización, en la glicólisis, de los monómeros obtenidos a partir de los aminoácidos.
4. Reducción de los nucleótidos de la piridina mediante las pentosas fosfatadas y la glicólisis.
5. Oxidación de los nucleótidos de la piridina mediante el sistema nitrato-reductasa con formación de ATP.
6. Asimilación de los monómeros para la elongación celular (inducido por las auxinas).
7. Hidrólisis de los polímeros de los tejidos nutritivos (inducido por las giberelinas).
8. Translocación de los monómeros de los tejidos nutritivos al eje embrionario, en este punto, el metabolismo de la semilla pasa de una fase predominantemente anaeróbica a una predominantemente aeróbica.
9. Aumento de la actividad del Ciclo de Krebs.
10. Incremento de la transcripción del ADN en el embrión.
11. Síntesis de nuevas proteínas en el embrión.
12. Replicación del ADN y división celular en el embrión, lo que es inducido por las citocininas.
13. Incremento de la respiración y síntesis de nuevas proteínas en el embrión, para que por último se inicie un crecimiento visible con la emisión de la radícula.

Resumiendo lo anterior la germinación se lleva a cabo en los siguientes pasos: absorción de agua, actividad enzimática y respiratoria, digestión, transporte de alimentos, asimilación y crecimiento.

2.2. LATENCIA DE SEMILLAS

Según los siguientes autores, todos citados por Camacho (1994), en español se han usado las palabras dormancia (Balboa, 1978), latencia (Hartmann y Kester, 1977), letargo (Weaver, 1976), reposo (Gola, Negri y Capelleti, 1961) y vida latente (Ruiz, Nieto y Larios, 1970); para referirse a la ausencia o inhibición del crecimiento vegetal y en particular de la germinación.

Hay dos causas generales de letargo. El crecimiento puede detenerse por condiciones externas como la temperatura o el suministro desfavorable de agua, o bien por factores internos que impiden el crecimiento, aún cuando las condiciones ambientales sean favorables. El primer tipo de letargo se denomina quiescencia y se encuentra bajo control exógeno; el segundo tipo se denomina reposo y se encuentra bajo control endógeno (Samish, 1954; Dennis y Edgerton, 1961; citados por Weaver, 1989).

2.2.1 Causas de la latencia

El hecho de que las semillas aparentemente maduras no germinen puede deberse a un factor o una combinación de factores. Según diversos autores (Copeland, 1976; Khan, 1975; Maguire, 1980; Nikolaeva, 1969; citados por Camacho, 1994), estos son:

- Impermeabilidad al agua.
- Baja permeabilidad a los gases.
- Resistencia mecánica al crecimiento del embrión.
- Permeabilidad selectiva a los reguladores de crecimiento.
- Bloqueos metabólicos.
- Presencia de inhibidores.
- Embriones rudimentarios.
- Adquisición de mecanismos inhibidores.

Según Amen (1968), el letargo de las semillas puede dividirse en cuatro fases de desarrollo relativamente claras:

1. La inducción, que se caracteriza por una disminución notable de los niveles hormonales.
2. El mantenimiento, que es un período de detención metabólica parcial.
3. El desecamiento, una época en que las semillas son especialmente sensibles a las condiciones ambientales.
4. La germinación, que se caracteriza por un aumento de la actividad hormonal y enzimática, seguido del crecimiento del eje embrionario latente.

2.2.2 Tipos de latencia

La latencia puede ser de varios tipos y a veces la misma semilla presenta más de un tipo. La clasificación más sencilla distingue entre:

2.2.2.1 Latencia exógena o del pericarpo o cubierta seminal. Cubiertas de semilla impermeables: se conocen como semillas endurecidas las que no absorben agua cuando se colocan en un medio mojado o húmedo, debido a una cubierta impermeable. Prácticamente todas las semillas endurecidas pertenecen a alguna de las siguientes familias: *Leguminosae*, *Malvaceae*, *Convolvulaceae* y *Liliaceae*.

2.2.2.2 Latencia endógena o del embrión. Se distinguen dos tipos:

- Embriones en letargo: Pueden quedar en letargo los embriones de semillas de muchas especies, especialmente las de árboles, arbustos, cizañas y plantas nativas. Las semillas de un gran número de árboles forestales, requieren un período de maduración posterior mediante la estratificación en tierra, arena u otro substrato húmedo, aproximadamente a 5°C durante unos cuantos meses. En los últimos años se ha dado gran atención a la técnica de extirpar y cultivar los embriones de estas semillas a fin de usarse en investigaciones para determinar si el embrión o cualquier otra estructura es la causa de letargo. Puede determinarse así la viabilidad de algunas clases de semillas en 13 a 14 días, lo que de otro modo demoraría varios meses para la estratificación y pruebas de germinación.
- Embrión rudimentario: Algunas semillas pueden estar completamente vacías no conteniendo embrión ni endospermo, mientras que en otras tanto el embrión como el endospermo pueden quedar dañados. Las semillas defectuosas muestran una germinación mucho más baja que las normales, y muchas de las que llegan a germinar producen plantas de semilla muy débiles que carecen de vigor y mueren pronto.

2.2.2.3 Latencia combinada. En la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión. Nikolaeva (1977), ha hecho una clasificación más pormenorizada de la latencia y distingue los siguientes tipos:

1. Latencia exógena.

- Física : impermeabilidad de la cubierta o el pericarpo al agua.
- Química: presencia de inhibidores en el pericarpo o la cubierta.
- Mecánica: resistencia mecánica del pericarpo o la cubierta al crecimiento del embrión.

2. Latencia endógena morfológica : subdesarrollo del embrión

3. Latencia endógena fisiológica :

- Fisiológica : mecanismo fisiológico inhibidor que impide la germinación.
- Superficial : mecanismo inhibidor débil.
- Intermedia : mecanismo inhibidor intermedio.
- Profunda : mecanismo inhibidor fuerte.

4. Latencia combinada morfofisiológica:

- Combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibitor fuerte.
- Combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibitor fuerte del crecimiento del hipocótilo.

5. Latencia combinada exógena-endógena:

- Diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpo con latencia fisiológica endógena.

2.2.3 Tratamientos para superar la latencia

Para superar el letargo en las semillas se suele realizar los siguientes tratamientos citados en Hartmann y Kester (1987); FAO (1991) y Weaver (1989).

2.2.3.1 Escarificación. Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente, adelgazar o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua.

2.2.3.2 Escarificación mecánica. Después de este tratamiento las semillas quedan secas y se les puede almacenar o sembrar de inmediato, pero son más susceptibles al daño por organismos patógenos. La escarificación no debe hacerse hasta el punto en que se dañe las semillas. Por lo general, las cubiertas de las semillas deben tener un color mate pero no deben estar tan picadas o rajadas como para que queden expuestas las partes internas de las mismas.

Purdy, Harmond y Welch (1976) aseveran que algunas semillas duras deben ser escarificadas o raspadas para romper su capa impermeable de células superficiales, la cual forma una barrera para la humedad ya que las semillas no escarificadas de este tipo no absorben rápidamente la humedad necesaria para germinar.

Según Bonner (1984), citado por FAO (1991), los tratamientos previos para romper la latencia física de la cubierta tienen por finalidad ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endosperma que están en su interior.

Goor y Barney (1976), citados por FAO (1991), afirman que uno de los métodos físicos más sencillos y directos consiste en cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en la cubierta de cada semilla antes de sembrarla.

Robbins (1982), citado por FAO (1991), probó este método en Honduras con buenos resultados en semillas de leguminosas como *Acacia*, *Prosopis*, *Enterolobium*.

En ensayos efectuados en Pakistán, el papel de lija resultó el tratamiento más eficaz para aumentar y acelerar la germinación en varias especies de cubierta dura (Nisa y Qadir, 1969; citados por FAO, 1991).

Wunder (1966), citado por FAO (1991), afirma que el tratamiento manual de las semillas es un procedimiento lento pero si dispone de trabajadores experimentados, resulta seguro y eficaz y puede reforzarse remojando las semillas en agua fría antes de sembrarlas.

2.2.3.3 Escarificación con agua caliente. Consiste en colocar las semillas en agua caliente en una cantidad de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a 77 - 100° C. De inmediato se quita la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente.

Después, las semillas que no se han hinchado se pueden separar con cribas adecuadas y puede volvérselas a remojar o someterlas a otro tratamiento. De ordinario las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento con agua caliente. Algunas clases se secan y guardan para siembra posterior sin que se perjudique el porcentaje de germinación.

Según Kempt (1975), citado por FAO (1991), estos tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos lo cual puede deberse a una imbibición más rápida que la que puede obtenerse en un semillero humedecido. Igualmente Seeber y Agpaoa (1976), citados por FAO (1991), recomiendan aplicar este tratamiento después de la escarificación manual, mecánica o ácida.

2.2.3.4 Escarificación con ácido. Las semillas secas se colocan en recipientes y se cubren con ácido sulfúrico concentrado (de peso específico 1.84) en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. La cantidad de semilla que se trate a la vez no debe sobrepasar los 10 kg para evitar un calentamiento incontrolable.

Los recipientes deben estar hechos de vidrio, cerámica o madera, no de metal o plástico. Durante el tratamiento, la mezcla debe menearse con todo cuidado a ciertos intervalos a fin de obtener resultados uniformes e impedir la acumulación de materiales oscuros, resinosos, de las cubiertas de las semillas que a veces hay presentes. Como la agitación tiende a elevar la temperatura, se debe cuidar de no efectuar una mezcla demasiado vigorosa para evitar dañar las semillas. El tiempo de tratamiento varía desde tan poco como 10 min para ciertas especies hasta 6 horas o más para otras.

Al final del período del tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan para quitarles el restante. En lotes de semillas pequeñas se utiliza un embudo para escurrir el ácido. Colocando las semillas en una cantidad grande de agua, a la que se haya añadido una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio, neutraliza el ácido que pueda tener adherido, o bien las semillas se pueden lavar durante 10 minutos en agua corriente. Las semillas tratadas con ácido se pueden sembrar de inmediato o secar y guardarse para siembra posterior.

2.2.3.5 Escarificación a temperaturas elevadas. Ciertas especies de plantas nativas tienen semillas de cubiertas duras que germinan extensamente después de un incendio o en el bosque o en el pastizal.

2.2.3.6 Estratificación. Las semillas son sometidas a un período de enfriamiento para que se efectúe la post-maduración del embrión.

La estratificación consiste en colocar las semillas en capas que alternan con otras de un medio que conserva la humedad, como arena, turba y vermiculita, y mantenerlas a una temperatura fresca durante un período que suele oscilar entre 20 y 60 días pero que varía considerablemente de unas especies a otras. Parece que la combinación de un nivel elevado de humedad y una temperatura baja pone en marcha una serie de cambios bioquímicos que transforman sustancias nutritivas complejas en otras formas más sencillas que son utilizadas por el embrión cuando éste renueva su crecimiento en la germinación. También parece que este proceso induce un incremento en el contenido de hormonas promotoras de la germinación y/o una disminución o desaparición de los inhibidores.

Para que la estratificación o el enfriamiento previo en húmedo arrojen buenos resultados deben cumplirse tres requisitos principales: una fuente renovable de humedad para las semillas, temperatura baja y ventilación suficiente. Sólo las semillas embebidas se beneficiarán plenamente del tratamiento con frío húmedo, mientras que la buena ventilación es necesaria para suministrar oxígeno a la respiración y disipar el calor y CO₂. La temperatura baja no sólo favorece los cambios bioquímicos y hormonales que se producen en la semilla, sino que también reduce la actividad de los microorganismos y el riesgo de recalentamiento y germinación prematura en las semillas que han postmadurado (Bonner y otros, 1974; citados por FAO, 1991). Se recomienda una temperatura entre 1 y 5 °C (Gordon y Rowe, 1982; citados por FAO, 1991).

Según Suska (1978), citado por FAO (1991), las cajas, las bandejas, las latas o los tambores son recipientes adecuados siempre que tengan la base perforada para facilitar el drenaje y la ventilación. Los recipientes deben estar cerrados no herméticamente para evitar que las semillas y el medio se sequen de manera desigual. Es preciso inspeccionar periódicamente las semillas para evitar los calentamientos, la falta de ventilación y la desecación excesiva y para detectar las primeras fases de germinación. Una vez retiradas de la estratificación, las semillas deben sembrarse sin demora en un ambiente fresco ya que las semillas estratificadas pero sin germinar pueden experimentar una segunda latencia si se las somete a un secado extremo o a temperaturas superiores a 20°C. En ese caso se precisa una nueva estratificación en frío para romper esa latencia secundaria y no siempre se logra.

Gordon y Rowe (1982), citados por FAO (1991), han probado que pueden obtenerse resultados parecidos a los de la estratificación en capas almacenando las semillas húmedas en bolsas de polietileno. Antes del enfriamiento las semillas deben remojar en agua, a razón de varias partes de agua por una de semilla. Se quita el agua y se someten las semillas húmedas al enfriamiento previo, a 3 - 5 ° C, durante el período adecuado según la especie. Este enfriamiento previo puede ser directo, es decir sin intervención de medio alguno, o por el contrario pueden mezclarse las semillas con arena húmeda, turba húmeda o una mezcla de ambas, a razón de 2 - 4 partes de ese medio por una de semilla.

Bonner y otros (1974), citados por FAO (1991), afirman que las bolsas de polietileno de aproximadamente 100 micras de grosor son para ello recipientes adecuados, pues impiden el paso de la humedad pero son algo permeables al oxígeno; en tal caso la bolsa debe abrirse con más frecuencia para renovar su contenido.

El enfriamiento directo de semillas embebidas es conveniente para las especies en las que son suficientes unas cuantas semanas de tratamiento, mientras que se recomienda el uso de un medio húmedo para las que necesitan un período de enfriamiento más largo y para todas las especies que necesitan un tratamiento previo de calor húmedo (Gordon y Rowe, 1982; citados por Weaver, 1989).

2.2.3.7 Estratificación cálido-húmedo. Poniendo las semillas en un medio no estéril cálido húmedo (como en tierra arenosa no pasteurizada) durante varios meses se puede ablandar las cubiertas de las semillas debido a la actividad de los microorganismos.

2.2.3.8 Lixiviación. El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua. La duración de la lixiviación es de 12 a 24 horas. Si se utiliza períodos más largos, el agua debe cambiarse cada 12 horas para proporcionar oxígeno a las semillas sumergidas (aunque es poco probable que las semillas en letargo de plantas leñosas sean dañadas).

2.2.3.9 Combinación de tratamientos. Para semillas que tienen dos tipos de letargo como una cubierta dura más un embrión en letargo. Primero se debe dar un tratamiento que ablande la cubierta de la semilla y segundo un período de enfriamiento para superar el letargo del embrión.

2.2.3.10 Métodos biológicos. En la naturaleza, los animales y microorganismos son un factor importante a la hora de romper la impermeabilidad de la cubierta seminal. Las semillas de *Acacia senegal* y *Ceratonia siliqua* a las que se ha hecho pasar por el tracto digestivo de una cabra germinan enseguida cuando se colocan en condiciones favorables y ello se debe a la acción de los fuertes jugos gástricos del animal. En estas especies funciona bien el procedimiento que consiste en dar las vainas como alimento a cabras estabuladas y recoger después las semillas de sus excrementos (Goor y Barney, 1976; citado por FAO, 1991).

Se afirma que en el caso de algunas especies, el animal regurgita las semillas después de rumiarlas, mientras que en el caso del ganado bovino pasan por todo el tracto digestivo. En ambos casos, la acción digestiva mejora la germinación (Troup, 1921; citado por FAO, 1991).

2.2.3.11 Tratamiento con giberelinas. Las giberelinas comprenden a un grupo de hormonas vegetales que tienen una actividad significativa en la fisiología de las semillas. Aunque en las plantas se encuentran muchas clases de giberelinas naturales, el ácido giberélico (GA3) es el que más se emplea para aplicaciones exógenas, es producido en cultivos de hongos y se encuentra disponible comercialmente. Los tratamientos con GA3 pueden superar el letargo fisiológico de semillas con embriones en letargo.

Se usa el GA3 a una concentración de 500 ppm generalmente aunque la gama de usos va de 200 a 10,000 ppm. Con concentraciones superiores a 800 ppm se recomienda la adición de una solución amortiguadora.

Las giberelinas funcionan en dos etapas de la germinación: en la etapa inicial de la inducción de las enzimas al ser transcritas de los cromosomas y en segundo lugar activan las enzimas que intervienen en la movilización del sistema de alimentos. Cuando la semilla de cebada absorbe agua, la giberelina aparece en el embrión y es traslocada a la aleurona (una capa de 3-4 células de espesor que rodea el endospermo), donde induce la producción de α amilasa. Esta enzima se mueve al endospermo, donde convierte el almidón en azúcar, el cual a su vez es traslocado a los puntos de crecimiento del embrión para producir energía para el crecimiento. En la semilla de cebada, el ácido giberélico también promueve la inducción o estimulación de otras enzimas específicas.

El tratamiento con giberelinas en muchas semillas mejora el porcentaje de germinación, acelera el proceso y en muchos casos aumenta la velocidad de crecimiento de la plántula (Sivori y otros, 1980; citados por FAO, 1991). En algunos cítricos, (Burns y Coggins 1969; Burger y Wesley, 1984; citados por FAO, 1991), reportan que se ha aumentado el porcentaje y velocidad de germinación con giberelinas, contrarrestando el efecto negativo sobre la germinación de la baja temperatura invernal, como ocurre en algunas zonas de California.

Hay otros casos donde la giberelina ha mejorado el porcentaje de germinación como en *Primula* (Thompson, 1970; citado por Weaver, 1989), así como la velocidad de crecimiento de las plántulas, como en chirimoya (Duarte y otros, 1974) y en *Lucuma obovata* (Duarte y otros, 1976), lo cual también es corroborado por Duncan y Bilderback (1982), citados por Weaver (1989), en estudios hechos con semillas de especies de clima templado como *Kalmia latifolia*, usando concentraciones de 0, 50, 200 y 1000 ppm de A.G. En el caso de algunas semillas con dormancia hormonal, la giberelina puede reemplazar parcialmente o reducir la cantidad de días de enfriado húmedo (estratificación) necesarios para la germinación (Randhawa y Negi, 1964; citados por Weaver, 1989).

Se ha descubierto que las estructuras de la cubierta impiden la respuesta a las giberelinas; la falta de respuesta podía deberse a que el compuesto no penetró por las estructuras de la cubierta o a que los embriones tratados con giberelinas no lograron vencer los efectos retardatarios de las estructuras de la cubierta. Las giberelinas varían en cuanto a sus

efectos en la germinación de las semillas. El GA₄ es con frecuencia más eficaz que el GA₃, cuando se trata de poner final al reposo (Thompson, 1969; citado por FAO, 1991).

La cubierta de las semillas impide la penetración de giberelinas al interior de las mismas, por lo cual deben utilizarse concentraciones elevadas en semillas no escarificadas (Yeou-Der, 1968; citado por FAO, 1991).

2.3 Descripción, reproducción y usos de la yerba mate (*Ilex paraguariensis*)

2.3.1 Descripción

Ilex es un género pantropical con alrededor de 400 especies, de las cuales se encuentran aproximadamente 250 especies en Sur América según Loesener, 1916, citado en Guía de árboles de Bolivia (1993).

Ilex paraguariensis, conocida como “yerba mate” o “té del Paraguay”, es una especie que pertenece a la familia de las Ilicáceas, se la ha clasificado en la categoría de árbol de tercera magnitud ya que al cabo de 20 años esta especie llega hasta 14 m de altura y un diámetro de 20 cm a 1.30 m del suelo.

Es originaria de América del Sur y tiene un área de dispersión abundante que se halla entre los 18 y 30 grados de latitud sur. El área actual de explotación de los yerbales naturales y de cultivo está comprendida entre los paralelos 18 y 28 que abarca parte del Brasil, este de Paraguay y noreste de Argentina. Se considera una especie propia de los climas templado cálido y cálido, su cultivo a pleno sol exige un mínimo de 1200 mm de lluvia bien repartidos.

Su crecimiento es lento al principio, así también su poder de cicatrización, pero su vigor aumenta al tercer año. Soporta hasta 80% de sombra, si bien no muere con sombra completa, queda en éste último caso detenido su crecimiento. El porcentaje óptimo de sombra es de 30% a 50%. La repoblación puede efectuarse en la sombra completa de los árboles, pero desde el tercer año requiere mayor cantidad de luz para su óptimo y completo desarrollo. Resiste también insolación completa, pero su cultivo en estas condiciones exige que sea protegida por todos los medios de que dispone la técnica racional.

2.3.2 Reproducción

Es una especie dioica, por aborto de uno de los órganos sexuales, la floración se produce hacia el 15 de octubre, continuando la polinización anemófila y entomófila durante 30 días. La maduración de los frutos comienza a principios de marzo y termina al fin de abril. La floración y fructificación se inicia al cuarto año desde la germinación. Las semillas se extraen cuando los frutos llegan a su madurez por suave compresión con un

rodillo de madera y lavado con agua abundante, separando las semillas de la pulpa a través de una tela metálica. Se reproduce fácilmente por semillas que tienen un elevado poder germinativo, pero el rápido endurecimiento e impermeabilización de sus tegumentos al agua retardan la germinación. Las semillas maduras sembradas inmediatamente de extraídas de los frutos germinan a los 60 días; sólo se requiere una temperatura superior a los 20°C y mantener un grado elevado y permanente de humedad. La germinación es dispereja y con el fin de conseguir mayor uniformidad en la germinación se acostumbra sumergir las semillas en lejía caliente de cenizas durante algunas horas. Los lugares con cierto grado de sombra, suelos suficientemente húmidos, húmedos y profundos aseguran el proceso de germinación de la yerba mate. Los almácigos se confeccionan en tabloncillos de suelo de 1 metro de ancho por un largo variable, profundamente removido y nivelado. Los suelos utilizados generalmente son los colorados húmidos desmontados, que se abonan con una capa superior de 10 centímetros de tierra negra y zarandeada, compuesta por materia orgánica en descomposición.

Las semillas se distribuyen al voleo, a razón de 100 gramos como mínimo por metro cuadrado, cubriéndolas luego con una capa de 1 centímetro de tierra fina zarandeada. El riego inmediato debe ser abundante y continuado a razón de 10 litros por metro cuadrado al día, por medio de regadera con flor fina.

Para su conservación, en las mejores condiciones, las semillas pueden estratificarse en capas de dos centímetros de espesor alternadas con arena fina de río, dentro de cajones colocados bajo techo en un lugar fresco, perforados en su base para permitir el escurrimiento del exceso de humedad durante los riegos periódicos, hasta el momento de la siembra.

En cuanto a su multiplicación vegetativa, el poder de regeneración de la planta es débil. Las heridas cicatrizan lentamente y la emisión de raíces es muy escasa. En consecuencia, la obtención de plantas por estacas e injerto resulta prácticamente imposible. El acodo es el único medio conocido para multiplicar plantas destinadas a mejorar, por selección ciertas formas biológicas. Cabe esperar resultados satisfactorios con el uso de hormonas.

2.3.3 Usos

Varias especies de *Ilex* tienen madera blanca y dura, utilizada en construcción y mueblería; también como plantas ornamentales (Macbride, 1951).

Las hojas de *Ilex paraguariensis* se utilizan en infusión para preparar el “mate” muy consumido en Paraguay, Brasil y Argentina por su valor vitamínico, propiedades estimulantes, diuréticas, y sudoríficas (Martínez-Croveto, 1980).

Según investigaciones, los efectos fisiológicos del mate en el organismo humano son:

- Estimula los sistemas nerviosos, circulatorio y muscular, debido a su contenido de cafeína.
- Provee una acción antiescorbútica por su alto contenido de vitamina C.
- Facilita la diuresis y la sudoración ingerido en infusión en suficiente volumen.
- Estimula el sistema cardíaco e intelectual.
- Facilita la digestión, contractilidad y motilidad del intestino
- Su consumo en forma de té es menos excitante que las infusiones del té y café.

La composición química del producto varía mucho con la edad de las hojas y las condiciones de su elaboración. Sus principales componentes son: humedad, sales minerales, celulosa, tanoides, resina, cera, goma, saponina, materia grasa, cafeína, vitamina C, alfa-amirina, aceite esencial, etc.

2.4 Descripción de la reproducción y germinación del algarrobo (*Prosopis* sp.)

2.4.1 Descripción

El género *Prosopis* incluye alrededor de 45 especies las cuales están diseminadas en Norteamérica, Centroamérica, Sudamérica, el norte de Africa y el oeste de Asia. La mayoría de las especies están concentradas en Sudamérica especialmente en Argentina donde se encuentran aproximadamente 27 especies de las cuales 11 son endémicas (Burkart, 1976).

De las 28 especies del género *Prosopis* presentes en Argentina, 11 son arbustos (Bukart, 1976). No se encuentran arbustos en la región del Chaco subhúmedo, éstos aparecen en regiones más secas y son importantes en los cálidos desiertos de Patagonia (Roig, 1993).

Prosopis es un árbol espinoso de 3 hasta 12 metros de alto, de tronco torcido y copa muy ancha en forma de sombrilla. Las hojas se encuentran en ramitas cortas a lo largo de las ramas; miden hasta 7.5 cm de largo con 6 a 29 pares de foliolos. Las flores están agrupadas en espigas, de color blancuzco o amarillo. El fruto es una vaina alargada y estrecha, de 8 - 25 cm de largo con muchas semillas pequeñas (Geilfus, 1989), con un epicarpio delgado, un mesocarpio que puede ser carnoso, azucarado o fibroso y algunos segmentos del endocarpo (Burkart, 1952).

Algunas especies son importantes por el valor forrajero tanto de sus frutos como del follaje, además de que constituyen buena sombra en potreros. Se adaptan muy bien en zonas más o menos áridas, algunos centros de investigación agrícola como el Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical (CIAT) de Santa Cruz, Bolivia, ha comenzado a recomendar el uso de *Prosopis chilensis* en sistemas agrosilvopastoriles (Vásquez y Coimbra, 1996).

La capacidad de ocupar estos hábitats puede estar relacionada con la evolución de este género. Esto sugiere que el género puede haber tenido un centro de irradiación en la región del Chaco y desde allí por especialización se puede haber diseminado sobre áreas más secas hacia el sur y el oeste (Roig, 1993). La diseminación de este género podría haberse dado por procesos de adaptación, incluyendo un cambio de la forma de árbol a arbusto, reducción de la superficie de las hojas, incremento de espinas, y cambios en la capacidad de germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas.

Una forma de entender los procesos de adaptación que se han llevado a cabo en este género es investigando su proceso de germinación relacionado con los factores ambientales. La temperatura es un factor condicionante en los rasgos de adaptación a determinado hábitat en cada una de las especies (Giusti y Grau, 1983). Aparentemente una adaptación a altas temperaturas de germinación predomina en especies de zonas desérticas.

2.4.2 Reproducción sexual

La germinación de *Prosopis* como en muchas semillas de leguminosas silvestres, es impedida por la dormancia (Burkart, 1952; Bewley y Black, 1983), lo cual se asocia principalmente con la cubierta de su semilla que es impermeable al agua (López y Aviles, 1986). Algunos tratamientos han sido probados con el propósito de mejorar la germinación (Ffolliot y Thames, 1983) pero no se ha tenido gran éxito.

En las reglas de la International Seed Testing Association (1985), se especifica como condiciones para la germinación de *Robinia pseudoacacia* catalogada como la especie más semejante al género *Prosopis*: 16 horas en la oscuridad a 20°C y 8 horas a luz a 30°C, usando arena remojada a 50% de su capacidad de campo como sustrato.

Las semillas pueden ser separadas de los frutos por varios métodos (Ffolliot and Thames, 1983), pero la fermentación en agua es la forma más comúnmente usada por la gente del sector rural.

Palacios y Bravo, 1974 reportaron una gran variabilidad en el tamaño de las semillas de varias especies arbóreas de *Prosopis*. El tamaño promedio de las semillas reportado por estos autores para las diferentes especies varía entre 5 y 6.2 mm de largo y 3.3 y 4.2 mm de ancho.

En varios estudios hechos sobre semillas de este género se ha demostrado que las escarificadas muestran mayor absorción de agua que las no escarificadas. Las semillas de *P. argentina* y *P. alpataco*, como la mayoría de las especies de este género (Peláez y otros, 1992) presentan dormancia impuesta por cubiertas duras que son impermeables al agua. Este tipo de dormancia permite a éste género la regulación temporal de la germinación, lo cual es una gran ventaja para la sobrevivencia de esta especie en ambientes impredecibles (Barton, 1965).

En un estudio realizado por Villagra (1995) con semillas de *Prosopis argentina* y *Prosopis alpataco* que son especies arbustivas, las semillas de *Prosopis argentina* mostraron 100% de germinación entre 20°C y 40°C en el séptimo día de incubación, las mismas semillas incubadas a 15°C solamente alcanzaron 66% y 100% en el doceavo día. A 45°C prácticamente no hubo germinación. En el séptimo día de incubación *Prosopis alpataco* mostró 100% de germinación entre 15°C y 40°C y a 45°C se obtuvo 22% de germinación. A 10°C no germinaron semillas de ninguna de las dos especies.

Según Geilfus (1989) las semillas de *Prosopis juliflora* (10000 a 30000 semillas por kilo); pueden almacenarse por mucho tiempo en nevera. Deben tratarse con ácido sulfúrico al 20% por 1 hora o concentrado por 20 minutos, o con agua hirviendo seguido de 24 h de remojo y germinan en 6 a 12 días.

Trujillo (1995), recomienda dos procedimientos para optimizar el porcentaje de germinación en *Prosopis juliflora*:

- Inmersión de las semillas en agua hirviendo, retirar de la fuente de calor y dejar las semillas dentro de la misma agua durante 6 a 72 horas.
- Hervir por un minuto, retirar de la fuente de calor y dejar las semillas dentro de la misma agua hasta que se enfríen.

Según Pimentel (1982) quien probó la escarificación en *P. juliflora* y Eilberg (1985), citado por Catalán (1992), quien probó este método en *P. ruscifolia* obteniendo porcentajes de germinación de 98 y 93 respectivamente, el tratamiento con escarificación es el más eficiente para romper la dormancia y a su vez produce mayor número de plántulas normales, con mayor rapidez y homeogeneidad.

El tratamiento con ácido sulfúrico se ha empleado con éxito en varias especies de la zona templada y subtropical. En *Prosopis tamarugo* el mejor porcentaje de germinación se obtuvo dejando la semilla en ácido sulfúrico concentrado por 7 minutos (Habit y otros, 1981; citados en FAO, 1991).

Catalán, (1992) indica también que tanto la arena como el papel son buenos sustratos para la germinación de estas especies y que la óptima temperatura de germinación es de 20°C por 16 horas, 30°C por 8 horas o una temperatura media constante de 25°C.

Catalán y Macchiavelli (1991) realizaron pruebas de germinación con semillas de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis* utilizando dos tipos de semilla: unas a las que se les habían separado mecánicamente de las tres capas de su cubierta y otras semillas que tenían todavía segmentos del endocarpo. Probaron los siguientes tratamientos: agua caliente en rangos de 70°C a 98°C, escarificación mecánica y una combinación de ambos. En ambas especies, los pretratamientos con agua caliente dados a las semillas separadas mecánicamente de las tres capas de su cubierta incrementaron el porcentaje de germinación. El número de plántulas normales obtenidas fue alto a 80°C en tanto que temperaturas mayores incrementaron el número de plántulas anormales y semillas muertas. La escarificación fue el tratamiento más eficiente (aunque no aumentó el porcentaje de germinación sobre el 10%), pero dio una alta proporción de plántulas

normales, acortó el tiempo de germinación y produjo una buena homogeneidad. Los porcentajes de germinación de las semillas con endocarpo fueron más bajos que los de las semillas a las que se les quitaron sus tres capas para todos los tratamientos probados. Los tratamientos que combinaron escarificación y agua caliente tendieron a aumentar el número de plántulas germinadas pero también el número de plántulas y semillas muertas y de este modo eran menos eficientes para mejorar la germinación que los tratamientos aplicados a las semillas sin sus tres capas.

Es interesante notar que las más bajas temperaturas probadas producen plántulas muy pequeñas y amarillas, mientras que las más altas temperaturas ocasionan severos daños de hongos. Scifres y Brock (1971), citados por Catalán (1992), observaron una severa disminución en la emergencia de las plántulas de *P. glandulosa* cuando la temperatura del suelo era bajo 18°C. Glendening y Paulsen (1955), citados igualmente por Catalán (1992), indicaron que el rango de germinación en estas especies está directamente relacionado con la temperatura cuyo rango oscila entre 15°C y 38°C.

Los siguientes reportes, todos citados por Catalán (1992), indican que el rango óptimo de germinación para *Prosopis* es de 27°C a 32°C (Glendening y Paulsen, 1955). Scifres y Brock (1971) obtuvieron la máxima germinación a 29°C en *P. glandulosa*. Por otra parte, Solbrig y Cantino (1975) reportaron como óptima temperatura de germinación 27 a 29°C para *P. ruscifolia*, *P. velutina* y *P. glandulosa*. Finalmente Eilberg (1973) reportó la mayor germinación en *P. ruscifolia* con 26°C.

Catalán (1992) recomienda que en adición a las condiciones usuales empleadas en la germinación de especies de *Prosopis* que son: 8 horas de luz, 100% de humedad y sustrato con la humedad necesaria, se sigan las siguientes instrucciones:

- Separar las semillas del endocarpo mediante escarificación mecánica.
- Utilizar para la germinación arena o papel en ciclos de 16 horas a 20°C y 8 horas a 30°C o 25°C de temperatura constante.
- Realizar el primer conteo de las plantas germinadas el día 4 y el segundo conteo el día 5.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El siguiente trabajo se realizó en uno de los invernaderos de propagación de hortalizas del Departamento de Horticultura en la Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, a 30 km del oeste de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 800 metros sobre el nivel del mar, 14° 00 latitud norte y 87° 02 longitud oeste, con una temperatura media anual entre los 19 y 29° C y una precipitación entre los 1100 y 1250 mm por año.

Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos efectuados a la semilla de yerba mate se utilizó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones de 80 semillas por repetición colocadas en 20 celdas de bandejas de germinación tipo “Speedling” de 200 celdas cada una, a razón de cuatro semillas por celda. Los tratamientos realizados para mejorar la germinación de las semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) de aproximadamente seis meses de edad y que presentan cubiertas endurecidas, fueron los siguientes:

- 1 : Escarificado: en un recipiente con las paredes cubiertas de lija, rotando por 1 h.
- 2 : Escarificado: como en el tratamiento 1 + Remojo 24 h en agua fría.
- 3 : Escarificado con ácido sulfúrico : 5 minutos.
- 4 : Escarificado con ácido sulfúrico : 10 minutos.
- 5 : Escarificado con ácido sulfúrico : 30 minutos.
- 6 : Escarificado con ácido sulfúrico : 60 minutos.
- 7 : Escarificado con ácido sulfúrico : 90 minutos.
- 8 : Colocado en musgo húmedo en bolsa plástica al medio ambiente hasta la germinación.
- 9 : Remojo 24 h en agua + Musgo húmedo en bolsa plástica al medio ambiente hasta la germinación.
- 10 : Remojo 24 h en agua + Musgo húmedo en bolsa plástica a 5°C por 1 mes y luego a semillero.
- 11 : Remojo 24 h en agua + Musgo húmedo en bolsa plástica a 5°C por 2 meses y luego a semillero.
- 12 : Remojo en ácido giberélico a 100 ppm por 24 h.
- 13 : Remojo en ácido giberélico a 1000 ppm por 24 h.
- 14 : Remojo en ácido giberélico a 10000 ppm por 24 h.
- 15 : Remojo en agua fría 24 h.
- 16 : Remojo en agua fría 24 h + 24 h. (+ = 10 minutos al aire)
- 17 : Remojo en agua fría 24 h + 24 h + 24 h. (+ = 10 minutos al aire)
- 18 : Pasar agua hirviendo por colador con semilla, recoger el agua en un recipiente y dejar la semilla en esta agua 24 h.
- 19 : Retirar un recipiente de agua hirviendo del fuego, poner las semillas en este recipiente y dejarlas 24 h.
- 20 : Testigo: siembra de la semilla sin ningún tratamiento.

La siembra de todos los tratamientos se realizó los días 15, 16, 17 y 18 de octubre de 1997. Los tratamientos 10 y 11 se sembraron el 15 de noviembre y el 15 de diciembre de 1997, respectivamente.

El medio de crecimiento de las bandejas estuvo compuesto de 4 partes de casulla de arroz, 1 parte de arena lavada y 1 parte de materia orgánica descompuesta. Después de mezclados los componentes se procedió a pasteurizar el medio con vapor de agua exponiéndolo a una temperatura de 82°C por 30 minutos. Luego el medio fue fertilizado con 670 g de urea (46% N), 670 g de la fórmula compuesta 18-46-0 y 1500 g de cal hidratada por m³ de medio de crecimiento. La composición proximal de este medio fue 0.27% de N total, 1250 ppm de fósforo, 1860 ppm de potasio, 8.23% de materia orgánica y un pH de 6.25.

Se suministró dos riegos diarios mediante el sistema de aguilón, que es un riego por aspersión y produce una precipitación de 3mm por riego.

Se puso las bandejas en el invernadero a una temperatura promedio de 35°C durante el día y 23°C en la noche, al no obtener resultados de germinación se estableció la hipótesis de que esto era ocasionado porque la temperatura del invernadero era muy alta para la germinación de las semillas de *Ilex paraguariensis*, por lo cual se trasladó las bandejas a un cuarto oscuro a una temperatura promedio de 24°C durante el día y 18°C por la noche. Bajo ninguna de estas condiciones se produjo germinación alguna.

En el caso de las semillas de algarrobo (*Prosopis sp.*), éstas fueron sometidas a los siguientes tratamientos:

- 1 : Testigo.
- 2 : Remojo en agua fría 24 h.
- 3 : Remojo en agua fría 24 h + 24 h (+ = 10 minutos al aire libre sin agua).
- 4 : Remojo en agua fría 24 h + 24 h + 24 h (+ = 10 minutos al aire libre sin agua).
- 5 : Hervir agua, poner las semillas en el agua hirviendo, dejar las semillas 24 h.
- 6 : Pasar agua hirviendo por un colador con la semilla, recoger el agua en un recipiente, dejar 24 h.
- 7 : Cortar la cubierta de la semilla en una esquina + remojo en agua 24 h.
- 8 : Remojo en ácido sulfúrico por 1 minuto, lavado y siembra.
- 9 : Remojo en ácido sulfúrico por 5 minutos, lavado y siembra.
- 10 : Remojo en ácido sulfúrico por 10 minutos, lavado y siembra.
- 11 : Remojo en ácido sulfúrico por 30 minutos, lavado y siembra.
- 12 : Hacer comer las semillas a una cabra estabulada, recogerlas del estiércol y sembrarlas.

Para evaluar el efecto de estos tratamientos se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Se manejaron 8 bandejas de espuma plástica tipo "Speedling" de 200 celdas cada una. Dos bandejas fueron consideradas como un bloque y dentro de ellas fueron aleatorizados los 11 tratamientos. La unidad experimental la constituyeron 20 celdas en cada una de las cuales se sembró una semilla. La siembra de los tratamientos se realizó del 19 al 23 de enero de 1998.

El tratamiento 12 se realizó en la Sección de Cabras en el Departamento de Zootecnia de la E.A.P., se suministró a la cabra 400 semillas de algarrobo junto con el concentrado, pero se encontró que las semillas fueron masticadas por esta, contrario a lo encontrado en la literatura sobre la disseminación de semillas de esta especie por medio de este animal, por lo que no se llegó a sembrar.

A los tres días de la siembra comenzaron las primeras germinaciones y se procedió a hacer conteos de germinación diariamente. La semilla se consideraba germinada a la aparición del hipocótilo y salida de los cotiledones. Este proceso de conteo de plantas germinadas duró de 11 a 30 días dependiendo de cada tratamiento, considerándose que con cinco días en que se repitiera el número de semillas germinadas ya no habría más germinación.

Una vez terminado el conteo de germinación de semillas, se procedió a la tabulación, análisis e interpretación de datos para lo cual se utilizó el programa estadístico "Michigan Statistics" ("MSTATC"). Se realizó un ANDEVA para los días 3, 6, 9 12, 15, 18, 21, 24, 27 y 30 después de la siembra. El valor F obtenido del ANDEVA fue altamente significativo para todas las fechas analizadas lo cual indicó que existían diferencias entre tratamientos por lo cual se hizo la separación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el caso de las semillas de yerba mate, no se obtuvo germinación con ninguno de los tratamientos, incluyendo los de 1 y 2 meses a 5 °C o a temperatura de cuarto en un medio húmedo. Si bien podría decirse que en el invernadero en que se puso las demás semillas hubo una temperatura algo alta de 30 - 35 °C, esta temperatura permite germinar muchas especies como lechuga y otras en ese ambiente. Esto unido al hecho que la semilla que tuvo tratamiento de frío o la que estuvo a temperatura de cuarto tampoco germinó descarta la posibilidad de una inhibición por causa de alta temperatura que a veces ocurre con especies que tienen dormancia causada por desbalance hormonal, que se tratan con enfriado en húmedo (estratificación). Lo más probable es que la semilla por alguna razón no tenía viabilidad o en otras palabras estaba muerta.

En cuanto al algarrobo, como se puede observar en el Cuadro 1 todos los tratamientos adelantaron el inicio de la germinación pues las semillas empezaron a germinar a los tres días después de la siembra; mientras que el testigo, al cual no se realizó ningún tratamiento, inició su germinación cinco días después de la siembra.

En los primeros 12 días germinaron más del 90% de las semillas que lo iban a hacer. A partir del día 12 hasta el día 24 después de siembra se produjo sólo entre 0% y 10% de germinación de las semilllas restantes y a partir del día 24 no se registró nuevas germinaciones en ningún tratamiento.

Se puede notar que en los tres primeros días en los tratamientos de remojo en agua por 24, 48 o 72 h ya habían germinado alrededor de 40% de semillas al igual que con el ácido sulfúrico por 1 y 10 minutos. A los 6 días ya se tenían cifras más parejas pues en la mayoría de los tratamientos con excepción del ácido sulfúrico por 15 y 30 minutos, habían germinado más del 50% de semillas sin que ninguno superara significativamente al testigo.

El hecho que las semillas remojadas en agua o ácido hayan empezado a germinar antes que el testigo se debe básicamente a que en esos casos se adelantó el proceso germinativo pues estas semillas iniciaron su imbibición antes que el testigo al estar en contacto con el agua a través del remojo previo o de un ablandamiento con ácido sulfúrico y lavado con agua que les facilitó la imbibición. Esto permitió que puestas en el medio de germinación continuaran con el proceso iniciado, cosa que recién le tocó comenzar al testigo en ese momento y por eso su retraso inicial.

A los 12 días, el testigo y todos los tratamientos, con excepción de los de ácido sulfúrico por 15 y 30 minutos, habían alcanzado entre 70 y 80% de germinación sin diferencias estadísticas entre ellos.

Finalmente, a los 24 días, fecha en que terminaron de germinar todos los tratamientos, se obtuvo el resultado final, apreciándose que tratamientos como poner la semilla en agua hirviendo, cortar el costado con remojo en agua por 24 horas y los de ácido sulfúrico por 1, 10, 15 y 30 minutos habían alcanzado una germinación significativamente inferior a todos los demás tratamientos incluyendo al testigo. Los dos tratamientos de mejor germinación, aunque no superaron estadísticamente al testigo, fueron los de remojo por 48 y 72 horas en agua con períodos de 10 minutos de oxigenación cada 24 horas.

El remojo en agua por 24 h fue numéricamente igual al testigo y muy cerca estuvo el remojo en agua hirviendo pasada por un colador, algo más alejado el remojo en ácido sulfúrico por 1 minuto que tampoco fue estadísticamente inferior a los mejores tratamientos.

El que el testigo haya germinado casi igual que los mejores tratamientos podría explicarse por las temperaturas bastante altas del ambiente del semillero, donde nunca faltó el agua que mantuvo húmedo el sustrato, esto hizo que el testigo imbibiera agua bastante pronto y con la temperatura favorable germinara en buen porcentaje. Esto coincide con lo indicado por Glendening y Paulsen (1955), citados por Catalán (1992), quienes reportaron buena germinación de *Prosopis* a regímenes de temperatura entre 27°C a 32°C de temperatura constante o fluctuaciones de 38°C de día y 15°C de noche. En este caso la temperatura estuvo cerca a los 35°C en el día y 21°C de noche, lo que permitió una buena germinación como ocurre en los lugares donde esta planta crece naturalmente durante la época lluviosa en que este proceso ocurre.

El tratamiento de corte lateral probado por Robbins (1982), citado por FAO (1991), más remojo en agua durante 24 h, que removió por completo la cubierta de la semilla no fue de los mejores tratamientos ya que tuvo una germinación final de 71.25%; Catalán y Macchiavelli (1991), sugieren que para obtener mayor porcentaje de germinación deben ser separadas mecánicamente las tres capas de la cubierta de la semilla (pericarpo, endocarpo y cubierta seminal). En este caso quizás podría explicarse que algunos embriones resultaron comprometidos por estos cortes, reduciendo ello el porcentaje final de germinación porque el porcentaje inicial fue bueno.

Los tratamientos con ácido sulfúrico de peso específico 1.84 redujeron todos el porcentaje de germinación, a mayor tiempo el daño fue mayor. Es interesante observar que el tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico durante un minuto presentó el porcentaje de germinación inicial más alto que los demás, de 50% el día 3 y se mantuvo con el más alto porcentaje de germinación en comparación con los demás tratamientos hasta el día 6 después de la siembra (78.75%) y hasta el día 12 presentaba un 81.25% de germinación casi igual que el mejor tratamiento que fue remojo por 48 horas que presentaba 83.75% de germinación sin embargo al final el remojo en agua fue más efectivo. Esto unido al hecho del costo y peligro de usar ácido sulfúrico, lo descartan como el tratamiento más recomendable para este caso.

Los tratamientos por 5, 10 y 30 minutos de remojo en ácido sulfúrico fueron los que menor porcentaje de germinación presentaron siendo éstos 67.5, 40 y 31.25% respectivamente, contrariamente a lo encontrado por Habit y otros (1981), citados en FAO (1991), quienes obtuvieron el mejor porcentaje de germinación dejando la semilla de *Prosopis* en ácido sulfúrico durante 7 minutos. No se tiene una explicación para esta discrepancia salvo una diferencia entre especies o sea de tipo genético, por lo que esta especie solo necesitó de 1 minuto.

Los tratamientos de agua caliente fueron negativos si bien no estadísticamente en relación al testigo. El poner la semilla directamente en agua que había empezado a hervir fue peor que pasar el agua por un colador con semilla, recoger esta agua y remojar la semilla 24 horas en ella probado por Trujillo (1995). Esto es lógico pues el paso por el colador enfría algo el agua por lo que el daño por calor fue menor.

En contraste parcial con la afirmación de Goor y Barney (1976), citados por FAO (1991), de que se obtienen buenos resultados con el procedimiento que consiste en dar las vainas de *Prosopis* como alimento a cabras estabuladas y recoger después las semillas de sus excrementos, se comprobó que la cabra mastica la mayoría de las semillas partiéndolas en pedazos pequeños dañando el embrión y quitándoles viabilidad. Quizás el hecho de alimentar la cabra con semillas limpias y no con las vainas haya producido esta diferencia, pues es probable que con las semillas en sus vainas al haber un mayor volumen de producto ingerido, ya que la vaina ocupa alrededor del 90% del producto, la cantidad de semilla masticada va a ser menor que cuando se da pura como en este caso, por lo que el porcentaje de semillas masticadas va a ser mucho más bajo.

Como se ve en el Cuadro 2 se encontró que entre los 3 a 12 días después de siembra se presentó el mayor número de semillas germinadas ya que hasta el día 12 ya había ocurrido un 77% hasta un 100% de la germinación en comparación con el porcentaje total de semillas germinadas, dependiendo de cada tratamiento.

Se puede apreciar que en el caso del ácido sulfúrico por 15 y 30 minutos, al día 12 ya habían germinado todas las semillas que lo iban a hacer. El resto ya estaba muerto por efecto del ácido. En el resto de tratamientos al día 12 habían germinado alrededor del 90% o más de las semillas con excepción del remojo por 24 horas en que había germinado el 75% solamente. Esto no es muy lógico, pues se supone que el testigo debería ser el de germinación más extendida por no haber tenido un tratamiento definido, pero en este caso no ocurrió así.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de semillas de algarrobo (*Prosopis spp.*), luego de diversos tratamientos, a los 12 días de iniciado el proceso, en relación al porcentaje final de semilla germinada, El Zamorano, Honduras, 1997.

TRATAMIENTO	% de germinación al día 12	% final de germinación al día 25	% de germinación al día 12 vs % total
1. Testigo	82.50	92.50	89.18
2. Remojo 24 h	71.25	95.00	75.00
3. Remojo 24 h + 24 h	83.75	95.00	88.15
4. Remojo 24 h + 24 h + 24 h	86.25	95.00	90.79
5. Hervir agua. Poner las semillas en ella. Retirar del fuego. Remojar por 24 h.	71.25	80.00	86.06
6. Pasar agua hirviendo por un colador con las semillas. Recoger ésta agua. Remojar las semillas 24 h en ella.	81.25	91.25	89.04
7. Corte de cubierta. Remojo 24 h.	68.75	71.25	96.49
8. Acido sulfúrico 1 minuto.	81.25	85.00	95.59
9. Acido sulfúrico 10 minutos.	40.00	41.25	96.97
10. Acido sulfúrico 15 minutos.	67.50	67.50	100.00
11. Acido sulfúrico 30 minutos.	31.25	31.25	100.00

5. CONCLUSIONES

- Se puede adelantar el inicio de la germinación de semillas de algarrobo a tres días al someterlas a un tratamiento pregerminativo. El mayor porcentaje de germinación en semillas de algarrobo ocurre entre el día 6 y 12 después de la siembra.
- Los tratamientos de remojo en agua por 48 y 72 horas aereándolas 10 minutos cada 24 horas superaron al testigo en tiempo y porcentaje de germinación, aunque no significativamente, mientras que los tratamientos con ácido sulfúrico durante 10, 15 y 30 minutos dieron muy bajo porcentaje de germinación, por ser muy prolongados.
- El tratamiento de pasar agua hirviendo por un colador con semilla, recoger esta agua y remojar la semilla 24 horas en ella obtuvo un porcentaje de germinación similar al testigo, lo que también sucedió con el tratamiento en que se mantuvo la semilla remojada en agua fría durante 24 horas, por lo que no se justifica usar agua caliente.
- La cabra mastica casi todas las semillas de algarrobo cuando se le dan puras con lo cual las quiebra y pierden su viabilidad.

6. RECOMENDACIONES

- Intentar nuevamente con semilla de yerba mate de origen, edad y viabilidad garantizadas, usando los mismos tratamientos.
- Repetir el trabajo de remojar las semillas de algarrobo 24, 48 ó 72 horas en agua fría, aereándolas 10 minutos cada 24 horas para mejorar su tiempo y porcentaje de germinación y ver cual de los tiempos realmente es mejor.
- El tratamiento con ácido sulfúrico no parece ser recomendable por los costos y peligros que involucra y no superó al de agua fría sola, lo mismo ocurrió con la escarificación mecánica, por lo que no vale la pena efectuarlos.
- Dar de comer a la cabra los frutos enteros (vainas) con semillas, con el propósito de que la acción de los jugos gástricos eliminen la impermeabilidad de la cubierta seminal, ya que si se le da semillas limpias ésta las mastica y las rompe por lo cual quedan dañadas.

7. BIBLIOGRAFIA

- Amen, R.D. 1968. A model of seed dormancy. Bot. Rev. 34: 1-31.
- Barton, L.V. 1965. Dormancy in seeds imposed by seed coat. In: Encyclopedia of plant physiology. New York. E.E.U.U. pgs. 727-746.
- Bewley, J.D. y Black, M. 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Springer Verlag, Berlín. Vol 2, pp.79.
- Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. Acme Agency, Buenos Aires.
- Burkart, A. 1976. A monograph of genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). J. of the Arnold Arboretum. 57: 219-249.
- Catalán, L.A. 1992. Laboratory germination conditions for seeds of *Prosopis flexuosa* D.C. and *P. chilensis* (Molina) Stuntz. Seed Sci. and Techn. 20: 289-292.
- Catalán, L.A. y Macchiavelli, R.E. 1991. Improving germination in *Prosopis flexuosa* D.C. and *Prosopis alba* Griseb with hot water treatment and scarification. Seed Sci. and Techn. 19: 253-262.
- Camacho, F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Ed. Trillas, México. 125 p.
- Duarte, O.; Villagarcía, J. y Franciosi, R. 1974. Efecto de algunos tratamientos en la propagación del chirimoyo por semillas, estacas e injertos. Proc. Trop. Region Amer. Soc. Hort. Sci. 18: 41-48.
- Duarte, O.; Santos, D.; Franciosi, R. 1976. Efecto de diversos tratamientos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de lúculo (*Lucuma obovata* H.B.K.). Proc. Trop. Region Amer. Soc. Hort. Sci. 20: 242-249.
- FAO (ROMA). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos. Estudio FAO, MONTES. no. 20/2. 502 p.
- Ffolliot, P. F. y Thames, J.L. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina (Collection, handling, storage, and pre-treatment of *Prosopis* seeds in Latin America). FAO. Rome.
- Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Enda-Caribe y Catie. Santo Domingo. 2:Guía de especies
- Giusti, L. y Grau, A. 1983. Inhibidores de la germinación de *Atriplex cordobensis* Gand et Stucker (Chaenopodiaceae). Lilloa. 36(1): 143-149.

Guía de árboles de Bolivia. 1993. Editado por Killen, T.; García, E.; Beck, E. Publicado por Herbario Nacional de Bolivia. Quipus S.R.L. La Paz. Bolivia. 958 p.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. Trad. Marino. Ed. Prentice-Hall. México. 809 p.

ISTA. 1985. International rules for seed testing. Seed Sci. and Techn. 13: 307-513.

Kozlowsky, T.T. 1971. Growth and development of trees. Academic Press. Nueva York y Londres. 2: 305 p.

Krugman, S.L.; Stein, W.I. y Schmitt, D.M. 1974. Seed Biology. En Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook N.450. Forest Service. USDA. Washington, D.C.

López, J. y Aviles, B. 1986. The pretreatment of seed of four Chilean *Prosopis* to improve their germination response. En: 21st ISTA Congress. Brisbane.

Macbride J.F. 1951. Aquifoliaceae. En: Flora of Peru. 1: 270-271.

Martinez-Crovetto, R. 1980. Yerba Mate: Usos no tradicionales y posibilidades. Participar 2 (12): 58-61.

Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Ed. Khan. Elsevier. Países Bajos. pgs. 51-74.

Ochoa, O. 1988. Las semillas forestales y su impacto en el desarrollo social. COHDEFOR. Serie de Manuales Técnicos. Siguatepeque. Honduras. 58 p.

Palacios, R.A. y Bravo, L.D. 1974. Estudio morfológico de las semillas de algunos *Prosopis* del nordeste argentino. Darwiniana. 18: 437-452.

Pimentel, L. 1982. Extraction of algarobe seeds through a chemical procedure. En: Simposio Brasileiro sobre Algarobeira. 1: 330-335. Natal. Brazil.

Peláez, D. V., Bóo, R. M. y Elia, O.R. 1992. Emergence and seedling survival of caldén in the semiarid region of Argentina. J. of Range Management. 45: 564-568.

Purdy, L. Harmond, J. Welch, B. 1961. Procedimientos especiales y tratamientos de las semillas. En: Semillas. Anuario de Agricultura 1961 del USDA. Décima segunda edición. Ed. Continental, México. pags. 580-608.

Roberts, E.H. 1972. Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. and Techn. 1: 499-514.

Roig, F.A. 1993. Informe nacional para la selección de germoplasma en especies de *Prosopis* de la República Argentina. En: Contribuciones mendocinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID. Ed. Unidades de Botánica y Fisiología Vegetal. pgs. 1-36.

Trujillo, E. 1995. Manejo Integrado de Recursos Naturales. Area Silvicultura de Bosques Tropicales. Manejo de Semillas forestales: Guía técnica para el extensionista forestal. Turrialba. Costa Rica. 54 p.

Vásquez, R. y Coimbra, G. 1996. Frutas silvestres comestibles de Santa Cruz. Ed. Landivar, Santa Cruz, Bolivia. 267 p.

Villagra, P. 1995. Temperature effects on germination of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* (Fabaceae, Mimosoideae). Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Aridas (IADIZA). Seed Sci. and Techn. 23: 639-646.

Weaver, J.R. 1989. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Contin, A., Sexta edición, Ed. Trillas, México. 622 p.

