UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGIA

GERMINACION Y CRECIMIENTO DEL GUANACASTE (*Enterolobium Cyclocarpum Jacq. Griseb.*) EN VIVERO Y EN EL CAMPO

Tesis para optar al grado de

LICENCIADA EN BIOLOGIA

Sonia C. Bertsch

SAN JOSE, 1985

Germinación y el crecimiento del guanacaste
(Enterolobium cyclocarpum Jacq. Griseb.)
en vivero y en el campo

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias,
Escuela de Biología para optar al grado académico
de Licenciada en Biología

Aprobada

Luis A. Fournier O., Ph. D. — Director de Tesis

Ma. Isabel Morales Z., M. Sc. — Miembro del Tribunal

Alicia Chacón L., Dra. — Miembro del Tribunal

Jorge Herrera Q., M. Sc. — Miembro del Tribunal

Ing. Agr. Ramiro Alizaga L. — Miembro del Tribunal

Carlos Villalobos S., M. Sc. — Director de la Escuela

Sonia C. Bertsch H. — Sustentante

Diciembre, 1985

A ERIC

MUCHAS GRACIAS

A Floria ..." por el gusto del momento compartido".

A Don Luis Fournier O., Ph.D., Director de Tésis, porque por él, la investigación teórica realizada, se convirtió en una realidad que va más allá de los libros y que en el futuro seguirá creciendo.

A los Ingenieros Agrónomos Jorge Herrera Q. M.Sc. y Ramiro Alizaga, porque con ellos realicé un trabajo de equipo que hizo agradables y positivas las tareas rutinarias de la investigación.

A Don Horacio Fabres, quien con su desinteresada colaboración al ofrecerme las computadoras y los servicios de SINSA, valoriza el esfuerzo de todos.

A los Señores miembros del tribunal de tésis por su colaboración y sugerencias.

A todas la personas que de una u otra manera me dieron ayuda y apoyo para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS iv
INDICE DE CUADRO vi
RESUMEN..... viii

I INTRODUCCION 1

II REVISION DE LITERATURA

1. La semilla 3
2. Semillas duras 3
3. La latencia de las semillas como respuesta al ambiente 6
4. Características de las semillas de leguminosas 7
5. Características des árbol de guanacaste Enterolobium cyclocarpum 9
6. Características de las semillas del guanacaste..... 11
7. Tratamientos para romper la latencia de semillas 14

III MATERIALES Y METODOS

1. Mediciones de germinación 20

1.1 Recolección de semillas 20
1.2 Instalación del vivero 21
1.3 Aplicación de tratamientos 21
1.4 Siembra y germinación 23
1.5 Análisis de datos 24

2. Mediciones de las plántulas 24

2.1 Altura de las plántulas 24
2.2 Cantidad de hojas 25

3. Mediciones de árboles de cinco años 25

3.1 Descripción de la plantación 25
3.2 Altura y DAP de los árboles 26

IV RESULTADOS Y DISCUSION

1. Germinación de semillas 27

1.1 Análisis por tratamientos 27
1.2 Análisis por procedencia 29
1.3 Análisis en el campo 34
1.4 Heterogeneidad del lote de semillas... 38

2. Crecimiento de las plántulas en el vivero.. 40

2.1 Altura de las plántulas 40
2.1 Cantidad de hojas 44

3. Adaptación del guanacaste a plantaciones... 46

3.1 Altura de los árboles 46
3.2 Diámetro (DAP) de los árboles 46
3.3 Crecimiento por año y tratamientos silviculturales 47

V. CONCLUSIONES 50

BIBLIOGRAFIA 52

APENDICE 59

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Características ambientales de los sitios de procedencia de las semillas, del vivero y de la plantación.....	20
2	Características externas de las semillas de guanacaste provenientes de cuatro árboles situados en el bh-T: Higuito y Jesús María y en el bh-P: Villa Colón y Garita.....	22
3	Vista general del vivero donde se observa la disposición las bolsas y la germinación escalonada.....	22
4	Germinación de una semilla de guanacaste en condiciones naturales. Se observa el resquebrajamiento de la cubierta seminal y el gran tamaño de los cotiledones.....	24
5	Vista parcial de la plantación de árboles de guanacaste, localizada en Tabarcia de Mora. Se observa la disposición de los árboles y el tamaño alcanzado al cabo de cuatro años.....	26
6	Porcentaje total de germinación obtenido según los seis tratamientos aplicados a semillas de cuatro procedencias, después de siete semanas de plantadas.....	30
7	Porcentaje total de germinación obtenido en semillas según las cuatro procedencias, sometidas a seis tratamientos, después de siete semanas de plantadas.....	30
8	Germinación total alcanzada por semillas según la zona de vida (bh-T) Bosque Húmedo Tropical, (bh-P) Bosque húmedo Premontano, después de siete y treinta y tres semanas de plantadas.....	33
9	Porcentaje promedio acumulado de germinación, tiempo necesario para obtener máxima germinación y el período en el que germinan las semillas según el tratamiento y la procedencia.....	35

10 Cantidad total de semillas germinadas según: A. Los tratamientos aplicados B. La procedencia después de siete y treinta y tres semanas de plantadas..... 37

11 Plántulas de guanacaste obtenidas de semillas procedentes del mismo lugar y sometidas al mismo tratamiento presentan diferentes estados de crecimiento..... 39

12 Secuencia de la germinación de las semillas de guanacaste desde que se inicia el mecanismo desencadenador hasta la implantación de la plántula como individuo independiente..... 39

13 Crecimiento promedio total alcanzado durante sies semana por plántulas germinadas de semillas procedentes de cuatro localidades y sometidas a sies tratamientos..... 41

14 Altura promedio total (cm) alcanzada por las plántulas según el tratamiento, después de seis semanas de sembradas..... 42

15 Altura promedio total (cm) alcanzada por las plántulas según la procedencia, después de seis semanas de sembradas..... 42

16 Cantidad de hojas promedio que presentan las plántulas según la procedencia, después de cuatro semanas de plantadas... 45

17 Cantidad de hojas promedio de las plántulas según el tratamiento, después de cuatro semanas de plantadas..... 45

18 Distribución de la altura (A) y del DAP (B) de 33 árboles despues de cuatro años de sembrados en la plantación de Tabarcia..... 48

19 Altura y DAP promedio de 33 árboles de tres procedencias, después de cuatro años de sembrados en el campo y un año en el vivero..... 48

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1.	Características generales del crecimiento de árboles de guanacaste de dos plantaciones experimentales en Los Diamantes y en Salitre (González,1980)....	11
2.	Algunas características físico morfológicas de las semillas de guanacaste.....	13
3.	Tratamientos de escarificación aplicados a las semillas de guanacaste.....	18
1A.	Porcentaje de germinación obtenido en base 15,según los seis tratamientos, de las semillas de cuatro procedencias, después de siete semanas de plantadas. Valores con letras iguales corresponden a valores estadísticamente iguales según la prueba de Duncan.....	60
2A.	Cantidad de plántulas existentes en el vivero al cabo de siete y treinta y tres semanas,según los seis tratamientos y las cuatro procedencias.....	61
3A.	Promedio de la altura (cm) alcanzada por las plantas que se obtuvieron de las semillas, según los seis tratamientos y las cuatro procedencias después de seis semanas.....	62
4A.	Cantidad promedio de hojas que presentan las plántulas de acuerdo a los seis tratamientos aplicados a las semillas y a las cuatro procedencias, a las seis semanas de plantadas.....	63
5A.	Distribución de la altura (m) y del DAP (cm) de 33 árboles según tres procedencias, después de cuatro años de plantados en Tabarcia.....	64
6A.	Altura (m) y DAP (cm) alcanzado en cuatro años y tasa de crecimiento por año de 31 árboles, 12 de Garita, 11 de Ciudad Colón y 8 de Jesús María.....	65

7A. Análisis de varianza promedio (en base 15) de la germinación de las semillas según los seis tratamientos, las cuatro procedencias y el tiempo..... 66

8A. Análisis de varianza de la altura promedio (cm) alcanzada por las plántulas según los seis tratamientos,las cuatro localidades y el tiempo..... 67

9A. Análisis de varianza de la altura promedio (cm) y del DAP promedio (cm) alcanzado por 31 árboles después de cuatro años de sembrados en Tabarcia, según tres procedencias..... 68

RESUMEN

Se aplicaron tratamientos de escarificación y estratificación a semillas de guanacaste (Enterolobium cyclocarpum), para observar el efecto de éstos sobre la latencia de las semillas según su procedencia, y a la vez determinar su influencia posterior en el crecimiento de plántulas en vivero.

Asimismo se hicieron observaciones del crecimiento de árboles de guanacaste procedentes de zonas de vida diferentes y de su adaptación en una plantación hecha fuera de su ámbito de distribución natural.

1. El guanacaste posee semillas que dividen la población en dos: las que germinan en la primera semana y las que permanecen en estado latente,aún habiendo sido tratadas.

   El tratamiento que alcanzó mayor porcentaje de germinación fue el tratamiento con agua caliente a 80°C. Las semillas sin tratar obtuvieron de 1 a 5%. La heterogeneidad en la germinación del lote de semillas varía según la procedencia de las semillas y las condiciones ambientales donde se realiza el vivero.

2. La diferencia de crecimiento de las plántulas en el vivero es debida a la edad de éstas y no al efecto directo de los tratamientos sobre la morfogénesis. En los dos meses siguientes a la germinación, el crecimiento de las plántulas se lleva a cabo con las reservas energéticas de los cotiledones y pueden alcanzar hasta 15 cm. de altura y formar de tres a cuatro hojas.

3. El crecimiento de árboles de guanacaste de cuatro años de edad, sembrados en una plantación en Tabarcia de Mora, alcanzó un promedio de crecimiento anual en altura de 0.73 m y 0.74 cm en grosor, con una correlación positiva entre ambas variables. En general, los árboles de guanacaste provenientes de las zona de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque Húmedo Premontano (bh-P) se adaptaron bien a la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P), que está fuera de su ámbito de distribución.

I. INTRODUCCION

Para lograr una germinación total, rápida y homogénea en un lote de semillas, se sometieron las semillas duras a tratamientos de escarificaficación, antes de plantarlas. Se han realizado muchos estudios en semillas de especies de importancia agrícola (Quinlivan, 1961-1966; Mayer y Poljakoff, 1963; Delouche, 1969;Barton, 1965; Nikolaeva, 1969; Martin et al, 1975) y en semilla de especies forestales de las zonas templadas (Evenari et al, 1966; Roberts, 1972; Kozlowski, 1972; Szalai y Nagy, 1974; Corner, 1976; Khan y Kozlowski, 1979; Côme, 1970).

Sin embargo, no es sino hasta ahora cuando se siente la necesidad de sembrar plantaciones de especies de árboles que se están volviendo escasos en los bosques tropicales naturales, los cuales presentan problemas de germinación en los viveros (Flinta, 1960; Hodgson et al, 1967; Magini, 1962; Musalem y Fierros, 1979; Robbins y Buzewicz,1977; Carvalho y Nakagawa, 1983),donde la falta de conocimiento sobre la estructura, medios de dispersión y sobre todo del proceso de latencia y los períodos de viabilidad y germinación de las semillas de especies forestales tropicales, causa grandes pérdidas económicas (Catalán, 1977; Frankie et al, 1974; Howe y Vande Kerckhove, 1979; Smith, 1974; Smythe, 1970; Patiño, 1976; Patiño y Villareal, 1976).

En Costa Rica los viveros optan por el cultivo de especies rentables, sin problemas de germinación, pero muchas veces sin valor forestal (Wood, 1976).

Muchos de estos árboles no pueden reproducirse en forma natural ya que son cortados y al alterar el bosque, las semillas no encuentran las condiciones microclimáticas óptimas para su germinación, disminuyendo así la población.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo es el de conocer la respuesta de las semillas del árbol de guanacaste (Enterolobium cyclocarpum) a tratamientos que faciliten la germinación de las semillas en los viveros, los efectos de estos tratamientos en el desarrollo de las plántulas y la adaptación de los árboles en plantaciones artificiales .

II REVISION DE LITERATURA

1. La semilla

La semilla es un sistema funcional que está constituido por células meristemáticas de crecimiento reducido o suspendido, de reservas de alimento y de una cubierta protectora restrictiva que es muy importante en la regulación de la germinación (Amen, 1968; Leopold y Kriedemann, 1975).

El proceso de germinación se inicia cuando la semilla se hidrata, la radícula empieza a crecer y termina cuando la radícula atraviesa la cubierta seminal. Comprende tres fases sucesivas: la imbibición que es cuando aumenta la actividad respiratoria; la germinación sensu stricto; y la fase de crecimiento en la cual el proceso se vuelve irreversible. Desde un punto de vista agronómico, una semilla germina cuando ha formado una planta joven (Côme, 1982).

2. Semillas duras

Desde 1896, Nobbe citado por Rolston (1978), introdujo el término de "semilla dura" para denominar a todas aquellas semillas que no imbiben agua a pesar de las condiciones favorables y que no germinan a pesar de estar viables .

El agua que imbibe la semilla, va a desencadenar la fase de germinación sólo en el momento en el que la semilla deja de ser latente.

Una semilla permeable se diferencia de una dura porque absorbe agua pero no necesariamente tiene que germinar porque puede existir otro tipo de latencia (Quinlivan, 1966).

La latencia es el período de reposo o de interrupción reversible del desarrollo fenotípico de un organismo (Amen, 1968).

A pesar de las esfuerzos hechos por investigadores como Barton (1965a y b); Roberts (1972); Amen (1968); y Cóme (1982), quienes han analizado las características fisiológicas anatómicas y morfológicas que presentan las semillas latentes y la influencia de los factores ambientales en la germinación, el conocimiento del proceso de latencia es todavía incompleto.

Según el modelo operacional de Amen (1968), la latencia se lleva a cabo en las semillas mediante cuatro mecanismos:

a. Mecanismo de inducción, determinado por eventos ontogénicos que causan la latencia, tales como la acumulación de inhibidores de crecimiento, (Kramer y Kozlowski,1979; Weaver, 1976), embriones

rudimentarios (Magini, 1962), la resistencia mecánica de la cubierta seminal a la luz, al oxígeno y al agua por la acumulación de lipidos. Hay semillas que presentan la combinación de varias de estas características a la vez (Magini, 1962).

b. Mecanismo de mantenimiento, cuando ocurre formación y mantenimiento de bloques metabólicos, en los que el balance entre inhibidores y promotores se inclina a favor de los inhibidores.

c. Mecanismo desencadenador, donde participan agentes y productos que son sensibles a estímulos del ambiente y que funcionan como activadores metabólicos.

d. Mecanismo de germinación, cuando ocurre la iniciación de la proliferación celular que conlleva la activación enzimática, la degradación de nutrientes y las reacciones sintéticas del crecimiento.

El desconocimiento de la naturaleza exacta del mecanismo desencadenador y el punto de inhibición metabólica es la razón por la que la latencia parece diferente, pero los principios reguladores son esencialmente los mismos y la funcionalidad de los parámetros es análoga (Amen, 1968).

3. La latencia de las semillas como respuesta al ambiente

La latencia en las semillas es una estrategia adaptativa de sobrevivencia de las plantas, que pueden mediante este proceso , ampliar los ámbitos de tolerancia a condiciones climáticas extremas como la sequía, las bajas temperaturas, el fuego y la lluvia marcadamente estacional. A la vez los requerimientos específicos para la germinación de ciertas especies la restringen a períodos de temperatura y humedad tales que garanticen la supervivencia de las plántulas (Nikolaeva, 1969; Rolston, 1978; Vázquez-Yanes, 1974).

Al regular los períodos de viabilidad de las semillas, favorece la distribución de éstas en el tiempo y en el espacio, y se da una germinación escalonada que reduce la competencia intraespecífica e interespecífica.

Las condiciones ambientales y el estado fisiológico de la planta madre durante la formación de la semilla, modifican la latencia de estas semillas (Faeth, 1979; Kozlowski, 1972; Kramer y Kozlowski, 1979; Rolston, 1978), de tal manera que, aún en una población genéticamente uniforme y que ha madurado bajo las mismas condiciones, las semillas no necesariamente se encuentran en el mismo período de desarrollo (Kramer y Kozlowski, 1979; Carvalho y Nakagawa, 1983).

Muchas semillas latentes sólo germinan después de pasar por el tracto digestivo de mamíferos, aves o reptiles, ya que los cambios bioquímicos o físicos que sufren las vuelven permeables,asegurando la germinación y dispersión de las semillas (Leopold y Kriedemann 1975; Rolston, 1978). La permeabilidad también puede ser favorecida por la acción de hongos, bacterias e insectos que descomponen la cubierta seminal (Quinlivan, 1966; Rolston, 1978).

En condiciones naturales, la latencia está regulada por la temperatura del suelo (que varía con la época del año, la radiación solar, el color del suelo y el viento), y por la posición y la profundidad en que se encuentran las semillas (Quinlivan, 1966). También el calor intenso del fuego puede afectar la germinación de semillas latentes. En el trópico todos estos factores dependen de condiciones microclimáticas propicias para la germinación, a diferencia de las regiones templadas donde las temperaturas son mas bien estacionales (Vázquez-Yanez, 1974).

4. Características de las semillas de leguminosas

En la familia de las leguminosas, más del 85% de las especies presentan semillas duras y un gran número de investigaciones coinciden en que la dureza puede ser atribuída a factores genéticos que dependen de las características físicas y químicas de la cubierta

seminal, aún cuando está adherida a la planta (Watson, 1948; Hyde, 1954; FAO, 1956; Evenari et al, 1966; Smith, 1974; Martin et al, 1975; Rolston, 1978; Faeth, 1979).

Las semillas duras de las leguminosas presentan una cubierta seminal formada por una capa de macroesclereidas contínua, recubierta por una lámina de cutícula (que varía en espesor por el contenido de grasa y cera) y rodeada de pectina, lignina, suberina, taninos y otros compuestos fenólicos, quinonas y pectato de calcio.

En la parte interna hay una capa subepidérmica de osteoesclereidas, entre las cuales hay largos espacios intercelulares. Debajo de ésta se encuentran células de parénquima aplastadas y finalmente el endosperma (Hyde, 1954; Rolston, 1978).

Según Côme (1982), las semillas de las leguminosas se vuelven impermeables al agua al final de su maduración, durante el período de deshidratación. O sea, el porcentaje de semillas duras es menor cuando éstas son recogidas antes de la maduración completa. Côme (1982), al igual que Watson (1948) y Roslton (1978) afirman que el color de la cubierta tiene relación con el grado de maduración, longevidad y la impermeabilidad de las semillas.

El hilium, además de favorecer el paso de los gases y facilitar la salida de la radícula, actúa como

una válvula higroscópica permitiendo que la semilla retenga sus condiciones secas (Hyde, 1954; Leopold y Kriedemann, 1975; Rolston, 1978). Por el estrofiolo puede ocurrir imbibición cuando hay cambios físicos en el tejido de la cubierta, (Rolston, 1978).

Las semillas de la subfamilia mimosaceae, a la que pertenece el guanacaste, son en su mayoría simétricas, redondeadas en el ápice y cónicas en la base. Tienen la cubierta seminal lisa, raramente rugosa, usualmente brillante, café oscuro o negro con una lámina protectora en cada cara. El hilium es basal, disimulado y ocasionalmente tiene funículos enrollados al interior, la cubierta seminal es gruesa y dura, aunque se pueden encontrar especies en las cuales es suave (Flores y Mora, 1984).

El embrión está invertido y presenta una radícula pequeña. Los cotiledones usualmente son delgados y planos, cordados en la base, con plúmula presente o ausente. El endosperma, cuando está presente, es duro, brillante y abundante en las caras cotiledonales (Isely, 1974; Kozlowsky, 1972; Pammel, 1899; Walters et al , 1974).

5. Características del árbol de guanacaste (Enterolobium cyclocarpum)

A pesar de su importancia como especie forestal, se han hecho pocos estudios silviculturales

(Abrasid y Ardikusumah, 1973) y de vivero (León, 1955; Moreno, 1973; Bertoni y Juarez, 1980; Susano, 1981; Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977; González, 1980; Somarriba y Ferreiro, 1984). Sobre su comportamiento en el bosque natural, los trabajos realizados tratan sobre todo de la relación animal-árbol en la reproducción de la especie (Janzen, 1980, 1981a,b, 1982; Hatheway y Baker, 1970). En lo que respecta a su morfología y características botánicas, hay resúmenes un poco más detallados (Standley, 1937; Holdridge y Poveda, 1975; Bernardi et al, 1981; Caldera y Haines, 1959).

Es un árbol de porte mediano a grande que alcanza en 10 años de 20 a 35 m de alto, 2m de DAP y 3m de copa.

Algunas características generales de este árbol en plantaciones experimentales en Costa Rica (González, 1980), se presentan en el Cuadro 1.

Se distribuye en forma natural entre 20° latitud Norte y 20° latitud Sur y desde 0 hasta 100 msnm. Existe en zonas tropicales húmedas y subhúmedas de México, Centro América, Trinidad, Venezuela, Colombia, Brasil y la Amazonía peruana (FAO, 1957,1961).

Es un árbol que crece en climas neotropicales, con períodos de sequía muy marcados y con una precipitación entre 1.000 y 2.000 mm por año.

Cuadro 1. Características generales del crecimiento de árboles de guanacaste de dos plantaciones experimentales en Los Diamantes y en Salitre (Gonzalez,1980).

	Diamantes Guápiles	Salitre Buenos Aires
Zona de vida	Bosque Muy Húmedo Tropical	Bosque Muy Húmedo Premontano transición a basal
Area basal (m^2/ha) ajustada en 4 años	15	4
Tasa de crecimiento anual (m)	1.25	0.9
Diámetro (cm) en un año	7	5
Altura (m) ajustada en 4 años	4.5	4.5

En Costa Rica es común en el Pacífico Noroeste, en potreros a la orilla de los ríos, bosques de galería, formando parte del bosque decíduo donde hay abundancia en los claros, porque no crece en su propia sombra ni en la de otros árboles (Hatheway y Baker, 1970; N.A.S,1979)

6. Características de las semillas del guanacaste

Las semillas del guanacaste, por su morfología, anatomía y fisiología pueden considerarse semillas duras (Janzen y Higgins, 1979; Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977; Somarriba y Ferreiro, 1984).

Son semillas elipsoidales aplanadas longitudinalmente y con marcas de las septas de los

frutos, pues se encuentran dentro de una cavidad en un saco delgado que las protege de la escarificación. Estas características se observan en la Figura 2.

Tienen una cubierta seminal muy resistente que consta de dos tipos de esclereidas. Las mas externas son alargadas y constituyen una cubierta de células de empalizada. La capa interna es más gruesa y resistente, formada por células isodiamétricas fuertemente lignificadas. En la parte central las esclereidas son grandes, dispuestas laxamente, y se hacen más pequeñas y compactas hacia la superficie interna de la cubierta. Los cotiledones están compuestos de gran cantidad de proteínas y carbohidratos (Vázquez, 1977). Otras características de la semilla y del fruto se resumen en el Cuadro 2.

La epóca de fructificación ocurre en los meses de mayo y abril en la provincia de Guanacaste (Janzen 1982a) y de febrero a abril en Ciudad Colón (Fournier y Salas,1960). El fruto perdura en el arból hasta seis semanas antes de la caída, que ocurre generalmente en marzo y permanece en estado seco indehiscente uno o dos meses durante la estación seca. Con la humedad de la estación lluviosa los frutos se pudren y las semillas permanecen en el tejido podrido hasta que la cubierta seminal es gradualmente escarificada. Según Somarriba y

Ferreiro (1984), las semillas permanecen viables hasta doce meses.

Cuadro 2. Algunas características físico-morfólogicas de las semillas de guanacaste.

CARACTERISTICAS		Referencia Bibliográfica
Nº semillas por fruto	1-24, 15 es la más común	46
Nº semillas en 709 frutos	7295	29
Peso 1 semilla	1.47 g - 1.5 g	27
	400 - 850 mg 400 - 1000 mg	46
Peso de 1000 semillas	995.583 g	
Nº de semillas en 1 kg	1136 - 1500 semillas	
Largo de la semilla Ancho de la semilla	1.6 cm 1 cm	
Fuerza para quebrar la cubierta	136-205 kg varía entre el lote semillas de un mismo árbol y entre otros árboles	48
Fuerza para quebrar la cubierta seminal por el canto	91 kg no hay diferencia entre árboles	
Peso seco del fruto	0.8 - 3.1 g	46
Peso de 1000 frutos Peso de 1 litro de frutos	21.500 kg 0.149 kg	27
Largo del fruto Ancho del fruto Nº frutos en un árbol	7.6 cm 8.1 cm 2000-2200-709-2000 en 1978-79-80-81	46

Según Janzen (1981a,b; 1982a,b) la caída gradual de los frutos y el tamaño y dureza de la semilla, son una estrategia para su distribución. Diferentes agentes de dispersión, como vacas ,caballos y tapires pueden ingerir muchos de los frutos caídos y se tragan algunas semillas intactas, las cuales si no han sido dañadas por el fluido estomacal, son dispersadas por medio de la defecación, y a su vez pueden ser redistribuidas por un pequeño roedor llamado Liomy salvini

Cuando las condiciones naturales son favorables solo germina un 3% de las semillas. Al hidratarse, los cotiledones ejercen sobre la cubierta una considerable presión que provoca su expansión, sobre todo en la región lateral. Como consecuencia de ello, la semilla incrementa en longitud aproximadamente de 0,5 cm (Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977; Somarriba y Ferreiro, 1984).

7. Tratamientos para romper la latencia de semillas duras

Grandes cantidades de semillas pueden ser sometidas a tratamientos de escarificación y estratificación para aumentar,acelerar y uniformar la germinación, con el fin de garantizar la rentabilidad de la siembra y el transplante en una época favorable (Carneiro y Rocha, 1975; Cornejo, 1979; Paeth, 1979;

Kramer y Kozlowsky, 1979; Clemens et al, 1977; Combe, s.f.).

Los tratamientos son específicos para las semillas de las diferentes especies. Pueden actuar de manera distinta aún dentro de la misma especie, por lo que es a veces necesario aplicar dos tratamientos a la vez para modificar las características de la semilla latente y estimular la germinación (Carneiro y Rocha, 1975).

La finalidad de los tratamientos de escarificación es adelgazar o desgastar la cubierta seminal, para permitir la imbibición de agua y el intercambio de gases. Al disminuir la resistencia física de la cubierta seminal se facilita la emergencia del embrión (Weaver,1976).

Estos tratamientos pueden hacerse en forma manual o con dispositivos mecánicos de manera que no se dañen las partes internas de las semillas (Catalán, 1977; Flinta, 1960; Hartmann y Kester, 1976). Es posible cortar una pequeña porción de la cubierta seminal (Martin et al, 1975; Magini, 1962), proyectando o haciendo girar las semillas en tambores m tálicos forrados con lija o en botellas y mezcladores de cemento, con arenas a velocidades y por períodos que dependen del tamañ o y resistencia de las semillas (Carneiro y Rocha, 1975; Weaver, 1976; Rolston, 1978).

Este sistema escarificador es para lotes pequeños (Magini, 1962; Weaver,1976; Rolston, 1978).

Los tratamientos de escarificación química tiene dos propósitos: desintegrar la cubierta seminal y disolver los inhibidores que se localizan en ésta, estimulando a la vez la producción de hormonas de crecimiento (Blood y Dunn, 1953; Weaver, 1976; Rolston, 1978) que aceleran y uniforman la germinación (Catalán, 1977; Hartmann y Kester, 1976).

Entre los compuestos químicos que se utilizan el más corriente es el ácido sulfúrico, pero su uso requiere de muchos cuidados para no dañar el embrión (Carneiro y Rocha, 1975; Magini, 1962; Leopold y Kriedemann, 1975; Rolston, 1978). Con esta sustancia se ha conseguido aumentar germinación de semillas latentes a un 90% (Catalán, 1977; Walters et al, 1974).

La aplicación de compuestos como alcohol,cloroformo,éter,hidróxido de sodio,nitrato de potasio, hormonas así como el sumergir las semillas en aire frío estimulan la germinación de las semillas, pero son métodos cuya aplicación es minuciosa, generalmente usados en laborotorio y muy raramente en los viveros (Carneiro y Rocha, 1975; Weaver, 1976; Leopold y Kriedemann, 1975; Flinta, 1960; Hartmanny Kester,1976; Magini, 1962; Rolston, 1978).

En el Cuadro 3 se resumen los resultados de tratamientos a semillas de guanacaste obtenidos por otros investigadores. Como se puede observar el agua ha sido utilizada a diferentes temperaturas variando el tiempo de contacto con las semillas. Estas pruebas,sin embargo, no permiten determinar cuales son los ámbitos de tolerancia ni los grados en los cuales la temperatura del agua actúa como factor desencadenador de la germinación, de modo que permita adaptar una especie que en condiciones naturales tiene una germinación escalonada a las exigencias y restricciones de las condiciones de vivero.

También en el Cuadro 3 se puede observar las diversas respuestas de estas semillas a otros tratamientos, tanto en el porcentaje de germinación como en la velocidad y los períodos de germinación. Por eso para recomendar el tratamiento que se debe aplicar se requiere realizar más ensayos con tratamientos con agua a diferentes temperaturas y tiempos de exposición de las semillas. Igualmente, es necesario conocer los fines y las condiciones en que se van a plantar las semillas (Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977).

Cuadro 3. Tratamientos de escarificación aplicados a las semillas de guanacaste.

Tratamientos	% Germinación	Días para obtener Germinación máxima	Referencia Bibliográfica
Escarificación mecánica	100	3	78
H_2SO_4 50 % 1 hora	26	9	78
50 minutos inmersión en H_2SO_4 conc.	87		71
Ebullición un minuto	72	16	78
Ebullición dos minutos	8	6	45
Inmersión en H_2O hirviendo y enfriamiento y reposo por 24 horas	83		71
Inmersión en H_2O hirviendo por una hora	72		44
24 horas inmersión en H_2O a temperatura ambiente	11.6	60	71
TEstigo	3-9	0-30-60-90	71 52 68 78 44

III MATERIALES Y METODOS

1. Mediciones de germinación

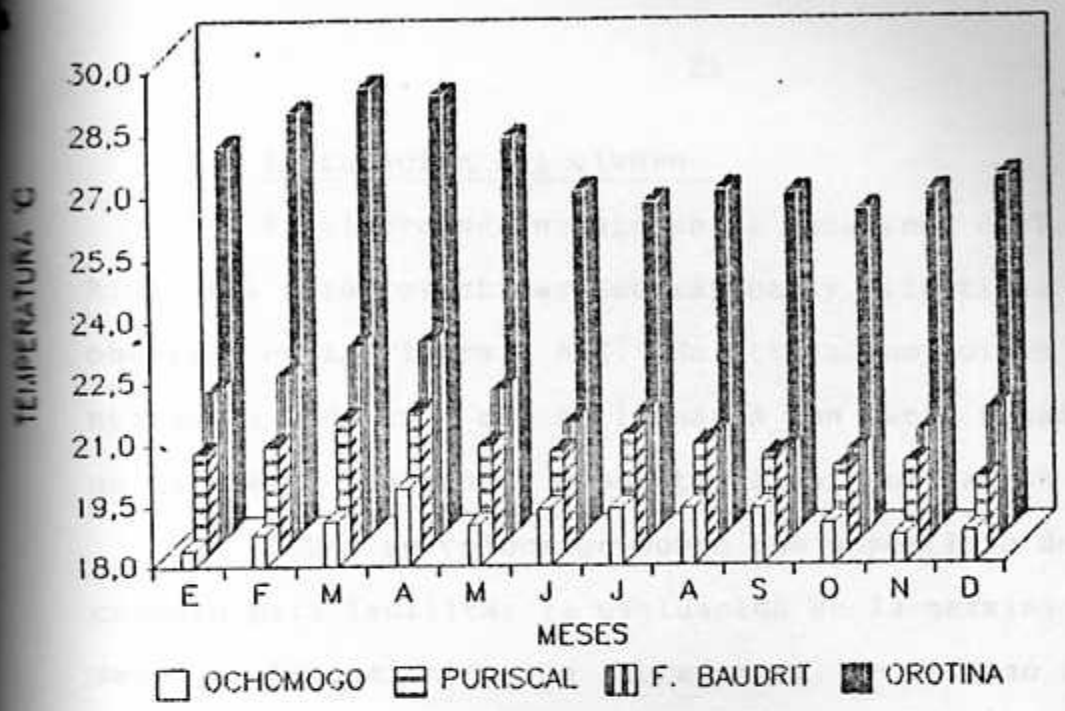
1.1 Recolección de semillas

Las semillas se tomaron de árboles localizados en cuatro localidades diferentes, cuyas condiciones climáticas y localización geográfica se resumen en la Figura 1.A-C.

Para garantizar que las semillas fueran todas de la misma cosecha y estuvieran protegidas de la escarificación, se recogieron frutos enteros en la base de los cuatro árboles en la última semana de abril 1980.

Las semillas se pusieron en sacos de gangoche y fueron llevados a la localidad de Tres Ríos, donde se extendieron sobre cajas de cedazo en un galerón aireado para evitar la pudrición.

Las semillas se sacaron de los frutos en forma manual, empleando tijeras para cortar el fruto sin dañar la semilla. Después se extendieron en cajas de cedazo en el galerón para protegerlas de los rayos directos del sol, permitiendo el paso de la luz por los costados. En la Figura 2 se pueden observar algunas características externas de las semillas según su procedencia, especialmente las diferencias en color y tamaño.



B

Localidad	Zona de vida	Altura (msnm)
1. C. Colón	bh-P	700
2. Garita	bh-P	840
3. Higuito	bh-T	450
4. J.María	bh-T	430
5. Tres Ríos	bmh-P	1345
6. Tabarcia	bmh-P	800

C

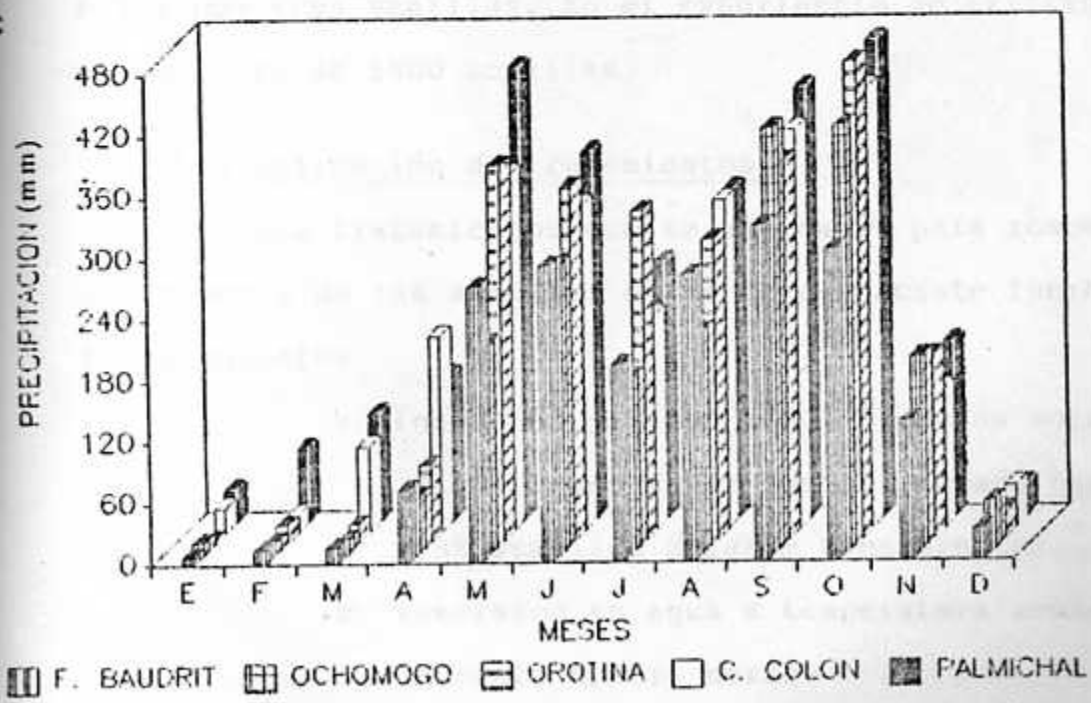


Fig. 1: Características ambientales. A. Temperatura media anual. B. Zonas de vida y localización geográfica de los sitios de procedencia de las semillas (bh-P) Bosque Húmedo Premontano (1,2); (bh-T) Bosque Húmedo Tropical (3,4); (bmh-P) Bosque Muy Húmedo Premontano del vivero y la plantación (5,6). C. Precipitación anual. (Tosi y Holdridge, 1969). Datos Instituto Metereológico Nacional.

1.2 Instalación del vivero

El vivero se instaló en la localidad de Tres Ríos, las características geográficas y climáticas se observan en la Figura 1.A-C. Se utilizaron bolsas negras de 1000 cm^3, que se llenaron con suelo tomado de un cafetal , tamizado y expuesto al sol por varios días.

Estas se colocaron sobre una superficie de cemento para facilitar la evaluación de la germinación según el tratamiento y la procedencia. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en un arreglo de parcelas subdivididas. El diseño consta de cinco bloques con cuatro procedencias y seis tratamientos para cada una de ellas con cinco repeticiones (Figura 3). Cada repetición consta de una bolsa con tres semillas. En el experimento se utilizó una muestra de 1800 semillas.

1.3 Aplicación de tratamientos

Los tratamientos que se aplicaron para romper la latencia de las semillas duras de guanacaste fueron los siguientes:

a. Inmersión en agua a 80° C, en un volumen cinco veces mayor que el ocupado por las semillas durante tres minutos.
b. Inmersión en agua a temperatura ambiente durante cuatro horas.

Fig. 2: Características externas de las semillas de guanacaste provenientes de cuatro árboles situados en el bh-T: Higuito y Jesús María y en el bh-P: Villa Colón y Garita.

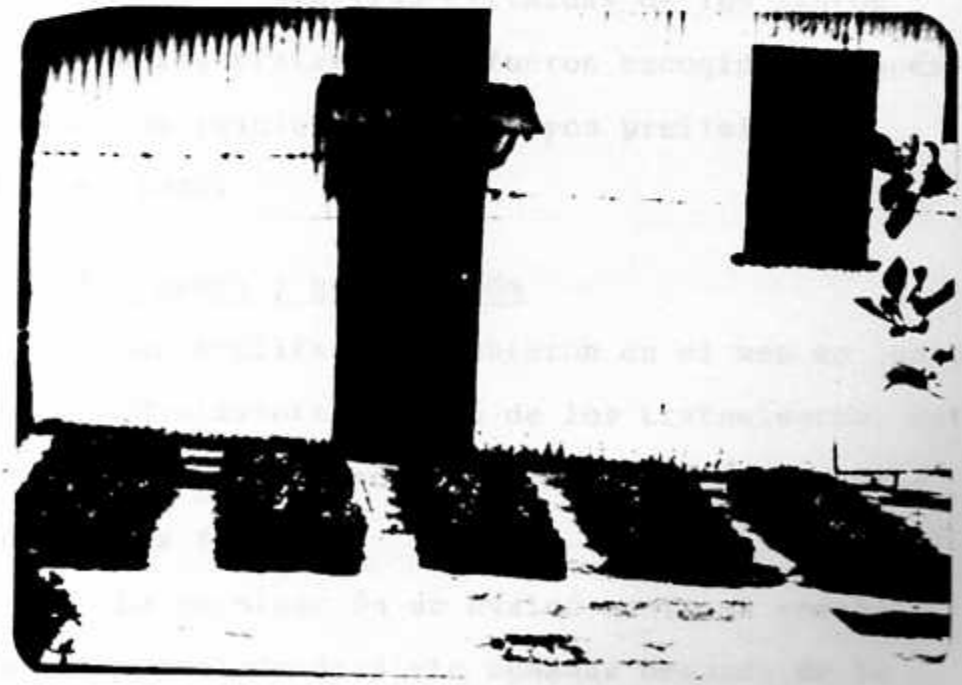


Fig. 3: Vista general del vivero donde se observa la disposición las bolsas y la germinación escalonada.

c. Escarificación mecánica en un rotador de lija. Las semillas se hicieron girar durante un minuto y medio, hasta que apareció un tono mate, teniendo cuidado de no exponer las partes internas de las semillas.

d. Escarificación mecánica con lija durante un minuto y medio y luego inmersión en agua a 80°C durante tres minutos.

e. Exposición de las semillas en seco a 37°C durante cuatro horas en un horno corriente.

f. Testigo tomado directamente de las semillas extraídas de los frutos.

Estos tratamientos fueron escogidos después de analizar los resultados de ensayos preliminares (Bertsch, 1980).

1.4 Siembra y germinación

Las semillas se sembraron en el mes de junio de 1980, inmediatamente después de los tratamientos. Estos fueron realizados un mes y medio después de haberse recogido los frutos.

La germinación se evaluó en forma semanal durante un período de siete semanas después de la siembra.

Se consideró la germinación de una semilla a partir del momento en que los cotiledones emergieron del suelo (Figura 4).

Fig. 4: Germinación de una semilla de guanacaste en condiciones naturales. Se observa el resquebrajamiento de la cubierta seminal y el gran tamaño de los cotiledones.

Las plantas germinadas y las semillas aún latentes permanecieron en el vivero. Al cabo de ocho meses se volvió a evaluar la germinación total por tratamiento y por procedencia.

1.5 Análisis de datos

Para establecer las diferencias entre tratamientos y procedencias se realizaron las pruebas de Duncan, de la diferencia mínima significativa (dms) y la de comparaciones simples.

2. Mediciones de las plántulas

2.1 Altura de las plántulas

La altura en centímetros de las plántulas fue medida desde la base y a partir de la segunda semana después de la siembra. La evaluación se hizo cada siete días durante seis semanas. Se sumó la altura de todas las plántulas germinadas por repetición y se obtuvo un promedio.

2.2 Cantidad de hojas.

Se contó el número de hojas formada al cabo de seis semanas, con el fin de determinar el efecto de los tratamientos aplicados a las semillas sobre el desarrollo posterior de las plantas y establecer si hay correlación entre el número de las hojas y la altura .

3. Mediciones en árbóles de cinco años

3.1 Descripción de la plantación

Después de un año de sembradas las semillas, en 1981, una muestra de estas plántulas fue transplantada al campo, en una parcela ubi cada en Tabarcia de Mora, plantación que se encuentra igual que el vivero en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P).

La disposición geográfica de Tabarcia favorece la presencia de especies forestales que provienen del Sur y se mezclan con especies que se encuentran en la zona de Turrialba y otras en el Pacífico Norte.

El terreno tiene pendiente regular y estuvo sembrado de caña. Actualmente está cubierto de vegetación de crecimiento secundario, rodeado de plantaciones de café donde crecen como sombra numerosos árboles maderable. El árbol de guanacaste no es muy abundante en la región y los que se encuentran no son muy representativos.

Los árboles se sembraron en hileras de acuerdo a la procedencia de las semillas, 12 de La Garita, 13 de Ciudad Colón, 8 de Jesús María y uno de Higuito, con el fin de comparar el grado de adaptación de la especie fuera de su ámbito natural de distribución.

Se plantaron a una distancia de 3 m x 3,5 m y se deshierbaron con cierta frecuencia, de tal manera que se mantuviera la vegetación secundaria. También se podaron periódicamente , dejando siempre la rama más recta, para acelerar el crecimiento en altura y grosor y favorecer la formación de un tronco único, (Figura 5).

3.2 Altura y DAP de los árboles

Después de cuatro años de haberse trasplantado los árboles (en agosto de 1985), se midió la altura (en metros) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,3m del suelo (Figura 5).

Fig. 5. Vista parcial de la plantación de árboles de guanacaste, localizada en Tabarcia de Mora. Se observa la disposición de los árboles y el tamaño alcanzado al cabo de cuatro años.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

1. Germinación de semillas

1.1 Análisis por tratamientos

Con el fin de determinar el efecto de los distintos tratamientos aplicados sobre el porcentaje de germinación, se realizó un análisis de varianza (Cuadro 7A), que mostró diferencias altamente significativas según el tratamiento y dentro de una misma procedencia.

La Figura 6 muestra el porcentaje total de germinación según el tratamiento. Los mayores porcentajes fueron obtenidos al utilizar el tratamiento con lija y con agua a 80° C por tres minutos.

El tratamiento que permitió una mayor germinación en semillas procedentes de Ciudad Colón (55%), Jesús María (30%) e Higuito (9%) fue el de escarificación con lija y agua a 80° C, mientras que en la Garita el tratamiento más eficaz fue el de inmersión en agua a 80° C por tres minutos, (Cuadros 1A y 7A). Los porcentajes promedio totales no son estadísticamente diferentes entre ambos tratamientos, pero sí presentan diferencias significativas con respecto al testigo.

Los otros tratamientos presentaron porcentajes de germinación menores, aunque generalmente superiores a los obtenidos por el testigo. Los tratamientos a 37° C con y sin agua no son significativamente diferentes al

testigo (Cuadro 1A). Esto hace suponer que estos tratamientos se asemejan a las condiciones naturales. La utilización de agua caliente es una condición necesaria para aumentar la germinación, lo cual se comprueba al comparar el porcentaje de germinación en las semillas tratadas con solo lija y aquellas tratadas con lija y agua caliente.

La germinación del testigo (1-5%) concuerda con los resultados obtenidos en condiciones naturales por Vázquez-Yanes y Pérez-García (1977) y Janzen (1982a) (Cuadro 3).

A pesar de que el uso de lija favorece la germinación, el efecto es mucho mayor cuando la semilla previamente lijada se sumerge en agua caliente, aumentando considerablemente la germinación. El uso de la lija reduce la resistencia mecánica de la cubierta y el agua caliente presiona la barrera física de las macroesclereidas, causando una expansión diferencial de modo que los espacios intercelulares quedan conectados. De esta manera, el agua puede penetrar y lavar los inhibidores que se encuentran en la cubierta y estimular las reacciones de germinación (Hyde, 1954; Kramer y Kozlowski, 1979; Leopold y Kriedemann, 1975). Al ocurrir la hidratación de los cotiledones estos aumentan de tamaño y ejercen presión adicional sobre todo en la

región lateral de la cubierta permitiendo la salida de la radícula (Vázquez-Yanes y Pérez-García, 1977).

La comparación de estos resultados con los de otros autores (Cuadro 3) muestra que el uso de agua caliente permite obtener porcentajes de germinación elevados. Sin embargo los valores máximos entre 30 y 70% alcanzados con los tratamientos con lija y agua caliente, a pesar de que aumentan y homogenizan la germinación, no son tan altos como para asegurar que la temperatura y el agua sean los únicos agentes estimuladores de la germinación y por lo tanto cabe suponer que no es solo la cubierta seminal la que impone la latencia a las semillas de guanacaste. En el testigo, que se puede considerar como el comportamiento bajo condiciones naturales, se observa el mismo resultado.

1.2 Análisis por procedencia

Como se observa en la Figura 7, el lote de semillas que alcanzó el porcentaje más alto de germinación y estadísticamente diferente a los demás es el de la Garita. El porcentaje de germinación obtenido con las procedentes de Jesús María es estadísticamente similar al de Ciudad Colón según la prueba de Duncan, pero ambos son significativamente diferentes al porcentaje de germinación obtenido con semilla procedente de Higuito que alcanzó los valores menores.

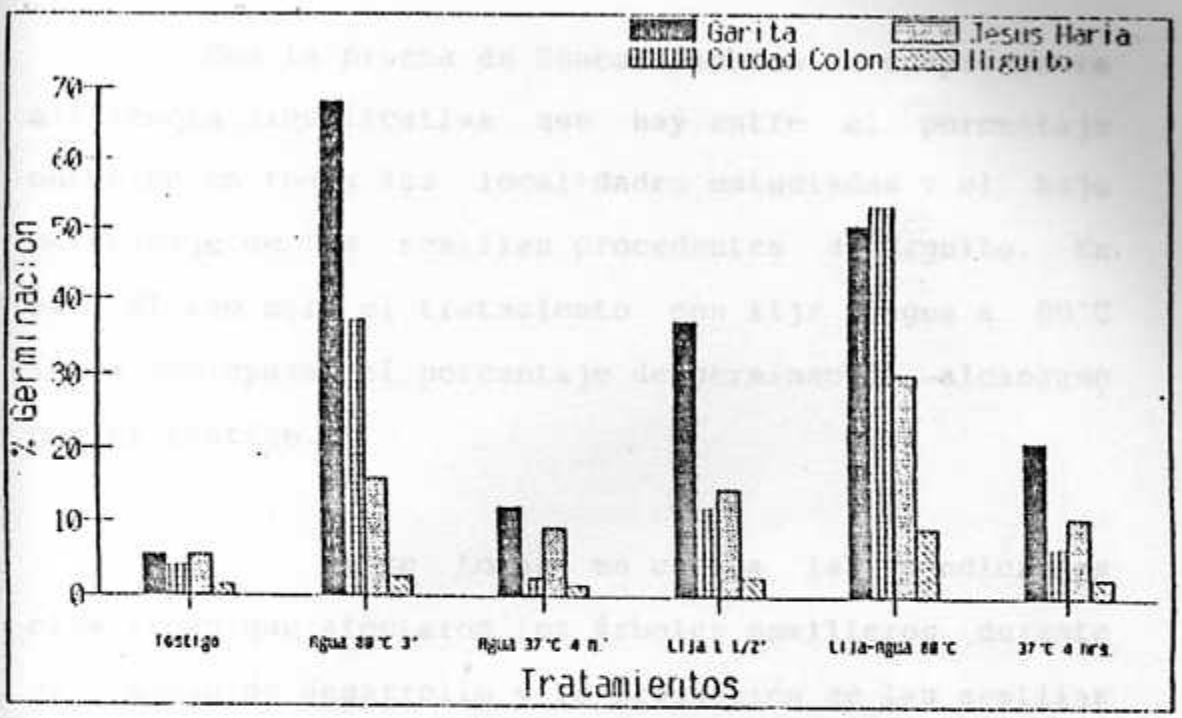


Fig. 6: Porcentaje total de germinación obtenido según los seis tratamientos aplicados a semillas de cuatro procedencias, después de siete semanas de plantadas.

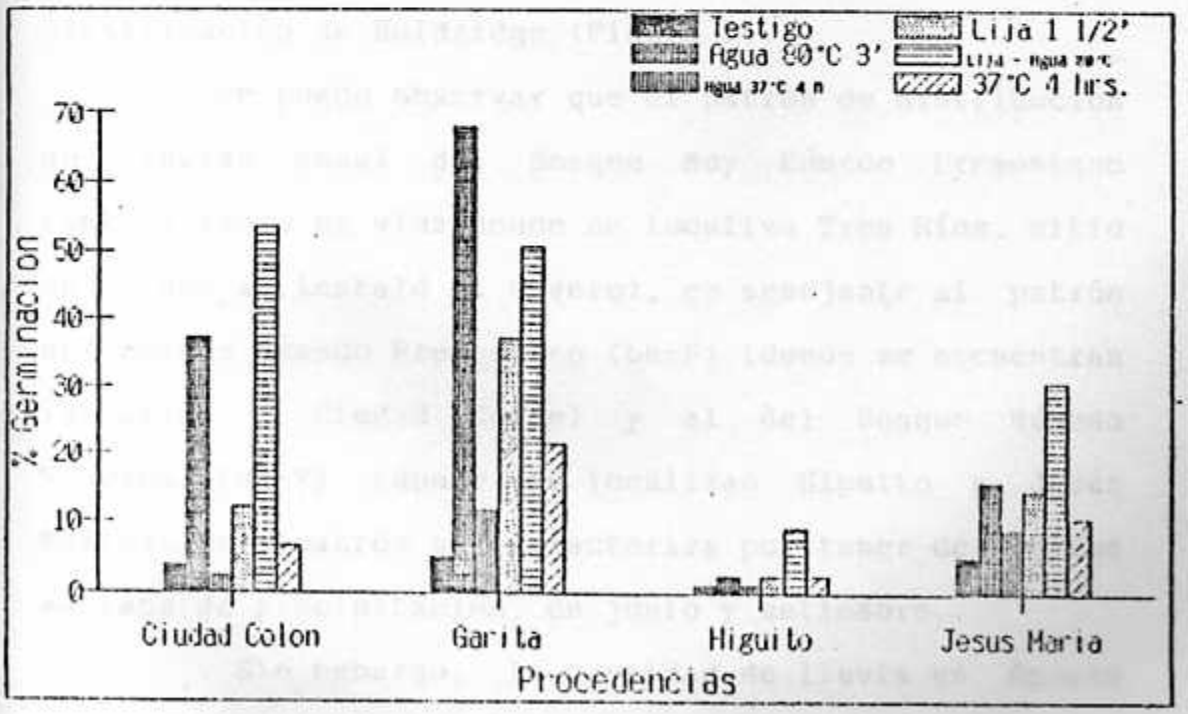


Fig. 7: Porcentaje total de germinación obtenido en semillas según las cuatro procedencias, sometidas a seis tratamientos, después de siete semanas de plantadas.

Con la prueba de Duncan también se comprueba la diferencia significativa que hay entre el porcentaje obtenido en todas las localidades estudiadas y el bajo porcentaje de las semillas procedentes de Higuito. En este último sólo el tratamiento con lija y agua a 80°C logra sobrepasar el porcentaje de germinación alcanzado por el testigo.

Si se toman en cuenta las condiciones climáticas que afectaron los árboles semilleros durante el proceso de desarrollo y la producción de las semillas recolectadas, es posible clasificar los sitios de procedencia en dos zonas de vida diferentes, según la clasificación de Holdridge (Figura 1).

Se puede observar que el patrón de distribución de lluvias anual del Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P) (zona de vida donde se localiza Tres Ríos, sitio en el que se instaló el vivero), es semejante al patrón del Bosque Húmedo Premontano (bh-P) (donde se encuentran la Garita y Ciudad Colón) y al del Bosque Húmedo Tropical (bh-T) (donde se localizan Higuito y Jesús María). Este patrón se caracteriza por tener dos picos máximos de precipitación, en junio y setiembre .

Sin embargo, la cantidad de lluvia en épocas dadas difiere según la zona de vida. En las dos primeras el período seco es muy largo y las lluvias se

inician progresivamente. En la tercera la lluvia cae en grandes cantidades después de la época seca.

También se puede observar que entre los diferentes sitios la temperatura va a depender de la altura sobre el nivel del mar por lo que es posible encontrar variaciones de hasta 7°C en la temperatura media.

Al observar los totales de germinación en la Figura 8 y en base al análisis estadístico de comparaciones simples, se comprueba que hay diferencias significativas entre la germinación de las semillas procedente de las dos zonas de vida, siendo el más alto el presentado por el Bosque Húmedo Premontano (bh-P). Aunque hay diferencias entre los lugares dentro de una misma zona (Cuadro 1A), es posible establecer un comportamiento de germinación característica por zona de vida.

Si se considera la influencia estimuladora del agua utilizada como tratamiento y el régimen de lluvias de cada una de las procedencias como reguladores de la latencia se observa que, aunque todas las semillas fueron recogidas en la misma época, es posible que las recolectadas en el Bosque Húmedo Premontano (bh-P) hayan desarrollado una latencia menos conspicua que las que provienen del Bosque Húmedo Tropical (bh-T), por ser la primera una zona con un período seco menos marcado.

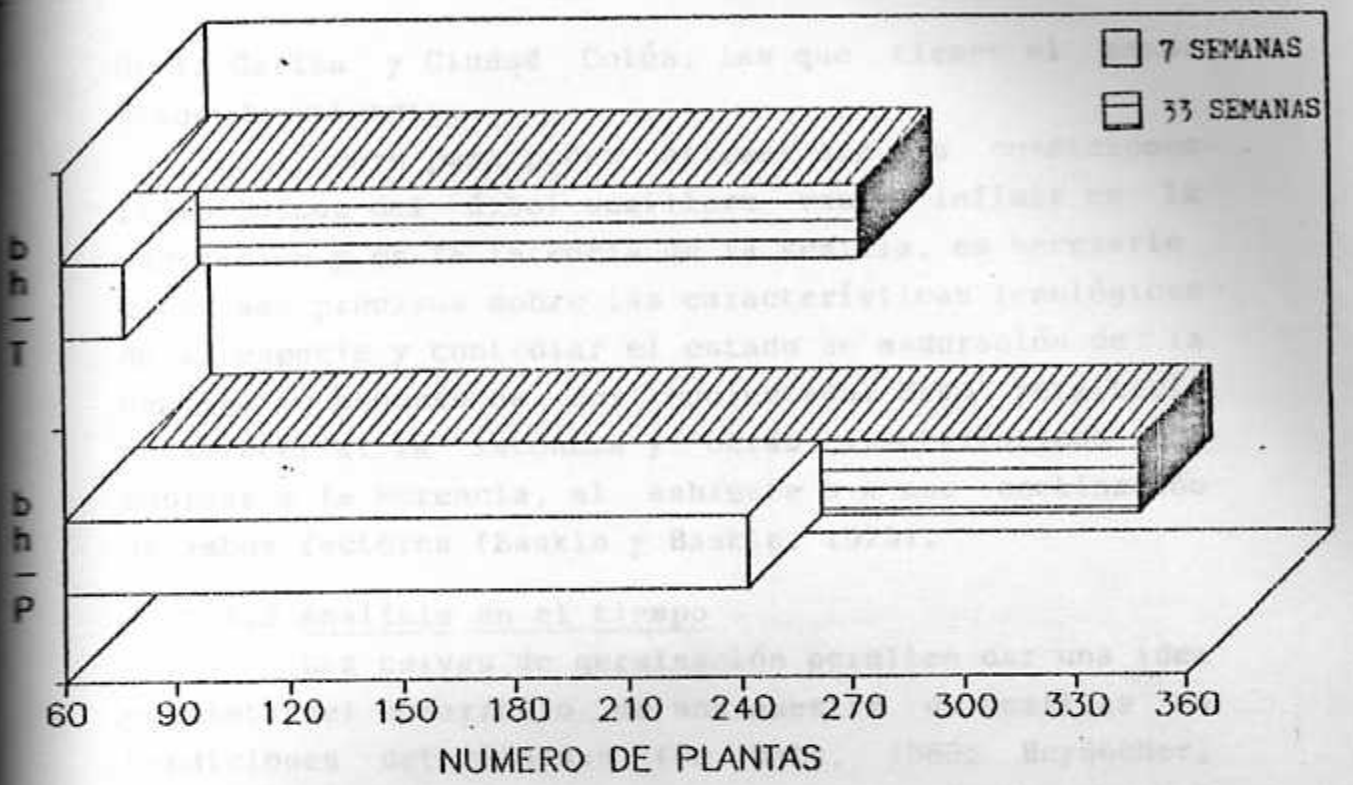


Fig. 8: Germinación total alcanzada por semillas según la zona de vida (bh-T) Bosque Húmedo Tropical, (bh-P) Bosque húmedo Premontano, después de siete y treinta y tres semanas de plantadas.

En síntesis, las condiciones climáticas que se dieron durante la formación de las semillas en el árbol son las que juegan un papel determinante en el patrón de germinación de las semillas.

Como se observa en la Figura 2 las semillas de cada uno de los sitios presentan una coloración y un tamaño que pueden ser indicadores del estado fisiológico y del grado de impermeabilidad de la cubierta en el momento de la recolección. Con base en la afirmación de Côme (1982), y observando la germinación total de los lotes de semillas en la Figura 7 se puede decir que el color café oscuro que presentan las semillas de Higuito y Jesús María, indica que son las más impermeables al agua y las café amarillentas y más grandes, provenientes

de la Garita y Ciudad Colón, las que tienen el menor grado de latencia.

Pero para poder afirmar que las condiciones fisiológicas del árbol semillero van a influir en la maduración y en la latencia de la semilla, es necesario datos más precisos sobre las características fenológicas de la especie y controlar el estado de maduración de la semilla al momento de ser recolectada. Esto permitiría establecer si la latencia y otras características son debidas a la herencia, al ambiente o a una combinación de ambos factores (Baskin y Baskin, 1973).

1.3 Analísis en el tiempo

Las curvas de germinación permiten dar una idea completa del desarrollo de una muestra de semillas en condiciones determinadas (De Batz, 1963; Heydecker, 1966; Janssen, 1973; Côme, 1982). Pero como lo expresa Côme (1982) la investigación de la influencia directa de los diversos factores exige a menudo la realización de muchos ensayos y la elaboración de numerosas curvas.

Como puede observarse en la Figura 9, en general la germinación se inicia a partir de la segunda semana de plantadas las semillas. Independientemente del tratamiento y la procedencia, la capacidad máxima de germinación ocurre al cabo de tres semanas. Después de esta semana, no ocurren incrementos apreciables en la germinación hasta la sexta semana, a partir de la cual se reinicia en algunos casos.

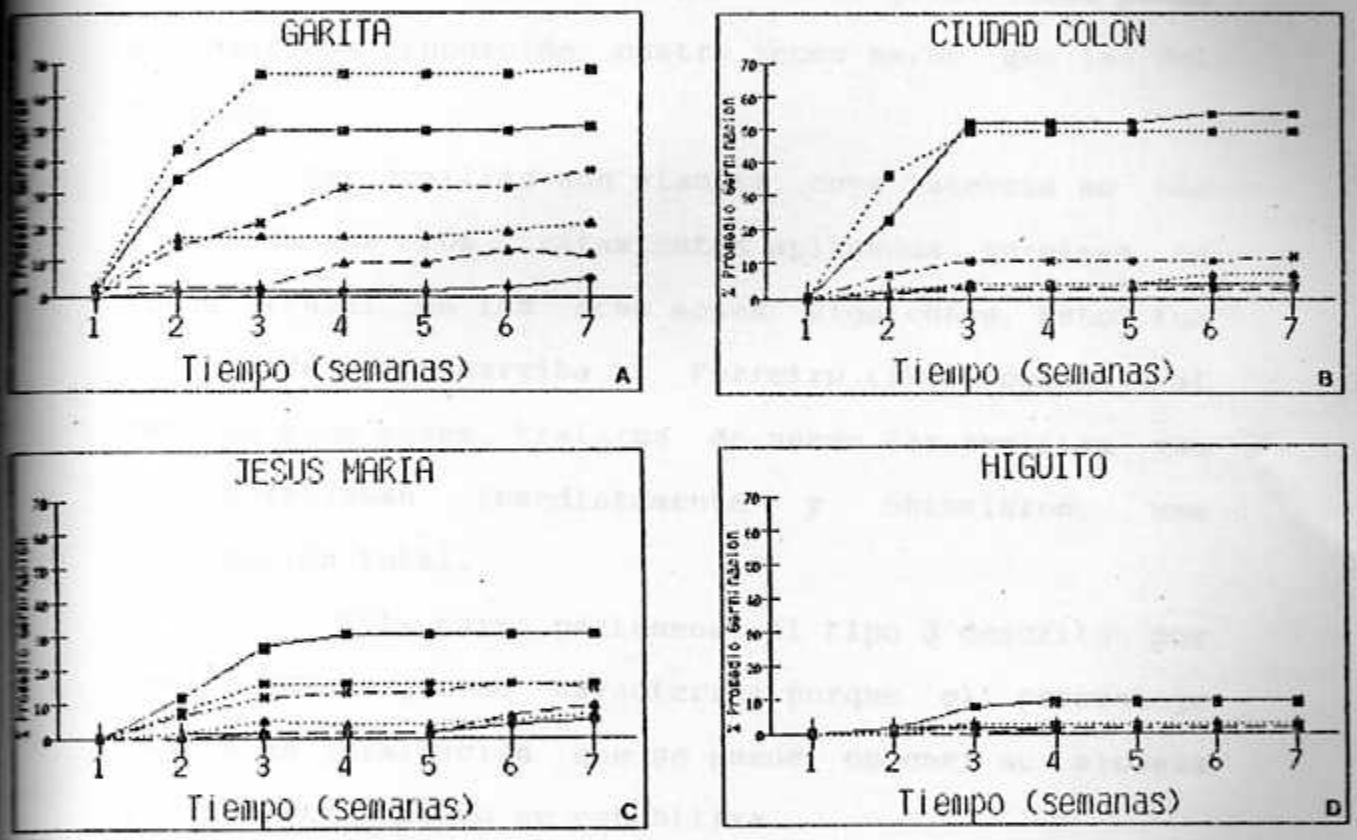


Fig .9: Porcentaje promedio acumulado de germinación, tiempo necesario para obtener máxima germinación y el periodo en el que germinan las semillas según el tratamiento y la procedencia.

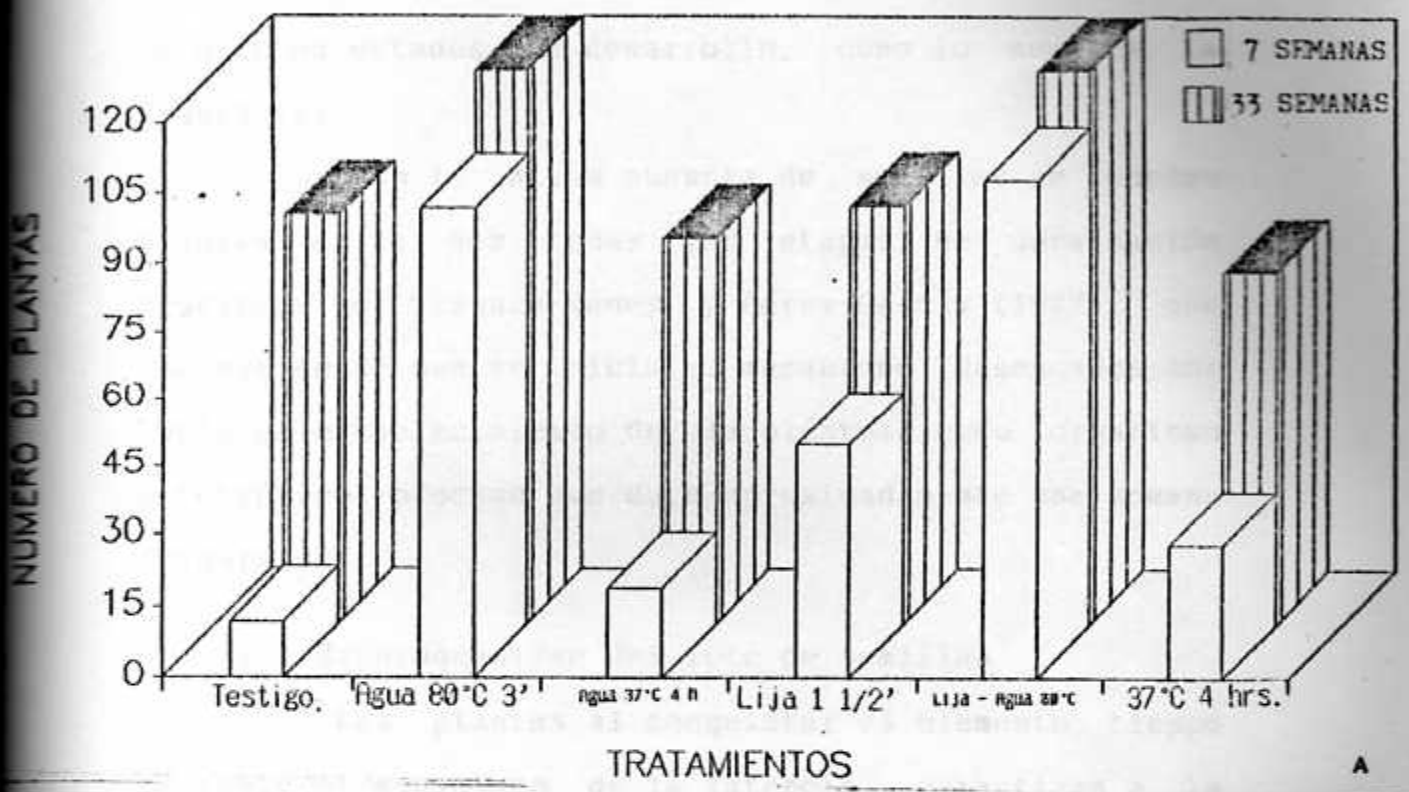
En la Figura 10A y B, cualquiera que sea el tratamiento aplicado o la procedencia, su efecto es el de incrementar el número de semillas germinadas en un lapso de tres semanas. Este aumento de germinación puede alcanzar una proporción cuatro veces mayor que la del testigo.

Las semillas aun viables, cuya latencia no fue eliminada por los tratamientos aplicados germinan en forma gradual en los ocho meses siguientes. Esto fue demostrado por Somarriba y Ferreiro (1984) cuando, al cabo de tres meses, trataron de nuevo las semillas que no germinaban inmediatamente y obtuvieron una germinación total.

Esta curva pertenece al tipo 3 descrito por Come (1982), que se caracteriza porque el porcentaje máximo de germinación que se puede obtener se alcanza rápidamente y luego se estabiliza.

La muestra de semillas puede entonces, según Côme (1982), separarse en dos grupos, las que germinan y las que no lo hacen. Estas últimas se encuentran muertas o continuan en estado latente y su germinación puede ocurrir paulatinamente después de períodos largos como lo hacen las semillas de guanacaste.

Como consecuencia de este comportamiento en la germinación, plántulas provenientes de semillas de un mismo sitio y plantadas al mismo tiempo, presentan



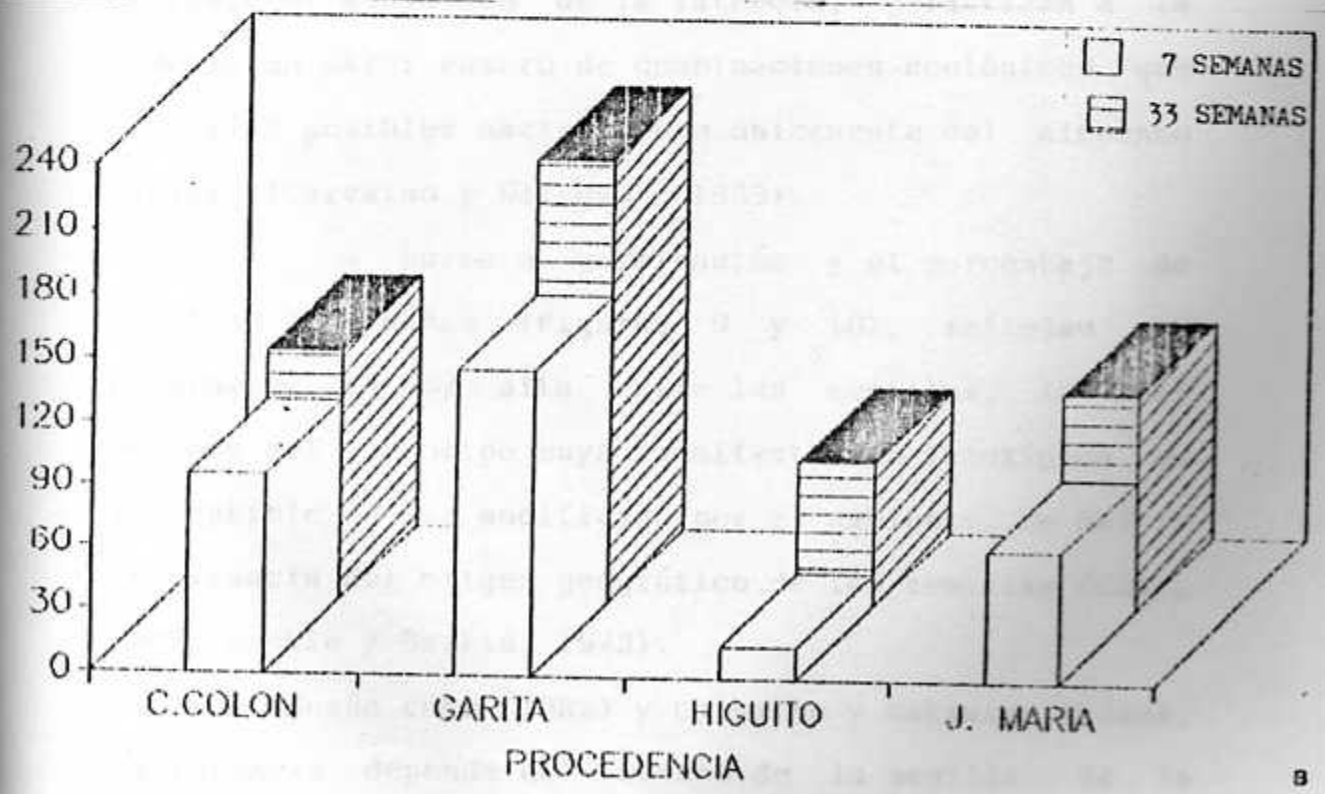


Fig.10: Cantidad total de semillas germinadas según: A. Los tratamientos aplicados B. La procedencia después de siete y treinta y tres semanas de plantadas.

diferentes estados de desarrollo, como lo muestra la Figura 11.

En la misma muestra de semillas se pueden observar a la vez todas las etapas de germinación descritas por Vázquez-Yanes y Pérez-García (1977), que incluye desde que se inicia el mecanismo desencadenador hasta el establecimiento de la plántula como organismo autotrófico, proceso que dura aproximadamente una semana (Figura 12).

1.4 Heterogeneidad del lote de semillas

Las plantas al conquistar el elemento tiempo mediante el mecanismo de la latencia, garantizan a la especie un mayor número de combinaciones ecológicas que no serían posibles haciendo uso únicamente del elemento espacio (Carvalho y Nakagawa, 1983).

La curva de germinación y el porcentaje de semillas germinadas (Figuras 9 y 10), reflejan una heterogeneidad muy alta entre las semillas, la cual depende del genotipo cuya manifestación fenotípica es susceptible de ser modificada por el ambiente. De ahí la importancia del origen geográfico de las semillas (Côme, 1982; Baskin y Baskin, 1973).

Según Côme (1982) y Carvalho y Nakawaga (1983), la latencia depende del tamaño de la semilla, de la posición en la planta y en el fruto, de la madurez de la planta y del momento en que se producen las semillas.

Fig.11: Plántulas de guanacaste obtenidas de semillas procedentes del mismo lugar y sometidas al mismo tratamiento presentan diferentes estados de crecimiento.

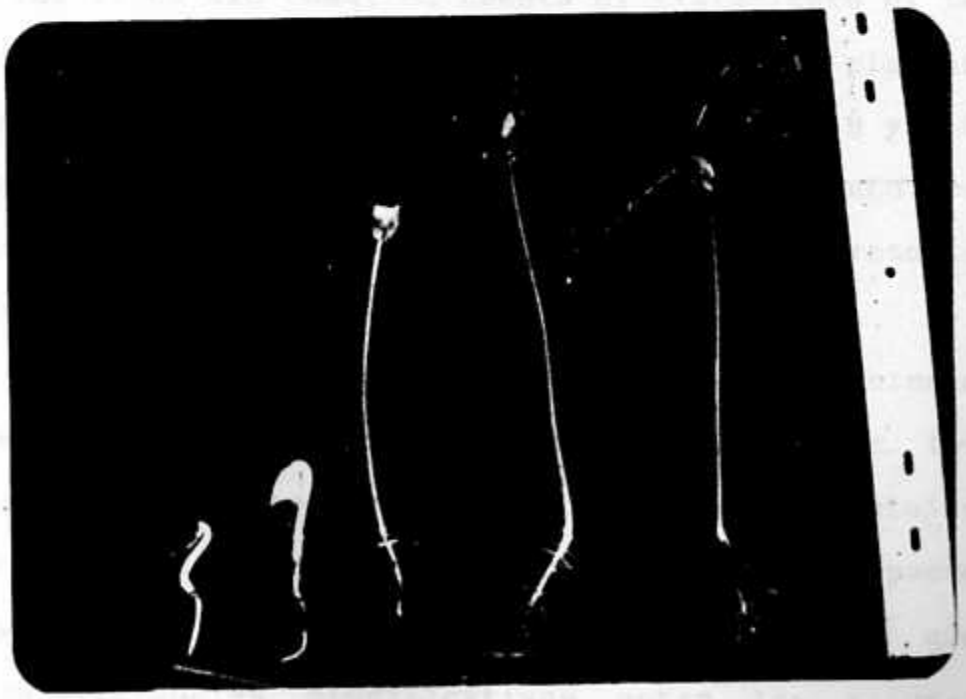


Fig.12: Secuencia de la germinación de las semillas de guanacaste desde que se inicia el mecanismo desencadenador hasta la implantación de la plántula como individuo independiente.

Otra fuente de variabilidad pueden ser las condiciones en que son puestas a germinar las semillas, las cuales pueden ser reguladas y utilizadas como un método para evidenciar la heterogeneidad en un lote o entre varios lotes de semillas. Entre menos favorables sean estas condiciones, el lote de semillas será más heterogéneo.

2. Crecimento de las plántulas en el vivero

2.1 Altura de las plántulas

En la Figura 13A,B,C y D se muestra la altura alcanzada por las plántulas a partir de la segunda semana de plantadas, que en promedio va desde los 5 cm hasta los 11 cm sin tomar en cuenta el tratamiento ni la procedencia. Después de seis semanas las plantas alcanzaron una altura promedio comprendida entre 9 y 18 cm. Como se puede apreciar,la curva de crecimiento es constante después de un rápido aumento que se presenta en las dos primeras semanas.

La Figura 13 muestra que el comportamiento general de crecimiento en altura es semejante entre los distintos tratamientos, sobre todo para las plántulas provenientes de Ciudad Colón. Sin embargo se puede observar en las Figuras 14 y 15 y en el Cuadro 9A que existen diferencias significativas entre las alturas promedio que alcanzan las plantas según el tratamiento y la procedencia.

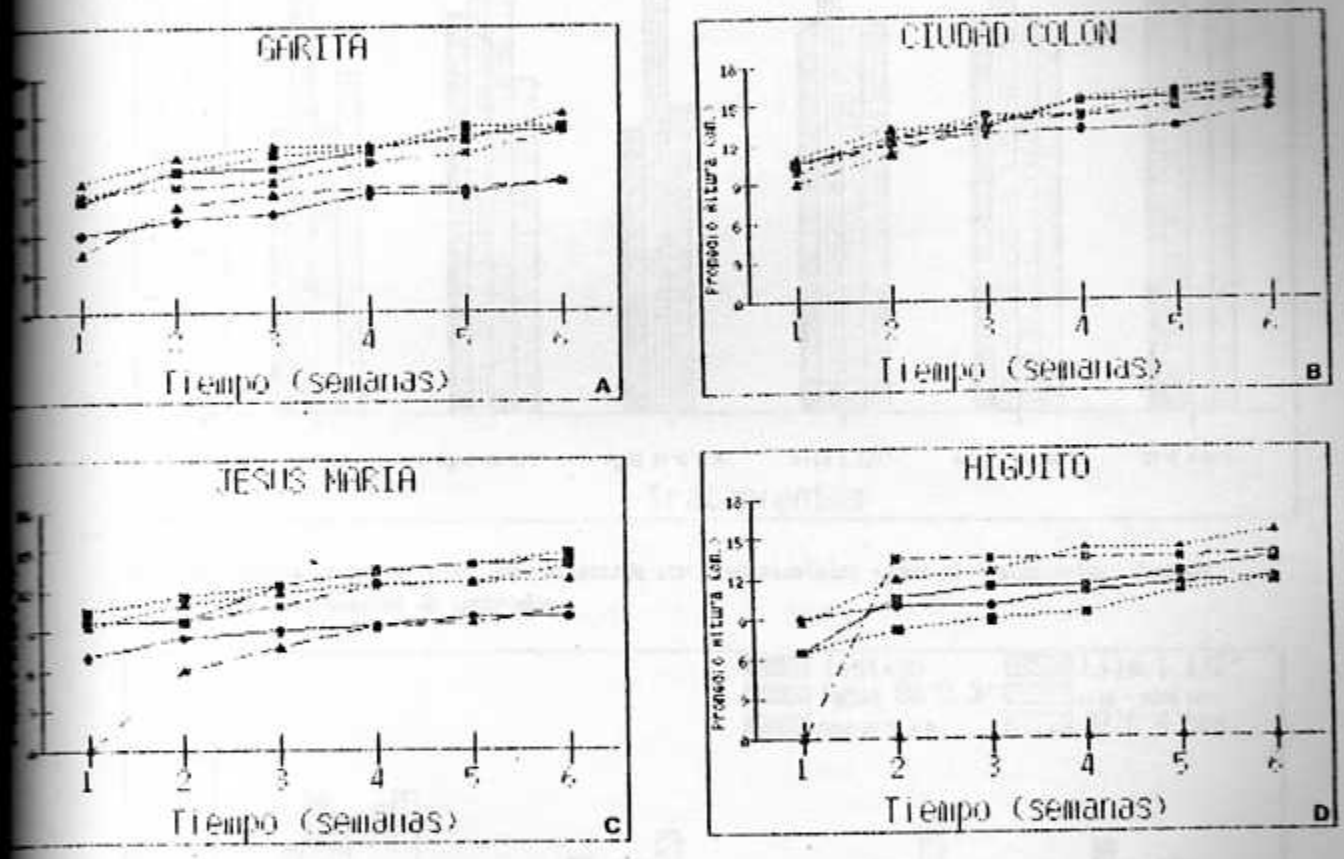


Fig.13: Crecimiento promedio total alcanzado durante sies semana por plántulas germinadas de semillas procedentes de cuatro localidades y sometidas a sies tratamientos.

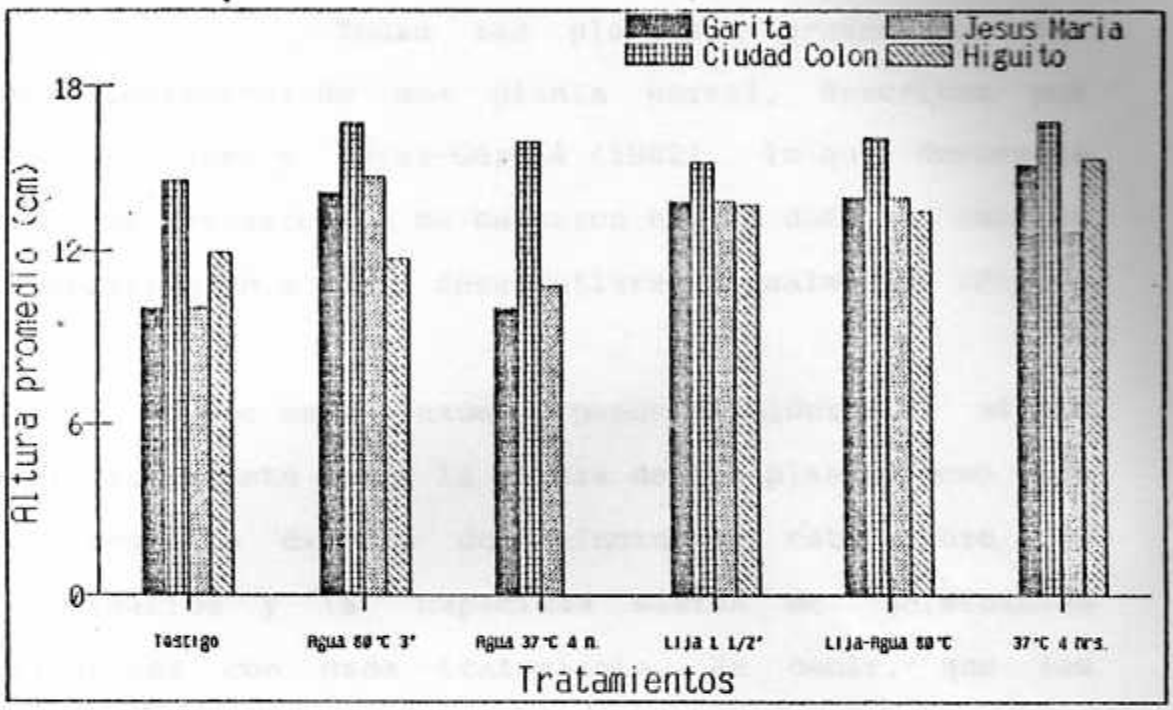


Fig.14: Altura promedio total (cm) alcanzada por las plántulas según el tratamiento, después de seis semanas de sembradas.

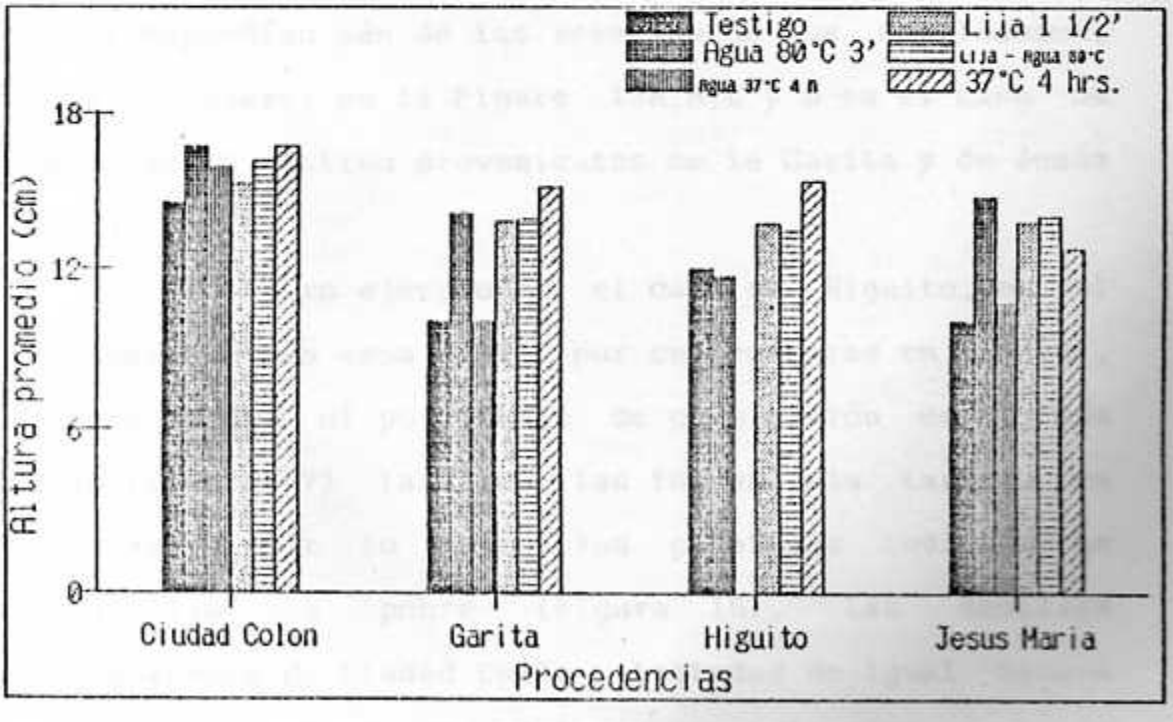


Fig.15: Altura promedio total (cm) alcanzada por las plántulas según la procedencia, después de seis semanas de sembradas.

Todas las plántulas presentaron las características de una planta normal, descritas por Vázquez-Yanes y Pérez-García (1982), lo que demuestra que los tratamientos no causaron ningún daño al embrión y permitieron a éste desarrollarse normalmente (Figura 12).

Por esta razón se puede considerar el efecto del tratamiento sobre la altura de las plantas como una consecuencia directa del efecto de éste sobre la germinación y la capacidad máxima de germinación alcanzada con cada tratamiento. Es decir, que las plantas que germinaron más rápido tuvieron una altura superior que las que empezaron a desarrollarse más tarde y que dependían aún de las reservas de los cotiledones, como se observa en la Figura 13A,B,C y D en el caso de las plantas testigo provenientes de la Garita y de Jesús María.

Otro ejemplo es el caso de Higuito, en el tratamiento con agua a 37°C por cuatro horas en el cual, además de que el porcentaje de germinación es el más bajo (Figura 7) las semillas fueron más tardías en germinar y por lo tanto las plántulas tuvieron un desarrollo más pobre (Figura 15). Las semillas provenientes de Ciudad Colón tratadas de igual manera tampoco alcanzaron el máximo de germinación como lo muestra la Figura 9. Sin embargo la germinación más

temprana (segunda semana) les permitió alcanzar rápidamente la altura máxima.

En las Figuras 14 y 15, se puede observar que las plántulas que provienen de Ciudad Colón alcanzan el mayor crecimiento en todos los tratamientos mientras que las provenientes de Higuito el menor desarrollo. En todos los casos la menor altura de plántula se obtuvo cuando las semillas se trataron con y sin agua a 37° C.

En síntesis, la altura de las plantas la determina ante todo la velocidad y la capacidad máxima de germinaciión que se haya logrado con cada tratamiento.

2.2 Cantidad de hojas

Las Figuras 16 y 17 muestran que plantas que presentaron una germinación temprana tenían tres o cuatro hojas después de seis semanas, mientras que las que tuvieron una germinación tardía tenían una o dos hojas únicamente.

Una planta con más de tres hojas tiene una superficie fotosintética que le garantiza la sobrevivencia bajo condiciones de vivero.

Así, al acelerar y homogenizar la germinación el vivero dispondrá en menos tiempo de una mayor cantidad de plantas que no requieren de muchos cuidados.

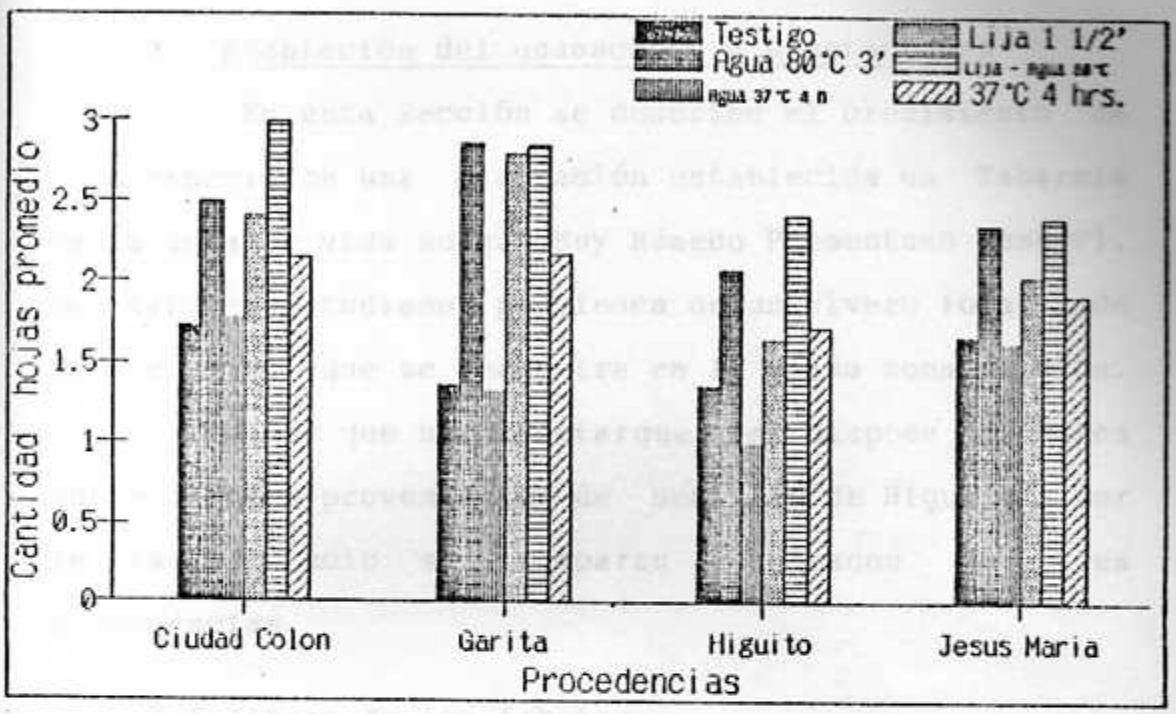


Fig.16: Cantidad de hojas promedio que presentan las plántulas según la procedencia, después de cuatro semanas de plantadas.

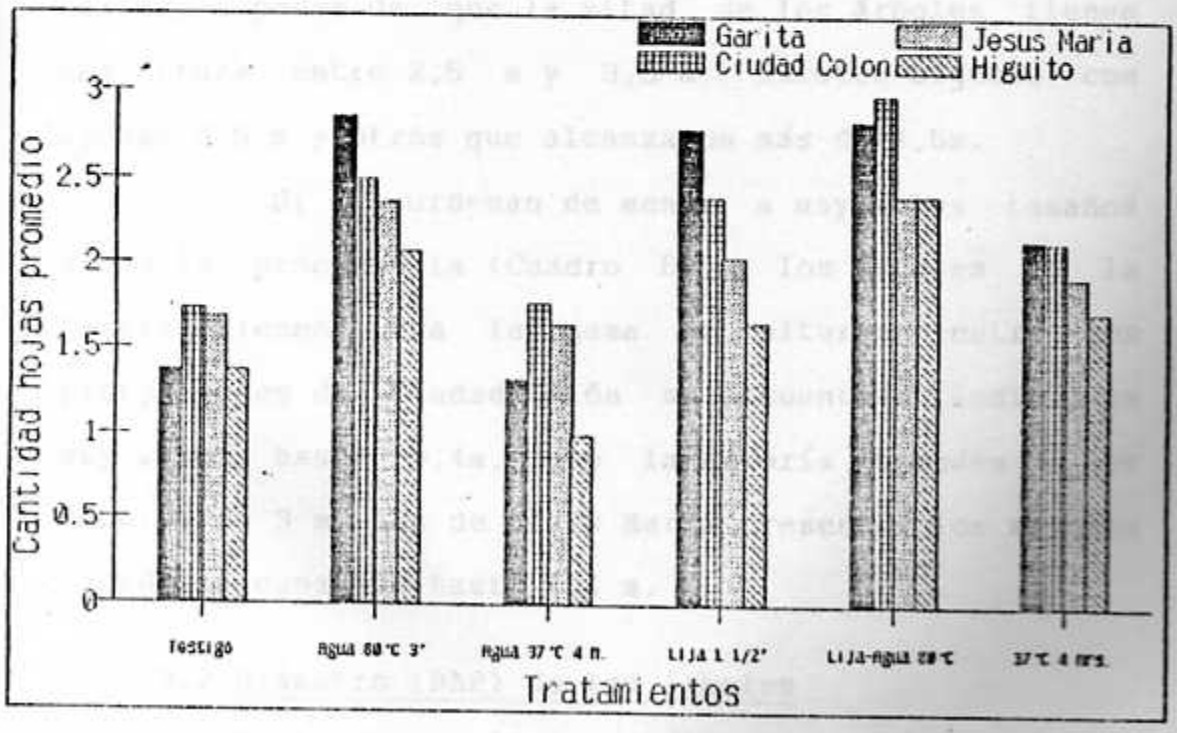


Fig.17: Cantidad de hojas promedio de las plántulas según el tratamiento, después de cuatro semanas de plantadas.

3. Adaptación del guanacaste a plantaciones

En esta sección se describe el crecimiento de esta especie en una plantación establecida en Tabarcia en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P). Los árboles estudiados provienen de un vivero localizado en Tres Ríos, que se encuentra en la misma zona de vida.

Hay que hacer notarque no se dispone de datos sobre árboles provenientes de semillas de Higuito. Por lo tanto, sólo se comparan resultados de tres procedencias.

3.1 Altura de los árboles

En la Figura 18, que toma en cuenta las alturas reales, a pesar de que la mitad de los árboles tienen una altura entre 2,5 m y 3,5 m, existen algunos con apenas 0,5 m y otros que alcanzaron más de 4,5m.

Si se ordenan de menor a mayor los tamaños según la procedencia (Cuadro 5A), los árboles de la Garita tienen toda la gama de alturas; entre los provenientes de Ciudad Colón se encuentran individuos muy altos, hasta 3,4m, pero la mayoría tienden a ser menores de 3 m. Los de Jesús María presentan los mayores tamaños alcanzando hasta 4,4 m.

3.2 Diámetro (DAP) de los árboles

En la Figura 18 las medidas del diámetro (DAP), muestran la misma distribución normal que la altura, y

la mayoría de los árboles tienen un grosor entre 1,0 y 4,0 cm, pero hay otros que presentan menos de 1 cm y uno más de 9 cm. Si se analizan los diámetros según las procedencias, la Garita, igual que Ciudad Colón tienden a mostrar medidas de 2 cm y los de Jesús María tienen diámetros hasta de 6,1 cm (Figura 19).

Según el análisis de varianza que aparece en el Cuadro 9A, se presentan diferencias significativas al 5% para la altura, mientras que en el DAP no existen.

Entre el crecimiento en altura y el crecimiento en grosor existe un coeficiente de correlación positivo de 0,79 entre ambas variables.

3.3 Crecimiento por año y tratamientos silviculturales

A pesar de que estos árboles no fueron medidos cada año, se puede establecer que el crecimiento promedio por año ha sido aproximadamente de 0,70 m en altura y de 0,74 cm en DAP, siendo los árboles provenientes de Jesús María los que presentan la tasa de crecimiento más elevada (0,86 m/año en altura y 0,90 cm/año en grosor del tallo) como aparece en el Cuadro 6A.

Si se comparan estos datos con los informados por González (1980), sobre el crecimiento del guanacaste en plantaciones experimentales establecidas en Salitre

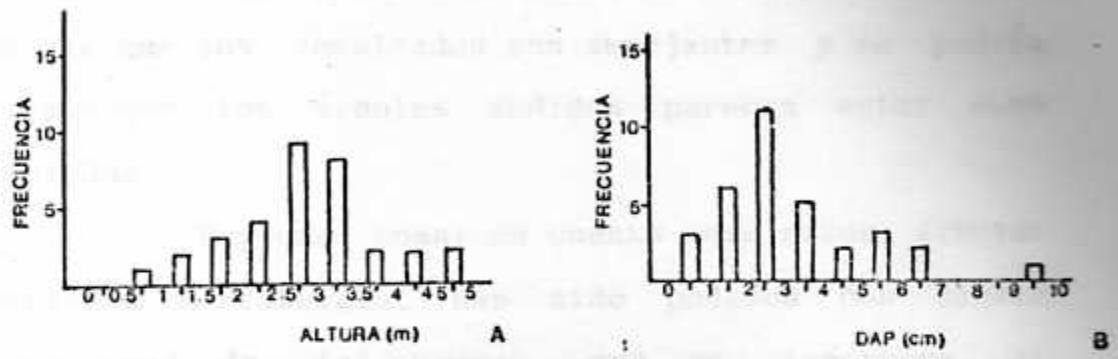


Fig.18: Distribución de la altura (A) y del DAP (B) de 33 árboles después de cuatro años de sembrados en la plantación de Tabarcia.

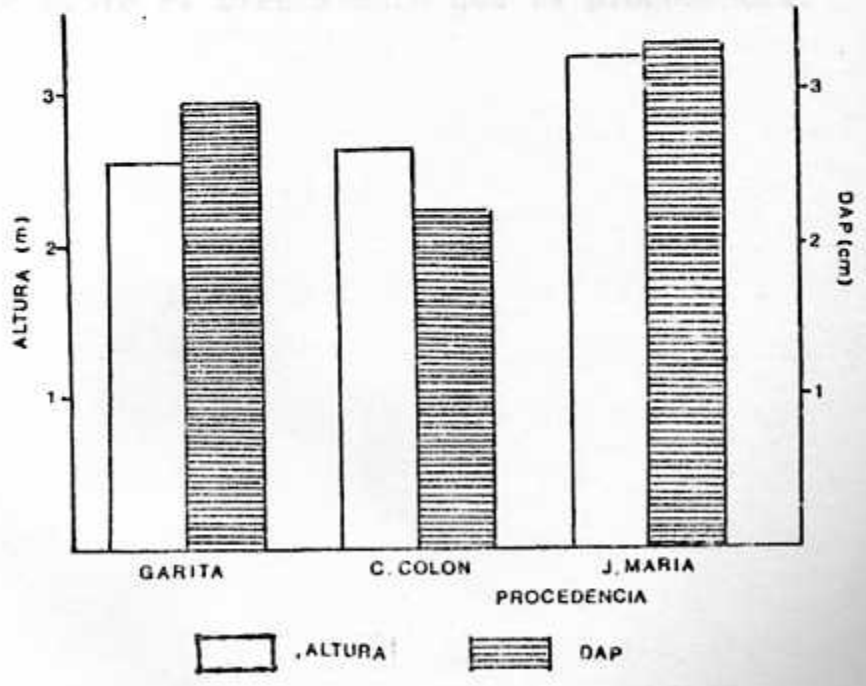


Fig.19: Altura y DAP promedio de 33 árboles de tres procedencias, después de cuatro años de sembrados en el campo y un año en el vivero.

de Buenos Aires y en Los Diamantes (Cuadro 1), se observa que los resultados son semejantes y se podría afirmar que los árboles medidos parecen estar bien adaptados.

Hay que tomar en cuenta que éstos árboles sembrados en Tabarcia, han sido podados con cierta regularidad de tal manera que se favorezca el engrosamiento del tronco y el crecimiento recto del eje central. Esta práctica forestal y el hecho de encontrarse la plantación situada en una parcela de bosque secundario, parece haber ejercido un efecto más importante sobre el crecimiento que la procedencia.

CONCLUSIONES

1. Los porcentajes más altos de germinación fueron obtenidos con las semillas lijadas un minuto y medio y luego sumergidas en agua a 80°C por tres minutos y las tratadas sólo con agua a 80°C, sin embargo el agua caliente no se puede considerar como el único factor estimulador de la germinación.

2. Los tratamientos aplicados tienen un efecto en la cantidad de semillas que germinan en un determinado período pero no afectan el período de germinación que va de 0 a 3 semanas.

3. El guanacaste Enterolobium cyclocarpum tiene semillas de germinación escalonada.

4. La semilla de guanacaste puede considerarse "semilla dura" en vivero y su coloración varía con la dureza. Las semillas más duras presentan una coloración pardo amarillenta más oscura que las que germinan fácilmente.

5. La latencia de las semillas varía según las condiciones climáticas donde se encuentra el árbol semillero. La germinación más alta se obtuvo con semillas procedentes del bosque húmedo premontano.

6. Los tratamientos no afectan el crecimiento individual de las plántulas, pero sí la cantidad de plántulas disponibles en el vivero. En los primeros dos meses alcanza hasta una altura de 15 cm y se desarrollan de tres a cuatro hojas.

7. La adaptación del árbol de guanacaste al Bosque Muy Húmedo Premontano, zona de vida que se sale de su ámbito de distribución natural, es relativamente buena, por lo menos en los cuatro primeros años después de sembrado, alcanzando un promedio anual de crecimiento de 0,73 m de altura y de 0,74 cm de grosor.

8. La procedencia de las semillas no tiene mucha repercusión en el crecimiento del árbol en el campo.

BIBLIOGRAFIA

1. ABRASID, H. y ARDIKUSUMAH, R.L. Some information on the silvicultural characteristic of Enterolobium cyclocarpum. Laporan Lembaga Peneletian Hutan N°172-177, 14 pp. 1973-1974

2. AMEN, R.D. A model of seed dormancy. Bot.Rev.34(1). 1968.

3. BANCO LATINOAMERICANO DE SEMILLAS FORESTALES Actividades en Turrialba (Costa Rica) 3(1):6. 1975.

4. BARTON, L.V.(a). Dormancy seeds imposed by the seed coat. In: Rhuland, W.(ed). Encyclopedia of Plant Physiology. Springer-Verlag,Berlin, 1965. Vol.15, tomo 2. pp:727-745.

5. _____.(b). Seed dormancy: general survey of dormancy types in seeds and dormancy imposed by external agents. In: Rhuland, W.(ed). Encyclopedia of Plant Physiology. Springer-Verlag, Berlin, 1965. Vol.15,tomo 2.pp:699-720.

6. BASKIN, M. y BASKIN, L. Plant populations differences in dormancy and germination characteristics of seeds: heredity and environment. Amer. Mid. Naturalist 90 (2):493-498. 1973.

7. BERNARDI et al. Mimosoideas del Arboretum Jenaro Herrera. Candollea, pp.309-311. 1981.

8. BERTONI, R. y JUAREZ, V.M. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el CEP Tropical El Tormento, México. Ciencia Forestal 5(25):3-40. 1980.

9. BERTSCH, S. Respuesta a la aplicación de escarificación química y mecánica a semillas de Enterolobium cyclocarpum J.,Phitecolobium saman J., Hymenea courbaril y Caesalpinia pulcherrima. Práctica Diseños Experimentales, Universidad de Costa Rica, no publicado, 1980. 48 p.

10. BOOD, P.T. y DUNN, G.M. Efficient scarifiers for small lots of legume seeds. Agronomy Journal 45(nov.):576. 1953.

11. CALDERA, A. y HAINES, H.C. El árbol de Guanacaste. Nuestra Tierra Paz y Progreso (Nicaragua) n°25:27-28. 1959.

12. CARNEIRO, J.G.A. y ROCHA, F. Métodos para quebra de dormencia de sementes. Floresta (Brasil) 6(1):24-30. 1975.

13. CARVALHO, NELSON MOREIRA de y NAKAGAWA, J. Sementes. Ciencia, Tecnología e Producao. 2a. Ed. Campinas, Fundacao Cargill, 429 p. 1983.

14. CATALAN, G. Semillas de árboles y arbustos forestales. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 408 p. 1977.

15. CLEMENS, J.; JONES, P.G. y GILBERT, N.H. Effect of seed treatments on germination in Acacia. Australian Journal of Botany 25: 269-276. 1977.

16. COMBE, D. Pretratamiento de semillas. Turrialba, Costa Rica, s.f. 9 p.

17. COME, D. Les obstacles a la germination. Masson et Cie. Eds., Paris. 162 p. 1970.

18. _____ Germination. In Mazliak, P.(ed.). Croissance et Developpement. Hermann, Collection Méthodes, Paris. pp.129-225. 1982.

19. CORNER, E.J.H. The seed of dicotyledons. Vol. I y II.Cambridge University Press, Cambridge.

20. CORNEJO, B. Diseño y planificación del vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Práctica de Especialidad Ing. Técnico Forestal. 67 p. 1979.

21. DE BATZ, B. Signification et interprétation des résultats de germination. Ann. Technol. Agric. 12:103-140. 1963.

22. DELOUCHE, J. Latencia de semillas. Tecnología de semillas. CIGRAS. pp.539-549. 1963.

23. ECHANDI, R. Pruebas de germinación. CIGRAS. 15 p. 1977.

24. EVENARI, M.; KOLLER, D. y GUTTERMAN, Y. Effects of the environment of the mother plant, on germination by control of seed coat permeability to water in Ononis sicula, Guss Austral, J. Biol. Sci. 19: 1007-101. 1966.

25. FAETH, J.L. Tecnología de granos y semillas. CIGRAS. pp. 12-19. 1979.

26. FAO. Catálogo de semillas forestales. Roma. 178p. 1961.

27. __ Notas sobre semillas forestales. Cuadernos de Fomento Forestal. N° 5. 121p. 1956.

28. __ Le traitement des graines forestiéres. 127p. 1957.

29. __ Notas sobre semillas forestales. Yugoeslavia. 1968.

30. FLINTA, C. Prácticas de plantación forestal en America Latina. FAO. Colección Montes. 499p. 1960.

31. FLORES, E.M. Y MORA, B. Germination and seedling growth of Pithecellobium arboreum Urban. Turrialba, 34 (4):485-488. 1984.

32. FOURNIER, L.A.; SALAS, S. Algunas observaciones sobre la dinámica de la floración en el bosque tropical húmedo de Villa Colón. Rev. Biol. Trop. 14:75-85. 1966.

33. FRANKIE, G.N.; BAKER,H.G. Y OPLER,P.A. Comparative phenological studies of tres in tropical wet dry forest in the lowland of Costa Rica. J. Ecol. 62pp. 881-919. 1974.

34. GONZALEZ, R. Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. Turrialba. 1 (2): 99-109. 1980.

35. HARTMANN, H. Y KESTER, D. Propagación de plantas. Compañia Editorial Continental, S.A. México. 810p. 1976.

36. HEYDECKER, W. Clarity in recording germination data. Nature. 210:753-754. 1966

37. HATHEWAY, W. Y BAKER, H.G. Reproductive strategies in Pithecolobium and Enterolobium. Further Information. Evolution 24:253-254. 1970.

38. HODGSON, L.M.; WHITE, K.L.y LITTLE,J.E.L. Recolección de semillas y propagación de árboles en : Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas. Informe México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, FAO. pp.130-135. 1967.

39. HOLDRIDGE, L.R. Y POVEDA,L.J. Arboles de Costa Rica.Vol.1. Centro Científico Tropical, Costa Rica. 546p. 1975.

40. HOWE, H. Y VANDE KERCKHOVE, G. Fecundity and seed dispersal of a tropical tree. Ecology. 60(1):180-189. 1979.

41. HYDE, E.O.G. The function of the hilium in some papilionaceae in relation to the ripening of the seed. Ann. Bot. 18. 241p. 1954.

42. ISELY, D. Investigations in seed calification by family characteristics. Botany and Plant Pathology Section, 351:317-380 (346). 1974.

43. JANSSEN, J.G.N. A method of recording germination curves. Ann.Bot. 37:705-708. 1973.

44. JANZEN, D.H. (a) Guanacaste tree seed swallowing by Costa Rican range horses. Ecology. 62 (3): 587-592. 1981.

45. _____. (b) Enterolobium cyclocarpum, seed passage rate and survival in horses, Costa Rican pleistocene seed dispersal agents. Ecology 62 (3):593-601. 1981.

46. _____.(a) Variation in average seed size and fruit crop of a guanacaste tree (leguminosae: Enterolobium cyclocarpum). Amer. J. Bot. 69 (7):1169-1178. 1982.

47. _____ .(b) Cenizaro tree (leguminosae: Phitecolobium saman) delayed fruit development in Costa Rican deciduous forests. Amer. J. Bot. 69 (8): 1269-1276, 1982.

48. _____ Y HIGGINS, M.L. How hard are Enterolobium cyclocarpum (leguminosae) seeds. Brenesia. 16:61-67. 1979.

49. KHAN, A. A. Seed dormancy: changing concepts and theories. In: The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. North Holland Publishing Company. pp. 29-44. 1977.

50. KOZLOWSKY, T. T. Seed biology. Vols. I,II,III.Academic Press. New York and London. 1972.

51. KRAMER, P.J. Y KOZLOWSKI, T. Physiology of woody plants. Academic Press, New York. pp.494-515. 1979.

52. LEON, R.E. Estudio de algunas especies forestales tropicales con especial atención a su comportamiento en el vivero. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA. pp 42-47. 1955.

53. LEOPOLD, A.C. Y KRIEDEMANN, P. Plant growth and development. 2 ed. McGraw-Hill Publishing, Co. Ltd. pp. 222-247. 1975.

54. MAGINI, E. Aparatos y procedimientos para la manipulación de semillas forestales. Unasylva. 16(1):20-35. 1962.

55. MARTIN, R. E.; MILLER, R. Y CUSMANA, C.T. Germination response of legume seeds subjected to moist and dry heat. Ecology. 56:1441-1445. 1975.

56. MAYER, A.M. Y POLJAKOFF, M. The germination of seeds. McMillan Company. 236p. 1963.

57. MORENO, P. Viabilidad y latencia de las semillas de arboles de la selva tropical húmeda. Simposio sobre ecosistemas tropicales. In: Reunión Continental sobre la Ciencia y el Hombre. AAAS/CONACYT. México, D.F. 20 junio-4 julio. 1973.

58. MUSALEM, M.A. Y FIERROS, A.M. Viveros y plantaciones forestales. Chapingo, México. 199p. 1979.

59. NICOLAEVA, M.C. Physiology of seed dormancy. In: Seeds, Nat. Sci. Found. Washington, D.C. 145pp. 1969.

60. PAMMEL, L. H. Anatomical characters of seeds of leguminosae chiefly. General of Gray's manual. Trans. Acab, Sci. St. Louis. 9:91-274. 1899

61. PATIÑO, P.. Los análisis de semillas y la utilización en la propagación de especies forestales. Boletin Divulgativo. Inst, Nacional de Invest. Forestales, México. N° 99. 1976.

62. PATIÑO, F.Y VILLAREAL, R. Algunos conceptos para el establecimiento de áreas semilleras. Ciencias Forestales, México. 1 (2):16-32. 1976.

63. QUINLIVAN, B.J. The effect of constant and fluctuating temperatures on the permeability of the hard seeds of some legume species. Aust. J. Agric. Res. pp. 12-1009-1022. 1961.

64. _____. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of some legume species. Aust. J. Agric. Res. 17:625-631. 1966.

65. ROBBINS, M. Y BUSZEWICZ, G. Breve descripción del trabajo del Banco de Semillas de la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal. Memoria VII Seminario Panamericano de Semillas. Honduras. pp. 239-295. 1977.

66. ROBERTS, E.M. Viability of seeds. Chapman and Hall Ltd. 448 p. 1972.

67. ROLSTON, P.M. Water impermeable seed dormancy. Botanical Review. 44 (3):365-395. 1978.

68. SALAZAR, J.M. Y GONZALEZ, R. Pruebas de germinación de semillas forestales. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General Forestal. Departamento de investigaciones Forestales. 33 pp. 1973.

69. SMITH, C.C. The coevolution of plants and seed predators. Division of Biology. Kansas State University. pp. 53-77. 1974.

70. SMYTHE, N. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. Amer. Natur. 104:25-35. 1970.

71. SOMARRIBA, E. Y PERREIRO, O. Efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación y viabilidad de las semillas de Enterolobium cyclocarpum Jacq. Griseb. Turrialba 34 (1):99-101. 1984.

72. STANDLEY, P.C. Flora de Costa Rica. Botany 18:494-495. 1937.

73. SUSANO, R. Especies arbóreas forestales susceptibles de aprovecharse como forraje. Ciencia Forestal 6 (29):31-39. 1981.

74. SZALAI, I. Y NAGY, M. Dormancy in fruits of Tilia platyphyllos Scop. II. The inhibitor substance content of dormant fruits. Acta Botanica Academiae Scientiarum. Hungarigae, 20 (3/4):389-394. 1974.

75. TOSI, J.A. Y HOLDRIDGE, L.R. Mapa ecológico según clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. San José, Costa Rica. 1969.

76. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Tropical Legumes. Resources for the future. Washington, D. C. 331p. 1979.

77. VAZQUEZ-YANES, C. Estudios sobre ecofisiología de la germinación en una zona calido-húmeda de México. Tésis de UNAM. pp. 279-387. 1974.

78. _____ Y PEREZ-GARCIA, B. Notas sobre la morfología, la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas de Enterolobium cyclocarpum. Turrialba 27(4):427-430. 1977.

79. WALTERS, G.; BONNER, F.T. Y PETTEYS. Pithecollobium. (Mart) seeds of woody plants in the United States. 639 p. 1974.

80. WATSON, D. Structure of the testa and its relation to germination in the papilionaceae tribes trifoliae and loteae. Ann. Bot. 12:385-410. 1948.

81. WEAVER, R. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Universidad de California, Davis. Ed. Trillas, México. 622p. 1976.

82. WOOD, P. J. The development of tropical plantations and the need for seed and genetic conservation. Tropical trees. Variation, breeding and conservation. Linnean Society of London, American Press. N° 2. pp. 11-18. 1976.

APENDICE

Cuadro 1A. Porcentaje de germinación obtenido en base 15, según los seis tratamientos, de las semillas de cuatro procedencias, despues de siete semanas de plantadas. Valores con letras iguales corresponden a valores estadísticamente iguales según la prueba de Duncan.

Tratamientos	Tiempo semanas	PROCEDENCIAS				$\bar{X}$
		Ciudad Colón	Garita	Higuito	Jesús María	
	1	0.01	0.01	0.01	0.01	
	2	1.34	2.67	1.34	1.34	
	3	4.01	1.34	1.34	1.34	
TESTIGO	4	4.01	1.34	1.34	1.34	2.10
	5	4.01	1.34	1.34	1.34	
	6	4.01	2.67	1.34	4.01	
	7	4.01	5.34	1.34	5.34	a
	1	0.01	2.67	0.01	0.01	
	2	36.01	44.01	1.34	8.01	
	3	49.34	70.67	2.67	16.01	
H_2O 80ºC 3'	4	49.34	66.67	2.67	16.01	27.39
	5	49.34	66.67	2.67	16.01	
	6	49.34	66.67	2.67	16.01	
	7	49.34	68.01	2.67	16.01	c
	1	0.1	2.67	0.01	0.01	
	2	1.34	0.01	0.01	0.01	
	3	2.67	1.34	0.01	1.34	
H_2O 37ºC 4 h	4	2.67	9.34	1.34	1.34	3.10
	5	2.67	9.34	1.34	1.34	
	6	2.67	13.34	0.01	6.67	
	7	2.67	12.01	1.34	9.34	a
	1	0.01	0.01	0.01	0.01	
	2	6.67	14.67	1.34	6.67	
	3	10.67	21.34	2.67	12.01	
Lija 1½'	4	10.67	32.01	2.67	13.34	11.44
	5	10.67	32.01	2.67	13.34	
	6	10.67	30.67	2.67	16.01	
	7	12.01	37.34	2.67	14.67	b
	1	0.01	1.34	0.01	0.01	
	2	22.67	34.67	1.34	12.01	
	3	52.01	44.01	8.01	26.67	
Lija 1½'	4	52.01	49.34	9.34	30.67	27.86
+	5	52.01	49.34	9.34	30.67	
H_2O 80ºC	6	54.67	49.34	9.34	30.67	
	7	54.67	50.67	9.34	30.67	c
	1	0.01	1.34	0.01	0.01	
	2	2.67	17.34	0.01	1.34	
	3	4.01	17.34	2.67	2.67	
37ºc - 4 h	4	4.01	17.34	2.67	4.01	6.44
	5	4.01	17.34	2.67	4.01	
	6	6.67	18.67	2.67	5.34	
	7	6.67	21.34	2.67	6.67	a
$\bar{X}$		16.55 b	24.04 c	2.42 a	9.21 b	

Cuadro 2A. Cantidad de plantulas existentes en el vivero al cabo de siete y treinta y tres semanas, según los seis tratamientos y las cuatro procedencias.

Tratamientos	Ciudad Colón	Garita	Higuito	Jesús María	$\bar{x}$
		7 SETIEMBRE 1980			
Testigo	3	4	1	4	12
H_2O 80ºC 3'	37	51	2	12	102
H_2O 37ºC 4 h	2	9	1	7	19
Lija 1½'	9	28	2	11	50
Lija 1½' + H_2O 80ºC	40	38	7	23	108
37ºC 4 h	5	16	2	5	28
$\bar{x}$	96	146	15	62	319
		6 MAYO 1981			
Testigo	10	29	14	36	89
H_2O 80ºC 3'	36	49	9	26	120
H_2O 37ºC 4 h	9	24	13	38	84
Lija 1½'	18	33	14	26	91
Lija 1½' H_2O 80ºC	40	40	10	30	120
37ºC 4 h	6	34	10	27	77
$\bar{x}$	119	209	70	103	581

Cuadro 3A. Promedio de la altura (cm) alcanzada por las plantas que se obtuvieron de las semillas, según los seis tratamientos y las cuatro procedencias después de seis semanas.

Tratamientos	Tiempo semanas	PROCEDENCIAS				
		Ciudad Colón	Garita	Higuito	Jesús María	$\bar{X}$
TESTIGO	1	10.75	6.00	9.00	7.00	
	2	12.00	7.00	10.00	8.50	
	3	12.75	7.50	10.00	9.00	
	4	13.00	9.00	1.00	9.25	11.53
	5	13.25	9.00	11.50	10.00	
	6	14.62	10.00	12.00	10.00	
H_2O 80ºC 3'	1	10.75	8.74	6.50	10.47	
	2	12.48	10.74	8.25	11.52	
	3	14.17	11.96	9.00	11.52	13.65
	4	14.21	12.48	9.50	13.41	
	5	15.92	14.15	11.00	13.94	
	6	16.71	14.15	11.75	14.77	
H_2O 37ºC 4 h	1	9.00	4.50	0	0	
	2	11.25	8.00	0	6.00	
	3	13.75	9.00	0	7.75	9.06
	4	14.00	9.50	0	9.25	
	5	14.75	9.50	0	9.50	
	6	16.00	10.00	0	10.75	
Lija 1½'	1	9.85	8.98	0	9.38	
	2	12.25	9.63	13.50	9.73	
	3	13.75	9.95	13.50	10.88	14.18
	4	13.93	11.41	13.50	12.45	
	5	14.84	12.16	13.75	12.50	
	6	15.28	13.85	13.75	13.83	
Lija 1½' + H_2O 80ºC	1	10.51	8.44	6.56	9.69	
	2	12.49	10.89	10.58	9.69	
	3	13.17	10.96	11.45	12.44	14.40
	4	15.27	12.33	11.45	13.44	
	5	15.50	13.50	12.40	13.94	
	6	16.16	13.97	13.46	14.01	
37ºC 4 h	1	11.00	9.95	8.75	9.25	
	2	13.25	11.80	11.92	11.00	
	3	13.50	12.59	12.50	11.00	15.03
	4	15.50	12.64	14.25	11.75	
	5	16.00	13.00	14.00	12.58	
	6	16.75	15.20	15.40	12.75	
$\bar{X}$		15.92	12.31	10.98	12.69	

Cuadro 4A. Cantidad promedio de hojas que presentan las plántulas de acuerdo a los seis tratamientos aplicados a las semillas y a las cuatro procedencias, a las seis semanas de plantadas.

Tratamientos	Tiempo 'semanas	PROCEDENCIAS				$\bar{X}$
		Ciudad Colón	Carita	Higuito	Jesús María	
Testigo	6	1.73	1.37	1.37	1.67	1.44
H_2O 80ºC 3'	6	2.50	2.87	2.08	2.37	2.27
H_2O 37ºC 4 h	6	1.77	1.33	1.00	1.64	1.47
Lija 1½'	6	2.41	2.80	1.66	2.05	2.11
Lija 1½ + H_2O 80º C	6	3.04	2.86	2.43	2.42	2.49
37ºC 4 h	6	2.15	2.17	1.73	1.94	1.78
$\bar{X}$		2.13	2.05	1.63	1.90	

Cuadro 5A. Distribución de la altura (m) y del DAP (cm) de 33 árboles según tres procedencias, después de cuatro años de plantados en Tabarcia.

Altura (m)	Procedencia *	DAP (cm)	Procedencia *
0.80	C.C	0	C.C
1.40	G	.7 2	G
1.47	G	.8 0	C.C
9.67	G	1,0 0	G
1.80	C.C	1,1 0	C.C
1.81	C.C	1,1 8	G
2.10	G	1,2 0	C.C
2.20	G	1,7 0	C.C
2.35	C.C	1,8 5	G
2.45	C.C	20 2	J.M
2.50	G	20 3	G
2.50	C.C	21 0	C.C
2.55	C.C	21 2	J.M
2.60	G	22 0	C.C
2.60	G	23 0	C.C
2.65	J.M	2A 1	C.C
2.90	J.M	25 5	G
2.95	G	27 0	J.M
2.95	J.M	28 9	J.M
3.00	G	29 1	G
3.00	G	32 2	G
3.20	J.M	34 5	C.C
3.30	G	3A 8	J.M
3.30	C.C	37 0	G
3.40	C.C	37 0	J.M
3.40	C.C	41 5	G
3.60	G	43 2	C.C
3.80	J.M	49 8	G
4.40	J.M	5.15	C.C
4.40	H	5.82	J.M
4.50	G	6.10	J.M
4.55	C.C	6.41	G
		9.18	H

* CC = Ciudad Colón
JM = Jesús María
G = Garita
H = Higuito

Cuadro 6A. Altura (m) y DAP (cm) alcanzado en cuatro años y tasa de crecimiento por año de 31 árboles, 12 de Garita, 11 de Ciudad Colón y 8 de Jesús María.

	PROCEDENCIAS					
	GARITA (12)		CIUDAD COLON (11)		JESUS MARIA (8)	
Tamaño	Promedio 4 años	Tasa/ año	Promedio 4 años	Tasa/ año	Promedio 4 años	Tasa/ año
DAP (cm)	2.89	0.72	2.43	0.60	3.60	0.90
ALTURA (m)	2.60	0.65	2.72	0.68	3.46	0.86

Cuadro 7A. Análisis de varianza promedio (en base 15) de la germinación de las semillas según los seis tratamientos, las cuatro procedencias y el tiempo.

	gl	S.C	C.M	f_c	f_t	
					0.05	0.01
Repeticiones	4	4157	1039.34	1.65 N.S	3.26	2.41
Procedencias	3	54748	18249.17	28.89 **	3.49	5.95
Error procedencias	12	7581	631.75			
Tratamientos	5	96629	19325.71	0.40 N.S	2.37	3.34
Procedencias x tratamientos	15	49302	3286.80	0.70 N.S	1.84	2.35
Error tratamientos	80	3869518	48368.97			
Tiempo	6	28299	4716.47	34.90 **	2.10	2.80
Error procedencia x tiempo	18	9407	522.59	3.87 **	1.67	2.04
Tratamientos x tiempo	30	19591	653.02	4.83 **	1.46	1.70
Tratamientos x procedencia x tiempo	90	10793	119.92	0.89 N.S	1.32	1.47
Error tiempo	576	77831	135.12			

(**) LA DIFERENCIA ES ALTAMENTE SIGNIFICATIVA.

(N.S) NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Cuadro 8A. Análisis de varianza de la altura promedio (cm) alcanzada por las plántulas según los seis tratamientos, las cuatro localidades y el tiempo.

Fuente de variación	gl	S.C	C.M	f_c	f_t	
					0.05	0.01
Sitios	3	332.51	110.84	16.95 **	2.48	4.79
Tratamientos	35	1024.11	29.26	4.48 **	1.50	1.76
Tratamientos	5	545.30	109.06	16.68 **	2.29	3.17
Tiempo	5	390.01	78.00	11.93 **	2.29	3.17
Tratamiento x tiempo	25	88.80	3.55	.54 N.S		
Error	105	686.41	78.00			

(**) DIFERENCIA ES ALTAMENTE SIGNIFICATIVA

(N.S) NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Cuadro 9A. Análisis de varianza de la altura promedio (cm) y del DAP promedio (cm) alcanzado por 31 árboles después de cuatro años de sembrados en Tabarcia, según tres procedencias.

	DAP (cm)	ALTURA (m)
F_c	1.31	3.64
gl procedencias	2	2.00
gl error	28	28.00
F_t (0.05)	3.34 N.S	3.34 *
(0.01)	5.45 N.S	5.45 N.S

(*) DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
(N.S) DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA