

**Tratamientos para mejorar la germinación de
yerba mate
(*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**

Santiago Javier Montesdeoca Ruano

Honduras
Diciembre, 2002

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN

Tratamientos para mejorar la germinación de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)

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

Presentado por:

Santiago Javier Montesdeoca Ruano

Honduras
Diciembre, 2002

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 del autor

Santiago Montesdeoca R.

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2002

**Tratamientos para mejorar la germinación de yerba mate
(*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**

Presentado por

Santiago Javier Montesdeoca Ruano

Aprobada:

Odilo Duarte, Dr. sci. agr.,
M.B.A.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M. B. A.
Coordinador CCPA

Pablo E. Paz, Ph. D.
Asesor

Antonio Flores, Ph. D.
Decano Académico

Cinthyia Martínez, Ing. Agr.
Asesor

Mario Contreras, Ph. D.
Director General

Alfredo Rueda, Ph. D.
Jefe de Fitotecnia

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen Dolorosa, por la vida, por mi familia, por permitirme soñar cada día, para seguir adelante y ser más para servir mejor.

A mi padre César (Q. E. D.), por su amor, por su ejemplo de esposo, padre y amigo. A mi madre Carmen, por ser mi inspiración, por su amor, fortaleza, dedicación y apoyo durante toda mi vida. A mi hermana María del Carmen, por sus consejos, cariño y apoyo incondicional.

A mis segundos padres Fausto y Zoily, por su amor, por ser mi alegría, por su ejemplo de trabajo, apoyo y comprensión.

A mis tíos: Nancy, Germania, Carlos F y Luis Antonio, por su cariño y por confiar en mí.

A mis dos abuelitas, por estar siempre a mi lado, por su amor y apoyo

A Sandra, Jorge Luis, Verónica, Paulina, Carlos Alejandro, Anabel, Johis y Fracisco por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Dolorosa por protegerme durante toda mi vida, por darme la oportunidad y la fuerza para salir adelante.

A mi madre Carmen por su amor, su comprensión, sus consejos y por darme una segunda oportunidad para cumplir mi sueño. A mi padre César (Q.E.D.) por todo el tiempo que pasamos juntos, por enseñarme el valor de la vida y por su ejemplo de honradez trabajo y sencillez pilares que siempre los tendré presentes. A mi hermana María del Carmen por su cariño, por enseñarme a resolver los problemas más difíciles con tranquilidad y sobre todo a cómo ser autosuficiente.

A mi abuelita María (Q.E.D.) por su amor, su tiempo y por enseñarme que mientras exista vida hay que luchar.

A mi abuelita Pastorita por su apoyo y sus oraciones.

Al Dr. Odilo Duarte, por sus consejos, por su tiempo, por su amistad y porque sin sus conocimientos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Al Dr. Pablo Paz por su tiempo, amistad y por sus aportes para la realización de este trabajo.

A la Ing. Cinthya Martínez por su amistad y sus conocimientos que fueron de gran utilidad para la presentación de este trabajo.

A todos mi tíos por su apoyo, en especial a mis padrinos por su amor, su tiempo y su ejemplo, a mi tía Nan por sus consejos, por confiar en mí y por ayudarme justo cuando más lo necesitaba.

A Sandra por los momentos que hemos pasado juntos, por soportarme y comprenderme.

A todos mis primos y amigos de Quito por su apoyo y su amistad.

A mis amigos zamoranos: Renato, Juan Francisco, Luis Francisco, Víctor, Francisco, Mauricio, César, Javier, José R, Edwin Patricio, Daniel, Juan Pablo Edwin B, Luis G por todos los momentos buenos y malos, alegres y tristes que pasamos juntos y por esa amistad que formamos.

RESUMEN

Montesdeoca Ruano, Santiago Javier. 2002. Tratamientos para mejorar la germinación de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 24p.

La propagación de la yerba mate es por semillas que se caracterizan por tener embriones rudimentarios y un rápido endurecimiento de sus cubiertas, factores que hacen que su germinación tarde de 5 a 8 meses. El objetivo fue encontrar un tratamiento que permitiese que la semilla germinara más y en menos tiempo. Se realizó un ensayo de 20 tratamientos con cuatro repeticiones de 40 semillas cada uno, que incluyeron escarificaciones con ácido sulfúrico concentrado (96.5%) durante 5, 10, 30, 60 ó 90 minutos y con lija, remojos en ácido giberélico (A.G.) a 100, 1,000 ó 10,000 ppm por 24 horas, remojos en agua fría durante 24, 48 ó 72 horas, estratificación refrigerada a 5° C y algunas combinaciones entre ellos; comparados con un testigo, el cual no recibió ningún tratamiento. Se sembró en bandejas de espuma plástica de 200 celdas y en bolsas plásticas conteniendo musgo húmedo. Los cinco tratamientos con ácido sulfúrico concentrado y los tres con A.G. empezaron a germinar a los 3-4 meses significativamente antes que el testigo que empezó a los 5 meses. Los mejores tratamientos fueron el escarificado de semilla con ácido sulfúrico por 30 y 60 minutos que empezaron su germinación a los 113 días después de su siembra y alcanzaron una germinación final de 54 y 53%, respectivamente, comparado con 34% del testigo, aunque no fue significativa esta diferencia. El ácido sulfúrico por 90 minutos parece que dañó algunas semillas pues su germinación fue de 34%.

Palabras clave: Cubiertas endurecidas, embriones rudimentarios, escarificación, estratificación, latencia, uniformidad.

NOTA DE PRENSA

¿Cómo mejorar la germinación de semillas de yerba mate?

Las semillas de yerba mate al igual que las de otras especies se caracterizan por tener algún tipo de latencia o letargo, en este caso, dicha semilla tarda en emerger a la superficie y su porcentaje de germinación total disminuye considerablemente, esto se debe a que posee embriones rudimentarios y un rápido endurecimiento de sus cubiertas cuando no han sido sembradas inmediatamente después de su cosecha.

Para contrarrestar el letargo existen varios tratamientos que se pueden usar como la escarificación mecánica y química, la estratificación, la lixiviación y la combinación de todos los tratamientos antes mencionados.

Para ampliar los conocimientos de cómo mejorar la germinación se realizó un ensayo, entre los meses de febrero y octubre de 2002 en El Zamorano, Honduras, el cual consistió en la aplicación de veinte tratamientos a semillas que tenían dos meses de haberse cosechado y por lo tanto sus cubiertas ya estaban endurecidas. En el ensayo se aplicaron tratamientos que incluyeron ácido sulfúrico y remojo en agua con diferentes intervalos de tiempo, lijado por una hora, ácido giberélico a diferentes concentraciones, refrigeración a 5 °C y combinaciones entre ellos.

Los mejores resultados obtenidos fueron en general los de semilla sumergida en ácido sulfúrico, los sumergidos en agua por 72 horas y los sumergidos en ácido giberélico; resultando superiores los de remojo en ácido sulfúrico concentrado por 30 y 60 minutos, los cuales germinaron a los 113 días después de su siembra con un porcentaje promedio final de germinación de 54 y 53%, respectivamente.

Lic. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

Portadilla.....		i
Autoría.....		ii
Página de firmas.....		iii
Dedicatoria.....		iv
Agradecimientos.....		v
Resumen.....		vi
Nota de prensa.....		vii
Contenido.....		viii
Índice de cuadros.....		x
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1.	GENERALIDADES.....	2
2.1.1.	Partes de la semilla.....	2
2.1.1.1.	Embrión.....	2
2.1.1.2.	Tejidos de almacenamiento.....	2
2.1.1.3.	Cubierta de las semillas.....	2
2.1.2.	Germinación.....	3
2.1.3.	Viabilidad.....	3
2.1.4.	Vigor.....	3
2.1.5.	Latencia.....	3
2.1.5.1.	Latencia física.....	5
2.1.5.2.	Latencia química.....	5
2.1.5.3.	Latencia mecánica.....	6
2.1.5.4.	Embriones rudimentarios.....	6
2.1.6.	Escarificación.....	6
2.1.6.1.	Escarificación mecánica.....	6
2.1.6.2.	Escarificación con agua caliente.....	7
2.1.6.3.	Escarificación con ácido sulfúrico.....	7
2.1.6.4.	Escarificación por temperaturas altas.....	7
2.1.7.	Estratificación.....	7
2.1.7.1.	Estratificación refrigerada.....	7
2.1.7.2.	Estratificación a la intemperie.....	8
2.1.8.	Lixiviación.....	8
2.1.9.	Combinación de tratamientos.....	8
2.1.10.	Hormonas en el proceso de germinación.....	8
2.1.10.1.	Giberelinas.....	8

2.1.10.2.	Citocininas.....	9
2.1.10.3.	Ácido abscísico.....	9
2.1.10.4.	Auxinas.....	9
2.1.10.5.	Etileno.....	9
2.2.	IMPORTANCIA, DESCRIPCIÓN, REPRODUCCIÓN Y USOS DE LA YERBA MATE.....	10
2.2.1.	Importancia.....	10
2.2.1.1.	Económico.....	10
2.2.1.2.	Social y cultural.....	10
2.2.1.3.	Ambiental.....	10
2.2.2.	Descripción.....	10
2.2.2.1.	Botánica.....	11
2.2.2.2.	Origen.....	11
2.2.3.	Reproducción.....	11
2.2.3.1.	Siembra.....	11
2.2.4.	Usos.....	12
2.2.4.1.	Consumo.....	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
5.	CONCLUSIONES.....	21
6.	RECOMENDACIONES.....	22
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		
1	Porcentaje promedio de germinación de semillas de yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.) luego de diversos tratamientos pregerminativos. El Zamorano, Honduras, 2002.....	18

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente de las hojas de la yerba mate o té del Paraguay (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) se obtiene una bebida estimulante que es de gran importancia en países como Brasil, Argentina, y Paraguay, pero sobre todo en el último país mencionado de donde es originaria y en el cual tiene gran relevancia económica, cultural y social. Es utilizada generalmente como bebida (caliente o fría) en reuniones sociales, también trae beneficios económicos para sus productores y comercializadores, además hay una fecha especial (11 de octubre) en la cual se celebra el “Día Nacional de la Yerba Mate”.

Su propagación tradicionalmente se realiza por semilla, la cual se caracteriza por tener embriones rudimentarios y un rápido endurecimiento de sus cubiertas, factores que influyen en el porcentaje y uniformidad de su germinación, por lo que dicha semilla debe estar fresca para obtener una emergencia rápida y uniforme (de un mes aproximadamente), de lo contrario, sus cubiertas endurecen de tal forma que no permiten la entrada de luz, agua y oxígeno, factores de gran importancia en el proceso de germinación, por lo que es necesario realizar estudios para romper dicha barrera y así obtener plántulas en el menor tiempo posible. Es importante mencionar que la germinación de la semilla al tener sus cubiertas endurecidas puede tardar de cinco a ocho meses.

No existe información detallada acerca del tema, por lo que es importante y oportuno hacer un estudio acerca de cómo se puede romper esta barrera como una forma de aumentar el conocimiento sobre esta especie y a la vez poder obtener plantas para la colección de frutales y condimentarias. Aunque el cultivo de yerba mate posiblemente nunca alcance una importancia primaria en Honduras, puede ser introducido en ciertas zonas.

Los diferentes tratamientos que fueron aplicados en este estudio se focalizaron en obtener una rápida germinación de las semillas con lo que se logra una mayor rotación dentro del semillero en tiempo y espacio, además de obtener plántulas durante todo el año para el establecimiento de plantaciones de la mencionada especie.

El objetivo del presente trabajo fue buscar el mejor tratamiento a utilizar en semilla de yerba mate, que no es del todo fresca (aproximadamente dos meses después de cosechada) y por lo tanto tiene las cubiertas ya endurecidas, para obtener una germinación en el menor tiempo y con el mayor porcentaje posibles.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES

Hartmann y Kester (1997), definen a la semilla como el principal medio de reproducción de las plantas superiores, que consiste en el óvulo maduro encerrado dentro del ovario maduro o fruto que puede tener una infinidad de formas y tamaños según la especie a la que pertenezca, características que son útiles para su identificación y requerimientos de germinación, además señalan que para obtener semilla viable, es necesario que se haya dado la polinización y la fecundación. Cuando la mayoría de semillas se separan de la planta, su contenido de humedad es bajo, su metabolismo está muy reducido y no tiene actividad aparente de crecimiento, lo que permite su almacenamiento por tiempo prolongado y su transporte, para ser utilizada en el momento en el que el propagador así lo desee. La germinación, fisiológicamente empieza cuando hay una nueva activación bioquímica y concluye con la emergencia de la radícula; morfológicamente es la producción de una plántula normal.

2.1.1 Partes de la semilla

La semilla está compuesta básicamente de tres partes: a) el embrión; b) los tejidos de almacenamiento; y c) las cubiertas (Hartmann y Kester, 1997).

2.1.1.1 Embrión: Es el resultado de la fecundación o unión de gametos masculino y femenino y se considera como una nueva planta. Está formado, en su estructura básica, por un eje embrionario el que consta de dos puntos de crecimiento, uno para la raíz y otro para el tallo, además de uno o dos cotiledones que posteriormente formarán las primeras hojas.

2.1.1.2 Tejidos de almacenamiento: Las semillas donde el embrión es dominante, almacenan su alimento en los cotiledones; en el caso de las semillas donde el embrión no es dominante, el almacén de alimento es el endospermo o el perisperma.

2.1.1.3 Cubiertas: Las cubiertas de las semillas pueden ser los tegumentos, los remanentes de la nucela y del endospermo o también partes del fruto. La testa o cubierta de la semilla, generalmente, se deriva de los tegumentos del óvulo. Las propiedades que presenten las semillas en sus partes externas generalmente se deben a las características de

la familia a la que pertenece la planta. Usualmente la semilla se seca y toma un color parduzco en su parte externa, además de endurecerse y engrosarse. Contrario a lo mencionado, su interior usualmente es de color transparente, delgado y membranoso. Estas cubiertas son las encargadas de dar protección mecánica al embrión permitiendo su almacenamiento o transporte sin sufrir daños. Además la testa puede influenciar mucho en la germinación.

2.1.2 Germinación

Según Hartmann y Kester (1997), para que se logre el proceso de germinación, se deben tener tres condiciones principales:

- 1) La semilla debe ser viable; o sea, el embrión debe estar vivo y tener la capacidad de germinar.
- 2) La semilla no debe encontrarse en letargo, no deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan a letargo, ni barreras químicas para que se logre la germinación.
- 3) La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales favorables para la germinación: suficiente cantidad de agua, temperatura adecuada, disponibilidad de oxígeno y generalmente presencia de luz. Muchas veces estas condiciones ambientales podrían destruir el letargo.

2.1.3 Viabilidad

La viabilidad según Jara (1996), es la porción de semillas que se encuentran vivas dentro de una población aunque éstas tengan su proceso metabólico normal o lento. También señala que viabilidad puede ser el vigor que indica la habilidad que tiene el embrión para germinar y continuar su desarrollo.

2.1.4 Vigor

Jara (1996), define como vigor al rango de condiciones ambientales que permiten la germinación de semillas que no se encuentren en estado de latencia. En ocasiones se puede afirmar que poco vigor significa lo mismo que latencia ya que la semilla puede germinar, pero no es capaz de penetrar el suelo o las capas duras, así, una semilla con mucho vigor es capaz de germinar bajo las situaciones y condiciones más adversas.

2.1.5 Latencia

Según Jara (1996), la latencia es una condición que no permite que las semillas viables cumplan con el proceso de germinación, aún si éstas tienen todas las condiciones necesarias como temperatura, oxígeno, humedad e iluminación. Dicha condición puede

revertirse usando distintos tratamientos para inducir a las semillas a su germinación. Aún con una tasa muy lenta, el metabolismo de la semilla ocurre normalmente en semillas con latencia.

La semilla puede estar en latencia, salir y volver a entrar varias veces ya que este estado no es permanente, pero tarde o temprano la semilla tiene que germinar si se encuentra todavía con vida. Si se seca la semilla al vacío o en una atmósfera con nitrógeno la cubierta permanece verde y permeable al agua por lo que germinará inmediatamente. (Jara, 1996)

Camacho (1994), afirma que hay latencia en poblaciones de semillas cuya germinación posea algunas de las siguientes características:

- a) Incompleta.- Cuando una parte de la población de semillas permanece sin germinar, aún cuando absorban agua, pero tampoco se pudren, o también, cuando sus capas exteriores son muy duras y no permiten que la semilla absorba agua.
- b) Lenta.- Cuando la semilla, ya sea individual o en conjunto, demora cierto tiempo en completar su germinación.
- c) Extremadamente sensible al medio.- Cuando es muy sensible a condiciones determinadas de iluminación, temperatura, composición de la atmósfera, etc.

Según Camacho (1994), los mecanismos causantes de la latencia son los siguientes:

- a) Impermeabilidad al agua
- b) Baja permeabilidad a los gases
- c) Resistencia mecánica al crecimiento del embrión
- d) Permeabilidad selectiva a los reguladores de crecimiento
- e) Bloqueos metabólicos
- f) Presencia de inhibidores
- g) Embriones rudimentarios
- h) Adquisición de mecanismos inhibidores

No es conveniente reunir semillas de cubierta normal con aquellas que tengan sus cubiertas impermeables al agua o semillas con cubiertas gruesas o leñosas, ya que pueden presentar cierta resistencia mecánica, que va en contra del crecimiento del embrión y no permite el paso de los reguladores de crecimiento, por estas razones, las condiciones de germinación de plantas con dichas características no van a ser las mismas que semillas con cubiertas delgadas y permeables (Camacho, 1994).

Jara (1996), describe los tres factores que causan latencia en semillas:

- a) Semillas con cubierta dura.- Existen muchas especies que tienen ésta característica; sin embargo, luego de cierto tiempo de permanecer en el suelo con temperaturas cálidas, humedad y acción de microorganismos, logran la permeabilidad de la testa e inician el proceso de germinación.

- b) Inhibidores químicos.- Se ha comprobado la existencia de ciertos químicos en los frutos o en la cubierta de algunas semillas, que evitan de algún modo el inicio de la germinación, a pesar que existan las condiciones ambientales apropiadas. Estos químicos aseguran que la semilla germine cuando las condiciones sean las mejores para el crecimiento de la nueva plántula.
- c) Embriones inmaduros.- Existen semillas que al momento de su dispersión, el embrión se encuentra en estado inmaduro, por lo que generalmente deben pasar por un período de frío y humedad para que sus semillas logren madurar y así germinen; otras simplemente esperan a secarse por un período largo y consiguen la maduración del embrión.

Existe también una clasificación de tipos de latencia que propone Nikolaeva descrita por Camacho (1994), en la que se encuentra la latencia exógena, la cual incide directamente en las cubiertas expuestas al ambiente. Esta clasificación es:

2.1.5.1 Latencia física. Causada por la impermeabilidad de la testa al agua, para lo cual es recomendable la perforación de las cubiertas. Hartmann y Kester (1997), explican que este tipo de latencia o letargo es causado porque la testa de las semillas o parte de ésta es impermeable, lo que le permite mantener al embrión quiescente (no aletargado) vivo por ciertos períodos de tiempo con una humedad baja. La dureza de la semilla depende principalmente de la especie de la planta y el cultivar, aunque también es influenciada por las condiciones ambientales durante la maduración y el almacenamiento, siendo en el primer caso, las altas temperaturas las causantes del secamiento de la semilla, principal factor de endurecimiento de la testa, el cual puede ser contrarrestado usando semillas cosechadas ligeramente inmaduras o usando semillas recién cosechadas, que es lo que se recomienda en yerba mate.

También se pueden ablandar las testas de semillas duras naturalmente por medio de agentes ambientales como la propia abrasión mecánica, la alternación de hielo y deshielo, la acción que ejercen los microorganismos sobre ellas o el paso por el tracto digestivo de algunos animales como mamíferos y aves (Camacho, 1994).

2.1.5.2 Latencia química. Causada por la presencia de inhibidores en las cubiertas externas, para lo que se requiere la eliminación de la cubierta o de los inhibidores. Existen ya identificadas en las plantas algunas sustancias inhibitoras de la germinación, producidas y acumuladas en los frutos o en las semillas. Se ha observado que en frutos carnosos o jugosos las semillas están completamente inhibidas mientras se mantengan en el interior del fruto. Lo mismo sucede con frutos secos ya que sus cubiertas pueden inhibir o tener sustancias que no permitan la germinación como fenoles o ácido abscísico. No se ha podido comprobar una relación directa entre dichas sustancias químicas y la germinación, por lo que se puede usar para contrarrestar esta latencia una lixiviación con agua, una remoción de las cubiertas de la semilla o una combinación de los dos métodos.

Las sustancias inhibidoras no siempre pueden ser removidas por lixiviación o por desprendimiento de cubiertas, especialmente si se encuentran en el interior de la semilla y actúan de forma más compleja. (Hartmann y Kester, 1997)

2.1.5.3 Latencia mecánica. Cuando existe resistencia de las cubiertas al crecimiento del embrión, para lo cual se sugiere el debilitamiento de la testa. Según Hartmann y Kester (1997), lo que sucede en este tipo de letargo o latencia es que las cubiertas de la semilla son extremadamente duras y no permiten el crecimiento del embrión durante la germinación. La testa dura permite la entrada de agua y la lixiviación de los inhibidores de la germinación en períodos más largos, retardando así el tiempo de emergencia de la nueva planta. En algunas especies no se ha podido demostrar como una causa primaria de letargo los efectos antes vistos en este tipo de latencia, pero los tratamientos que se usan son muy similares a los descritos en la latencia o letargo físico.

2.1.5.4 Embriones rudimentarios. Este tipo de latencia o letargo morfológico según Hartmann y Kester (1997), se presenta en plantas que producen semillas cuyo embrión es algo más que un proembrión embebido en su endospermo durante la maduración del fruto y puede haber presencia de inhibidores de la germinación los cuales son inactivados con temperaturas altas (15 °C) o con la presencia de sustancias químicas como el ácido giberélico o el nitrato de potasio. Este tipo de letargo puede presentarse con un endurecimiento de las cubiertas, como en algunas especies de la familia *Ilex*, los cuales pueden ser superados por varios métodos.

2.1.6 Escarificación

Hartmann y Kester (1997), definen como escarificación “a todo proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas más permeables al agua o a los gases”. Describe también varios métodos de escarificación como:

2.1.6.1 Escarificación mecánica. Para realizar este tipo de proceso, se necesita tener el equipo necesario que puede ir desde escarificadores especiales hasta cualquier recipiente forrado en su interior con lija, grava o arena gruesa para conseguir un buen resultado, aunque puede resultar riesgoso para la semilla, puesto que la susceptibilidad hacia organismos patógenos aumenta y su tiempo de almacenamiento disminuye en comparación a semillas no escarificadas. Para definir el tiempo óptimo de escarificado se deben realizar pruebas de germinación observando con una lente que las partes internas de la semilla no queden expuestas o también la rapidez con que se hinchan después de sembradas.

2.1.6.2 Escarificación con agua caliente. Se colocan las semillas en un recipiente que contenga de 4 a 5 veces su volumen de agua, la temperatura del líquido debe estar entre 77 y 100 °C. Después de colocar las semillas, se separa el recipiente de la fuente de calor y se deja la semilla durante 12 a 24 horas mientras se enfría gradualmente para luego retirar las semillas que estén flotando. Las semillas pueden ser sembradas de inmediato o almacenarse por cierto tiempo.

2.1.6.3 Escarificación con ácido sulfúrico. Se colocan las semillas en recipientes y se las cubre con ácido sulfúrico concentrado con una proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Los recipientes deben ser de materiales que no sean dañados por el ácido como vidrio, cerámica o madera. Se recomienda agitar la mezcla para que el ácido actúe uniformemente en todas las semillas, hay que tener cuidado con la agitación ya que eleva la temperatura y puede dañar la semilla. Para determinar el tiempo de este tratamiento hay que analizar el grosor de la testa durante intervalos hasta que ésta quede del grosor de una hoja de papel. Cuando haya terminado el tratamiento hay que lavar la semilla con agua corriente durante diez minutos para separar los restos de ácido que quedan adheridos a la testa. Luego de tratar a las semillas con ácido pueden ser sembradas de inmediato o almacenadas luego de secarlas.

2.1.6.4 Escarificación por temperaturas altas. Existen especies de plantas nativas que su semilla normalmente germina después de un incendio de bosque ya que sus cubiertas son modificadas por las temperaturas altas. Un ejemplo de estas especies es la semilla de pino en conos cerrados.

2.1.7 Estratificación

Hartmann y Kester (1997), definen la estratificación como “un método de tratamiento de semillas en letargo en el cual las semillas embebidas de agua son sometidas a un período de enfriamiento para que se efectúe la postmaduración del embrión”. Usan también este término como sinónimo de enfriamiento en húmedo y describen:

2.1.7.1 Estratificación refrigerada. Antes de realizar este método es necesario que las semillas se encuentren embebidas de agua. Para semillas de testa gruesa o dura se necesita un remojo que puede ir de tres días a una semana o más. Se puede también someter a las semillas a una lixiviación con agua corriente o un remojo por 12 horas y escurrirlas por el mismo tiempo. Luego de dicho proceso se procede a mezclar las semillas con un medio que sea capaz de retener humedad y que no contenga sustancias tóxicas que puedan dañarlas. Algunos materiales usados son arena bien lavada, musgo turboso o picado, vermiculita o serrín para formar compost, que no sea fresco porque puede contener sustancias tóxicas. Las semillas deben ser mezcladas con el medio en una proporción de uno a tres tantos de su volumen. Los recipientes que se pueden usar son variados, entre los

principales están cajas, botes de hojalata, frascos de vidrio con tapas perforadas o cualquier recipiente que permita la aireación, proteja la semilla y mantenga la humedad. Es muy usada la bolsa de polietileno ya sean con medio o sin él. La temperatura de almacenamiento debe estar entre los 0 y 10° C. Una vez que vayan germinado las semillas se las puede almacenar a temperaturas más bajas o plantarlas de inmediato.

2.1.7.2 Estratificación a la intemperie. También existe la posibilidad de realizar estratificación si no se dispone de almacenes de refrigeración. Se usa fosos de varios decímetros de profundidad o camas elevadas encerradas en estructuras de madera para colocar las semillas y protegerlas del congelamiento, el secado y los roedores. La temperatura invernal y la lluvia natural reemplazan la refrigeración y la humedad necesarias. Otra forma de protección para roedores es cubrir las paredes de los fosos y la superficie del medio con una malla delgada.

En la estratificación, al estar rodeadas las semillas de un medio húmedo, se ablandan sus cubiertas eventualmente por el largo tiempo que dura y por ello puede reemplazar a muchos de los tratamientos de escarificación.

2.1.8 Lixiviación

La lixiviación tiene como objetivo lavar o remover los inhibidores por medio de remojo en agua corriente con una duración que puede ir de 12 a 24 hrs. (Hartmann y Kester, 1997).

2.1.9 Combinación de tratamientos

Según Hartmann y Kester (1997), existen especies de plantas que sus semillas pueden tener varios tipos de letargo, para lo cual se necesita realizar tratamientos múltiples. Estos tratamientos deben seguir un orden desde la cubierta hasta el interior de la semilla.

2.1.10 Hormonas en el proceso de germinación

Según Besnier (1989), no se sabe con certeza la forma con que actúan las hormonas en el proceso de germinación, sí se tiene claro que éstas son agentes primarios desencadenantes de la germinación, esto se debe principalmente a que se han hecho estudios con aplicaciones hormonales exógenas, pero no se conoce su efecto en los procesos fisiológicos reales cuando éstas tienen su origen endógeno. Las principales hormonas dentro del proceso de germinación son:

2.1.10.1 Giberelinas: La intensidad biológica de estas hormonas es muy variable y se han encontrado varias clases de ellas dentro de semillas secas. Conforme madura la semilla, el

contenido de giberelinas libres disminuye hasta ser nulo cuando la semilla se seca. Las giberelinas se caracterizan por ser solubles en agua y penetrar las paredes celulares con gran facilidad, por dicha razón son transportadas por el embrión hidratado, además están involucradas en varios procesos como en la inducción a la acción de las enzimas hidrolíticas y su nueva síntesis, en la respiración y en la síntesis de nuevas proteínas. Hay ciertas funciones de las giberelinas que se desconocen como su intervención en la fase de inicio de la germinación.

2.1.10.2 Citocininas: Al igual que las giberelinas, las citocininas disminuyen conforme la semilla madura hasta casi ser nulas cuando ésta se seca. Se han visto involucradas en procesos como síntesis de proteína, afectan los procesos de permeabilidad de las membranas celulares, estimulan el alargamiento de la radícula y la expansión del los cotiledones y están presentes en la regulación de los niveles de giberelinas. La continuación o finalización del letargo está afectada por el equilibrio entre la cantidad de citocininas e inhibidores como el ácido abscísico. Las citocininas son liberadas en el eje embrionario de las dicotiledóneas y transportadas por los cotiledones, mientras que en las monocotiledóneas son liberadas en las capas externas de la semilla.

2.1.10.3 Ácido abscísico: El ácido abscísico juega un papel importante en semillas inmaduras ya que impide la germinación prematura, mientras que en semillas maduras es un estimulante de letargo. Se conoce que el ácido abscísico es un inhibidor de la germinación y que interviene negativamente en la expansión celular, la síntesis de enzimas, entre otras. Se ha determinado su presencia en semillas de algunas especies de plantas leñosas, pero en otras no, como en semillas de trigo.

2.1.10.4 Auxinas: La auxina más conocida es el ácido indolacético. Este tipo de hormonas se las ha encontrado presentes en semillas de cereales como arroz, centeno y maíz, pero no se ha comprobado su presencia en otro tipo de semilla. Su principal función es la translocación de sustancias desde el embrión a otras partes de la semilla. Las auxinas contribuyen principalmente al alargamiento celular, pero no se ha encontrado ninguna función específica en el inicio de la germinación.

2.1.10.5 Etileno: No existe etileno en semillas secas. Se ha visto que esta hormona afecta los niveles de auxinas, bloqueándolas, cuando se encuentran en el endospermo, hasta que es disipado permitiendo la traslocación de auxinas al coleóptilo.

2.2 IMPORTANCIA, DESCRIPCIÓN, REPRODUCCIÓN Y USOS DE LA YERBA MATE

2.2.1 Importancia

Según EMBRAPA (2001), la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.) es muy importante en aspectos: económico, social, cultural y ambiental.

2.2.1.1 Económico. En países como Argentina, Brasil y Paraguay los cuales producen anualmente aproximadamente 500,000 toneladas anuales entre los tres, distribuidas con 260,000; 180,000 y 30,000 toneladas respectivamente.

2.2.1.2 Social y cultural. Específicamente en Paraguay, por ser su centro de origen, la yerba mate se ha desarrollado en esta cultura desde hace varios siglos al ser utilizada por los indígenas como bebida estimulante, hasta llegar a ser consumida por la mayoría de la población guaraní diariamente y sobre todo en reuniones familiares y sociales. Dicha importancia ha resultado en que el sector yerbatero del Paraguay celebre el 11 de octubre de cada año el “Día Nacional de la Yerba Mate”. (Empresa Lauro Raatz, 2001).

En Argentina y Brasil la yerba mate también es importante a nivel social ya que existen aproximadamente 180,000 propiedades en territorio brasileño, las cuales dan empleo a 700,000 personas que dependen de dicho cultivo. En Argentina más de 20,000 productores poseen fincas con una extensión que va de 1 a 15 hectáreas y al igual que en Brasil, dichos productores dependen de este rubro.

2.2.1.3 Ambiental. Su importancia radica en que se considera un cultivo 100% natural al producirse en forma ecológica sin el uso de ningún químico durante sus fases de producción y procesamiento.

2.2.2 Descripción

La yerba mate es un árbol perennifolio dioico que crece hasta 18 m de altura. Se caracteriza por tener sus hojas alternas con margen aserrado. Sus inflorescencias son fascículos corimboides, las masculinas poseen de 3-11 flores, las femeninas tienen de 1 a 3 flores. Fruto en núcula; 4 ó 5 pirenos (propágulos) uniseminados. Su floración ocurre en primavera, su polinización es entomófila (dípteros, himenópteros), en su lugar nativo fructifica de marzo a junio; su diseminación es endozoica (aves). Se caracteriza por poseer embriones rudimentarios en muchas semillas externamente maduras, que determina un largo período de germinación desde el momento de la siembra. (Giberti, sf).

Es una planta que se desarrolla en las zonas tropical o subtropical, necesita un clima suave sin estación seca (Empresa Lauro Raatz, 2001). Además requiere una gran cantidad de agua con un mínimo de 1200 mm repartidos uniformemente durante todo el año y una temperatura promedio anual de 23° a 24° C. (Agroindustrias.org, 2002).

2.2.2.1 Botánica. La empresa Lauro Raatz S.A. (2001), así como y Kawakami y Kobayashi (1991), hacen la siguiente descripción botánica:

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliopsida (Dicotyledonae)

Orden : Frangulíneas. Reuter.

Familia: Aquifoliaceae. Linneo.

Género: *Ilex*... L. Beile.

Especie: *Ilex paraguariensis* o *Ilex – Mate* Saint Hilaire (1822).

Nombre Guaraní: CA´A, por antonomasia de "yerba verdadera" o "yerba por excelencia".

Otros nombres: Té del Paraguay, Té de los Jesuitas.

2.2.2.2 Origen. La yerba mate es una especie nativa de la selva subtropical del Paraguay, crece entre los paralelos 10° y 30° (Sur) en las cuencas de los ríos Paraná y Paraguay. Es una planta típica de la región del Alto Paraná. (Kawakami y Kobayashi, 1991). Es originaria de la región Oriental de ambos lados de la Sierra del Amambay y Mbaracayú, y por tradición se cultiva en los departamentos de Itapúa, San Pedro, Guairá, Amambay, Alto Paraná y Canindeyú en la República del Paraguay. (Empresa Lauro Raatz, 2001).

En Paraguay, esta especie es considerada regional, de la herencia Tupí-Guaraní, por ser ellos quienes la utilizaban para hacer té. Luego de la conquista y colonización, los Jesuitas se dedicaron a producirla en las denominadas “reducciones”, enlazando así tradiciones y costumbres (Empresa Lauro Raatz, 2001).

2.2.3 Reproducción

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) es una planta alógama o de polinización cruzada por ser dioica. Se puede reproducir por semilla, estaca, acodo e injerto. En cultivos extensivos, la primera forma es la preferida, aunque la semilla tarda de 8 a 9 meses en germinar (Agroindustrias.org, 2002).

2.2.3.1 Siembra. Generalmente en cultivos extensivos la reproducción de esta especie es por medio de semilla, la cual se obtiene de frutos maduros para luego someterla a procesos de escarificación. Luego de la escarificación se realiza la siembra en almácigo, al voleo, en proporción de 1 kilogramo de semilla por metro cuadrado de almácigo y luego se cubre con 2 a 3 centímetros de tierra tamizada; el almácigo se resguarda de los rayos solares y se mantiene constantemente húmedo, con dos riegos diarios (Agroindustrias.org, 2002). Para que las semillas germinen a los sesenta días, se requieren temperaturas

superiores a 20 °C, mantener un alto y permanente grado de humedad, pero sobre todo que las semillas sean extraídas de los frutos maduros y sembradas de inmediato (Mutinelli, s. f.).

Según Mutinelli,(s.f.) “en la zona yerbatera del Paraguay, los almácigos se confeccionan en tabloncitos de suelo de un metro de ancho por un largo variable, profundamente removido y nivelado. Los suelos utilizados generalmente son los colorados húmidos, que se abonan con una capa superior de diez centímetros de tierra negra y zarandeada, compuesta por materia orgánica en descomposición”.

Da Croce, *et al*, (1994), indican que en Brasil se usa un medio de germinación constituido por: tres partes de tierra, una parte de estiércol descompuesto de ganado y una parte de arena, con lo cual se consigue una germinación que tarda aproximadamente cinco meses. Los semilleros contienen una capa superficial de arena de 8 a 10 cm, seguida de otra capa que contiene la semilla mezclada con arena, dicha capa mide aproximadamente 5 cm, luego le sigue otra capa de arena de 8cm aproximadamente y por último una capa de drenaje constituida por piedras principalmente.

El trasplante de las plántulas del almácigo a bolsas o macetas se realiza cuando tienen 4 a 5 cm de altura, es decir, 2 a 4 hojitas. Las plántulas también pueden transplantarse a viveros con un distanciamiento de 25 cm entre hileras y 10 a 15 cm entre plantas. Para establecer la plantación definitiva en el campo, se establece un distanciamiento de 3 ó 4 m entre plantas y entre hileras, siendo lo ideal unas 900 a 1,000 plantas por hectárea.

Las plantaciones en un principio deben hacerse bajo un sistema de bosques raleados hasta que alcancen 2 m de altura más o menos, en este momento se eliminan las plantas protectoras.

Los requerimientos de suelo para yerba mate son tierras húmedas de bosque, fértiles, arenarcillosas, húmedas ferruginosas (tierra colorada) y permeables. El clima en el que más se adapta es el cálido y con humedad regular (Agroindustrias.org, 2002).

2.2.4 Usos

Ilex paraguariensis St. Hil. tiene acción estimulante por su contenido de cafeína, es energética y activa la vida cerebral, además excita el aparato locomotor y demás funciones del organismo. Se la considera diurética y puede ser utilizada como suplemento dietético, también posee propiedades digestivas y ligeramente laxantes (Empresa Lauro Raatz, 2001).

Es una planta muy rica en vitaminas, según estudios, como los del Instituto Pasteur de Francia en el que se pudo determinar la presencia de vitaminas del complejo B, como las B1, B2, B6, Niacina, ácido pantoténico. También es rica en minerales como Potasio, Sodio, Manganeseo, Hierro, Fósforo y otras sustancias como teobromina, teofilina, sustancias desinfectantes, desodorantes y antioxidantes. (Empresa Lauro Raatz, 2001).

2.2.4.1 Consumo. De la yerba mate se cosechan las hojas que pasan a un proceso de industrialización y finalmente están listas para el consumidor. Se la ha utilizado desde épocas prehispánicas como bebida estimulante, se puede consumir fría o caliente, endulzarla con azúcar o miel de abeja o mezclarla con leche o zumo de limón según el gusto de cada consumidor, todo esto dentro de un recipiente llamado en Paraguay “tereré” (Empresa Lauro Raatz, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en uno de los invernaderos para producción de plántulas de hortalizas de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicado en el Valle del Yeguaré, a 37 km al oeste de Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, 14° 00' latitud norte y 87° 02' longitud oeste, a 825 m.s.n.m, con temperaturas que están entre 19°C y 29°C y una precipitación entre 1100 y 1250 mm por año y donde existen dos estaciones climáticas marcadas: la lluviosa que comprende los meses de junio a noviembre y la seca los meses de diciembre a mayo.

El diseño estadístico que se utilizó en esta investigación fue BCA (Bloques Completamente al Azar), con veinte tratamientos y cuatro repeticiones de cuarenta semillas por tratamiento. Los tratamientos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano" y fueron sembrados entre el 6 y el 17 de febrero de 2002.

Para la realización de éste trabajo se utilizó:

- ✓ Semilla yerba mate (*Ilex paraguariensis*) lista para ser sembrada, según los métodos usados en su lugar de origen y con una edad aproximada de dos meses después de su cosecha por lo que presentaban cubiertas endurecidas. El peso aproximado de 170 semillas fue de un gramo, en el experimento se utilizaron 3200 semillas con un peso aproximado de 19 gramos.
- ✓ Ocho bandejas tipo "Speedling", en las cuales se realizó la siembra de las semillas, de doscientas celdas cada una.
- ✓ "PROMIX". Mezcla de musgo (Peat moss + perlita), que fue el medio de germinación usado en las bandejas.
- ✓ Etiquetas.
- ✓ Bolsas plásticas.

Para la escarificación de la semilla se utilizó:

- ✓ Recipiente forrado en su interior con papel lija para escarificar la semilla por medio de movimiento que la hiciera frotarse contra las paredes del recipiente.
- ✓ 50 ml de ácido sulfúrico concentrado al 96.5% de concentración.
- ✓ 10 mg de ácido giberélico como estimulante de la germinación.
- ✓ 1 litro de agua.

Las 40 semillas de cada repetición fueron distribuidas por pares en cada celda, en un total de 20 celdas.

Los tratamientos 1 al 15 fueron sembrados en las bandejas luego de sus respectivas ejecuciones y los tratamientos 16 al 20 se pusieron en bolsas plásticas luego de su escarificación.

1. Escarificado con ácido sulfúrico concentrado, por 5 min.
2. Escarificado con ácido sulfúrico concentrado, por 10 min.
3. Escarificado con ácido sulfúrico concentrado, por 30 min.
4. Escarificado con ácido sulfúrico concentrado, por 60 min.
5. Escarificado con ácido sulfúrico concentrado, por 90 min.
6. Remojo con ácido giberélico 100 ppm por 24 horas.
7. Remojo con ácido giberélico 1,000 ppm por 24 horas.
8. Remojo con ácido giberélico 10,000 ppm por 24 horas.
9. Testigo.
10. Remojo por 24 horas en agua fría.
11. Remojo por 48 horas en agua fría. (24 +24 horas).
12. Remojo por 72 horas en agua fría. (24 +24+ 24 horas).
13. Lijado por una hora, moviendo el recipiente para que las semillas se froten contra la pared.
14. Lijado por 1 hora, moviendo el recipiente para que las semillas se froten contra la pared + remojo en agua fría por 24 horas.
15. Lijado por 1 hora + remojo en agua fría por 24 horas + mezclar las semillas con musgo húmedo, ponerlas en bolsa de plástico cerrada y dejar las semillas en refrigeración a 5°C por un mes, luego sembrarlas en bandejas.
16. Lijado por 1 hora + mezclar las semillas con musgo húmedo y ponerlas en bolsa de plástico cerrada dejándolas allí hasta que germinen.
17. Remojo en agua fría por 24 horas + mezclar las semillas con musgo húmedo, ponerlas en bolsa plástica cerrada y dejar al medio ambiente hasta la germinación.
18. Mezclar las semillas con musgo húmedo y ponerlas en bolsa plástica cerrada al medio ambiente hasta que germinen.
19. Lijado por 1 hora + remojo en agua fría por 24 horas + mezclar las semillas con musgo húmedo, ponerlas en bolsa plástica cerrada y dejar en refrigeración a 5° C hasta que germinen.
20. Remojo en agua fría por 24 horas + mezclar las semillas con musgo húmedo, ponerlas en bolsa plástica cerrada y colocar a 5° C hasta que germinen.

Las bandejas y bolsas plásticas que contenían las semillas se revisaron cada tres o cuatro días para ver si había indicadores de germinación, con lo que se construyó una tabla de datos, con el fin de obtener los porcentajes a germinación totales y parciales, que contenía la fecha de observación y el número de semillas germinadas en cada tratamiento. La primera toma de datos se realizó a los 113 días después de la siembra de los tratamientos, considerando como germinación a la emergencia del brote, finalizando la recolección de datos cuando la germinación se detuvo o era insignificante en algunos tratamientos, en un lapso de quince días. El aumento de la germinación observado en la tabla no tenía mayor relevancia cada tres o cuatro días, por lo que dicho intervalo se amplió para un mejor análisis, Para cada tiempo a germinación se aplicó el programa estadístico para determinar el mejor tratamiento en cada una de ellos.

Para el análisis de los tratamientos se utilizó el programa estadístico S.A.S., se evaluó la variable porcentaje de germinación ($P < 0.05$), sustituyendo los datos de campo por datos obtenidos de la tabla de Fisher y Yates sobre la transformación angular de porcentajes y se realizó una separación de medias (SNK).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que los tratamientos en ácido sulfúrico (A.S.) por 30, 60 y 90 minutos fueron los primeros en germinar comenzando a los 113 días de la siembra, sin embargo su germinación promedio todavía era muy pobre, de 1%, 1% y 3% respectivamente, por lo que no hubo diferencia significativa entre dichos tratamientos. El ácido sulfúrico logró destruir las capas superficiales de la semilla y permitió que ésta germinara antes que el testigo que no recibió ningún tratamiento y empezó a germinar aproximadamente a los 146 días de su siembra. El tratamiento A.S. por 90 minutos mostró un mayor porcentaje inicial de germinación, lo que demuestra que éste cumplió su objetivo con mayor eficacia que los demás tratamientos, pues permaneció mayor tiempo en contacto con las semillas.

A los 4 meses, se observó germinación de semillas remojadas 5 y 10 minutos en A.S.; las remojadas en ácido giberélico (A.G.) a 100, 1,000 y 10,000 ppm; las de remojadas en agua por 48, 72 horas y las lijadas + remojadas en agua por 24 horas. Hubo, además, un aumento en las germinaciones de los tratamientos de A.S. por 30, 60 y 90 minutos, como se observa en el Cuadro 1, con germinaciones promedio de 14, 23 y 18% respectivamente, lo que significa que dichos tratamientos germinaron antes que el testigo y por ende son mejores en cuanto a adelantar la germinación. Igualmente, se observa que hubo diferencias significativas entre tratamientos y los remojes en A.S. por 30, 60 y 90 minutos fueron estadísticamente superiores, demostrando así ser los mejores hasta esta fecha.

La emergencia de los tratamientos con A.G. demuestra la acción de este compuesto en la germinación, ya que la semilla en su proceso de maduración va perdiendo dicho ácido naturalmente, pero como las semillas se remojaron 24 horas en él, éste debió haber penetrado por las cubiertas induciendo al embrión a realizar procesos de respiración y síntesis de proteínas, estimulando su germinación.

A los 5 meses, destacó el aumento en la emergencia de semilla de todos los tratamientos con A.S. con una germinación promedio de 18, 20, 37, 39 y 26% respectivamente. En esta fecha se observó también la primera emergencia de semillas del testigo, con una germinación promedio de 4 % al igual que el tratamiento de 10,000 ppm de A.G. y el lijado por una hora. En el Cuadro 1 también se observa, que en esta fecha, hubo diferencias significativas entre tratamientos y que los de A.S. por 30 y 60 minutos seguían siendo estadísticamente superiores a los demás.

Cabe mencionar que algunos tratamientos como el de semilla remojada 24 horas en agua; el de lijado 1 hora + remojo 24 horas en agua y puesto en bolsa con musgo a 5 °C por un

Cuadro 1. Porcentaje promedio de germinación de semillas de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) luego de diversos tratamientos pregerminativos. El Zamorano, Honduras, 2002.

Tratamientos	#	Tiempos desde la siembra en meses							
		3½	4	5	5½	6	6½	7½	8
Ácido Sulfúrico 5 min	1	0	6 b	18 b	24 abcd	37 ab	42 abc	44 abc	44 ab
Ácido Sulfúrico 10 min	2	0	9 b	20 b	29 b	38 ab	41 abcd	43 abc	43 abc
Ácido Sulfúrico 30 min	3	1	14 a	37 a	44 a	50 a	54 a	54 a	54 a
Ácido Sulfúrico 60 min	4	1	23 a	39 a	43 a	49 a	52 ab	53 ab	53 a
Ácido Sulfúrico 90 min	5	3	18 a	26 ab	29 b	33 abc	34 bcde	34 bcd	34 abc
Ácido Giberélico 100 ppm	6	0	1 c	1 d	3 fg	10 de	19 e	23 de	23 c
Ácido Giberélico 1,000 ppm	7	0	1 c	1 cd	4 efg	9 e	23 de	27 cde	27 bc
Ácido Giberélico 10,000 ppm	8	0	1 c	4 cd	8 cdefg	16 cde	33 cde	38 abcd	38 abc
Testigo	9	0	0 c	4 cd	9 cdef	19 bcde	24 cde	34 bcd	34 abc
Remojo H ₂ O 24h	10	0	0 c	0 d	5 efg	13 cde	23 de	26 cde	26 bc
Remojo H ₂ O 48h	11	0	2 c	8 c	26 abc	31 abc	38 abcd	39 abcd	39 abc
Remojo H ₂ O 72h	12	0	1 c	8 c	19 bcde	28 bcd	35 bcde	36 abcd	36 abc
Lija 1h	13	0	0 c	4 cd	11 cdef	17 cde	24 cde	29 cde	29 bc
Lija 1h+remojo H ₂ O 24h	14	0	1 c	2 cd	9 defg	18 bcde	27 cde	31 cde	31 bc
Lija 1h+remojo H ₂ O 24h 5°C 1mes	15	0	0 c	0 d	6 efg	14 de	26 cde	29 cde	29 bc
Lija 1h+bolsa plástica al ambiente	16	0	0 c	0 d	0 g	0 f	0 f	20 de	34 abc
Remojo H ₂ O 24h+bolsa al ambiente	17	0	0 c	0 d	0 g	0 f	0 f	16 e	25 bc
Semillas en bolsa al ambiente	18	0	0 c	0 d	0 g	0 f	0 f	15 e	39 abc
Lija 1h+remojo H ₂ O 24h bolsa 5°C	19	0	0 c	0 d	0 g	0 f	0 f	0 f	0 d
Remojo H ₂ O 24h+bolsa a 5°C	20	0	0 c	0 d	0 g	0 f	0 f	0 f	0 d

mes y luego sembrada en bandeja y todos los tratamientos sembrados en bolsa plástica, no comenzaron a germinar hasta esa fecha, tal vez porque la cubierta de las semillas no fue ablandada lo suficiente mediante los tratamientos aplicados o por acción de microorganismos.

A los 5 meses y medio, los tratamientos con mayor porcentaje de germinación, según el Cuadro 1, fueron los de remojo en A.S. por 30 y 60 minutos con 44 y 43% respectivamente, seguidos por los otros tratamientos de A.S. y el remojo en agua por 48 horas con germinaciones promedio de 24, 29, 29 y 26% respectivamente. Se observó también la emergencia del tratamiento de remojo en agua por 24 horas, que es el usado en la mayoría de fincas productoras de yerba mate en Paraguay. En esta fecha también hubo diferencias significativas entre tratamientos, manteniéndose el A.S. por 30 y 60 minutos en primer lugar, quedando como últimos los tratamientos de lijado o remojo en agua y siembra en bolsa que todavía no germinaban.

A los 6 meses, los tratamientos de A.S. por 30 y 60 minutos marcaron una diferencia notable con una germinación promedio de 50 y 49% respectivamente comparándolos con el testigo, del cual hasta la fecha tan sólo había germinado un 19% o comparándolos con tratamientos sembrados en bolsa con musgo los cuales no presentaban germinación alguna. Se observa también que la germinación del tratamiento por 90 minutos en A.S., que fue el primero en germinar, no se incrementó como en los tratamientos de A.S. por 30 y 60 minutos, debido probablemente a que la semilla al estar en contacto con A.S. por 90 minutos debió haber sufrido daños llegando el A.S. al embrión de algunas de ellas y matándolos. Estadísticamente en esta fecha también hubo diferencias significativas entre los tratamientos, manteniéndose los de 30 y 60 minutos en A.S. como los mejores, sin superar estadísticamente, pero sí aritméticamente, a los otros tratamientos de A.S. o al remojo en agua por 48 horas.

A los 6 meses y medio, los remojos por 30 y 60 minutos en A.S. seguían teniendo las mejores germinaciones con 54 y 52% respectivamente; sin embargo, se notó un aumento en el porcentaje de germinación de los tratamientos con A.G. a 100, 1,000 y 10,000 ppm con incrementos de 9, 14 y 17% respectivamente desde los 6 meses y una desaceleración en los tratamientos de 30 y 60 minutos en A.S. que mostraron un aumento de tan sólo de 4 y 3% respectivamente en su germinación. Esto se debió a que el tratamiento de 30 minutos en A.S. llegó a su porcentaje máximo de germinación y el tratamiento de 60 minutos en A.S. estaba a punto de hacerlo. En el Cuadro 1 se puede observar que hubo diferencias significativas entre tratamientos, siendo estadísticamente superior a los demás, excepto a los otros tratamientos con A.S., el de remojo por 30 minutos en este ácido.

A los 7 y medio meses, la germinación de los tratamientos sembrados en bandejas prácticamente se había detenido desde el mes anterior, contrario a lo que sucedió con los tratamientos que fueron sembrados en bolsas plásticas, los cuales mostraban un incremento, en especial el tratamiento de lijado por una hora y sembrado en bolsa plástica, cuya germinación aumentó 20% en los últimos 14 días.

A los 8 meses, la germinación de todos los tratamientos culminó en su totalidad, a excepción de los que se colocaron en bolsa plástica a 5 °C, ya que éstos nunca

germinaron, lo que demuestra que dichos tratamientos no son aplicables para mejorar la germinación de yerba mate, a no ser que luego de un tiempo las semillas se pasaran a temperatura ambiental, tal como ocurrió en el tratamiento 15, de lijado + remojo por 24h en agua + un mes en musgo dentro de bolsa de plástico a 5 °C y luego pasadas a bandejas en el invernadero, que tuvieron una germinación total de 29%. Aparentemente 5 °C es muy bajo para que esta especie germine. Cabe mencionar que los tratamientos de lijado por una hora y el de remojo en agua por 24 horas y sembrado en bolsa plástica, mostraron un aumento muy pronunciado en el porcentaje de germinación, incrementándose ambos en 34% en los últimos 30 días. En el Cuadro 1 se observa que hubo diferencias significativas entre los tratamientos y que los tratamientos de A.S. por 30 y 60 minutos siguieron siendo superiores aritméticamente a los demás.

El tratamiento de remojo por 24 horas, que es usado tradicionalmente en Paraguay para la producción de plántulas de yerba mate, germinó 171 días después de su siembra y culminó su germinación con tan solo 26%, en comparación con los tratamientos por 30 y 60 minutos en A.S., que para este estudio fueron los mejores, al germinar a los 113 días después de su siembra y con un porcentaje final de germinación de 54 y 53% respectivamente.

Comparando los tratamientos de A.S. por 30 y 60 minutos con el testigo, se nota que este último germinó 146 días después de su siembra y tuvo al final del experimento una germinación de 34%, por lo que los dos primeros fueron bastante superiores numéricamente y en velocidad, por lo que deben ser los recomendados.

Estos resultados corroboran la utilidad de usar el Ácido Sulfúrico (A.S.) como tratamiento para romper la latencia o letargo de las semillas de algunas especies que se caracterizan por tener sus cubiertas endurecidas, tal como lo recomendado desde Venezuela donde se realizó un experimento con semillas de tres especies de leguminosas del género *Centrosema*, las cuales fueron sumergidas en A.S. concentrado (95%) por períodos de 5, 10, 15 y 20 minutos, obteniendo excelentes resultados con germinaciones de 95.7% para el período de 10 minutos (Fariñas, *et al*, 1997). Para el caso de yerba mate el tratamiento con A.S por 10 minutos no fue el mejor, necesitando un mayor tiempo de contacto con el ácido, probablemente porque las semillas de esta especie tienen cubiertas mucho más gruesas que las del género *Centrosema* por lo que el A.S. tarda más tiempo en ablandarlas. Este método de escarificación, también fue reportado en un estudio realizado por Rivero *et al* (1999), para romper la latencia de una especie de guayabo resistente a nemátodos (*Psidium friedrichsthalianum*), sin embargo, el uso de A.S. no fue el mejor tratamiento porque fue superado por el lijado, tal vez porque las semillas de dicho frutal tienen sus cubiertas delgadas y pueden ser ablandadas por métodos que no son tan agresivos como el A.S. concentrado, el cual, al tener un contacto mínimo con el embrión, en caso de traspasar las cubiertas de la semilla, lo mata. En todo caso hay que determinar para cada especie y a veces para cada lote de semillas de la misma especie, cuál es el tiempo más adecuado, para evitar el problema arriba mencionado.

5. CONCLUSIONES

- Los mejores tratamientos para obtener una germinación en el menor tiempo y con el mayor porcentaje en semilla de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) fueron los de escarificado con ácido sulfúrico concentrado por 30 ó 60 minutos, que dieron una germinación de 54 y 53 % respectivamente luego de ocho meses, que comenzó en ambos a los 113 días.
- El mejor tratamiento para obtener una germinación en el menor tiempo posible fue escarificado con ácido sulfúrico concentrado por 90 minutos que en un período de 6.5 meses habría completado su germinación, mas no germinó tanto como otros tratamientos.
- En general, los tratamientos de escarificación con ácido sulfúrico fueron los que mayor porcentaje promedio total de germinación presentaron, a excepción del que estuvo en contacto con dicho ácido por 90 minutos, que fue demasiado en este caso.
- Las semillas de yerba mate no respondieron a los tratamientos: lijado por una hora + remojo en agua fría por 24 h + mezclar las semillas con musgo húmedo, en bolsa plástica cerrada y puesta a 5° C hasta que germinen y el de remojo en agua fría por 24 h + mezclar las semillas con musgo húmedo, en bolsa plástica cerrada y a 5° C hasta que germinen, al no presentar germinación alguna, porque esta temperatura probablemente impidió la germinación que seguramente se hubiese activado a temperaturas ambientales, al igual con lo ocurrido con el tratamiento de lijado por 1 hora + remojo en agua fría por 24 horas + mezclar las semillas con musgo húmedo, ponerlas en bolsa de plástico cerrada y dejar las semillas en refrigeración a 5°C por un mes, luego sembrarlas en bandejas.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar otros ensayos utilizando tratamientos con ácido sulfúrico a diferentes concentraciones a las utilizadas en este estudio, para medir con mayor exactitud cuál de ellos es el mejor.
- Hacer un estudio de factibilidad para la implementación de una explotación de yerba mate en Honduras.

7. BIBLIOGRAFÍA.

AGROINDUSTRIAS. ORG. 2001. La Yerba Mate. Perú. Consultado el 24 de mayo de 2002. Disponible en:
<http://www.agroindustrias.org/1-10-01yerbamate.shtml>.

BESNIER, F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 637 p.

CAMACHO, F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Editorial Trillas. México, México 125 p.

DA CROCE, D. HIGA, A. FLOSS, P. 1994. Escolha de fontes de sementes de erva mate (*Ilex paraguariensis*) para Santa Catarina. EMPAGRI. Brasil.

EMBRAPA FLORESTAS. 2001. Erva mate. Centro Nacional de pesquisa de florestas. Paraná. Brasil. Consultado el 15 de octubre de 2002. Disponible en:
http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/erva_mate/ervamate.htm
http://www.cnpf.embrapa.br/pauloernani/temp/index_especies.htm

EMPRESA LAURO RAATZ. 2001. La yerba mate. Asunción. Paraguay. Consultado el 15 de abril de 2002. Disponible en:
http://www.pajarito.com.py/la_yerba_mate.htm

FARIÑAS, J., SANABRIA, D., SILVA, R. 1997. Escarificación química de semillas de tres especies de *Centrosema* para sabanas bien drenadas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Monagas. Monagas. Venezuela. Consultado el 4 de noviembre de 2002. Disponible en:
<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1502/texto/escarificacion.htm>

GIBERTI, G. s.f. La agricultura amazónica y caribeña. Centro de estudios farmacológicos y botánicos. Buenos Aires. Argentina. Consultado el 12 de julio de 2002. Disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/proyecto/rla133ec/PFNM-pdf/PFNM%20Par.PDF>.

HARTMANN, H. T. Y KESTER, D. E. 1997. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Segunda edición. Compañía Editorial Continental, S.A. México.

JARA, L. 1996. Biología de semillas forestales. CATIE. Serie de Semillas Forestales – PROSEFOR. Costa Rica. 31 p.

KAWAKAMI M. and KOBAYASHI A. 1991. Volatile Constituents of Green Mate and Roasted Mate. J.Agric.Food Chem. Consultado el 16 de julio de 2002. Disponible en: <http://www.yemico.com.ar/layerba.htm>

MUTINELLI, A. s.f. Yerba mate. 1129 – 1135 p

RIVERO, G. VILORIA, Z. MARÍN, M. y COLMENARES, C. 1999. Evaluación de tratamientos pregerminativos en guayabo Cas (*Psidium friedrichsthalianum*, Berg-Niedenzu). I. Facultad de Agronomía, Dpto. Botánica, La Universidad del Zulia. Venezuela. Consultado el 3 de noviembre de 2002. Disponible en: http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagroluz/v16_s/v167z002.html