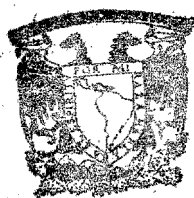


---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

"ASPECTOS ECOFISIOLOGICOS DE LA GERMINACION Y DE  
LAS PRIMERAS ETAPAS DE CRECIMIENTO DE ALGUNAS  
ESPECIES PIONERAS DE LA SELVA TROPICAL".

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

presenta:

María Virginia Cervantes Gutiérrez

México, D.F.

1986

Con cariño, admiración y agradecimiento a  
Josefina y Emilio, mis padres, por su con-  
fianza y constante apoyo.

A mis hermanos.

Patricia, Leticia, Miguel y  
Susana.

A mi abuelita Teodora.

## AGRADECIMIENTOS.

En la realización de este trabajo tuve la oportunidad de conocer y convivir con un gran número de personas a las que quiero agradecer sus enseñanzas, su confianza, estímulo y paciencia.

Al Dr. Carlos Vázquez Yanes la asesoría dada para la realización de este trabajo. Desafortunadamente no fue posible su presencia en la parte final del trabajo.

A la M. en C. Irene Pisanty Baruch por sus sugerencias y correcciones para el escrito de este trabajo; y especialmente por su confianza, estímulo y apoyo constante.

Al M. en C. Francisco Molina Freaner por el valioso tiempo dedicado en el asesoramiento estadístico del trabajo, por sus sugerencias durante el trabajo, y sus aportaciones para el escrito final, además de su apoyo y amistad.

A la M. en C. Clara Leonor Tinoco Ojanguren especialmente quiero agradecer el apoyo brindado con su amistad y sugerencias a lo largo de todo el trabajo, además de las correcciones para el escrito final de esta tesis.

Al Dr. Sergio Guevara Sada por sus correcciones, sugerencias y tiempo dedicado en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Daniel Piñero por sus consejos y apoyo en el momento en que más lo necesite.

A la P. de Biol. Araceli Vargas-Mena y Amezcua por su gran ayuda en el trabajo de laboratorio y principalmente por su amistad, estímulo y confianza sin medida.

A los P. de Biol. Vicente Arriaga Martínez y Pedro Díaz Maeda por su ayuda en el trabajo de laboratorio y su amistad y paciencia.

A Alejandra Quiroga Arzate y Miguel Angel Soto por la elaboración de las gráficas y tablas de este trabajo.

A mis amigas y amigos Silvia Castillo, Tere Valverde, Oracio Paz, Mireya Imaz, Isabel Alcocer, Silvia Iriarte, José Antonio Gonzales Yturbe Ahumada, Julia Carabias, Marfa Esther Sánchez Fuensanta Rodríguez, Cristina Hernández, Eréndira Alvarez, Rafael Serrano, y German Quiroga ; los que de una u otra forma siempre me han apoyado.

A Carmelita por la gran ayuda prestada en el trabajo de mecanografía.

Agradezco también las facilidades que se me brindaron en los laboratorios de Ecología del Instituto de Biología de la UNAM. Especializado de Ecología de la Facultad de Ciencias y el de Ecología de la Facultad de Ciencias de la UNAM

Finalmente quiero agradecer el apoyo económico otorgado por CONACYT para la realización del presente trabajo. Este trabajo forma parte del convenio UNAM-CONACYT Estudio del fotoblástimo de las semillas de árboles pioneros tropicales.

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| I. INTRODUCCION.....   | 1  |
| II. ANTECEDENTES.....  | 7  |
| 1.- Germinación.....   | 7  |
| a) Latencia.....   | 7  |
| b) Factores que disparan la germinación.....                               | 7  |
| i) Luz.....  | 7  |
| ii) Temperatura y Termoperíodo.....  | 8  |
| iii) Substrato.....  | 13 |
| 2.- Vigor y establecimiento de plántulas.....                              | 16 |
| a) Factores que afectan el establecimiento.....                            | 16 |
| b) Factores que afectan el vigor.....                                      | 20 |
| c) Efecto de los nutrientes en el crecimiento de la raíz y el vástago..... | 22 |
| III. MATERIAL Y METODO.....  | 29 |
| 1.- Diagrama del trabajo.....  | 29 |
| 2.- Colecta del material utilizado.....                                    | 29 |
| 3.- Material Biológico.....  | 30 |
| 4.- Pruebas de germinación.....  | 31 |
| 5.- Determinación del vigor.....   | 32 |
| 6.- Análisis de datos.....   | 33 |
| IV. RESULTADOS.....  | 35 |
| V. DISCUSION.....  | 41 |
| VI. BIBLIOGRAFIA.....  | 52 |
| VII. APENDICE.....   | 65 |

## I. INTRODUCCION

Las diferentes etapas de la historia de vida de las plantas representan los diferentes episodios del mantenimiento de la continuidad genética de las especies. El éxito de las plantas en estas diferentes fases depende de detectar y responder adecuadamente a las variaciones bióticas y abióticas del medio. Las especies responden a las presiones del ambiente, por medio de mecanismos que detectan las variaciones del medio. Estos sensores son diferentes en cada especie y dependen directamente de la historia pasada de la especie (Angevine y Chabot, 1979). Esta historia se refleja con peculiar intensidad en las características de la semilla y los mecanismos de control de la germinación.

La germinación y el temprano crecimiento de las plántulas no es la única fase esencial en la historia de vida de las plantas pero sí un período en el que se presenta mayor vulnerabilidad hacia las condiciones adversas del ambiente ya que en la etapa de semilla y plántula es donde generalmente se da una mayor mortalidad. Consecuentemente, aquellas semillas que puedan detectar y responder oportunamente a las condiciones del medio, con un comportamiento germinativo que tienda a asegurar el establecimiento y el posterior crecimiento de la planta, hasta que alcance su madurez y reproducción, generarán individuos con mayores probabilidades de mantenerse en la comunidad.

"Las semillas muestran una gran diversidad de características adaptivas que les permiten sobrevivir, al menos en número suficiente para asegurar la perpetuación de la especie. Así tendría-

mos entonces que una semilla en condiciones desfavorables para germinar no lo hará, en tanto que otra que se encuentra en una condición favorable germinará. La primera continuara siendo una estructura de resistencia y persistencia, en tanto que para la segunda la interrupción de la latencia solo tiene 2 posibles consecuencias: establecerse como una plántula o morir" (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1984).

El estudio de la Ecofisiología de la germinación de semillas permite comprender en forma más precisa los mecanismos que regulan la longevidad de las semillas en el suelo, el rompimiento de la latencia, la germinación y el establecimiento de las plantas en condiciones naturales. Este aspecto de la Biología de las plantas es de mucho interés en el estudio de aquellas especies que solo se establecen cuando la vegetación madura de la comunidad ha sido alterada y destruida, ya que en la vegetación no alterada estas especies persisten solo en forma de semilla (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1981).

Cabe recordar que en la selva tropical el dosel de la vegetación se encuentra cambiando continuamente. Esta dinámica está dada por la caída de árboles o ramas que forman claros en el dosel (Martínez-Ramos, 1980; 1985; Whitmore, 1983), los cuales son heterogéneos internamente. Esta heterogeneidad variará de acuerdo con la forma y orientación del claro (Bazzaz, 1979; 1984; Bazzaz y Pickett, 1980; Gómez Pompa y Vázquez-Yanes, 1985).

Cuando ocurre la perturbación, no solamente la estructura de la vegetación se ve afectada, pues también se da una serie de al-

teraciones microclimáticas en la zona. Estas alteraciones son iniciadas por la luz, que penetra a nivel del suelo, incrementando su intensidad y duración; la humedad relativa del aire disminuye coincidiendo con la elevación de la temperatura. Esta elevación se da tanto en las capas superficiales del suelo como en el aire. Como resultado de la evaporación el agua a nivel del suelo disminuye, pero la disponibilidad de agua a pocos centímetros de profundidad podría ser mayor en los claros. Aunado a estos cambios se da un aporte de material degradable aumentando así la disponibilidad de nutrimentos. El aumento de agua y de nutrimentos está dado por que las raíces de los árboles muertos han dejado de funcionar, además de los nutrimentos liberados por la degradación de la vegetación muerta. (Bazzaz, 1979; 1984; Bazzas & Pickett, 1980; Brokaw, 1984; Denslow, 1980; Whitmore 1975; 1979).

Esta serie de cambios que se desencadenan cuando ocurre la perturbación, son condiciones ecológicas especiales en los que se han incrementado bruscamente recursos esenciales a las plantas como son energía luminosa y nutrientes. Las especies pioneras se encuentran estrictamente ligadas a las condiciones que se generan al abrirse un claro, las cuales consisten básicamente en un nuevo espacio abierto a la colonización (Gómez-Pompa & Vázquez-Yanes, 1985).

Las especies pioneras colonizan rápidamente las zonas perturbadas debido a la continua lluvia de sus semillas, y por otra parte a la prolongada latencia de éstas (op cit Alvarez Buylla, 1986).

Se han realizado un gran número de trabajos sobre la Ecofi-



siología de la germinación de especies pioneras de la selva, la mayoría de estos trabajos han sido hechos en condiciones de laboratorio manejándose variables como luz o temperatura. No obstante muy poco se han estudiado los aspectos de interacción entre diferentes variables (luz, nutrientes, temperatura y fluctuaciones de ella, etc.). Esto es de suma importancia, ya que en condiciones naturales las semillas al caer al suelo llegan a un medio que presenta una gran cantidad de iones. Por otra parte las variables como luz, humedad, temperatura y concentración iónica del medio no actúan por separado sobre las semillas y sobre las plantas en general, sino que actúan de una manera conjunta.

También son escasos los trabajos en los que el proceso de germinación y las condiciones en las que ésta ocurre se continúan para verificar el impacto que tienen sobre el crecimiento temprano de las plántulas que se originan. Estas plántulas, que inicialmente se forman a partir de las reservas de la semilla y que en un momento dado comienzan a efectuar una incorporación de biomasa a partir de su propio mecanismo fotosintético, se ven afectados por el medio de germinación respondiendo con un desarrollo diferente de sus distintos órganos, lo cual indiscutiblemente debe tener un impacto sobre su capacidad competitiva.

Debido a las características microclimáticas que se generan al abrirse un claro es necesario conocer como los diversos factores actúan sobre las especies que colonizan estas zonas.

Roberts (1972) propone que para conocer los factores ecológicos que ocasionan la pérdida de la latencia en las semillas y

los patrones de sobrevivencia de éstas en condiciones naturales - es necesario estudiar los factores que afectan la pérdida de la latencia en la semilla sobre una base multifactorial.

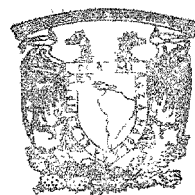
Es en este marco teórico en el que se ubica el estudio presentado en esta tesis. Partiendo del hecho de que en condiciones naturales la germinación y el posterior crecimiento de las plántulas es el resultado de la interacción de la semilla y la plántula con un ambiente complejo que incluye la interrelación entre numerosos factores de tipo biótico y abiótico, por lo que se pretende conocer con este estudio el efecto independiente, o en interacción de diferentes factores. Con la finalidad de contestar las siguientes interrogantes: Independientemente de la luz, ¿qué efectos tiene la temperatura (y fluctuaciones de ella) actuando conjuntamente con soluciones nutritivas sobre la capacidad de germinación. ¿Se acelera la velocidad de germinación, decrece? ¿Existen interacciones entre las soluciones nutritivas y la temperatura?. Si no hay interacciones ¿como actúa cada variable por separado?. Finalmente ¿como afectan las fluctuaciones de temperatura y los nutrientes al establecimiento y el vigor de las plántulas de tres diferentes especies colonizadoras de la selva de "Los tuxtles", Veracruz?.

Para contestar estas preguntas se diseñó un estudio preliminar sobre el tema que intenta establecer los efectos independientes, y la interacción de tres tipos de sustrato y tres regímenes térmicos en condiciones de luz constante. Los efectos se registraron a nivel de germinación y del crecimiento inicial mos-

trado por las plántulas en las diferentes condiciones.

De esta manera este trabajo intenta proponer un tipo de investigación que establezca el puente de unión entre los estudios previamente realizados acerca de los factores que regulan la germinación con aquellos estudios destinados a entender los factores que afectan el establecimiento de las plantas. Ambos aspectos se unen aquí en un diseño experimental realizado por ahora, en condiciones de ambiente controlado solamente.

## II. ANTECEDENTES



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

### 1.- Germinación

#### a) LATENCIA.

"La presencia de un período de interrupción del crecimiento y disminución del metabolismo durante el ciclo vital, puede ser estrategia adaptativa de supervivencia frente a condiciones ambientales desfavorables" (Vázquez-Yanes, 1976).

Harper (1957 en Roberts, 1972) describe 3 tipos de latencia: a) innata o endógena, b) inducida o secundaria y c) impuesta o exógena.

Para Harper et al (1970) el significado ecológico de la latencia es que da a los miembros de la población la ventaja de permanecer aislados de los riesgos del medio ya sean esporádicos o recurrentes, y así asegurar la continuidad de la población a través de la estación desfavorable para el crecimiento de los organismos.

#### b) FACTORES QUE DISPARAN LA GERMINACION

##### i) LUZ.

La sensibilidad de las semillas a la luz opera a través del sistema del fitocromo. Este pigmento en las semillas existe en 2 formas. La forma P660 (fisiológicamente inactivo) es convertida a P730 (fisiológicamente activo) cuando las semillas son expuestas a luz roja (660 nm). Esta forma activa -- puede ser reconvertida a su forma inactiva si las semillas -- son expuestas a rojo lejano (730 nm) (Black, 1972).

El ambiente lumínico del sotobosque de la selva se caracteriza por la presencia de luz rica en rojo lejano. Esto es debido a que el dosel de la vegetación absorbe de la luz solar la longitud de 660 nm (rojo) y refleja solamente longitudes de onda de 730 nm (rojo lejano) (Roberts, 1972; Vázquez Yanes & Orozco-Segovia, 1981). Cuando se abre un claro la luz penetra al suelo libremente pudiendo así desencadenarse la germinación de las semillas fotosensibles.

El fitocromo de las semillas de las plantas heliófilas actúa como un "seguro" que impide que las semillas germinen en zonas cubiertas por una densa vegetación, dado que en estas condiciones no pueden establecerse (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1984). Sin embargo trabajos recientes (Orozco-Segovia, 1986) han demostrado que la función ecológica del fitocromo no es siempre la misma para todas las especies.

#### ii) TEMPERATURA Y TERMOPERIODO.

Los complejos cambios que ocurren en la germinación de las semillas involucran eventos metabólicos; por lo tanto no es sorprendente que haya una cercana dependencia de la germinación y la temperatura. El efecto de la temperatura sobre las semillas se expresa finalmente en el porcentaje o en la velocidad de la germinación (Lang, 1965).

Las semillas tienen diferentes límites de temperatura dentro de los cuales ellas pueden germinar; a temperaturas extremas ya sean muy altas o muy bajas, la germinación no ocu-

rre (Mayer & Poljakoff- Mayber, 1975).

El óptimo de temperatura puede ser tomado como aquella temperatura a la cual se da el más alto porcentaje de germinación en el tiempo más corto. Las temperaturas mínimas y máximas para la germinación son las temperaturas altas y bajas a las cuales la germinación puede ocurrir (op. cit.).

Los rangos de temperatura en los cuales la germinación ocurre pueden ser modificados por factores tanto internos como externos. Las diferentes temperaturas en las cuales las semillas pueden germinar está determinada por: a) la fuente de las semillas; b) las diferencias genéticas dentro de la misma especie y c) la edad de la semilla (op. cit.).

Las semillas en condiciones naturales pocas veces se encuentran a temperatura constante por largos períodos de tiempo (Vázquez-Yanes, 1976) y generalmente se ven sometidas a cambios de temperatura a lo largo del año.

Roberts (1981) cree que el efecto de la alternancia de temperaturas sobre la germinación es demasiado complejo y el más difícil de investigar. Esto es debido a que hay por lo menos 9 atributos de la alternancia de temperaturas diurnas los cuales pueden ser concebidos como efectos estimulatorios de la germinación. Estos atributos son: número de ciclos, su amplitud, el valor de la temperatura más alta, el valor de la temperatura más baja, la velocidad con que se llega a la temperatura más alta dentro de cada ciclo, la velocidad con que se llega a la temperatura más baja, la tasa de calenta--

miento, la tasa de enfriamiento y el tiempo de duración del ciclo con respecto al inicio de la imbibición (Roberts & Totterdell, 1981; Roberts, 1981; Totterdell & Roberts, 1980).

Las fluctuaciones de temperatura pueden incrementar la velocidad de germinación y también reducir la variación de ésta. Los efectos de las fluctuaciones de temperatura sobre las semillas se han hecho evidentes en un gran número de estudios. En ocasiones se ha encontrado que las fluctuaciones de temperatura son indispensables para que se desencadene la germinación. En otros casos se encuentran que las fluctuaciones de temperatura son capaces de aumentar la capacidad de germinación de las semillas. Otros estudios han demostrado que las temperaturas fluctuantes pueden substituir los requerimientos de estratificación que algunas semillas requieren para germinar. En estudios recientes se ha encontrado que las alternancias de temperaturas son capaces de estimular la germinación de semillas fotosensibles, puestas a germinar en oscuridad. También se ha encontrado que existe una fuerte interacción entre los tratamientos estimulatorios de la temperatura y la luz roja y blanca (Baskin & Baskin, 1982; Corbi-neau & Come, 1982; Currie, 1973; Gulliver & Heydecker, 1973; Hand et al, 1982; Lang 1965; Perry, 1973; Roberts, 1972; 1981; Roberts & Totterdell, 1981; Takaki et al, 1981; Takaki & Zaia, 1984; Thompson, 1973; Thompson et al., 1977; Totterdell & Roberts, 1980; 1981; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1982).

Como se observa de lo mencionado anteriormente, los

efectos de las fluctuaciones de la temperatura sobre las semillas es muy variable. Thompson (1973) opina que independientemente de las diferentes formas que tienen las semillas de responder a la temperatura, todas ellas son la expresión de un sistema de respuesta común el cual es adaptativo y ampliamente flexible. Estas respuestas pueden variar en su expresión genotípica de especie a especie ó de población a población; y fenotípicamente de año a año en una población, o hacia diferentes estados durante el desarrollo y la maduración de las semillas.

Diversos autores proponen que las fluctuaciones de temperatura diaria sobre el suelo actúan como un indicador medio ambiental de condiciones propicias para la germinación y el establecimiento de muchas especies (Baskin & Baskin, 1982; Fenner, 1985; Roberts & Totterdell, 1981; Thompson et al., 1977; Vázquez-Yanes, 1976; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1982 ). Para Thompson (1973) el significado ecológico de las respuestas a las fluctuaciones de temperatura es muy importante, ya que actúa como un sistema sensor capaz de responder a los cambios de temperatura característicos de la superficie del suelo. Este sistema puede promover la germinación de las semillas cercanas a la superficie del suelo y prevenir la germinación de las semillas enterradas.

Para especies de zonas templadas y/o frías se ha observado que las semillas únicamente germinan en aquellos intervalos de temperatura que son más favorables para el estableci-



miento de las plantas. En las zonas tropicales el estudio de las fluctuaciones de temperatura no pueden tener el mismo -- sentido. Esto se debe a que en zonas densamente cubiertas por la vegetación no hay una marcada fluctuación estacional de la temperatura, pero en zonas que han sido perturbadas y presentan suelos desnudos de vegetación las fluctuaciones de temperatura en la capa superficial del suelo son muy grandes. Las condiciones de temperatura que se generan al abrirse un claro en la selva son indicadores de que es un sitio propicio para la germinación y el establecimiento (Fenner, 1985; Guevara & Gómez-Pompa, 1972; Vázquez-Yanes, 1976; Vázquez-Yanes & Orozco Segovia 1982 b; 1985).

La elevación de la temperatura y fluctuaciones de ella ocasionan complejos cambios físico-químicos en la semilla que promueven la germinación. Al parecer el efecto de las altas temperaturas en la germinación inducen una fase de transición de membrana. Se ha mostrado que el rango de temperatura favorable para la germinación de muchas semillas (28-32°C) coincide con una fase de transición de membranas (Hendricks & Taylorson, 1979 en Takake et al., 1981).

Con respecto a las semillas fotosensibles se propone -- que la temperatura y el fitocromo actúan en un punto común sobre la cadena de eventos que estimulan la germinación. Este efecto repercute en la redistribución de un ión o metabolito a través de la membrana de un compartimiento a otro (Hand et al., 1982; Takaki et al., 1981; Taylorson et al., 1972.)

### iii) SUSTRATO

Existen varias características del sustrato que tienen efectos a nivel de la germinación. La concentración de solutos en el sustrato determinaría el gradiente osmótico sustrato-semilla y por lo tanto el grado y la tasa de imbibición - que alcance esta.

La imbibición de la semilla también está determinada - por otros factores ambientales como la temperatura y por factores intrínsecos de la semilla como el grado de permeabilidad de la testa y el potencial de la semilla (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975)

La composición del sustrato es importante también, -- pues se ha observado que una gran variedad de sustancias de diversa índole pueden algunas veces inducir el proceso germinativo. Entre otras están los nitratos de potasio (Medina, - 1977; Vicente, 1973) y los nitritos y nitratos (Roberts, 1972; 1969), Steinbauer y Grigby (1957 en Roberts, 1972) estudiaron la germinación de 85 especies de malezas en 15 familias y la mitad de ellas mostraron una germinación mayor en presencia de nitratos.

Para Roberts (1972) la nitrificación de los iones de amonio en el suelo como respuesta a un incremento en la actividad de la microflora es un factor muy importante en la remoción de la latencia de las semillas que se encuentran en el suelo.

Se ha observado además que el efecto de los nitratos -

sobre las semillas no es independiente de otros factores ya que los nitratos, fluctuaciones de temperatura y luz pueden mostrar una fuerte interacción positiva en el rompimiento de la latencia (Roberts, 1972; Vicente, 1973).

Roberts (1981) propone que muchas de las respuestas de las semillas son controladas por la combinación de 4 factores estimulatorios: estratificación, alternancia de temperaturas, luz y iones de nitratos. No obstante aunque algunas veces uno de estos factores puede tener un efecto propio hay muchas indicaciones en la literatura que hay interacción positiva entre estos factores (Roberts, 1972; 1981; Roberts & Benjamín, 1979; Vicent & Roberts, 1977; 1979; Williams, -- 1983 a).

Popay y Roberts (1970) encontraron que Capsella bursa-pastoris en presencia de luz, nitratos o nitritos y temperatura constante pueden vencer la latencia innata de una pequeña proporción de las semillas. Pero cuando ellas son sujetas a alternancia de temperaturas el efecto estimulatorio de los nitratos fue drásticamente incrementado, aunque las fluctuaciones de temperatura en ausencia de nitratos o nitritos tienen un efecto muy pequeño.

Vicente (1973) trabajando con Solanum viarum y  $KNO_3$  - encontró que este último disminuye los requerimientos de luz de las especies en semillas con diferentes tiempos de almacenamiento. También encontró que el efecto del  $KNO_3$  es más notable a temperaturas constantes que en alternas, ya que el re

querimiento de luz se ve ligeramente compensado con la aplicación de temperaturas alternantes.

La interacción de los diferentes factores es un proceso complejo que algunas veces presenta respuestas desconcertantes. Un gran número de trabajos hechos en una gran diversidad de especies (principalmente malezas) por Tool & Tool (1971), Tool et al., (1955; 1956), Taylorson (1969), Taylorson & Borthwick (1969), muestran una variedad de respuestas entre las especies, pues algunas veces los nitratos con luz, estimulan la germinación, pero si no hay luz no hay efecto alguno sobre las semillas; en otras ocasiones se ha encontrado que al manejar nitratos con luz o con fluctuaciones de temperatura tienen un pequeño efecto, pero, si son combinados ya sea nitratos o luz con fluctuaciones de temperatura hay una respuesta mayor. Sin embargo la mayoría de las veces se ha encontrado que hay una respuesta mayor cuando luz, nitratos y fluctuaciones de temperatura son combinados mostrando fuertes efectos de interacción. No obstante cada especie difiere en los requerimientos de tipo y combinación de estos factores para obtener un máximo de germinación. En particular la variación de las respuestas da una medida relativa de la latencia de las semillas (Williams, 1983 a.)

Es importante mencionar la implicación de ciertos resultados en experimentos factoriales de las semillas. Si 2 factores tienen cada uno efectos positivos en la germinación y su efecto combinado es aditivo, no hay interacción estadística.

ca. Por ejemplo es posible que dentro de una población todas las semillas puedan ser afectadas por el factor "X" y puedan también ser afectas por el factor "Y". En este caso algún incremento posterior en la germinación cuando los dos factores están presentes a la vez puede aparecer solamente si hay un grupo de semillas dentro de la población que no responden a ninguno de los dos factores solos, y solamente a la combinación de ambos factores. En este grupo de la población es evidente que debe haber una interacción fisiológica entre el factor "X" y el "Y". El mismo resultado numérico puede obtenerse sin una interacción fisiológica (Vincent & Roberts, -- 1977).

Roberts (1972) propone, que para conocer los factores ecológicos que ocasionan la pérdida de la latencia en las semillas y los patrones de sobrevivencia de éstas en condiciones naturales, es necesario estudiar los factores que afectan la pérdida de la latencia en las semillas sobre una base multifactorial.

## 2.- VIGOR Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTULAS.

### a) Factores que afectan el establecimiento.

Aunque el tamaño de la población de las plantas pueden ser afectados por la mortalidad en sus diferentes etapas, la transición de semilla a plántula generalmente se considera como la etapa más vulnerable. Los agentes de mortalidad incluye a patógenos, insectos y vertebrados predadores de las

semillas, así como también factores abióticos que afectan la germinación. Todos estos factores se encuentran entrelazados en su efecto sobre el establecimiento de las plántulas. Debido a esta compleja relación de factores es necesario hacer experimentos controlados para conocer la contribución por separado de cada factor (Sork, 1985).

El medio ambiente es cambiante de estación a estación, de día a día y de segundo a segundo; es por lo tanto importante conocer la influencia de estas fluctuaciones sobre la germinación y el establecimiento de las plántulas (Gulliver & Heydecker, 1973).

Después de germinar las semillas alcanzan el estado de plántula. En esta etapa son más susceptibles a las influencias externas. El crecimiento de las plántulas por algún tiempo es altamente dependiente de sus propias reservas alimenticias; así el temprano crecimiento del vástago y de la raíz se inicia a partir de las reservas de la semilla. Las reservas son gradualmente reducidas y suplidas por fuentes externas de recursos disponibles (carbono y minerales). Estos recursos deben de ser explotados eficientemente ya que de no ser así el establecimiento de la plántula falla.

Se ha observado que las causas importantes de mortalidad de plántulas parece ser la desecación, el enterramiento, predación y muerte por competencia (Bannister, 1976; Cook, 1979; Fenner, 1985).

Una plántula se considera completamente establecida cuando ha llegado a ser efectivamente independiente de las reservas de la semilla (Fenner, 1985).

La morfología temprana de las plántulas es grandemente determinada por el tipo de germinación, la cual puede ser epígea o hipógea. La germinación epígea está asociada a plantas con semillas pequeñas y la hipógea con semillas grandes. (op cit)

Debido a que las semillas pequeñas cuentan con pocas reservas alimenticias, ellas requieren iniciar el proceso fotosintético casi inmediatamente que germinan. El que las plántulas originadas de este tipo de semillas posean hojas cotiledonarias fotosintetizadoras es de suma importancia, pues permite que ellas se independicen de sus reservas antes de que éstas se agoten (o inmediatamente que se agoten). Generalmente las plántulas con germinación epígea son demandantes de sol. Las plántulas con germinación hipógea generalmente son tolerantes a la sombra, y en la mayoría de los casos este tipo de germinación esta asociada a semillas grandes que presentan gran cantidad de reservas alimenticias. Las reservas les permiten vivir y establecerse en hábitats sombreadas. (op cit).

Al parecer semillas pequeñas tienen un contacto más íntimo con el substrato que las semillas grandes (Bannister, 1976).

Harper (1966) propone que las semillas de gran talla se encuentran en desventaja con las semillas pequeñas cuando se trata de colonizar sitios abiertos. Esto se debe a que las semillas que presentan mayor cantidad de reservas son más susceptibles a la desecación que las semillas pequeñas. Debido a esto las semillas pequeñas tienen mayor probabilidad de germinar adecuadamente que las semillas grandes en estos sitios.

En estudios realizados por Harper et al, (1965) y Harper & Benton (1966) se ha propuesto que la microtopografía de la superficie del suelo determina la falla o el éxito del establecimiento de las plántulas. En estos trabajos encuentran que la forma y el tamaño de la semilla así como el tipo de contacto que éstas hagan con el substrato y el agua disponible determina el que las plántulas se establezcan o no.

Las condiciones microclimáticas y topográficas afectan las probabilidades de sobrevivencia de las plántulas (Cook, 1979; Harper & Benton, 1966). Según Harper et al., (1965) La proporción de plántulas que se establecen en una función directa del número de sitios favorables que se encuentran en la superficie del suelo.

El potencial patogénico del suelo es otro factor importante que afecta la germinación y el establecimiento de las plántulas. Las condiciones de humedad y temperatura del medio son los factores responsables en la selección y favorecimiento de la actividad de patógenos potenciales sobre la semilla. Los patógenos son una parte importante del medio ambiente del suelo y la falla en la emergencia y establecimiento de las plántulas es probablemente un resultado de factores de "stress". Estos factores ocasionan la muerte de las semillas o bien incrementan la susceptibilidad de éstas al ataque de patógenos. Se ha encontrado que en condiciones adversas para la germinación y el establecimiento de las plántulas la actividad patogénica es más severa (Harper, 1955; 1956; Perry, 1973).



b) Factores que afectan el vigor.

Una gran variedad de factores afectan el vigor de las semillas y necesariamente esto repercute en el número y vigor de las plántulas que se reclutan. La manifestación de diferencias en el vigor depende de la interacción entre las semillas y su medio ambiente (Perry, 1973).

"El vigor de una semilla es una propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el medio ambiente, el cual gobierna la habilidad de una semilla para producir rápidamente una plántula en el suelo, y la extensión hacia la cual esa semilla tolera un rango de factores ambientales" (Perry, 1972 en Perry, 1973). La influencia del vigor de la semilla puede persistir por toda la vida de la planta (Perry, 1973).

Abdus y Goodwin (1980) encuentra que uno de los factores más importantes que afecta el vigor de las semillas son las condiciones que prevalecen en el medio cuando se está dando la floración y la fructificación.

Para Phaseolus vulgaris L. cv Apollo se ha encontrado que si la floración y fructificación se da a temperaturas mayores de 30° C se producen semillas que presentan porcentajes de germinación muy bajos y producción de plántulas poco vigorosas. La producción de semillas con alto porcentaje de germinación y gran número de plántulas vigorosas se da cuando la temperatura del medio se encuentra entre 18 y 27° C.

Estudios hechos para Piper ariefianum han demostrado que la defoliación ocasiona la producción de semillas con baja viabili-

dad. Esto repercute finalmente en el número de plántulas que se reclutan (Marquis, 1984).

La sensibilidad de un lote de semillas con respecto a los cambios del medio ambiente puede ser expresado por la variabilidad en la emergencia de las plántulas, encontrándose que a menor variabilidad en la emergencia de las plántulas mayor vigor, y viceversa. Si hay una emergencia muy pobre implica que hay un stress muy severo. Un alto porcentaje de emergencia indica condiciones favorables del medio para la germinación y el establecimiento de las plántulas (Perry, 1973).

Gulliver y Heydecker (1973) proponen que el tiempo requerido para que se de la germinación está frecuentemente enlazado con la uniformidad de la germinación. La tasa de crecimiento de las plántulas puede o no interactuar con la uniformidad en el tiempo de emergencia de las plántulas.

Si 2 poblaciones difieren en su tiempo promedio de germinación, el crecimiento de las plántulas de la población que germinó primero, podría incrementar su ventaja inicial. La población con un largo tiempo promedio de germinación podría tener también baja uniformidad y por lo tanto una emergencia tardía. Esta última puede tener mayores pérdidas que la población que tiene corto tiempo promedio de germinación. Esto se debe a que las plántulas de emergencia temprana pueden restringir progresivamente el suplemento de luz, agua y nutrientes a las plántulas que emergen más tarde (op cit).

Según Gulliver y Heydecker (1973) las diferencias en el tama-

ño de las plantas dentro de una población resulta de 2 procesos latencia "per se" y competencia. Estos 2 procesos generalmente han sido atribuidos a la habilidad inherente de germinar rápidamente y crecer rápidamente debido a la combinación de ciertas características denominadas como vigor. No obstante este término debe ser usado cuidadosamente ya que no puede ser usado como una regla. Un alto grado de uniformidad en la germinación de una población es una ventaja siempre que se tome la explicación de diferencias entre las plantas. Si se usa el término vigor entonces, se tendría que alta uniformidad tiende a indicar muchas plántulas vigorosas en una población. Si la superioridad de la emergencia temprana radica únicamente en la rápida utilización de los recursos del medio, una alta uniformidad en la germinación tiende a reducir las pérdidas que se dan en la emergencia tardía. Esto se debe a que las plántulas que emergen más tarde contribuyen en mínima parte a la población. Sin embargo Sork (1985) en estudios con Gustavia superba encuentra que la variación en la germinación -- "per se" no es suficiente para explicar las diferencias observadas en la abundancia de plántulas en condiciones naturales, y que deben de tomarse en cuenta otros factores que incluyen predación de semillas por parásitos, insectos y vertebrados; además de la variación de las tasas de crecimiento de las plántulas.

El que las semillas sean vigorosas las hace más tolerantes a circunstancias adversas y menos susceptibles al ataque de los patógenos del suelo (Perry, 1973).

- c) Efecto de los nutrientes en el crecimiento de la raíz y el vástago.

Pocas evidencias hay que surgieran que el suplemento externo de minerales sea esencial para la germinación y el establecimiento. Esto se debe a que el embrión y la plántula durante esta etapa se nutren de las reservas maternas. Sin embargo cuando se da la imbibición de las semillas, en el medio se encuentran generalmente iones minerales que pueden afectar la germinación y la extensión de la radícula (Bannister, 1976).

El crecimiento y diferenciación normal de una planta requiere un suministro continuo de minerales que cumplen muy diversas funciones en el metabolismo vegetal. La cantidad de elementos que se requieren para el crecimiento normal de la planta dependen de la especie, de la edad de la planta y de las condiciones de crecimiento (Medina, 1977). El mismo autor establece que "la producción neta de materia orgánica por una planta depende de la proporción de los órganos productores (hojas) y de los órganos consumidores (raíces y tallos)". Por otra parte el crecimiento armónico de la planta requiere el concurso metabólico de todos los órganos que la componen ya que en la planta existe una regulación armónica. La proporción relativa de raíces, tallos y hojas varía según la especie, y también de un individuo a otro dentro de una misma especie; esta variación será de acuerdo a las condiciones de crecimiento que prevalezcan (Medina, 1977).

Existe una cercana coordinación en el crecimiento del vástago y de la raíz. Al parecer existe un regulador del crecimiento (probablemente hormonas) que coordina este último de acuerdo a las condiciones del medio (Caldwell, 1979).

Las raíces llevan a cabo muchas actividades metabólicas comunes a los diferentes tejidos de las plantas. Ellas crecen y se desarrollan, respiran sintetizan y degradan varios componentes. Para Epstein (1972) el papel de las raíces a nivel de absorción de agua y nutrientes ha influenciado profundamente la evolución del sistema radicular como órgano de absorción, considerándolo tan importante como el trabajo llevado por las hojas.

Las raíces absorben de la solución circundante los nutrientes disponibles en forma de iones inorgánicos y pueden trabajar con sustancias del suelo que son relativamente inmóviles (Epstein 1972). La absorción se da a través del íntimo contacto del sistema radicular con los coloides y la solución del suelo. Una vez que los nutrientes han alcanzado las raíces de las plantas su absorción es una combinación de procesos activos y pasivos. (Bannister, 1976; Devlin, 1980; Drew, 1979; Epstein, 1972; Loneragan, 1979).

"La capacidad de absorción de la raíz se define como la tasa de absorción por unidad de raíz medida en condiciones estandar de concentración, temperatura, etc." (Chapin, 1980). La capacidad de absorción de la raíz varía dependiendo de la especie y de las condiciones del medio.

Los principales factores que afectan al crecimiento y funcionamiento de las raíces en el suelo son: temperatura, potencial de agua del suelo, concentración de oxígeno, resistencia mecánica, concentración de iones nutritivos y otros solutos. Para cada uno de estos factores el rango favorable para la actividad metabólica

de las raíces es bastante amplio, ya que las raíces generalmente se encuentran sometidas a un cierto grado de "stress". (Drew, -- 1979).

Los cambios por arriba o por abajo del máximo y mínimo rango de temperatura pueden retrasar la tasa de absorción y transporte de algún ión, además de la permeabilidad al agua (op cit). En general cualquier aumento en la temperatura repercute en una aceleración de la absorción de sales. Sin embargo un aumento en la temperatura por arriba del máximo en lugar de acelerar la absorción salina la retarda y acaba anulando el proceso. Los efectos inhibitorios de las altas temperaturas probablemente son debidas a la deshidratación de las enzimas que repercuten directamente sobre la absorción salina, o bien sobre la síntesis de algún componente indispensable para que la absorción pueda llevarse a cabo (Devlin, 1980).

El crecimiento de la raíz involucra diversos procesos. Cada uno de estos procesos puede responder diferencialmente al medio químico de la solución del suelo que rodea a la raíz. Algunos componentes químicos del medio actúan directamente en el crecimiento de la raíz. Otros actúan indirectamente por afectar el estatus nutricional de la planta como un todo. Generalmente aquellos factores del medio químico que afectan directamente el crecimiento de la raíz también pueden afectar drásticamente la absorción de iones. (Drew, 1979; Loneragan, 1979).

En respuesta a una baja disponibilidad de nutrientes las reservas son asignadas hacia el crecimiento de la raíz a expensas

del crecimiento del vástago. El efecto compensatorio de incrementar la capacidad de absorción de la raíz no compensa completamente la baja disponibilidad de nutrientes, encontrándose que la concentración y la cantidad total de nutrientes absorbidos por la planta generalmente decrecen con el decremento en la disponibilidad de nutrientes. El mecanismo por el cual la planta incrementa la proporción raíz/vástago en respuesta a un bajo estatus de nutrientes permanece poco clara (Chapin, 1980).

Las raíces de las plantas explotan zonas de alta concentración de agua y nutrientes. La localización se da por la proliferación y crecimiento de raíces laterales (Centros de reasignación de absorción) evitando así las zonas de baja disponibilidad de agua y nutrientes. Este crecimiento es combinado con un decremento en la asignación hacia otras partes de la raíz y/o de la planta. Así se encuentra que la tasa de nuevo crecimiento de raíz es de la magnitud apropiada para satisfacer los requerimientos de nutrientes y absorción de agua que la planta requiere; de tal manera que el crecimiento de la raíz no es uniforme y se da en micrositios específicos (Caldwell, 1979; Chapin, 1980).

Es importante distinguir entre los efectos directos sobre el comportamiento de la raíz y los efectos determinados por la respuesta del vástago y su control sobre la actividad de las raíces. Cambios transitorios en el transporte de iones hacia el xilema pueden suceder como una respuesta al stress de agua sufrida por el vástago, sin afectar directamente a las raíces (Pitman et al., 1974 en Drew, 1979). La temperatura del medio donde se encuentra la raíz afecta la síntesis de hormonas de la raíz afectando el crecimiento del vástago.

En Phaseolus vulgaris tratamientos de calor en la raíz (46-47°C por 2 min) desencadena cambios en los patrones hormonales - que repercuten en el crecimiento del vástago (Itai et al., 1973 - en Drew, 1979).

Alta concentración de nutrientes en el medio favorece el desarrollo de una alta capacidad de absorción de las raíces. Como se puede esperar hay una rápida acumulación de biomasa en la planta, que se manifiesta en un rápido crecimiento de ésta y una proporción raíz/vástago menor. La demanda del vástago es particularmente importante en determinar la capacidad de absorción de las raíces (op cit).

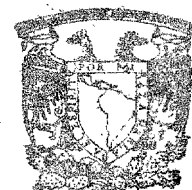
Es poco claro si el realce de la absorción por el rápido crecimiento de la planta resulte de:

- a) tasa de fotosíntesis más rápida, traslocación de azúcares a la raíz más rápida y mayor respiración de las raíces.
- b) Incremento en la demanda de nutrientes por el vástago, mayor traslocación de nutrientes inorgánicos por la raíz y consecuentemente liberación de procesos de absorción inhibitorios (feedback).
- c) mayor síntesis de acarreadores en la raíz (Chapin, 1980).

Las diferentes formas de asignar las reservas a las distintas partes de la planta dependerán de las condiciones micro y macro ambientales que se estén generando, y de la especie que los esté experimentando.



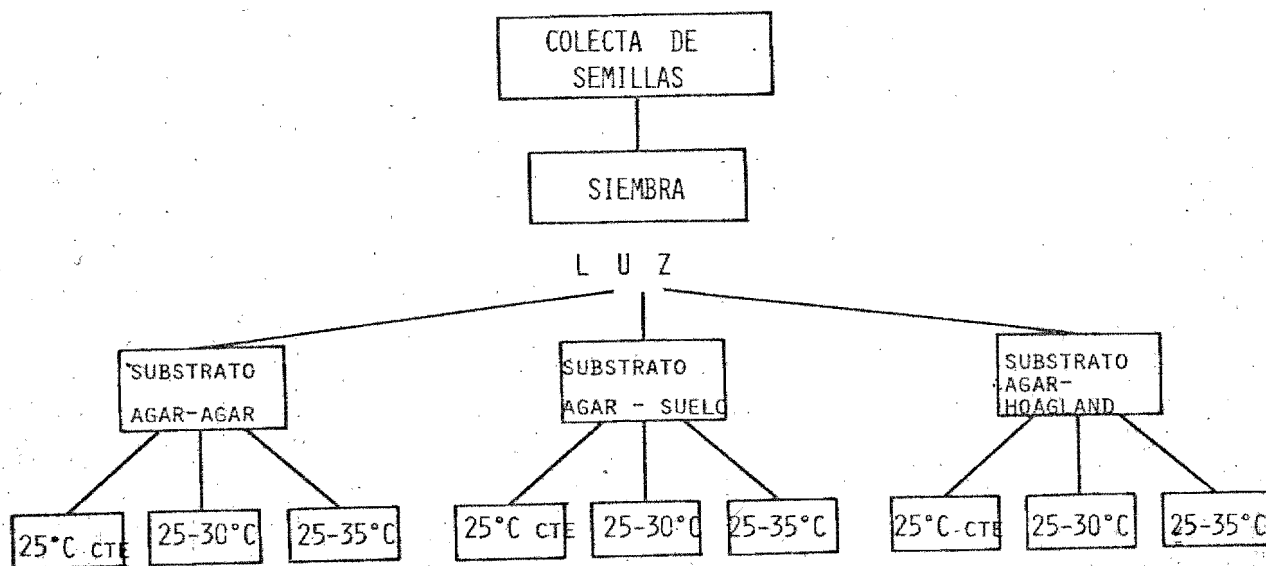
Para las especies colonizadoras los claros son sitios con una gran disponibilidad de recursos. Esto permite que ellas aseguran en buena parte el establecimiento y reclutamiento de plántulas (Denslow, 1980; Sork, 1986). La localización de una plántula en un claro indudablemente debe afectar la forma en que ella responde a las condiciones del medio. Se espera que las plántulas que están en zonas de altos pulsos de liberación de nutrientes (en el mismo claro) sean capaces de usar la disponibilidad de -- energía luminosa más "eficientemente" que aquellas que lo experimentan en forma más restringida. El incremento en la tasa de crecimiento relativo que debe de ocurrir con la liberación de recursos puede ser experimentada diferencialmente por las diferentes partes de la planta. Una alta asignación de recursos a la raíz -- puede ser más ventajosa en ciertas situaciones, mientras que en otras situaciones la mayor asignación a la formación de hojas -- puede ser mejor (Bazzaz, 1984).



BIBLIOTECA  
CENTRO DE ECOLOGIA

### III.- MATERIAL Y METODO

#### 1) Diagrama de trabajo



#### 2) Colecta del material utilizado

Se utilizaron semillas de 3 especies. Cecropia obtusifolia, Piper auritum y Piper aequale. Las semillas fueron colectadas en la estación de Biología "Los Tuxtlas" (Veracruz). La colecta se hizo directamente de los individuos., esta colecta se hizo por lo menos a partir de 3 individuos. Una vez que se habían colectado las semillas se guardaron en bolsas de papel y posteriormente fueron almacenados en frascos en la oscuridad a temperatura ambiente. Las semillas de las Piperaceas fueron colectadas en el primer tercio de 1985. C. obtusifolia fue colectada en octubre de 1984.

## 3) Material Biológico

| CARACTERÍSTICAS.                                 | CECROPIA OBTUSIFOLIA   | PIPER AURITUM  | PIPER AEQUALE  |
|--|--|--|--|
| Forma de vida                                    | árbol dioico de 30 años de vida<br>20-30m                    | árbol de vida corta x 15 - años.<br>5-8m               | arbusto<br>≈ 2 m.  |
| Lugar en donde se encuentra                      | claros grandes<br>100 m <sup>2</sup>                         | lugares abiertos poco abundante en claros naturales    | interior de la selva y claros pequeños                             |
| Producción de semillas                           | abundante y continua   | abundante y continua                                   | No hay 1 período definido. - c/individuo -- tiene 1 período anual. |
| Dispersión                                       | aves y murciélagos   | aves y murciélagos                                     | ?  |
| semillas óptimo de germinación                   | fotoblásticas con alta reversibilidad<br>20 a 26°C +Luz      | fotoblásticas alta reversibilidad<br>26°C + Luz        | fotoblásticas<br>26°C + Luz  |
| germinación oscuridad                            | No   | No   | No   |
| germinación rojo lejano                          | No   | No   | No   |
| viabilidad en el tiempo                          | variable desde 1% a 50% en semillas enterradas aprox. 1 año. | la pierde gradualmente con el tiempo de enterramiento. | larga  |
| necesidades más importantes para la germinación. | calidad y tiempo de exposición a la luz                      | calidad y tiempo de exposición a la luz                | tiempo de exposición a la luz                                      |
| Germinación dentro de la selva                   | No generalmente. Cuando lo llegan a hacer no se establecen   | No. cuando sucede las plántulas no se establecen.      | sí   |

(Para mayor información ver Alvarez-Buylla, 1986; Bosch & Vázquez-Yanes, 1985; Estrada et al., 1984; Guevara, 1986; López-Quiles & Vázquez-Yanes, 1976; Orozco Segovia 1986; Orozco-Segovia & Vázquez

Yanes, 1982; Pérez-Nasser, 1985; Vázquez-Yanes, 1976; 1979; -  
Vázquez Yanes & Smith, 1982; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia,  
1985; Vázquez Yanes & Guevara, 1985).

4) Pruebas de germinación.

Las pruebas de germinación fueron llevadas a cabo en cá-  
maras de crecimiento Conviron de Controlled Environments y -  
Biotronette de Lab-Line.

Las semillas se pusieron a germinar en cajas de petri -  
sobre 25 ml de medio de cultivo. Se sembraron 50 semillas por  
caja y se hicieron 6 replicas de cada tratamiento para cada -  
especie. Se utilizaron 3 medios de cultivo:

- a) bacto agar difco (10 gr/l.) en agua destilada.
- b) Bacto agar difco (10 gr/l.) en solución de suelo. Esta  
solución se hizo de la siguiente manera. 300 gr. de -  
suelo de "Los Tuxtlas" esterilizado a 80°C por 48 ho-  
ras. Se diluye el suelo en 500 ml de agua destilada. -  
La muestra se homogeiniza, se deja decantar y se fil-  
tra.
- c) bacto agar difco (10 gr/l.) en solución de Hoagland -  
(Hewitt, 1966).

Las condiciones de temperatura para las semillas sem-  
bradas en los 3 substratos fueron:

- a) 25°C constantes
- b) Oscilación térmica de 25-30°C. El incremento y el des-  
censo de la temperatura se hizo en forma gradual: 07 -

hrs. 25°C; 09 hrs. 26°C; 11 hrs. 30°C; 15 hrs. 27°C  
17 hrs- 26°C y 19 hrs 25°C.

c) Oscilación térmica de 25-35°C. El incremento y el descenso de temperatura se hizo en forma gradual: 08 hrs. 25°C; 10 hrs. 27°C; 12 hrs. 30°C; 14 hrs. 35°C; 16 hrs. 30°C; 18 hrs. 27°C 20°C 25°C.

Para las 3 condiciones de temperatura el fotoperíodo fue de 12 hrs. y las horas luz siempre coincidieron con el incremento de la temperatura (de 7 a 19 hrs.). La intensidad luminosa fue la misma para todos los casos.

La humedad se conservó introduciendo las cajas petri, en cajas de acrílico transparente con papel filtro humedo y sellando las cajas con maskintape.

La germinación se registró diariamente y posteriormente se determinó el número de plántulas establecidas y las no establecidas.

#### 5) Determinación del vigor.

Las plántulas obtenidas en los tratamientos antes descritos se marcaron desde el momento de la emergencia de la radícula y se dejaron crecer por 48 días en el caso de P. aequale, 45 días en el de P. auritum y 19 días en el caso de C. obtusifolia. Las plántulas eran cosechadas medidas y pesadas para posteriormente meterlos a secar en un horno de secado Riossa por 72 hrs.

Los parámetros considerados para determinar el vigor fueron: número de raíces, número de hojas, tamaño de la raíz más larga, tamaño de la parte aérea y peso seco.

6) Análisis de datos.

Los datos de germinación fueron analizados como sugiere Come (1968) definiendo los siguientes parámetros:

- a) Capacidad de germinación.- Porcentaje de semillas capaces de germinar dentro de condiciones bien definidas.
- b) Coeficiente de velocidad de Kotowski (c.v.).- Este coeficiente se expresa por la integración de los tiempos de germinación de cada semilla (el día de siembra se toma como el día cero).

$$c.v. = (\sum n / \sum (n \times j_n)) 100$$

donde "n" es el número de semillas que germinan el día "j<sub>n</sub>" y j<sub>n</sub> es el número de días después de la siembra.

- c) Tiempo de latencia (TL) es el tiempo necesario para que la germinación se manifieste.
- d) T de CG.- Es el tiempo necesario para obtener el máximo porcentaje de germinación en condiciones controladas.
- e) El registro diario de la germinación se utilizó para hacer las gráficas de porcentaje de germinación diario y acumulado.

Los datos de capacidad y velocidad de germinación fueron sometidos a un análisis de varianza factorial (haciendo sus respectivas transformaciones a arc sen) para conocer el efecto

de los factores y su interacción. Posteriormente se hicieron pruebas de comparación múltiple de medias (LSD; SNK; Scheffe y Tukey).

De la misma manera fueron trabajados los datos de los diferentes parámetros tomados para las plántulas. El número de hojas y el número de raíces fueron transformados (arc sen) para cumplir con los requisitos del análisis de varianza.

Para conocer el efecto de los diferentes tratamientos de temperatura y medio sobre la mortalidad de plántulas. Se hizo una prueba de "G" (Sokal & Rohlf, 1969). Esta prueba permitió conocer si había independencia entre los factores o bien si había interacción entre ellos.

El índice de vigor se hizo tomando los resultados de las pruebas de comparación múltiple (apéndice tabla 9). Para cada uno de los parámetros medidos en las plántulas (NoR; -- No.H; TAM.R.; TAM.A y Peso seco) se asignaron valores (1 a 3) de acuerdo a la separación que hicieron las pruebas de comparación de medias (número 1 valores más bajos, número 3 valores más altos). Posteriormente se sumaron los valores asignados a cada parámetro y se obtuvo el índice de vigor para los diferentes tratamientos.

## IV. RESULTADOS

Cecropia obtusifolia

La capacidad de germinación no se ve afectada por los diferentes tratamientos de substrato y temperatura. El tiempo de latencia (TL) no se ve afectado por los tratamientos. La diferencia obtenida en el tiempo necesario para obtener el máximo porcentaje de germinación (T de CG) fue muy pequeño (3 días) (apéndice tabla 1, ver gráficas de porcentaje diario y acumulado 1 a 9). En cuanto a la velocidad de germinación ("CV") no se encuentran efectos de interacción entre los factores (apéndice tabla 3). Los valores más altos para el coeficiente de velocidad se encuentran en el tratamiento agua 25°C constantes (AC), agua 25-30°C (AF1) y Hoagland con los 3 tratamientos de temperatura (HC, HF1 y HF2). Los grupos restantes presentan valores de velocidad más bajos que los grupos que se mencionaron anteriormente. Sin embargo estas diferencias carecen de importancia ecofisiológica.

Con respecto a las plántulas se encuentran que para el número de raíces, número de hojas y tamaño aéreo hay interacción entre los factores. Para el tamaño de la raíz y el peso seco no hay efectos de interacción (apéndice tabla 8). El índice de vigor -- muestra que la temperatura que más favorece el vigor de las plántulas es la fluctuación de temperatura de 25-30°C para los 3 diferentes substratos. En segundo lugar se encuentra la fluctuación de temperatura de 25-35°C y finalmente la temperatura constante, sin embargo las diferencias encontradas entre estas dos últimas temperaturas es mínima y puede ser considerada como nula. El vi-



gor más alto para todos los tratamientos de substrato y temperatura fue para el tratamiento de Hoagland con la temperatura de 25-30°C (HFI) (apéndice tabla 10).

En cuanto al número de plántulas que se establecieron se encuentra que hay interacción entre los factores (apéndice tabla - 11). El porcentaje en que se dió el menor número de plántulas establecidas (porcentaje de mortalidad) se da en la temperatura -- constante para los 3 diferentes medios de cultivo (apéndice tabla 12).

Piper auritum

En la capacidad de germinación se encuentra que hay interacción entre el factor temperatura y substrato. El tratamiento que presentan la capacidad germinativa más alta es para el grupo agar-agar con la fluctuación de temperatura de 25-30°C (AF1). Aunque los tratamientos restantes difieren significativamente del grupo AF1 podemos decir que no son capaces de afectar la capacidad germinativa (CG) ya que estas no son menores del 75%. El "TL" vario muy poco con los diferentes tratamientos (2 días), sucediendo lo mismo para el T de CG (apéndice tabla 1, 2 y 3. gráficas porcentaje diario y acumulado 1 a 9). No se encuentran efectos de interacción para el "CV", aunque ambos factores sean significativos (apéndice tabla 3). Los tratamientos que presentan el "CV" más alto son el substrato agar-agar con los 2 tratamientos de temperatura fluctuante (AF1 y AF2) y el substrato agar-Hoagland con los 2 tipos de fluctuación de temperatura (HF1 y HF2). Los grupos restantes presentan una velocidad de germinación más baja sin embargo no son de importancia ecológica (apéndice tabla 1 y 5).

En cuanto a las plántulas se encuentra que hay interacción entre los factores para los parámetros de número de raíces, número de hojas, tamaño de la raíz y tamaño aéreo. Para el peso seco no hay efectos de interacción (apéndice tabla 8). El índice de vigor (tabla 9 y 10) muestra que los tratamientos de temperatura de 25°C constantes y 25-30°C favorecen el vigor de las plántulas para los 3 diferentes substratos. En el tratamiento de temperatura de 25-35°C las plántulas mostraron el vigor menor; esto se repite para los 3 tipos de substrato. Los tratamientos en los que las plántulas

tulas mostraron el vigor más alto fue para el substrato de agar-Hoagland con la temperatura de 25°C constantes y la fluctuación de 5°C (grupo HC y HF1).

Con respecto al número de plántulas que se establecen el valor estadístico G muestra que hay interacción entre los factores (tabla 11). La tabla 12 muestra que no hay diferencias claras entre los diferentes tratamientos para afectar el establecimiento de las plántulas.

### Piper aequale

Para la capacidad de germinación (CG) se encuentra que hay interacción entre los factores (apéndice tabla 2). Los grupos que presentan el más alto CG son: tratamiento agar-agar con la temperatura de 25°C constantes y la fluctuación de 5°C (AC y AF1) y el tratamiento agar-suelo con la temperatura constante. El tratamiento de Hoagland con la temperatura de 25-35°C mostró la capacidad de germinación más baja (43.26%). Esto sugiere que la interacción de los factores fue antagónica. El TL presentó diferencias casi nulas (2 días) y lo mismo sucedió para el T de CG (3 días) (apéndice tabla 1 y gráficas de porcentaje de germinación diario y acumulado 1 a 9). Con respecto al "CV" no hay interacción entre los factores (apéndice tabla 3). Los tratamientos que mostraron el "CV" más alto son el substrato de suelo con las temperaturas de 25°C constantes, este último coincide en presentar el menor T de CG. Sin embargo las diferencias que se encuentran con los tratamientos restantes (excepto HF2) carecen de importancia biológica (apéndice tabla 1 y 3).

Para las plántulas se encontró que en el número de hojas, tamaño de la raíz y tamaño aéreo hay interacción entre los factores. Para el número de raíces y el peso seco no hay efectos de interacción (apéndice tabla 8). El valor más alto del índice de vigor se encontró siempre a la temperatura de 25-30°C para los 3 tipos de substrato. El tratamiento de temperatura en donde el vigor de las plántulas resultó ser menor fue en la fluctuación de 10°C independientemente del tipo de substrato (apéndice tabla 10). El vigor más alto para todos los tratamientos de vigor y temperatura

fue para el tratamiento de Hoagland con la fluctuación de temperatura de 5°C

En cuanto al número de plántulas que se establecen se encuentra que hay interacción entre el substrato y la temperatura (apéndice tabla 11). De estos resultados lo único que se observa claramente es que en el tratamiento de Hoagland con la fluctuación de 10°C (HF2), se da el menor número de plántulas establecidas. Es importante hacer notar que en el tratamiento HF2 se encontró la menor capacidad de germinación y la mayor mortalidad.

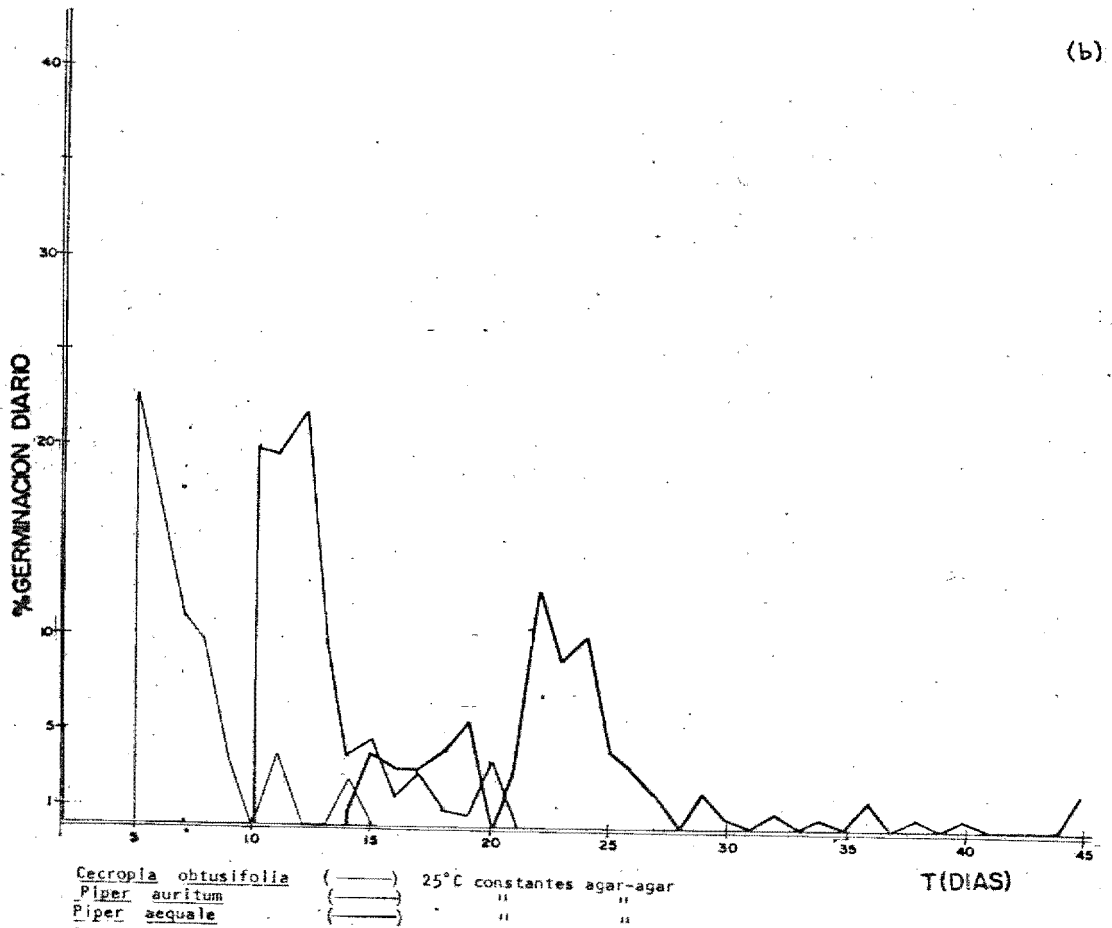
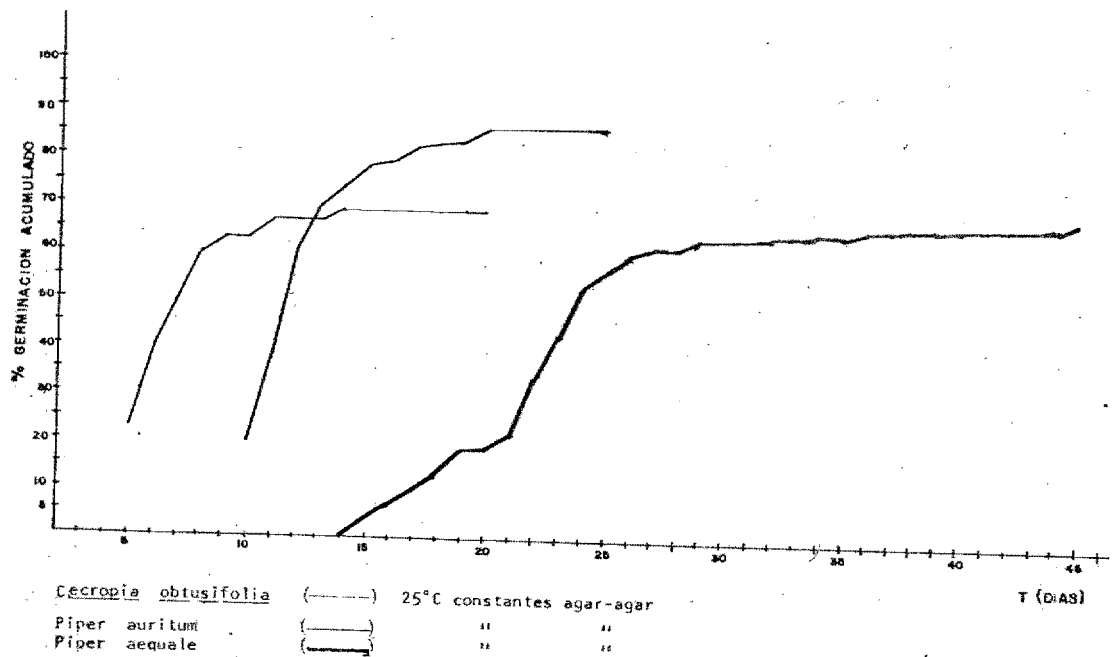


Fig. 1.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-agar a la temperatura de 25°C constantes en las 3 especies estudiadas.

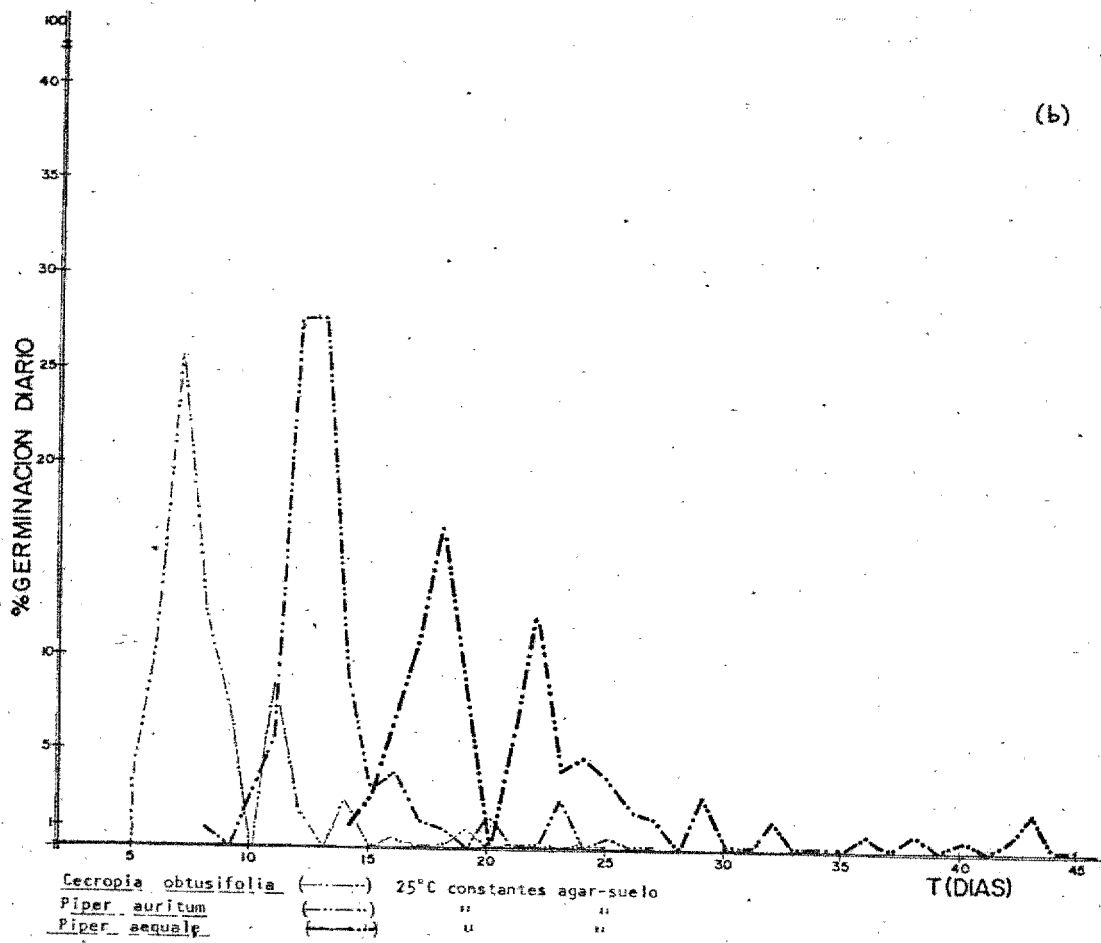
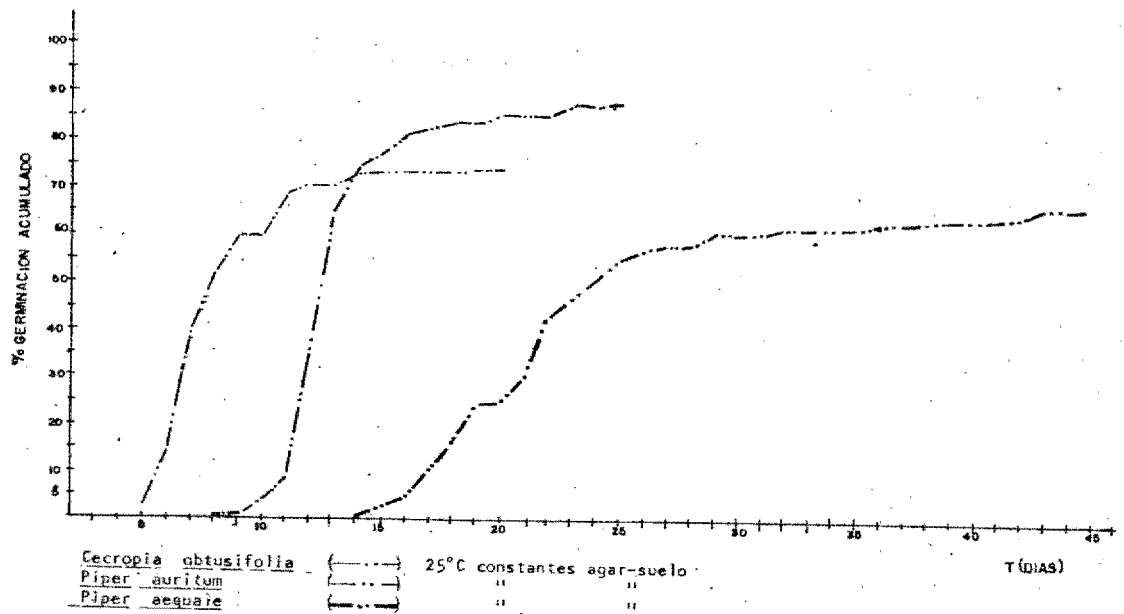


Fig. 2.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el sustrato agar-suelo a la temperatura de 25°C constantes en las 3 especies estudiadas.

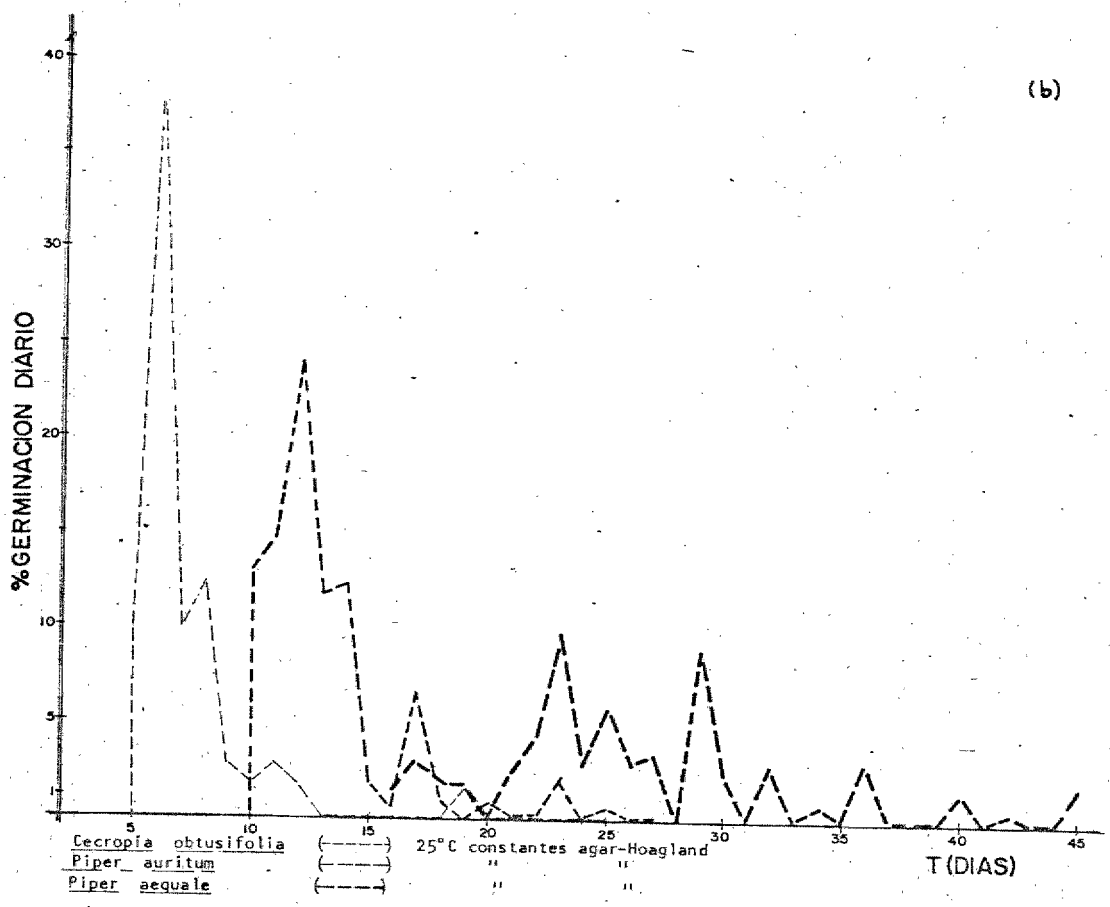
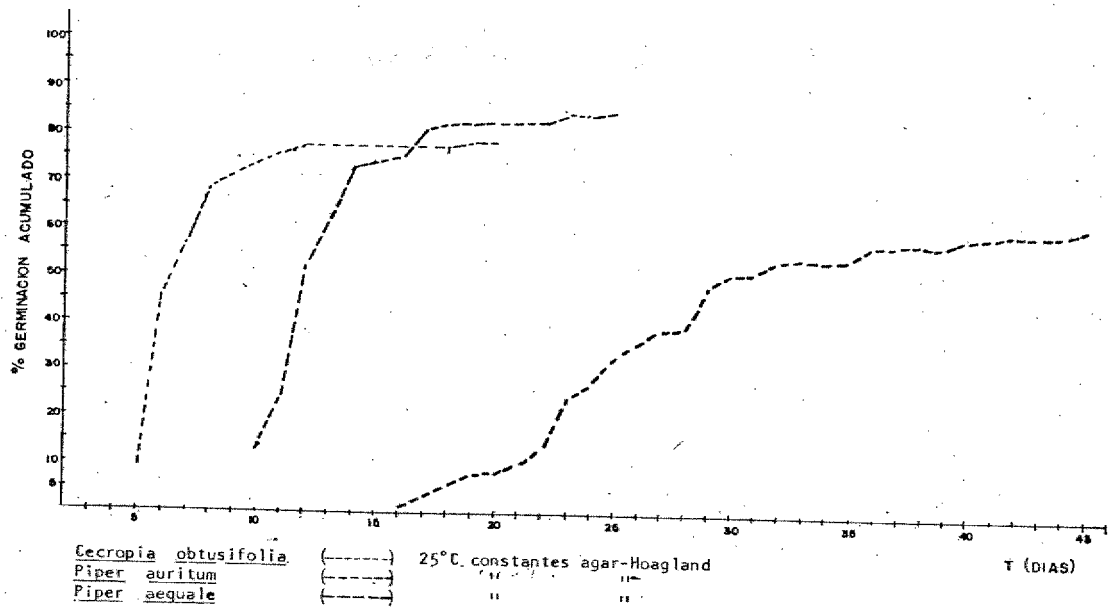


Fig. 3.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-Hoagland a la temperatura de 25°C constantes en las 3 especies estudiadas.



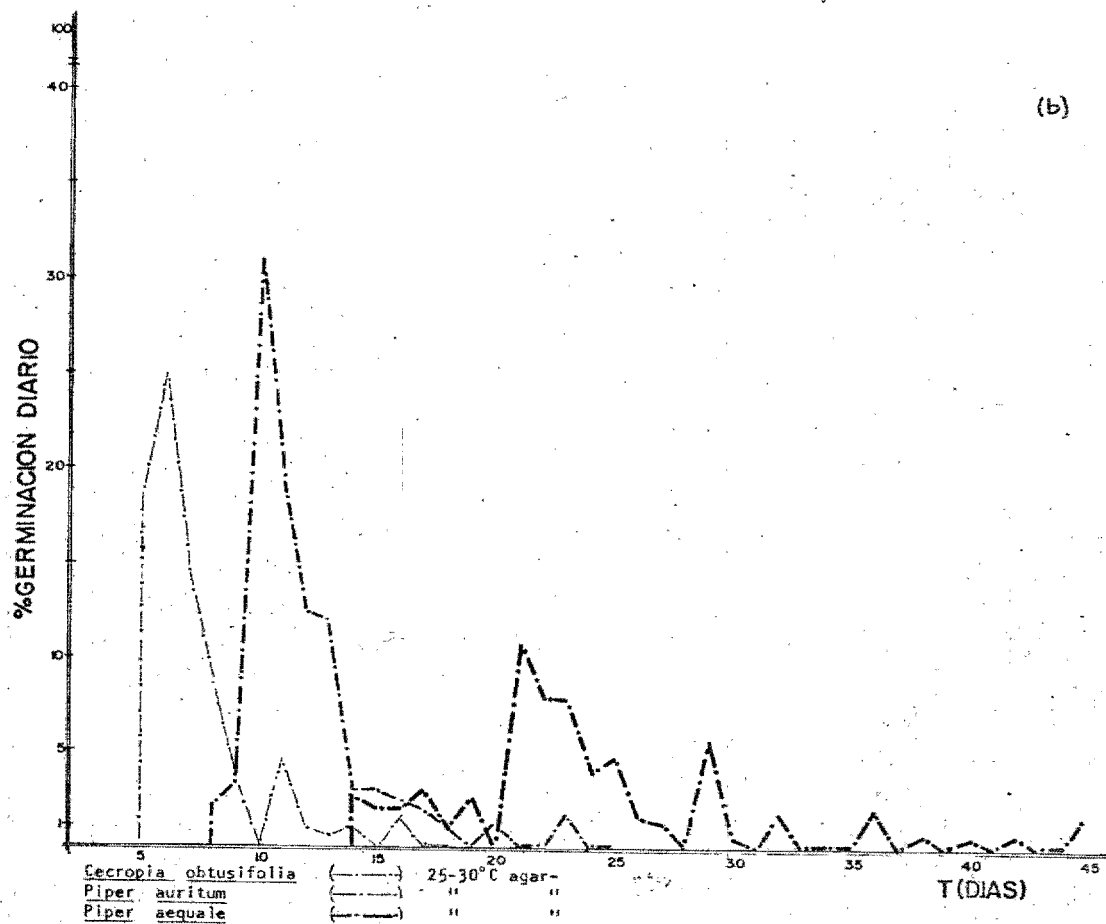
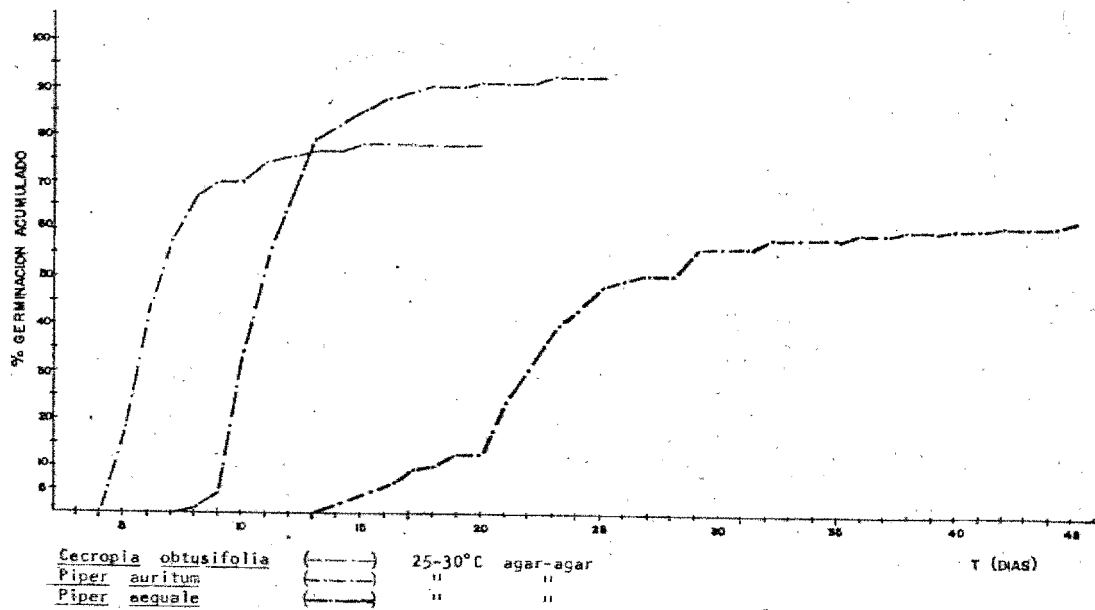


Fig. 4.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-agar a la oscilación de temperatura de 25-30°C en las 3 especies estudiadas.

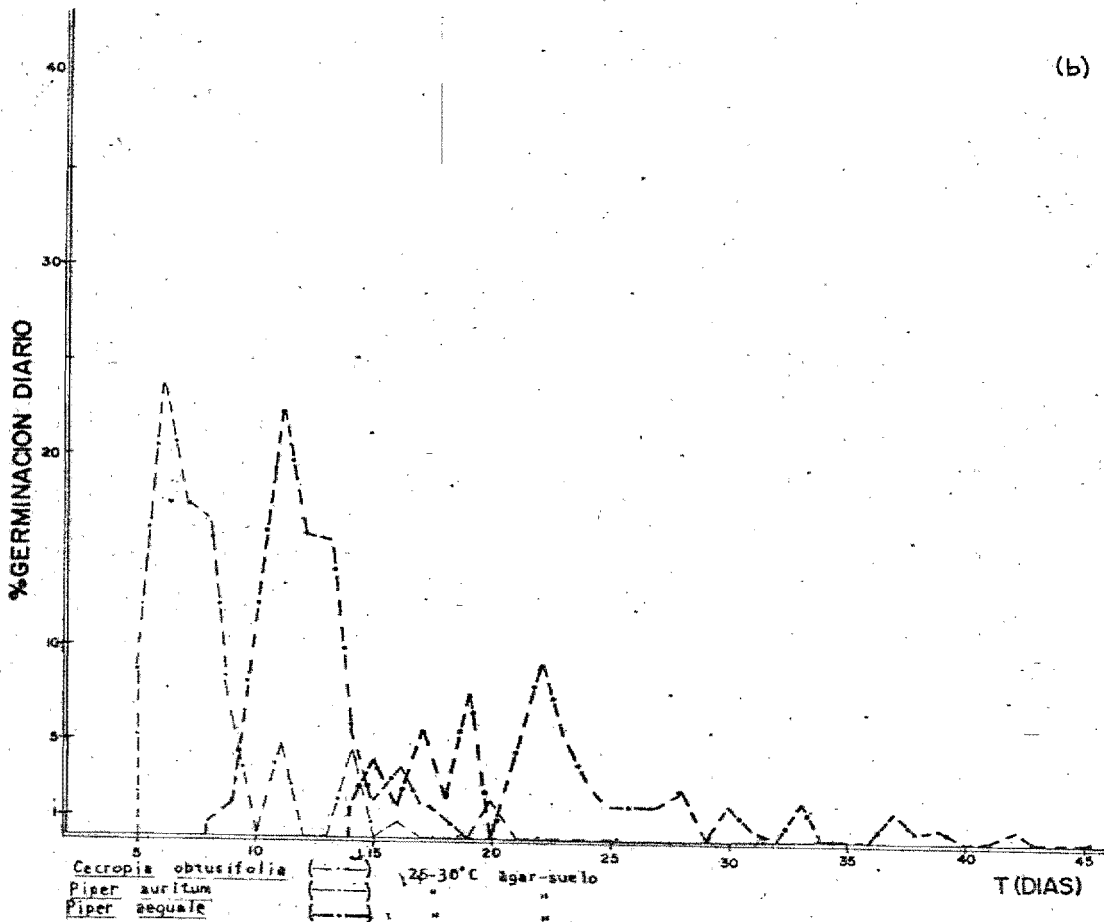
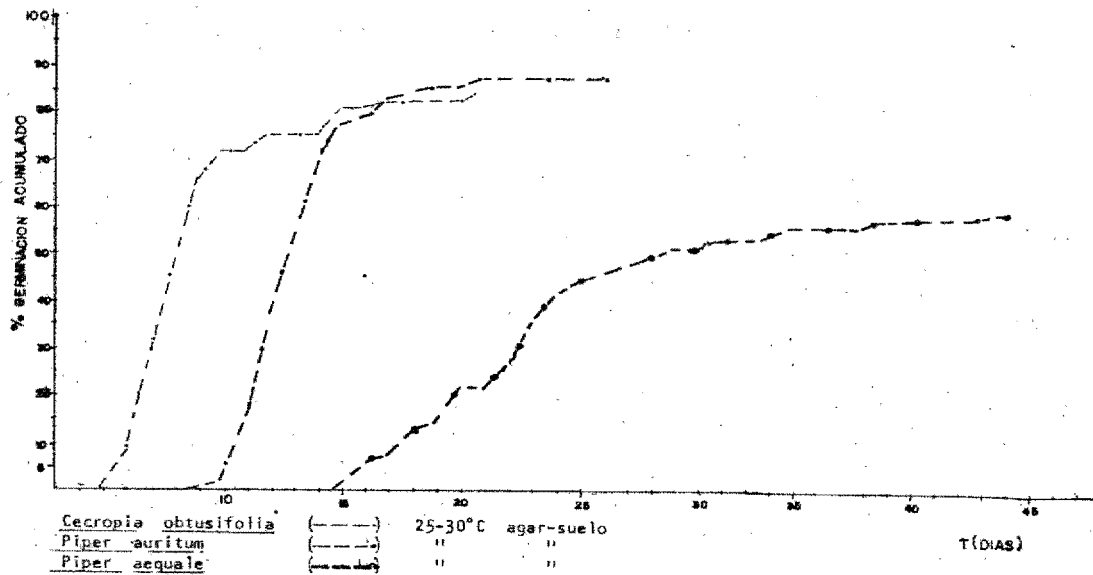


Fig. 5.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-suelo a la oscilación de temperatura de 25-30°C en las 3 especies estudiadas.

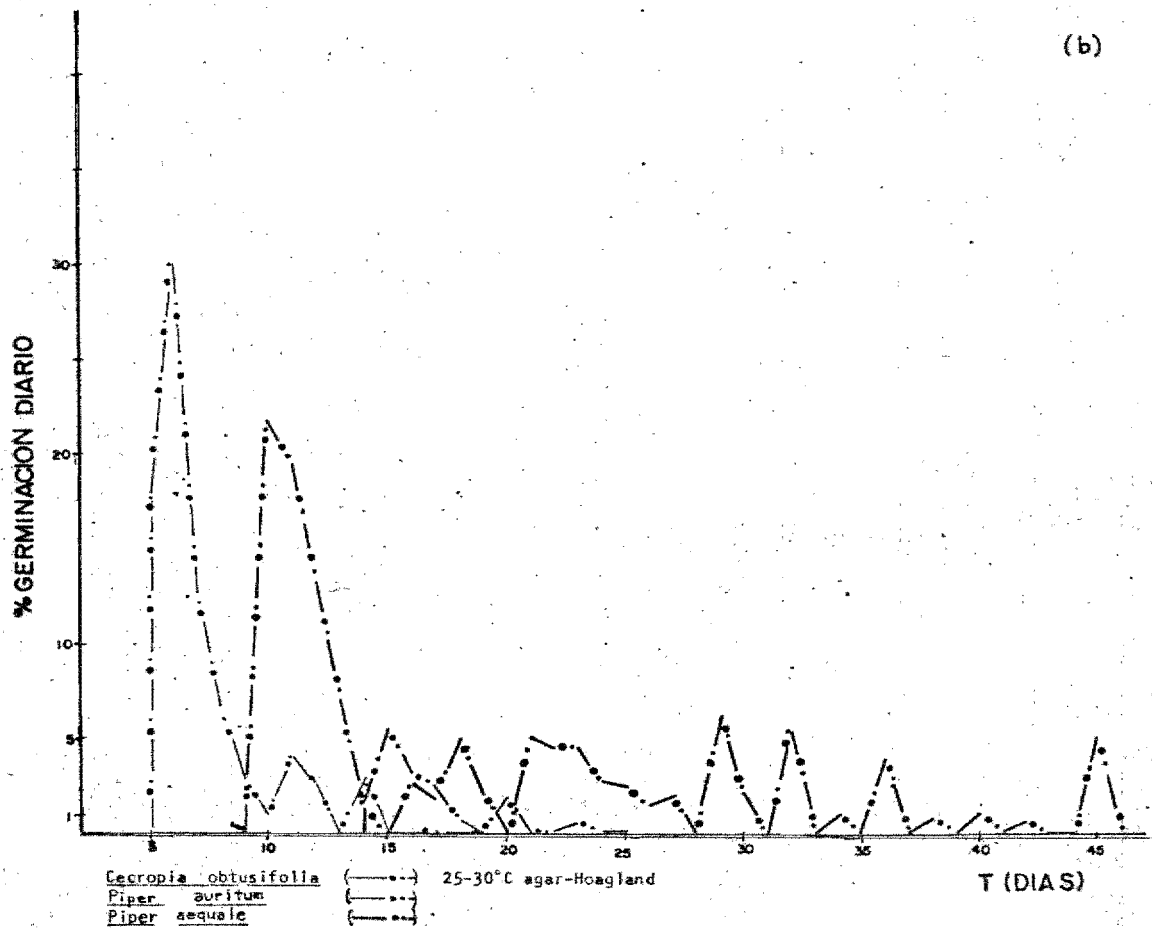
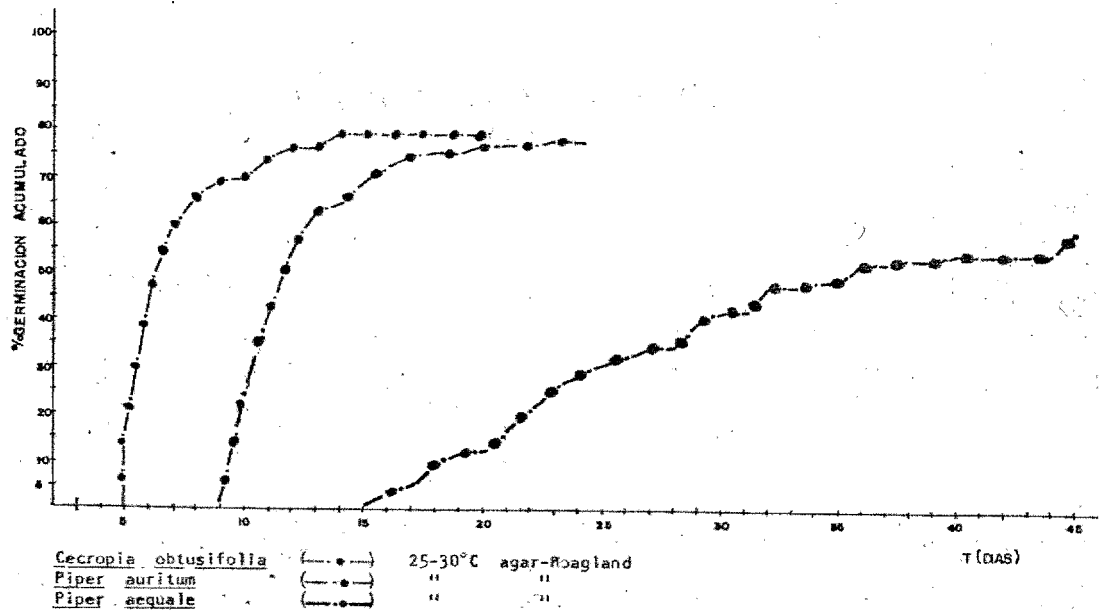


fig. 6.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el sustrato agar-Hoagland a la oscilación de temperatura de 25-30°C en las 3 especies estudiadas.

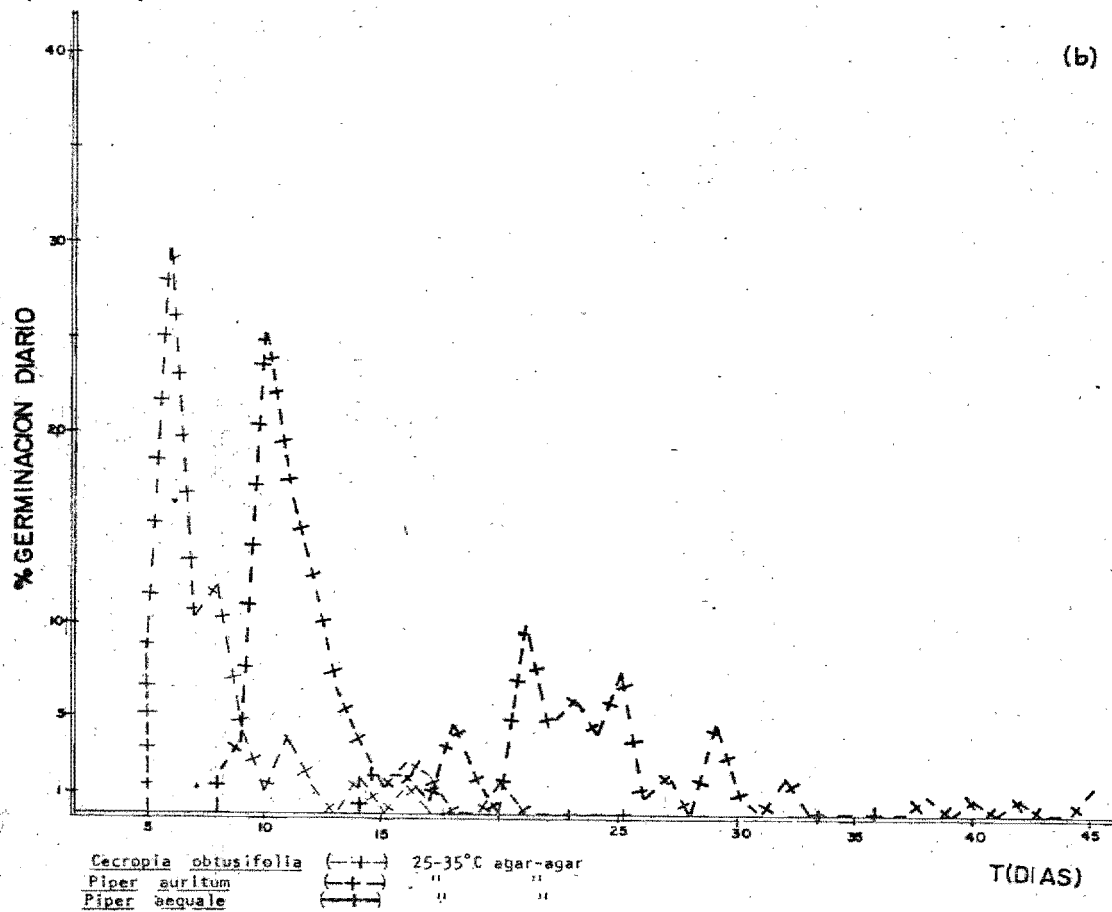
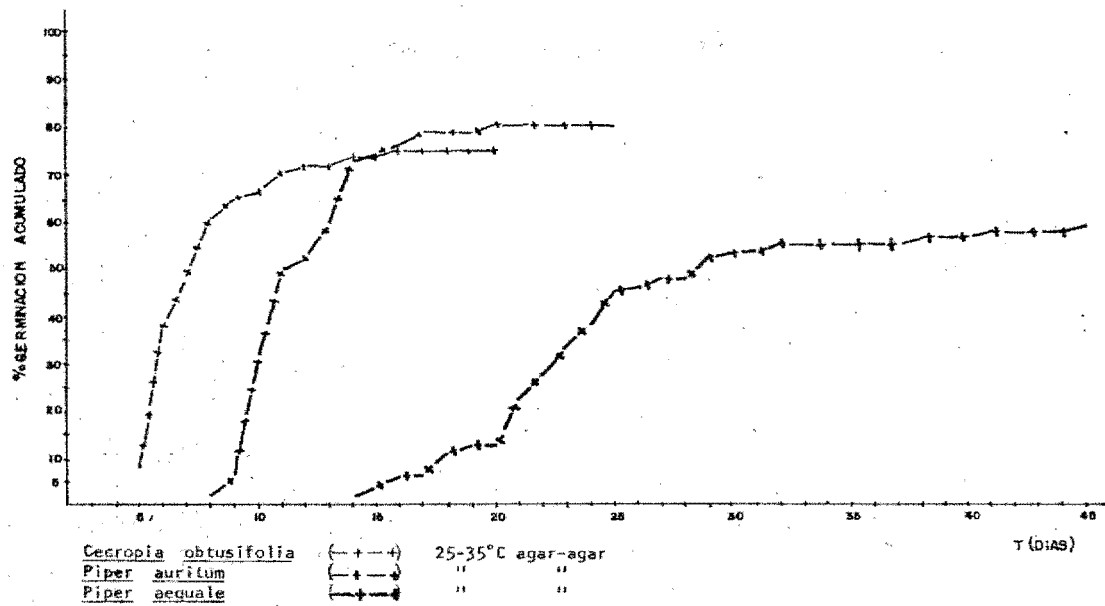


Fig. 7.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-agar a la oscilación de temperatura de 25-35°C en las 3 especies estudiadas.

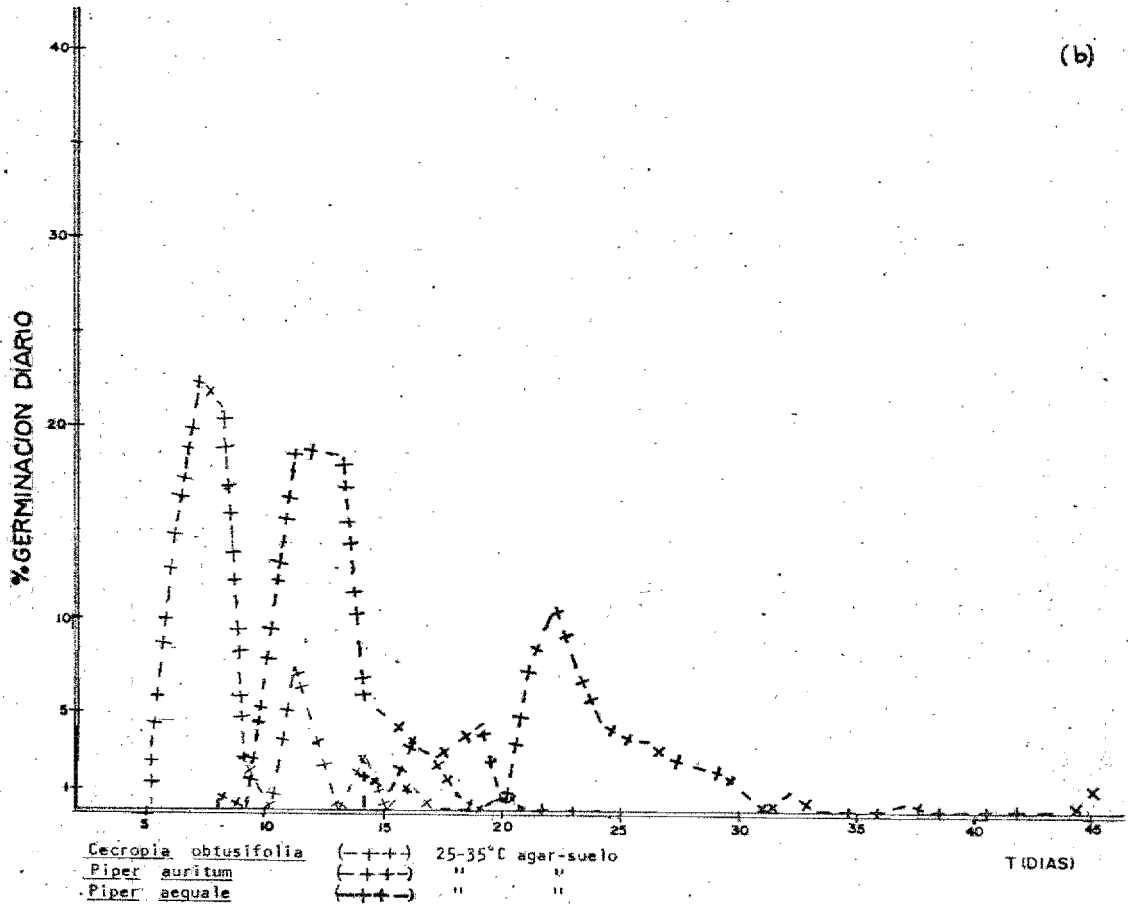
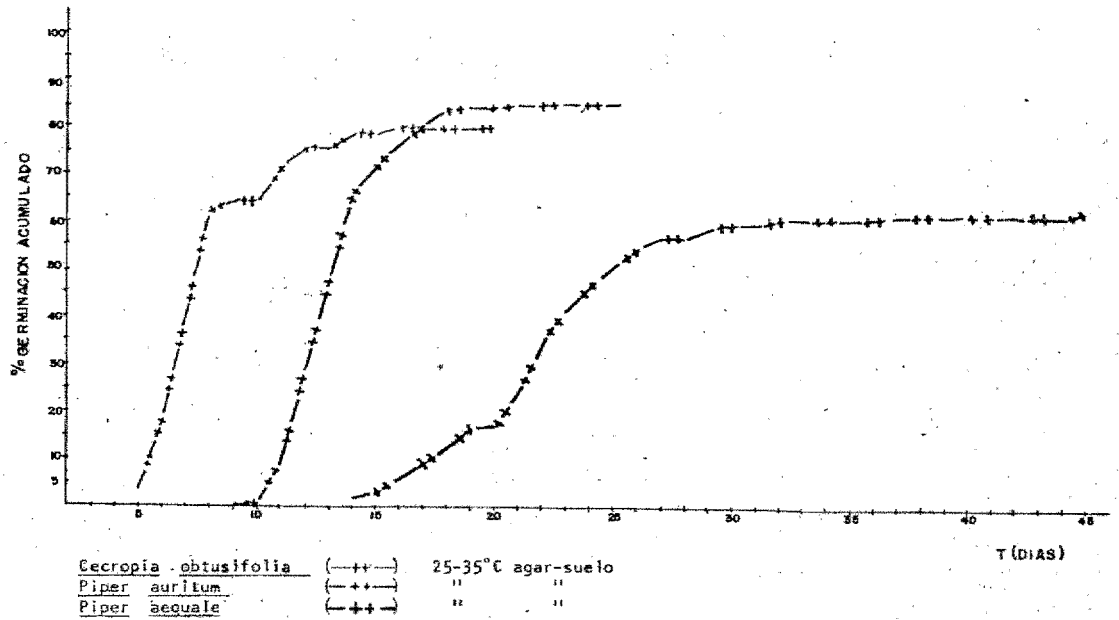


Fig. 8.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-suelo a la oscilación de temperatura de 25-35°C en las 3 especies estudiadas.

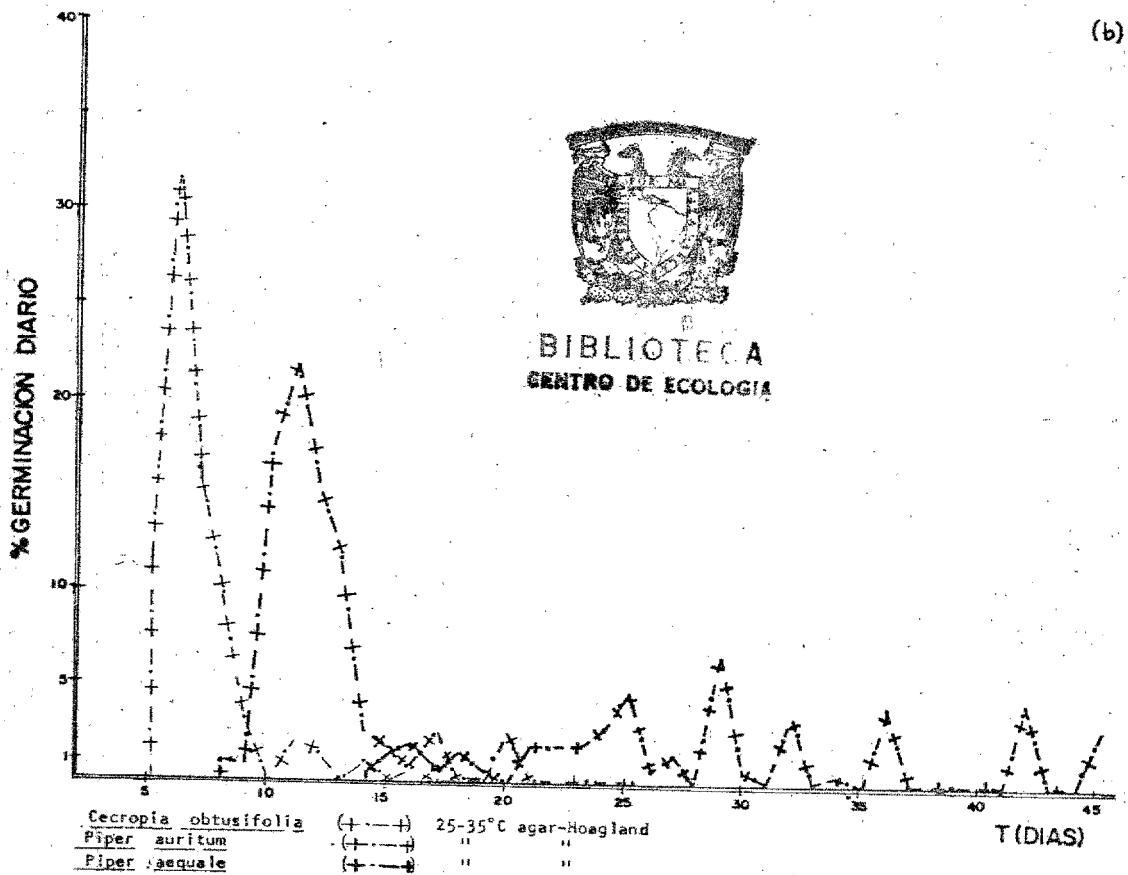
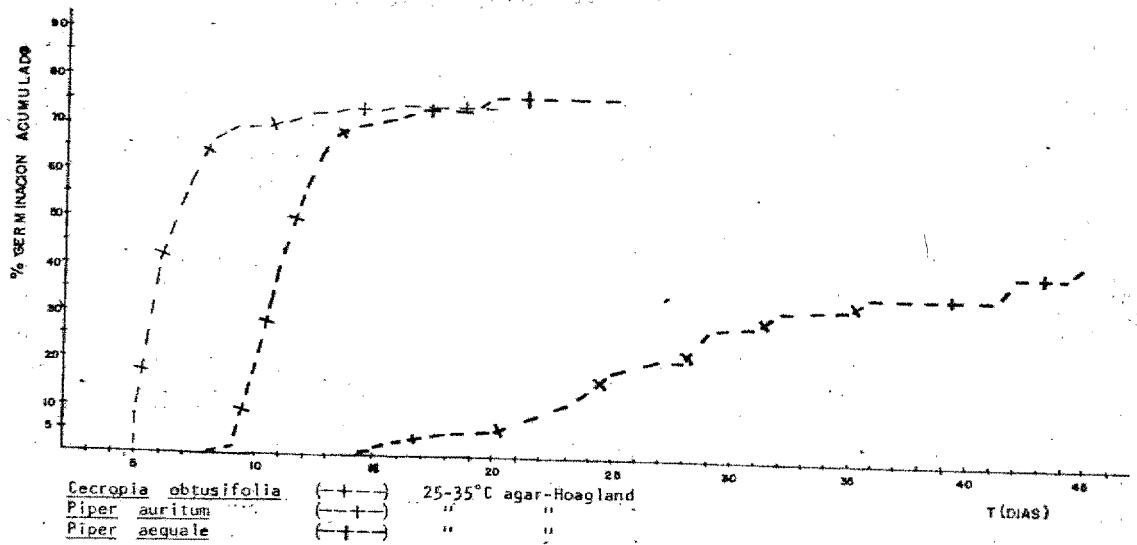


Fig. 9.- Porcentaje de germinación acumulado (a) y diario (b) para el substrato agar-Hoagland a la oscilación de temperatura de 25-35°C en las 3 especies estudiadas.

## V. DISCUSION

Los resultados que se obtuvieron para la capacidad de germinación en las especies estudiadas presentan diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, de los resultados no emerge un patrón de comportamiento claro que nos indique cuál fué el efecto real de la temperatura y el medio sobre la germinación de estas especies.

Algunos datos, como la capacidad germinativa de P. aequale en HF2, sugieren un efecto de la temperatura (25-35° C) en combinación con los nutrientes de la solución de Hoagland; sin embargo, el desconocimiento de la concentración de los nutrientes en la solución de suelo y el comportamiento azaroso de la temperatura en los otros tratamiento aplicados a esta especie impiden darle una adecuada interpretación de índole ecofisiológica.

Sin embargo, los resultados sugieren que para P. auritum y C. obtusifolia ni las condiciones nutricionales del del substrato ni las fluctuaciones de temperatura utilizadas tienen un efecto drástico sobre la capacidad germinativa.

La velocidad de germinación se define como el lapso de tiempo que transcurre desde el inicio de la germinación en una muestra de semillas hasta que la última semilla viable ha germinado (Vázquez-Yanes, 1976). Salisbury (1929) (en Vázquez-Yanes, op cit) y Salisbury, 1961 (en Roberts, 1972) propone que el comportamiento germinativo puede presentar 3 formas de velocidad de germinación diferentes.

- a) quasi simultáneo o abrupto.- Germinación que presenta una distribución uni-modal en el tiempo de germinación con un pequeño coeficiente de variación (germinación de todas las semillas viables en pocos días.
- b) continua.- Distribución unimodal con un alto coeficiente de variación (la germinación se produce ininterrumpidamente en un período de semanas o meses).
- c) intermitente.- Distribución multimodal en el tiempo (la germinación se produce irregularmente en un intervalo de días o semanas.

De las especies utilizadas en este trabajo 2 de ellas C. obtusifolia y P. auritum presentaron un comportamiento germinativo quasi simultáneo. Cabe mencionar que ninguno de los tratamientos de substrato y temperatura afectó el comportamiento germinativo de las especies (gráficas 1 a 9), por lo que las diferencias de velocidad que se presentaron entre los tratamientos carecen de importancia ecológica. Donde realmente existen diferencias importantes, es en la velocidad de germinación entre las especies. Tanto la baja velocidad de germinación de P. aquale como su requerimiento de varios días de exposición a la luz ya habían sido reportados previamente (Vázquez-Yanes, 1976; Orozoco-Segovia, 1986). Esta especie crece y se reproduce bajo el dosel de la selva y recientemente se ha reportado (Orozoco-Segovia, op. cit.) que puede germinar bajo el clima lumínico de la selva. El que esta especie presente un mayor tiempo promedio para que la germinación se manifieste y una más baja velocidad de germinación que las otras 2 especies



estudiadas no le afectaría en el contexto de que ella se viera "desplazada" por las otras especies, en el sentido de colonizar rápidamente una zona, dado que P. aequale puede germinar y establecerse bajo el clima lumínico de la selva y por lo tanto encontrarse en estado de plántula en el momento de apertura de un claro, pero habría que valorar esta posibilidad; ya que se desconoce la demografía de las plántulas de esta especie en los claros. Tomando el criterio que señala que un menor tiempo promedio para que la germinación se manifieste en una población, implica ponerse a la cabeza de las poblaciones que requieren un mayor tiempo promedio de germinación (Gulliver & Heydecker, 1973). En este caso se tendría que C. obtusifolia hace un uso más rápido de los recursos disponibles que las otras 2 especies. Para P. aequale esto no es tan importante; sin embargo, para P. auritum si lo es, ya que ésta especie es una típica colonizadora de claros que tiene requerimientos muy parecidos a C. obtusifolia. Dado que P. auritum presenta un tiempo de latencia más largo que C. obtusifolia y una velocidad de germinación menor sugeriría que esta especie se viera "desplazada" por C. obtusifolia en los claros. En todo caso se tendría que reconsiderar que si bien ambas especies son pioneras ellos están siguiendo caminos diferentes dentro de la misma estrategia colonizadora. Se ha encontrado que P. auritum es poco frecuente en los claros naturales y que suele encontrarse en zonas perturbadas por el hombre (Martínez Ramos, 1985; Orozco-Segovia, 1986). Esto sugiere que P. auritum y C. obtusifolia no están "compitiendo" por los mismos sitios

y que su distribución en condiciones naturales está en función de la disponibilidad de propágulos y su accesibilidad al sitio (Guevara, 1986) y al parecer, no por su comportamiento germinativo.

El que la capacidad y la velocidad de germinación no haya resultado afectada por los diferentes tratamientos es un hecho importante. Como se sabe en un claro hay una gran variación que depende por una parte de su origen, forma, tamaño y orientación y por otra a la liberación diferencial de nutrimentos y materia orgánica de la zona de la raíz, tronco y copa del árbol caído (Bazzaz, 1984; Oriens, 1982). El que las semillas no hayan mostrado diferencias sustanciales en la capacidad y la velocidad de germinación con los diferentes tratamientos utilizados sugiere que estos parámetros de germinación no se ven afectados por la composición diferencial del substrato dentro de un claro (raíz, tronco y/o copa). Esto es muy importante, ya que las semillas podrán germinar rápidamente independientemente de la zona en que se encuentren, siempre y cuando las condiciones de luz y temperatura les estén indicando condiciones propicias para germinar y establecerse.

Se dice que una alta capacidad de germinación solamente se da cuando las condiciones del medio son adecuados para asegurar el establecimiento de las plántulas, en este sentido un bajo porcentaje de germinación indicaría que las condiciones no son adecuados para el establecimiento de las plántulas. En P. auritum se encuentra un porcentaje de establecimiento muy alto y las diferencias entre tratamientos no son importantes, es im

portante recordar que lo mismo sucedió para la capacidad y la velocidad de germinación.

Para C. obtusifolia se tiene que los tratamientos que más afectaron el establecimiento de las plántulas fueron aquellos en los que se dió la temperatura constante independientemente del tipo de substrato que se tratara (AC, SC y HC). Esto sugiere que las fluctuaciones de temperatura son también indicadores de condiciones adecuadas para el establecimiento. En condiciones naturales esta especie se encuentra en claros de la selva, en ellos dependiendo del tamaño y forma del claro se encuentran gradientes de luz y temperatura, las fluctuaciones de temperatura van desde temperaturas constantes hasta variaciones amplias (24-60°C) a lo largo del día, por lo que sería de interés conocer la distribución de esta especie en los claros ya que pudiera preferir ciertas zonas de los claros para su establecimiento, donde las condiciones de luz y temperatura serían adecuadas para esta especie.

Para P. aequale se encuentra que en el tratamiento HF2 (Hoagland 25-35°C) se dá el menor porcentaje de plántulas establecidos. Sin embargo pocas inferencias se pueden hacer de este resultado ya que en condiciones naturales ésta especie no está en un medio de Hoagland, y los resultados arrojados en este tratamiento presentan poca claridad en cuanto a su importancia ecológica. Con respecto a los tratamientos restantes no se observa un efecto claro de los tratamiento que afecten el establecimiento de las plántulas ya que las diferencias entre tratamientos son poco claros.

Harper, et. al, (1965) dice que para que el establecimiento de las plantas se lleve a cabo se requiere de una serie de condiciones del medio que les asegure un sitio seguro para establecerse y crecer. Al parecer la proporción de plántulas que se establece es una función directa del número de sitios favorables disponibles.

Las plantas presentan diferentes patrones de asignar sus recursos. Esta variación en la asignación de los recursos es un proceso sumamente complejo en el que se encuentran involucradas una gran variedad de factores, tanto intrínsecos como medioambientales (Medina, 1977). La compleja relación que hay entre los factores intrínsecos y ambientales para determinar la forma diferencial en que las plantas asignan sus recursos hace sumamente complejo su estudio. Esto se debe a que la asignación de recursos no es solamente dirigida a la formación de estructuras, sino también parte de esta energía es asignada a la formación de enzimas, hormonas o pigmentos (Chapin, 1980). Aunque la producción de un mayor número de una u otra estructura está estrechamente relacionada con la producción de una mayor cantidad de enzimas, hormonas entre otros, además de ser afectada por los factores ambientales como temperatura, luz, humedad, concentración de iones, etc. (Chapin, 1980, Drew, 1979; Loneragan, 1979). Tratar de dar explicaciones fisiológicas a todos y cada una de las interacciones que ocurren entre los diferentes factores, implicaría un gran número de trabajos a un nivel muy fino. Si el vigor se ha definido como una propiedad genotípica que puede ser modificada por el medio ambiente (Perry, 1973); entonces las diferentes formas de asignar

los recursos (en estructuras) con respecto a diferentes condiciones ambientales, nos pueden indicar en que condiciones el vigor de una planta se ve favorecido o bien afectado. En los resultados obtenidos en este trabajo se encontró que los tratamientos de temperatura utilizados afectaron de forma diferente el vigor de las plántulas.

Para C. obtusifolia se encuentra que las fluctuaciones de temperatura de 5°C favorecen el vigor de las plántulas independientemente de los 3 medios de cultivo. En cuanto a P. auritum se encontró que los tratamientos de temperatura constante y fluctuaciones de 5°C favorecen el vigor, sucediendo lo mismo para P. aequale. El efecto de interacción entre el sustrato Hoagland y la fluctuación de temperatura de 5°C se manifiesta en el vigor de C. obtusifolia y P. aequale, pues es en donde se presenta el mayor índice de vigor. Para P. auritum es en el medio de Hoagland con la temperatura constante y la fluctuación de 5°C.

El hecho de que se haya obtenido un mayor vigor en Hoagland y en suelo implica que las condicionales del suelo tienen una relación con el establecimiento y el crecimiento inicial de la plántula independientemente de que no tengan un efecto sobre la germinación.

Aunque no tenemos los valores de la condición nutricional de la solución de suelo si se pueden hacer estas inferencias, aunque sería ideal realizar experimentos con gradientes nutricionales comparables a los que presentan en los diferentes microambientes de un claro para hacer mayores consideraciones.

Vincent & Roberts (1977) dicen que cuando hay interacción entre los factores indica que hay una interacción fisiológica en la que los factores están actuando en el mismo camino para "determinar" una característica. Esto sugiere que para este caso los factores mencionados están interaccionando para determinar un índice de vigor mayor.

La demanda del vástago es muy importante en determinar la capacidad de absorción de la raíz. Tomando en cuenta que en las plantas existe una alta coordinación en la formación de diferentes estructuras, entonces se espera que en donde se presenta mayor y más rápido crecimiento (mayor vigor) éste debe de ser subsidiado activa y efectivamente por una alta capacidad de absorción de la raíz. En este trabajo se encontró que en los tratamientos que se presentó el más alto índice de vigor también se encontró el mayor número de raíces. La importancia de estos resultados radica en el hecho de que el mayor número de raíces indica mayor número de centros de captación de agua y nutrientes, la cual es una evidencia que indirectamente refleja un alto vigor.

Los resultados encontrados para P. aequale y P. auritum en la fluctuación 10°C sugieren que la temperatura está afectando fuertemente el vigor de las plántulas, (para los 3 substratos) en estos tratamientos también se encuentra la menor capacidad de absorción de la raíz.

De todo lo mencionado anteriormente es necesario cuestionarse ciertos resultados. ¿Porqué si P. auritum es una típica especie colonizadora de zonas abiertas y claros, una fluctua-

ción de 10°C afecta su vigor? ¿Porqué si su capacidad y velocidad de germinación, además del establecimiento no se ven afectados en esta temperatura su vigor si?. Si tomamos en cuenta la proposición de que una alta capacidad de germinación indica condiciones seguras para el establecimiento y crecimiento de las plantas; entonces como se explica que el vigor sea afectado drásticamente. Seguramente la respuesta a estos cuestionamientos se encuentra en relación a la diferencia existente entre un óptimo fisiológico y un óptimo ecológico (Medina, 1977). El óptimo fisiológico refleja las propiedades funcionales del individuo, en este caso los resultados encontrados aquí están reflejando sus características fisiológicas. El óptimo ecológico se refiere al margen de variabilidad y a la capacidad de supervivencia del individuo en la comunidad en donde no solo se ve sometida a cambios en temperatura, sino a otros variables ambientales como humedad y a la competencia interespecífica por los recursos. La respuesta de la especie a todos estos factores es lo que finalmente nos dá como resultado su distribución y abundancia en la comunidad.

En cuanto a C. obtusifolia es importante cuestionar el efecto de la temperatura constante para el establecimiento de plántulas y el vigor, pues en estas condiciones se dá el menor número de plántulas establecidas y el menor vigor.

En condiciones naturales esta especie siempre se encuentra en claros, ya que tiene estrictos requerimientos de luz para germinar; además existen reportes de que aquellas plántulas que llegan a emerger en el interior de la selva mueren rápidamente.

Alvarez-Buylla (1986) dice que C. obtusifolia requiere de claros de por lo menos  $100 \text{ m}^2$  para establecerse. Es bien conocido que para esta especie el factor luz es el decisivo en indicar buenas condiciones para germinar, sin embargo, probablemente las fluctuaciones de temperatura también sean un indicador de que el sitio es propicio para el establecimiento y rápido crecimiento de las plántulas. En este sentido la temperatura constante podría indicar condiciones de "estabilidad ambiental" (bajo el dosel de la vegetación) los que serían indicadores de que el sitio no es seguro para su establecimiento y crecimiento se de. Las fluctuaciones de temperatura (de  $5$  y  $10^\circ\text{C}$ ) favorables para su vigor son fluctuaciones pequeñas que probablemente se presenten en las zonas marginales ya que en las zonas centros de claros grandes pueden haber fluctuaciones de más de  $30^\circ$  de amplitud (Vázquez-Yánes & Orozco-Segovia, 1982).

Diversos autores usan el término de las señales ambientales, los que funcionan como "indicadoras" de condiciones propias para la germinación y el establecimiento de las plántulas. Para algunas se maneja la alternancia térmica, para otras la estratificación, etc., en particular para las especies trabajadas se maneja el estímulo luminoso (Vázquez-Yánes, 1972; Vázquez Yánes & Orozco Segovia, 1982; 1984). Es bien conocido que la luz es el factor decisivo para que la germinación de estas especies se dé, ya que les "indica" que las condiciones del lugar son adecuados para germinar y establecerse. Sin embargo en un claro el factor luz está actuando en compañía de otros factores como temperatura y nutrientes. Esto sugiere que los diferentes factores



que se encuentran interaccionando al mismo tiempo, sean todas partes de una "gran señal" o bien de una cadena de señales que no solo "indiquen" que las condiciones para germinar y establecerse son seguras, sino que además favorezcan el vigor de las plántulas, lo que finalmente va a resultar en una eficiente colonización de la zona recién abierta.

## VI. BIBLIOGRAFIA

Abdus, S. & Goodwin, P.D. (1980). Seed vigour in bean (Phaseolus vulgaris L. Cv. Apollo) as influenced by temperature and water regimen during development and maturation J. Exp. Bot. 31: 313-323.

Alvarez-Buylla, E. (1986). Demografía y dinámica poblacional de Cecropia obtusifolia Bertol. (Moraceae) en la selva de "Los Tuxtlas", México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM.

Angevine, W.M. & Chabot, F.B. (1979). Seed germination syndromes in higher plants. IN: Sobrig, O.T. Jain, S.K. Johnson, G.B. & Raven, P.H. (eds.) Topics in plant population biology. pp. 189-206. Columbia University Press. New York.

Bahhister, P. (1976). Introduction to physiological plant ecology. Blackwell Scientific Publication oxford 273 p.

Bazzaz, F.A. (1979). The physiological ecology of plant succession. Ann. Rev. Ecol. & Syst. 10: 351-371.

\_\_\_\_\_ & Pickett, S.T.A. (1980). Physiological ecology of tropical succession: A comparative review. Ann. Rev. Ecol. & Syst. 11: 187-310.

\_\_\_\_\_ (1984). Dynamics of wet tropical forest and their species strategies. In: Medina, E. Mooney, H.A., Vázquez-Yanes, C. (eds.) Physiological ecology of Plant of the wet tropics. pp. 233-243. Dr. W. Junk Publisher. The Hague, Netherlands.

Baskin, J. & Baskin, C. (1982). Temperature relations of seed germination in Ruellia humilis, and ecological implications. J. South. Appal. Bot. Cub. 47: 119-131.

Black, M. (1972) Control Process in germination and dormancy, Oxford University Press, London. 16 p.

Bosch, R. & Vázquez-Yanes, C. (1985). Estudio preliminar de la viabilidad natural de las semillas de Cecropia obtusifolia y de los factores ambientales que la modifican. IN: Gómez-Pompa A. y Del Amo S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. pp. 255-265 Ed. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V.

Brokaw, N. V. (1984) Treefalls, regrowth and community structure in tropical forest. IN: Pickett, S.T. A., White, P. S. (eds.) Natural disturbance: an evolutionary perspective. - Academic Press. New York.

----- (1985) Gap phase regeneration in tropical forest. Ecology, 66: 682-687

Burger, W. (1971) The problem with Piper. Amer. J. Bot. 58: 462.

Caldwell, M. (1979) Root structure: the considerable cost, of belowground function. IN: Solbrig, O.T. Jain, S.K. Johnson, G.B. & Raven, P.H. (eds). Topics in plant population biology. pp. 409-427. Columbia University Press New York.

Come, D. (1968) Problemes de terminologies poses par la germination et ses obstacles. Bull. Soc. Franc. Physiol. Veget. 14: 3-9.

Cook, R. E. (1979). Patterns of juvenil mortality and recruitment in plants. IN: Solbrig, D.T. Jain, S.K. Johnson, G. - B. & Raven, P.H. (eds.) Topics in plant population Biology pp. 207-231. Columbia University Press. New. York.

Corbineau, F. & Come, D. (1982) Effect of the intensity and duration of light at various temperatures of germination of

Oldenlandia corymbosa L. seeds. Plant Physiol. 70: 1518- -  
1520.

Currie, J.A. (1973) The seed-soil system. IN: Heydecker, W.  
(ed.) Seed ecology. pp. 463-480. London Butterworths.

Denslow, J.S. (1980) Gap partitioning among tropical rain -  
forest trees. Biotropica. 12: 47-55.

Devlin, R.M. (1980) Fisiología vegetal. 3a. edición. Ed. --  
Omega. España. 517 p.

Drew, M. C. (1979) Properties of roots which influence rates  
of absorption. IN: Harleyd, J. L. Russell, R.S. (eds.) The  
soil-root interface. pp. 21-38. Academic Press, N. Y.

Epstein, E. (1979) Roots. Scientific American. 228: 48-56

Esashi, Y.; Satoh, M.; Saijoh, K. & Satoh, S. (1983) Termo-  
periodism mechanism in the germination of Cocklerbur seeds.  
Plant. Cell. Physiol- 24: 17-26

Estrada. A.; Coates-Estrada. R. & Vázquez-Yanes, C. (1984)  
Observations on fruiting and dispersal of Cecropia obtusi-  
folia at "Los Tuxtlas", México. Biotropica. 16: 315-318.

Fenner, M. (1985) Seed ecology. Chapman & Hall. L. T. D. -  
London 151 p.

Fleming, T. H. (1985) Coexistence of five sympatric Piper  
(Piperaceae) species in a tropical dry forest. Ecology. 66  
688-700.

Garwood, N.C. (1982) Seasonal rhythm of seed germination in  
a semideciduous tropical forest. IN: Leigh, Jr., E.J., Rand  
A.S. & Windsor, D.M. (eds.) the ecology of a tropical forest

Stasonal rhythms and long-term changes. Smithsonian Institution Press. pp. 173-182. Washington, D.C.

Gómez-Pompa, A. (1971) Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica*. 3: 125-135

----- & Vázquez-Yanes, C. (1976). Estudios sobre la sucesión secundaria en los trópicos calido-húmedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. IN: Gómez Pompa, A. -- Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. Butandis, C. A. (eds.) Regeneración de selvas Vol. I. pp. 579-593. Ed. Continental, S.A. México.

----- (1985) Estudios sobre la regeneración de selvas en regiones calido-húmedas de México. IN: Gómez-Pompa, A. Del Amo, S. (eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en veracruz, México. Vol. II. pp. 1-25. Ed. Alhambra Mexicana, S. A. de C.V.

Gulliver, R.L. & Heydecker, W. (1973) Establishment of seedling in changeable environment. IN: Heydecker, W. (ed.) - Seed ecology. pp. 433-461. London Butterworths.

Hand, J.; Craig, G.; Takaki, M. & Kendrick, E. (1982) Interaction of the light and temperature on seed germination - Rumex obtusifolius L. *Planta* 156: 457-460

Harper, J. L. (1955) The influence of the environment on seed and seedling mortality. VI. The effects of the interaction of soil moisture content and temperature on the mortality of maize grain. *Ann. Appl. Biol.* 43: 696-708.

----- (1956) Studies in seed and seedling. V. Direct and indirect influences of low temperatures on the mortality of maize. *New Phytol.* 55: 35-44

-----; Williams, J. T. & Sagar, G. R. (1965) The behaviour of seeds in soil. I.- The heterogeneity of soil surface and its role in determining the establishment of plants from seed. *J. Ecol.* 53: 273-286.

-----; Benton, R. A. (1966) The behaviour of seed in soil. II.- The germination of seeds on the surface of water supplying substrate. *J. Ecol.* 54: 151-166.

----- ; Lovell, P. H. & Moore, K. G. (1970) The shape and size of seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1: 327-356.

Heydecker, (1966) Clarity in recording germination. *Nature.* 210: 754-55

Hewitt, E. J. (1966) Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Commonwealth Agricultural bureaux. England.

Lang, A. (1965) Effects of some internal and external condition on seed germination. *Encycl. Plant. Physiol.* 15: 866-875.

Loneragan, J. F. (1979) The interface in relation to root function and growth. IN: Harley, J. L. Russell, R. S. (eds) *The soil-root interface.* pp. 351-366. Academic Press. N. Y.

López-Quiles, M. & Vázquez-Yanes. C. (1976) Estudio sobre germinación de semillas en condiciones naturales controladas. IN: Gómez-Pompa, A. Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. Butanda, C.A. (eds.) *Regeneración de selvas Vol. I.* pp. 250-261. Ed. Continental, S.A., México.

Ludlow-Wiechers & Vázquez-Yanes, C. (1976) Germinación de semillas de Piper hispidum bajo diferentes condiciones de iluminación: IN: Gómez-Pompa, A. Vázquez-Yanes, C. Del Amo

S. Butanda, C. A. (eds.) Regeneración de selvas Vol. I. pp. 263-275. Ed. Continental, S.A., México.

Marquis, J. R. (1984) Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science*. 226: 537-539.

Martínez-Ramos, M. (1980) Aspectos sinecológicos del proceso de renovación natural de una selva alta perenifolia. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 181 p.

----- (1985) Claros. Ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perenifolias. IN: Gómez-Pompa, A. Del Amo, S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz México. Vol. II. pp. 191-239. Ed. Alhambra Mexicana, S. A. de C. V.

Mayer, A. M. & Poljakoff-Mayber, A. (1975) The germination of seeds. Pergamon Press, Oxford. wa. edición 192 p.

Medina, E. (1977). Introducción a la ecofisiología vegetal. Colección de monografías científicas, Serie Biología no. 6. O. E. A. Washington, D. C. 102 p.

-----; Mooney, M. A. & Vázquez Yanes, C. (1983) La Fisiología ecológica de las plantas de los tropicos húmedos. *Ciencia*. 34: 123-125.

Mooney, H.A.; Fied. C. & Vázquez-Yanes, C. (1984). Photosynthetic characteristics of wet tropical forest plants. IN: Medina, E; Mooney, H. A. & Vázquez-Yanes, C. (eds.) Physiological ecology of plants of the wet tropics. pp. 113-128. Dr. W. Junk Publisher. The Hague, Netherlands.

Núñez-Farfán, J. & Dirzo. R. (1985) Herbivoria y sucesión en una selva alta perenifolia. IN: Gómez-Pompa, A. Del Amo

S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas -  
altas en Veracruz, México Vol. II. pp. 313-332. Ed. Alham-  
bra Mexicana, S.A. de C.V.

Opler, A. P.: Baker, G. H. & Frankie, W. G. (1977) Recovery  
of a tropical lowland forest ecosystems. Secobi-Inireb.  
pp. 379-422.

Orians, G. H. (1982) The influence of tree-falls in tropical  
forest in tree species richness. Tropical Ecology. 23: 255-  
279.

Orozco-Segovia, A. & Vázquez-Yanes, C. (1980) La germina- -  
ción de Panicum hirsutum Swartz: una arvense de cultivos de  
zonas inundables. Bol. Suc. Bot. Mex. No. 39 pp. 91-105.

----- (1982) Plants and -  
fruit bat interactions in a tropical rain forest ares, sou-  
theastern México, Benesia. 19/20: 137-149

----- (1986) Fisiología ecológica del fotoblas-  
tismo en semillas de cueatro especies del género Piper L.  
Tesis doctorado Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 112 p.

Pemadasa, M.A., (1975). Factors controlling germination of  
some dune annuals. J. Ecol. 63: 41-59.

Pérez-Nassser, N. (1985) Viabilidad en el suelo de las semi-  
llas de once especies de la vegetación de "Los Tuxtlas" Ver.  
Tesis profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 76 p.

Perry, D.A. (1973) Interacting effects of seed vigour and  
environment on seedling establishment. IN: Heydecker, W. -  
(eds.) Seed ecology. pp. 311-323. London Butterworths.

Piggin, C. M.; Hallet, M. L.; & Smith, D. F., (1973) The -



germination response of seed of some annual pasture plants to alternating temperatures. Seed Sci. And Technol 1: 739-748.

Popay, A. I. & Roberts, E. H. (1970) Factors involved in the dormancy and germination of Capsella bursa-pastoris (L.) Medick and Senecio vulgaris L., J. Ecol. 58: 123-139

Roberts, R. H. (1969). Seed dormancy and oxidation processes. Symp. exp. Biol., 23: 161-192

Roberts, E. H. (1972) Dormancy: a factor affecting seed survival in soil. IN: Roberts, E. H. (ed.) Viability of seeds. pp. 321-359. Chapman and Hall LTD, London.

----- (1981) The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. Ann. Appl. Biol. 98: 552-555

----- & Benjamin, S. K. (1979) The interaction of light, nitrate and alternating temperature on the germination of Chenopodium album, Capsella bursa-pastoris and poa annua before and after chilling.

----- & Totterdell, S. (1981) Seed dormancy in Rumex species in response to environment factors. Plant. Cell and Environment. 4: 97-106.

Rohlf, F. J. & Sokal, R. R. (1969) Statistical tables. W. H. Freeman and C. San Francisco pp. 253.

Salmeron, R. (1984) Germinación de semillas acumuladas en el suelo de una selva húmeda tropical "Los Tuxtles", Veracruz. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias 89 p. U.N.A.M.

Sokal, R. R. & Rohlf, F. I. (1969). Statistical tables. W. H. Freeman and C. San Francisco 253 p.

Sork, V. L. (1985) Germination response in a large seeded neotropical tree species, Gustavia superba (Lecythidaceae) Biotropica. 17: 130-136

----- (1986) Effect of predation and light environment on seedling establishment in a neotropical tree Gustavia superba. In Review. pp. 1-3

Chapin, S.F. (1980) The mineral nutrition of wild plants. - Ann. Rev. Ecol. & Syst. 11: 233-260

Takaki, M.; Kendirck, E. & Dierich (1981) Interaction of light and temperature on the germination of Rumex obtusifolius L. Planta. 152: 209-214.

----- & Zaia, (1984) Effect of light and temperature on germination of lettuce seeds. Planta. 160: 190-192.

Takeba, (1983) Rapid decrease in the glutamine Synthetase activity during imbibition of thermally dormant New York Lettuce seed. Plant. Cell Physiol. 24: 1469-1476.

Taylorson, R.B. (1969) Photocontrol of rough cinquefoil -- seed germination and its enhancement by temperature manipulation and  $KNO_3$ . Weed Sci., 17: 144-147.

Taylorson, R. B. & Borthwick, H. A. (1969) Light filtration by foliar canopies; significance for light controlled weed seed germination. Weed Sci. 17: 359-361.

Thompson, P. J. Exp. Bot. A. (1974) Effects of fluctuating temperatures on germination. Vol. 25 (84); 164-175.

Thompson, K.; Grime, J. P. & Mason, G. (1977) Seed germination in response to diurnal fluctuation of temperature. Nature. 267: 147-149.

Tinoco-Ojanguren, C. & Vázquez-Yanes, C. (1985) Diferencias de poblaciones de Piper hispidum bajo condiciones de luz - contrastante en una selva alta perenifolia. IN: Gómez-Pompa A. Del Amo, S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. pp. 267-281 Ed. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V.

----- (1986) Relaciones hídricas en especies de Piper de diferentes microhabitats en una selva alta perenifolia. Tesis Maestría Facultad de Ciencias. U.N.A.M.

Toole, E.H., Toole, V.K., Borthwick, H.A., & Hendrick S, S.B. (1955). Photocontrol of Lepidium seed germination. Pl. Physiol., 30: 15-21. Lancaster.

Toole, E.H. Hendricks, S.B., Borthwick, H.A., and Toole, V. K., (1956). Physiology of seed. germination. Ann. Rev. Pl. Physiol., 7: 299-324.

Totterdell, S. & Roberts, E. H. (1980) Characteristics of - alternating temperatures Which stimulates loss of dormancy in seed of Rumex obtusifolius L. and Rumex crispus L. Plant Cell and Environment.

Totterdell, S. & Roberts, E. H. (1981) Ontogenetic variation in response to temperature change in control of seed - dormancy of Rumex obtusifolius L. and Rumex crispus L. Plant Cell and Fenvironment 4: 75-80.

Vázquez-Yanes, C. (1976) Seed dormancy and germination in - secondary vegetation tropical plants: The role of light. -- Comparative Physiological Ecology. 1: 30-34

----- (1976) Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido húmeda de México. IN: Gómez-Pompa, A. Vázquez-Yanes, C. Del Amo, S. Butanda, C. A. (eds.) Regeneración de selvas Vol. I. pp. 279-387. Ed. Con-

tinental, S.A., México.

----- (1979) Notas sobre la ecofisiología de la germinación de Cecropia obtusifolia. Bertol. Turrialba. 29: - 142-149.

----- (1980) Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de rápido crecimiento de la selva tropical lluviosa. Tropical Ecology. 21: 103-110.

----- & Orozco-Segovia, A. (1982a) Germination of seeds of a tropical rain forest shrub, Piper hispidum S. W. (Piperaceae) under different light qualities. Oyton. 42: - 143-149.

----- (1982b) Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (Heliocarpus donnell-smithii) in to diurnal fluctuations of temperature. Physiol. Plant. 56: 259-298.

----- (1982) Longevidad, latencia y germinación de las semillas de Verbesina greenmanii: efecto de la calidad de la luz. Turrialba 32: 457-462

----- (1984) Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. - Ciencia. 35: 191-201

----- (1984) Ecophysiology of seed germination in the tropical humid forests of the world A. review. IN: Medina, E. Mooney, H. A. Vázquez-Yanes, C. - (eds.) Physiological ecology of plan of the wet tropics. -- Dr. W. Junk Publisher. The Hague Netherlands. pp. 37-50.

----- (1985) Posibles efectos del microclima de los claros de la selva, sobre la germina-

ción de tres especies de árboles pioneros: Cecropia obtusifolia, Heiocardus donell-smithii y Piper auritum. IN: Gómez Pompa, A. Del Amo, S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Ed. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. pp. 241-253.

----- & Smith, H. (1982) Phytochrome control of seed germination in the tropical rain forest pioneer trees - Cecropia obtusifolia and Piper auritum and its ecological significance. New Phytol. 92: 477-485.

----- & Guevara, S. (1985) Caracterización de los grupos ecológicos de árboles de la selva húmeda. IN: Gómez Pompa, A. Del Amo, S. (eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. pp. 67-77. Ed. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V.

Vicente, M. (1973) Germinación de semillas de Solanum Vialum dunal. IV. nitrato de potasio. Rev. Brasil. Biol. 33: 321-326.

Vincent, E. M. & Roberts, E. M. (1977) The interaction of light, nitrate and alternating temperature in promoting the germination of dormant-seeds of common weed species. Seed Sci. & Technol. 5: 659-670.

----- (1979) The influence of chilling, light and nitrate on the germination of dormant seeds of common weed species. Seed Sci. & Technol. 7: 3-14

Warrington, K. (1936) The effect of constant and fluctuating temperature on the germination of the weed seed in arable soil. J. Ecol. 24: 185-204.

Went, F. W. (1957) The experimental control of plant growth Chronica. Bot. Waltham Mass.

Whitmore, T. C. (1975) Tropical rain forest of the far east  
Oxford Clarendon Press. Londres. pp. 282.

----- (1978) Gap in the forest canopy. IN: Tom-  
linson, P. B. y Zimmerman, M. H. (eds.) Tropical trees as -  
living systems. Proc. 4th. Cavot Symp. Harvard Forest (1976)  
Cambridge University Press. Cambridge. pp. 639-655.

----- (1983) Secondary succession from seed in -  
tropical rain forest, Forestry abstracts. 44: 767-779

Williams, E. D. (1983a) Effects of temperature fluctuation,  
red and far-red light and nitrate on seed germination of -  
five grass. J. Appl. Ecol. 20: 923-935.

----- (1983b) Effects of temperature, light, ni-  
trate and pre-chilling on seed germination of grassland --  
plants. Ann. Appl. Biol. 103: 161-172.

Wulff, R.; Arias, I.; Ponce, M. & Muñoz, V. (1972) A Bimo-  
dal temperature response and effect of light intensity in  
the photocontrol of the germination of seeds in Jussiaea -  
suffruticosa. Planta. 107: 369-373

A P E N D I C E

| ESPECIE                      | LUZ    | GRUPO           | TL días | CG    | CG %  | CV    | T de CG días |
|------------------------------|--------|-----------------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| <u>Cecropia obtusifolia.</u> | 12 hrs | AC              | 4       | 36.00 | 69.97 | 14.47 | 15           |
|                              |        | AF <sub>1</sub> | 4       | 38.66 | 78.31 | 14.39 | 12           |
|                              |        | AF <sub>2</sub> | 4       | 37.33 | 74.64 | 13.60 | 12           |
|                              |        | SC              | 4       | 37.16 | 74.30 | 12.28 | 15           |
|                              |        | SF <sub>1</sub> | 4       | 40.83 | 81.63 | 13.25 | 12           |
|                              |        | SF <sub>2</sub> | 4       | 39.83 | 79.99 | 12.49 | 12           |
|                              |        | HC              | 4       | 39.50 | 78.96 | 14.24 | 15           |
|                              |        | HF <sub>1</sub> | 4       | 39.66 | 79.31 | 14.26 | 10           |
|                              |        | HF <sub>2</sub> | 4       | 37.16 | 74.30 | 14.34 | 12           |
| <u>Piper auritum.</u>        |        | AC              | 10      | 43.33 | 86.60 | 8.15  | 10           |
|                              |        | AF <sub>1</sub> | 8       | 46.33 | 92.64 | 8.46  | 15           |
|                              |        | AF <sub>2</sub> | 8       | 40.16 | 80.30 | 8.65  | 12           |
|                              |        | SC              | 8       | 44.00 | 87.96 | 7.55  | 17           |
|                              |        | SF <sub>1</sub> | 8       | 43.66 | 87.28 | 8.12  | 12           |
|                              |        | SF <sub>2</sub> | 8       | 42.66 | 85.30 | 7.95  | 12           |
|                              |        | HC              | 10      | 42.50 | 84.97 | 7.83  | 15           |
|                              |        | HF <sub>1</sub> | 9       | 38.83 | 77.62 | 8.30  | 14           |
|                              |        | HF <sub>2</sub> | 8       | 40.83 | 79.98 | 8.39  | 12           |
| <u>Piper aequale.</u>        |        | AC              | 14      | 34.50 | 68.97 | 4.40  | 31           |
|                              |        | AF <sub>1</sub> | 14      | 31.83 | 63.59 | 4.24  | 31           |
|                              |        | AF <sub>2</sub> | 14      | 29.66 | 59.27 | 4.21  | 31           |
|                              |        | SC              | 14      | 33.50 | 66.60 | 4.49  | 29           |
|                              |        | SF <sub>1</sub> | 14      | 28.16 | 57.92 | 4.57  | 28           |
|                              |        | SF <sub>2</sub> | 14      | 31.33 | 62.60 | 4.44  | 31           |
|                              |        | HC              | 16      | 30.66 | 61.29 | 3.80  | 29           |
|                              |        | HF <sub>1</sub> | 14      | 29.50 | 58.96 | 3.74  | 31           |
|                              |        | HF <sub>2</sub> | 14      | 21.83 | 43.26 | 3.45  | 31           |

TABLA I.-

Resultados encontrados en los diferentes parametros utilizados para cuantificar el comportamiento germinativo de las especies utilizadas en los diferentes tratamientos.

TL-Tiempo de latencia; CG-Capacidad de germinación; C.V.-Coeficiente de velocidad; T de CG-



CAPACIDAD DE GERMINACION

VELOCIDAD DE GERMINACION

| ESPECIE                     | TRATAMIENTO       | VALOR DE F        | INTERACCION |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| <u>Cecropia obtusifolia</u> | Temperatura medio | 1.852<br>1.462    | NO          |
| <u>Piper auritum</u>        | Temperatura medio | 2.447<br>4.192 *  | 3.147 *     |
| <u>Piper aequale</u>        | Temperatura medio | 8.726 *<br>7.703* | 3.341 *     |

| ESPECIE                     | TRATAMIENTO       | VALOR DE F          | INTERACCION |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| <u>Cecropia obtusifolia</u> | Temperatura medio | 2.626<br>32,542**   | NO          |
| <u>Piper auritum</u>        | Temperatura medio | 8.973 *<br>11.631** | NO          |
| <u>Piper aequale</u>        | Temperatura medio | 3.075<br>64.225***  | NO          |

Tablas 2 y 3.- Análisis factorial en el que se ilustra en que especie y con que factor (temperatura, substrato) hubo efecto significativo sobre la capacidad y velocidad de germinación. (n.s.=  $p > 0.05$ , \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$  y \*\*\* =  $p < 0.005$ )

Cecropia obtusifolia.

|     |   |
|-----|---|
| AC  | ] |
| SC  |   |
| HF2 |   |
| AF2 |   |
| AF1 |   |
| HC  |   |
| HF1 |   |
| SF2 |   |

SF1

Piper auritum.

|     |   |
|-----|---|
| HF1 | ] |
| AF2 |   |
| HF2 |   |
| HC  |   |
| SF2 |   |
| SF2 | ] |
| AC  |   |
| SF1 | ] |
| SF1 |   |
| SC  |   |
| AF1 |   |

Piper aequale.

|     |   |
|-----|---|
| HF2 | ] |
| SF1 |   |
| HF1 |   |
| AF2 |   |
| HC  |   |
| SF2 | ] |
| AF1 |   |
| AF1 |   |
| SC  | ] |
| AC  |   |

Tabla #4.- Pruebas de comparación múltiple de medias de la Capacidad de Germinación para los tratamientos utilizados.

Cecropia obtusifolia.

|     |   |
|-----|---|
| SC  | ] |
| SF2 |   |
| SF1 |   |
| SF1 | ] |
| AF2 |   |
| HC  |   |
| HC  | ] |
| HF1 |   |
| HF2 |   |
| AF1 |   |
| AC  |   |

Piper auritum.

|     |   |
|-----|---|
| SC  | ] |
| SF2 |   |
| HC  |   |
| HC  | ] |
| SF1 |   |
| SF1 | ] |
| HF1 |   |
| HF2 |   |
| AF1 |   |
| AF2 |   |

Piper aequale.

|     |   |
|-----|---|
| HF2 | ] |
| HF1 |   |
| HF1 |   |
| HC  | ] |
| AF1 |   |
| AF2 | ] |
| AF2 |   |
| AC  |   |
| SF2 | ] |
| SF2 |   |
| SC  |   |
| SF1 |   |

Tabla #5.- Prueba de comparación múltiple de medias de la Velocidad de Germinación para los tratamientos utilizados.

### VIGOR DE PLANTULAS

| ESPECIE                     | TRATAMIENTO       | PARAMETRO    | VALOR DE F              | INTERACCION |
|-----------------------------|-------------------|--------------|-------------------------|-------------|
| <i>Cecropia obtusifolia</i> | TEMPERATURA MEDIO | No. RAICES   | 77.321**<br>107.285***  | 15.583 *    |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | No. HOJAS    | 25.430*<br>269.266***   | 10.976*     |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO RAIZ  | 27.281*<br>5.162*       | NO          |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO AEREO | 276.145***<br>180.149** | 17.189*     |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO FRESCO  | 1.510<br>1.098          | NO          |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO SECO    | 3.324*<br>3.972*        | NO          |
| <i>Piper auritum</i>        | TEMPERATURA MEDIO | No. RAICES   | 44.881*<br>333.398***   | 5533*       |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | No. HOJAS    | 2.697<br>10306.793***   | 44612*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO RAIZ  | 16.507*<br>48.365*      | 5.736*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO AEREO | 12.507*<br>165.104**    | 6.998*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO FRESCO  | 16.239*<br>25.442*      | 6.880*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO SECO    | 8.108*<br>31.307*       | NO          |
| <i>Piper aequale</i>        | TEMPERATURA MEDIO | No. RAICES   | 31.670*<br>50.805*      | NO          |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | No. HOJAS    | 10.921*<br>37.481*      | 6.332*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO RAIZ  | 37.377*<br>54.416*      | 9.282*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | TAMAÑO AEREO | 15.868*<br>13.525*      | 7.827*      |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO FRESCO  | 32.668*<br>7.627*       | NO          |
|                             | TEMPERATURA MEDIO | PESO SECO    | 69.946*<br>15.636*      | NO          |

Tabla 8.- Resultados del análisis factorial, en esta tabla se muestra que factor o factores tienen efectos sobre los distintos parámetros utilizados para cuantificar el vigor de las plántulas ( n.s.=  $p > 0.005$ , \* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$  y \*\*\* =  $p < 0.005$ )

COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS:

# de raíces.

SF2 |  
 SC | SC |  
 HC |  
 AF2 |  
 SF1 |  
 AC |  
 HF2 |  
 AF1 |  
 HF1

# de hojas.

AC |  
 AF1 |  
 AF2 | AF2 |  
 SF2 |  
 SC |  
 SF1 |  
 HC |  
 HF2 |  
 HF1

Tamaño raíz.

SF2 |  
 HF2 |  
 AF2 |  
 HC | HC |  
 SC |  
 AC |  
 SF1 | SF1 |  
 HF1 |  
 AF1 |

Tamaño aereo.

AC |  
 HC |  
 SC | SC |  
 AF2 |  
 AF1 | SF2 |  
 HF2 | SF1 |  
 HF1 |

Peso seco.

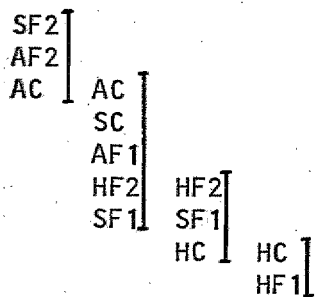
AF2 |  
 SF2 |  
 AC |  
 HF2 | HF2 |  
 AF1 |  
 SF1 |  
 SC |  
 HC1 |  
 HF1

Cecropia obtusifolia.

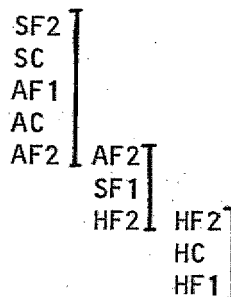
9a-Resultados encontrados en las pruebas de comparación múltiple de medias para los diferentes parámetros medidos en las plántulas.

COMPARACION MULTIPLE DE MEDIAS.

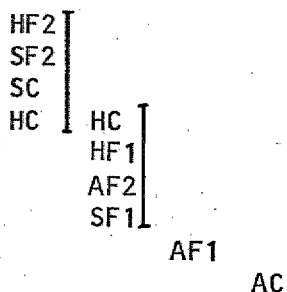
# de raices.



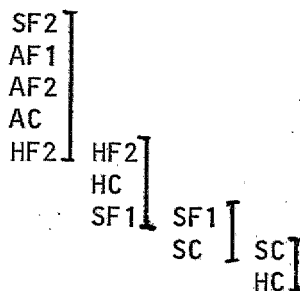
# de hojas.



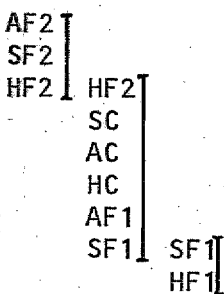
Tamaño raíz.



Tamaño aereo.



Peso seco.



Piper aequale.

9. Resultados encontrados en las pruebas de comparación múltiple de medias para los diferentes parámetros medidos en las plántulas.

COMPARACION DE MEDIAS.

# de raíces.

|     |  |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|-----|--|
| AF2 |  |     |  |     |  |
| AF1 |  |     |  |     |  |
| AC  |  |     |  |     |  |
| SF2 |  | SF2 |  |     |  |
|     |  | SC  |  |     |  |
|     |  | SF1 |  |     |  |
|     |  | HF2 |  |     |  |
|     |  |     |  | HF1 |  |
|     |  |     |  | HC  |  |

# de hojas.

|     |  |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|-----|--|
| AF2 |  |     |  |     |  |
| AF1 |  |     |  |     |  |
| AC  |  |     |  |     |  |
|     |  | SC  |  |     |  |
|     |  | SF2 |  |     |  |
|     |  | SF1 |  |     |  |
|     |  |     |  | HF2 |  |
|     |  |     |  | HC  |  |
|     |  |     |  | HF1 |  |

Tamaño raíz.

|     |  |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|-----|--|
| HF2 |  |     |  |     |  |
| HF1 |  |     |  |     |  |
| AF2 |  | AF2 |  |     |  |
|     |  | HC  |  |     |  |
|     |  | AF1 |  |     |  |
|     |  | SF2 |  | SF2 |  |
|     |  |     |  | AC  |  |
|     |  |     |  | SF1 |  |
|     |  |     |  | SC  |  |

Tamaño aereo.

|     |  |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|-----|--|
| AC  |  |     |  |     |  |
| AF1 |  |     |  |     |  |
| AF2 |  | AF2 |  |     |  |
|     |  | SC  |  |     |  |
|     |  | SF2 |  |     |  |
|     |  | HF2 |  |     |  |
|     |  | SF1 |  | SF1 |  |
|     |  |     |  | HC  |  |
|     |  |     |  | HF1 |  |

Peso seco.

|     |  |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|-----|--|
| AF2 |  |     |  |     |  |
| AF1 |  |     |  |     |  |
| AC  |  |     |  |     |  |
| SF2 |  |     |  |     |  |
| SC  |  |     |  |     |  |
| HF2 |  | HF2 |  |     |  |
|     |  | SF1 |  |     |  |
|     |  | HF1 |  | HF1 |  |
|     |  |     |  | HC  |  |

Piper auritum.

Sc Resultados encontrados en las pruebas de comparación múltiple de medias para los diferentes parámetros medidos en las plántulas.

INDICE DE VIGOR

| ESPECIE.                         | Grupo                     | #Rafz | #Hoja | l.rafz<br>(cm). | l.aerea<br>(cm). | peso s.<br>(mg). | VIGOR. |
|----------------------------------|---------------------------|-------|-------|-----------------|------------------|------------------|--------|
| <u>Cecropia<br/>obtusifolia.</u> | AC                        | 2     | 1     | 2               | 1                | 1                | 7      |
|                                  | AF1                       | 2     | 2     | 3               | 2                | 1                | 10     |
|                                  | AF2                       | 2     | 2     | 1               | 2                | 1                | 8      |
|                                  | SC                        | 1     | 2     | 2               | 1                | 2                | 7      |
|                                  | SF1                       | 2     | 2     | 3               | 3                | 2                | 12     |
|                                  | SF2                       | 1     | 2     | 1               | 3                | 1                | 8      |
|                                  | HC                        | 2     | 2     | 2               | 1                | 3                | 10     |
|                                  | HF1                       | 3     | 3     | 3               | 3                | 3                | 15     |
|                                  | HF2                       | 2     | 2     | 1               | 3                | 2                | 11     |
|                                  | <u>Piper<br/>auritum.</u> | AC    | 2     | 1               | 3                | 1                | 1      |
| AF1                              |                           | 1     | 1     | 2               | 1                | 1                | 6      |
| AF2                              |                           | 1     | 1     | 1               | 1                | 1                | 5      |
| SC                               |                           | 2     | 2     | 3               | 2                | 2                | 11     |
| SF1                              |                           | 2     | 2     | 3               | 3                | 2                | 12     |
| SF2                              |                           | 1     | 2     | 2               | 2                | 1                | 8      |
| HC                               |                           | 3     | 3     | 2               | 3                | 3                | 14     |
| HF1                              |                           | 3     | 3     | 1               | 3                | 3                | 13     |
| HF2                              |                           | 2     | 3     | 1               | 3                | 1                | 10     |
| <u>Piper<br/>aequale.</u>        |                           | AC    | 1     | 1               | 3                | 1                | 2      |
|                                  | AF1                       | 2     | 1     | 3               | 1                | 2                | 9      |
|                                  | AF2                       | 1     | 1     | 1               | 1                | 1                | 5      |
|                                  | SC                        | 2     | 1     | 1               | 3                | 2                | 10     |
|                                  | SF1                       | 3     | 2     | 2               | 2                | 2                | 11     |
|                                  | SF2                       | 2     | 1     | 1               | 1                | 1                | 6      |
|                                  | HC                        | 3     | 3     | 1               | 2                | 2                | 11     |
|                                  | HF1                       | 3     | 3     | 2               | 3                | 3                | 14     |
| HF2                              | 2                         | 1     | 1     | 1               | 1                | 6                |        |

TABLA 10.- El vigor está expresado como la suma de los diferentes parámetros medidos en cada tratamiento. El número asignado a cada parámetro fue en base a los resultados obtenidos en pruebas de comparación múltiple.

TABLA MULTIFACTORIAL DE INDEPENDENCIA

| ESPECIE                     | INDEPENDENCIA MEDIO POR MORTALIDAD | INDEPENDENCIA TEMPERATURA POR MORTALIDAD | INDEPENDENCIA-MEDIO POR TEMPERATURA POR MORTALIDAD | INTERACCION MEDIO POR TEMPERATURA POR MORTALIDAD |
|-----------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| <u>Cecropia obtusifolia</u> | 20.098 *                           | 257.522 **                               | 375.126 ***  | 99.006 **  |
| <u>Piper auritum</u>        | 40.038 **                          | 17.998 *                                 | 67.684 **  | 233.974 ***                                      |
| <u>Piper aequale</u>        | 89.85 **                           | 12.104 *                                 | 131.5380 ***                                       | 22.4680 **                                       |

Tabla 11.- Resultados de la prueba multifactorial de G para la independencia entre factores (n.s.= \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  y \*\*\* $p < 0.005$ )



TABLA DE SOBREVIVENCIA DE PLANTULAS

| ESPECIE                     | GRUPO           | VIVAS  | MUERTAS |
|-----------------------------|-----------------|--------|---------|
| <u>Cecropia obtusifolia</u> | AC              | 55.80% | 44.2%   |
|                             | AF <sub>1</sub> | 82.43% | 17.57%  |
|                             | AF <sub>2</sub> | 93.46% | 6.5%    |
|                             | SC              | 71.57% | 28.43%  |
|                             | SF <sub>1</sub> | 90.70% | 9.30%   |
|                             | SF <sub>2</sub> | 87.83% | 12.17%  |
|                             | HC              | 49.35% | 50.65%  |
|                             | HF <sub>1</sub> | 99.12% | 0.88%   |
|                             | HF <sub>2</sub> | 96.99% | 3.01%   |
|                             |                 |        |         |
| <u>Piper aurifum</u>        | AC              | 98.1%  | 1.9%    |
|                             | AF <sub>1</sub> | 99.24% | 0.076%  |
|                             | AF <sub>2</sub> | 97.80% | 2.20%   |
|                             | SC              | 98.86% | 1.14%   |
|                             | SF <sub>1</sub> | 92.0%  | 8%      |
|                             | SF <sub>2</sub> | 87.92% | 12.08%  |
|                             | HC              | 97.62% | 2.38%   |
|                             | HF <sub>1</sub> | 96.84% | 3.16%   |
|                             | HF <sub>2</sub> | 96.72% | 3.28%   |
|                             |                 |        |         |
| <u>Piper aequale</u>        | AC              | 91.78% | 8.21%   |
|                             | AF <sub>1</sub> | 89.00% | 11%     |
|                             | AF <sub>2</sub> | 88.20% | 11.80%  |
|                             | SC              | 89.05% | 10.95%  |
|                             | SF <sub>1</sub> | 93.49% | 6.51%   |
|                             | SF <sub>2</sub> | 92.02% | 7.98%   |
|                             | HC              | 72.82% | 27.18%  |
|                             | HF <sub>1</sub> | 83.05% | 16.95%  |
|                             | HF <sub>2</sub> | 54.19% | 45.81%  |

TABLA 12—

Reporta los grupos en los que se dio mayor y menor mortalidad expresada en porcentajes para cada especie.