

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

---

**EFFECTO DE LA IMBIBICION EN LA  
GERMINACION DE CUATRO  
ESPECIES FRUTALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA  
PRESENTA

SALVADOR GONZALEZ SANDOVAL  
MARIA GRACIELA ALVAREZ CHAVEZ

DIRECTOR DE TESIS: M.C. ANGEL VILLEGAS MONTER

1 9 8 6

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

4A  
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

---

---

**EFFECTO DE LA IMBIBICION EN LA  
GERMINACION DE CUATRO  
ESPECIES FRUTALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA  
PRESENTA

SALVADOR GONZALEZ SANDOVAL  
MARIA GRACIELA ALVAREZ CHAVEZ

1 9 8 6

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

# CONTENIDO

	PAGINA
LISTA DE CUADROS . . . . .	viii
LISTA DE GRAFICAS . . . . .	viii
RESUMEN . . . . .	xi
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
1. Especies frutales . . . . .	3
1.1 Tejocote . . . . .	3
1.1.1 Origen y distribución . . . . .	3
1.1.2 Ambiente . . . . .	3
1.1.3 Propagación . . . . .	4
1.2 Durazno . . . . .	4
1.2.1 Origen y distribución . . . . .	4
1.2.2 Ambiente . . . . .	5
1.2.3 Propagación . . . . .	5
1.3 Naranja agria . . . . .	6
1.3.1 Origen y distribución . . . . .	6
1.3.2 Ambiente . . . . .	6
1.3.3 Propagación . . . . .	7
1.4 Chirimoya . . . . .	8
1.4.1 Origen y distribución . . . . .	8
1.4.2 Ambiente . . . . .	8
1.4.3 Propagación . . . . .	9
2. Germinación . . . . .	9

2.1	Definición . . . . .	9
2.2	Metabolismo de la semilla durante su germinación . .	10
2.2.1	Activación de la germinación. . . . .	11
2.2.1.1	Proteínas. . . . .	11
2.2.1.2	Acidos nucleicos . . . . .	12
2.2.1.3	Fosfatos . . . . .	12
2.2.1.4	Enzimas. . . . .	13
2.2.2	Digestión y translocación de materiales de reserva . . . . .	13
2.2.2.1	Carbohidratos . . . . .	14
2.2.2.2	Lípidos . . . . .	15
2.2.2.3	Proteínas . . . . .	15
2.2.2.4	Otros materiales de reserva . . . . .	16
2.2.3	División y alargamiento celular . . . . .	16
3.	Factores que controlan la germinación . . . . .	16
3.1	Factores internos. . . . .	17
3.1.1	Letargo . . . . .	17
3.1.2	Inhibidores de la germinación . . . . .	19
3.1.3	Reguladores de crecimiento. . . . .	21
3.2	Factores externos. . . . .	22
3.2.1	Agua. . . . .	23
3.2.2	Temperatura . . . . .	23
3.2.3	Luz . . . . .	24
3.2.4	Intercambio de gases . . . . .	25
4.	Tratamientos pregerminativos . . . . .	26
4.1	Remojo en agua . . . . .	26
4.2	Escarificación . . . . .	27
4.3	Estratificación . . . . .	28

	PAGINA
5. Imbibición . . . . .	30
5.1 Definición . . . . .	30
5.2 Partes de la imbibición . . . . .	31
5.3 Factores que influyen en la imbibición . . . . .	32
5.3.1 Contenido de humedad de la semilla . . . . .	32
5.3.1.1 Almacenamiento. . . . .	34
5.3.2 Membrana celular . . . . .	35
5.3.3 Difusión . . . . .	38
5.3.3.1 Elementos de difusión . . . . .	38
5.3.3.2 Efectos de la difusión . . . . .	39
5.3.3.3 Condiciones que propician la difusión . . . . .	40
5.3.4 Testa . . . . .	41
5.3.4.1 Funciones . . . . .	42
5.3.4.2 Otras estructuras . . . . .	44
5.3.5 Temperatura. . . . .	45
5.3.5.1 Efecto de las bajas temperaturas . . . . .	45
MATERIALES Y METODOS . . . . .	48
1. Localización . . . . .	48
2. Material vegetal . . . . .	48
2.1 Extracción de la semilla . . . . .	48
2.2 Escarificación. . . . .	49
3. Tratamientos . . . . .	50
4. Manejo . . . . .	51
4.1 Siembra . . . . .	51
4.2 Riegos . . . . .	52

	PAGINA
5. Bioensayo . . . . .	52
6. Toma de datos . . . . .	53
7. Análisis . . . . .	53
RESULTADOS . . . . .	54
1. Imbibición . . . . .	54
1.1 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	54
1.2 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	54
-(tratamientos sin testa) . . . . .	56
1.3 Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	56
-(tratamientos sin testa) . . . . .	56
1.4 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	57
-(tratamientos sin testa). . . . .	57
2. Germinación . . . . .	58
2.1 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	58
2.2 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	58
-(tratamientos sin testa). . . . .	60
2.3 Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	60
-(tratamientos sin testa) . . . . .	61
2.4 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	61
-(tratamientos sin testa) . . . . .	61
3. Velocidad de germinación. . . . .	62
3.1 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	62
3.2 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	63
-(tratamientos sin testa) . . . . .	66

	PAGINA
3.3 Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	66
-(tratamientos sin testa). . . . .	67
3.4 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	69
-(tratamiento sin testa). . . . .	69
4. Altura media de plantas . . . . .	71
4.1 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	71
4.2 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	71
-(tratamientos sin testa) . . . . .	73
4.3 Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	73
-(tratamientos sin testa) . . . . .	73
4.4 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	74
-(tratamientos sin testa) . . . . .	74
5. Bioensayo . . . . .	75
5.1 Germinación de <i>Lepidium</i> spp. . . . .	75
5.1.1 Testigo . . . . .	75
5.1.2 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	75
5.1.3 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	75
-(tratamientos sin testa) . . . . .	77
5.1.4 Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	77
-(tratamientos sin testa) . . . . .	77
5.1.5 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	78
-(tratamientos sin testa) . . . . .	78
5.2 Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. . . . .	78
5.2.1 Testigo . . . . .	78
5.2.2 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	80



	PAGINA
5.2.3 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	80
-(tratamientos sin testa). . . . .	80
5.2.4 Naranja agria (tratamientos con testa) . . .	82
-(tratamientos sin testa). . . . .	82
5.2.5 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	82
-(tratamientos sin testa). . . . .	82
5.3 Altura media de <i>Lepidium</i> spp. . . . .	84
5.3.1 Testigo. . . . .	84
5.3.2 Tejocote (tratamientos con testa) . . . . .	84
5.3.3 Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	84
-(tratamientos sin testa). . . . .	86
5.3.4 Naranja agria (tratamientos con testa) . . .	86
-(tratamientos sin testa). . . . .	86
5.3.5 Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	87
-(tratamientos sin testa). . . . .	87
DISCUSION . . . . .	88
1. Tejocote . . . . .	88
2. Durazno (tratamientos con testa) . . . . .	89
-(tratamientos sin testa). . . . .	90
3. Naranja agria (tratamientos con testa) . . . . .	92
-(tratamientos sin testa). . . . .	93
4. Chirimoya (tratamientos con testa) . . . . .	94
-(tratamientos sin testa). . . . .	96
CONCLUSIONES . . . . .	99

APENDICE . . . . . 101

BIBLIOGRAFIA . . . . . 115

## LISTA DE CUADROS

NUMERO		PAGINA
1	Ganancia porcentual en peso de las semillas de las cuatro especies frutales después de los tratamientos de imbibición . . . . .	55
2	Porcentajes finales de germinación de las cuatro especies frutales . . . . .	59
3	Porcentajes finales de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de las cuatro especies frutales . . . . .	76

## LISTA DE GRAFICAS

1	Velocidad de germinación de tejocote con testa . .	64
2	Velocidad de germinación de durazno con testa y sin testa . . . . .	65
3	Velocidad de germinación de naranja agria con testa y sin testa . . . . .	68
4	Velocidad de germinación de chirimoya con testa y sin testa . . . . .	70
5	Altura media de plantas de tejocote, durazno, naranja agria y chirimoya con testa y sin testa . . . .	72
6	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en agua destilada . . . . .	79
7	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de tejocote con testa . . . .	79
8	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de durazno con y sin testa . .	81

GRAFICA NUMERO		PAGINA
9	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de naranja agria con y sin testa . . . . .	81
10	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de chirimoya con testa . . .	83
11	Velocidad de germinación de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de chirimoya sin testa . . . .	83
12	Altura media de plántulas de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de tejocote y durazno con y sin testa . . . . .	85
13	Altura media de plántulas de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición de naranja agria y chirimoya con y sin testa . . . . .	85

LISTA DE APENDICES

1	Selección de la semilla empleada. . . . .	102
2	Plantas muertas por especie frutal . . . . .	103
3	Pruebas de "t" para la absorción de agua, germinación y altura media de las cuatro especies frutales	104
4	Velocidad de germinación de tejocote con testa a partir de la siembra. . . . .	105
5	Velocidad de germinación de durazno con testa y sin testa a partir de la siembra . . . . .	106
6	Velocidad de germinación de naranja agria con testa y sin testa a partir de la siembra. . . . .	107

APENDICE  
NUMERO

PAGINA

7	Velocidad de germinación de chirimoya con testa y sin testa a partir de la siembra . . . . .	108
8	Altura media de plantas de las 4 especies frutales .	109
9	Pruebas de "t" para la germinación y altura media de plántulas de <i>Lepidium</i> spp. en soluciones de imbibición . . . . .	110
10	Altura media de plántulas de <i>Lepidium</i> spp. (cm) . .	111
11	Coefficiente de correlación entre el porcentaje de absorción de agua y los tratamientos de imbibición en las cuatro especies frutales. . . . .	112
12	Coefficiente de correlación entre los tratamientos de imbibición y el porcentaje total de germinación en las cuatro especies frutales . . . . .	113
13	Coefficiente de correlación entre los tratamientos de imbibición y la altura media de plantas en las cuatro especies frutales . . . . .	114

## RESUMEN

La presente investigación se planteó con el objeto de establecer la importancia de la imbibición en la germinación, conocer la relación entre tiempos de imbibición y porcentajes de germinación, determinar si existe difusión de inhibidores de la germinación durante la imbibición en semillas con y sin testa de cuatro especies frutales que son. tejocote, durazno, naranja agria y chirimoya.

Para el experimento se seleccionaron 400 semillas por especie frutal, formando 20 lotes de 20 semillas cada uno, de las cuales 200 permanecieron con testa y a 200 se les eliminó cuando fue posible.

Los tratamientos de imbibición aplicados a las semillas fueron de: 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48 y 124 hrs., períodos después de los cuales se sembró en condiciones de invernadero.

Los datos tomados fueron: determinación de la imbibición mediante el registro del peso inicial (Pi) y peso final (Pf) de cada lote de semillas al cabo de su tratamiento; porcentajes de germinación, velocidades de germinación, y altura media de plantas de cada especie frutal.

Además se realizó un bioensayo empleando semillas de *Lepidium* spp. que se humedecieron con las soluciones de imbibición sobrantes de cada tratamiento, con la finalidad de verificar la presencia de inhibidores. Se tomaron datos de porcentajes y velocidades de germinación, así como de la altura media de plántulas.

Los resultados obtenidos mostraron que el proceso de imbibición se expresa de manera similar en las cuatro especies frutales y las diferencias encontradas en cuanto a la cantidad de agua absorbida, se deben a que cada especie frutal requiere de un porcentaje crítico de agua para su germinación, mismo que depende de la naturaleza química de sus componentes de reserva y estructurales.

Las semillas de tejocote con testa, durazno con testa, y chirimoya con y sin testa, no logran estabilizar sus porcentajes de absorción de agua por lo que pueden seguir absorbiendo agua por más de 124 hrs. Por su parte las semillas de durazno sin testa y naranja agria con y sin testa, sí logran estabilizar su absorción de agua después de 24, 12 y 24 hrs. de imbibición, respectivamente.

La mejor respuesta encontrada entre tratamientos de imbibición y porcentajes de germinación fue: en tejocote 12 hrs.; en durazno con testa 2 hrs., sin testa 48 hrs.; en naranja agria con testa 124 hrs., sin testa 4 hrs.; y para chirimoya con testa 24 hrs., y sin testa no se recomienda ningún tratamiento.

La testa en tejocote no representa impedimento alguno para la germinación, sin embargo en durazno restringe tanto porcentajes como velocidad de germinación, por lo que se recomienda eliminarla. En naranja agria únicamente limita a la velocidad de germinación, y en chirimoya juega un papel de vital importancia pues sin ella prácticamente no hay germinación.

Por su parte, los inhibidores de la germinación en semillas de tejocote y chirimoya se encuentran en muy bajas concentraciones y son difundidos lentamente, no obstante en durazno y naranja agria las concentraciones son mayores, y la mayor parte de ellos se localizan en la testa de las semillas.

La altura media de las plantas en las cuatro especies frutales, con y sin testa, no revelan que hayan sido afectadas por el tiempo de imbibición.



## INTRODUCCION

La propagación de plantas puede ser sexual por medio de semillas o bien asexual a partir de porciones vegetativas. En el primer caso, durante la germinación de la semilla, el metabolismo celular se incrementa, el embrión reanuda su crecimiento activo, las cubiertas de la semilla se rompen y emerge la plántula (Hartmann y Kester, 1982).

Una de las condiciones externas para que se lleve a cabo la germinación, es la disponibilidad de agua; la absorción inicial por los coloides de la semilla seca representa la imbibición (Hartmann y Kester, 1982), la cual convierte a la semilla de un estado quiescente con un rango respiratorio muy bajo a uno dinámico, activo en respiración, en biosíntesis y capaz de crecer (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

Las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el proceso de imbibición, tanto de la propia semilla (contenido de humedad, estado de la testa, etc.), como de los factores externos (agua, temperatura, luz, oxígeno, etc.), tienen una gran influencia en la germinación, ya que si éstas no son favorables se pueden provocar daños a la semilla durante la imbibición, tales como inhibición de la respiración (Woodstock y Pollock, 1965), pérdida excesiva de solutos por difusión (Larson, 1968; Parrish y Leopold, 1977), rompimiento de cotiledones y pérdida de vigor (Eyster, 1938).

A nivel mundial, las investigaciones acerca del proceso de la imbibición en semillas, surgen principalmente por la necesidad de resolver

uno de los problemas causados por la siembra en suelos fríos, ya que ésta puede reducir marcadamente la productividad.

Los trabajos realizados se enfocan generalmente a cultivos anuales como la soya (Obendorf y Hobbs, 1970; Woodstock y Tao, 1981), chícharo (Larson, 1968), maíz (Cal y Obendorf, 1972) y algunas especies de frijol (Eyster, 1940), existiendo también algunos trabajos sobre frutales como chirimoya (Duarte *et al.*, 1974; Toll *et al.*, 1975).

En México, la investigación sobre este proceso no se ha hecho directamente, pero los trabajos sobre germinación de semillas de alguna manera lo llevan implícito, aunque no se destaque su importancia, y éstos sólo se refieren al incremento del porcentaje y velocidad de germinación así como a mejorar su uniformidad.

Por esta razón, el presente trabajo se plantea con el objeto de definir la importancia de la imbibición durante la germinación en semillas de Tejocote, Durazno, Naranja Agria y Chirimoya; identificar la relación que existe entre el tiempo de imbibición y el porcentaje de germinación; establecer el papel de la testa como tejido de protección de estas semillas, y tratar de determinar si existe difusión de inhibidores durante la imbibición.

## REVISION DE LITERATURA

### 1. Especies frutales

#### 1.1 Tejocote

##### 1.1.1 Origen y distribución

El tejocote (*Crataegus* spp.), pertenece a la familia de las Rosáceas; se considera una planta originaria de México, que se encuentra difundida en una gran extensión de nuestro territorio como planta silvestre, de las que un número reducido son plantas cultivadas, habiendo en forma excepcional plantaciones establecidas para explotación comercial (Chávez, 1970). Su área de distribución se extiende a Estados Unidos y Canadá (Quintanar, 1964).

##### 1.1.2 Ambiente

Este frutal prospera bien en climas templados, fríos, semihúmedos y hasta en zonas semiáridas, auxiliado solamente por la precipitación pluvial (García, 1982).

El tejocote crece sobre un rango muy amplio de condiciones edáficas ya que se puede desarrollar en suelos arcillosos, arenosos, tepetatosos, volcánicos, superficiales o muy profundos, así como en suelos ligeramente ácidos y alcalinos, pudiendo tolerar períodos de sequía en estado de reposo, también se le ha visto crecer en suelos fríos o cálidos (García, 1982), e incluso en suelos inundados (Borys *et al.*, 1980, citado por García, 1982).

### 1.1.3 Propagación

Existen dos formas de propagación en el tejocote: sexual, que se hace por medio de semillas, y asexual, que se realiza a través del injerto sobre patrones francos (Chávez, 1970). Además se le ha usado como patrón para injerto de manzano, peral (Quintanar, 1964), membrillero (Tamaro, 1979; Westwood, 1982) y níspero (Tukey, 1964 y Tiscornia, 1976, citados por García, 1982).

Su fruto es una drupa que lleva en su interior normalmente 5 semillas encerradas en el endocarpio endurecido, son de color café claro, lisas, ligeramente convexas (lo que es más notorio en su parte basal) y de aproximadamente de 6 x 3 x 1 mm.

## 1.2 Durazno

### 1.2.1 Origen y distribución

El durazno (*Prunus persica* Batsch L.), también pertenece a la familia de las Rosáceas, es originario de las zonas templadas de China (Li, 1984), pero parece que fue cultivado en Persia por algún tiempo antes de ser introducido a Europa, de donde pasó a América del Norte (Westwood, 1982), en donde se aclimató y multiplicó dando origen a un gran número de variedades criollas adaptadas al clima y suelo de las diferentes regiones en donde se plantaron (Hernández, 1976).

Su cultivo en México se extiende en casi todo el territorio, produciéndose principalmente en Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes (Sánchez, 1975), Chihuahua, el norte de Durango y el noroeste de Sonora (Hernández, 1976).

Sin embargo, el durazno "siempreverde" sólo se cultiva en una región del noreste del Estado de Morelos que comprende los municipios de Ocuituco y Tetela del Volcán (Sánchez, 1975).

### 1.2.2 Ambiente

Este tipo de durazno prospera bajo las siguientes condiciones: temperatura media mínima del mes más frío (9.5°C), mínima absoluta (2°C), máxima absoluta (32°C), media máxima anual (23.2°C) y media anual (17.3°C). Con una concurrencia de frío abajo de 7°C de apenas 130 hrs. La precipitación de los sitios en que crece se distribuye del mes de junio a octubre, principalmente (Sánchez, 1975).

En la zona mencionada del Estado de Morelos sólo se identifica un tipo de suelo formado a partir de cenizas volcánicas llamado de ando o húmico de alofano (Sánchez, 1975).

La región está comprendida entre los paralelos 18° 53' y 19° 01' IN, y los meridianos 98° 30' y 98° 42' LW, con una altitud que varía desde los 900 msnm en las partes más bajas, hasta los 2,200 msnm (Sánchez, 1975).

### 1.2.3 Propagación

Aun cuando algunos patrones de durazno se pueden propagar vegetativamente por medio de estacas foliares de madera tierna en canas de nebulización, su uso no se ha generalizado, siendo normal la obtención de portainjertos por medio de semilla, empleándose para ello el durazno criollo, semilla de la variedad Elberta (Hernández, 1976), así como semilla de la variedad "siempreverde".

Su tipo de fruto es una drupa, que contiene encerrada en el endocarpio por lo general, a una sola semilla, aunque en ocasiones dos; carece de endospermo (Hernández, 1976), su forma es oval redondeada, doblemente convexa, ligeramente estriada, de color ocre y de aproximadamente 1.2 x 0.8 x 0.4 cm.

### 1.3 Naranja agria

#### 1.3.1 Origen y distribución

La naranja agria (*Citrus aurantium* L.) pertenece a la familia de las Rutáceas (Juscafresa, 1978), y se le ha clasificado como una planta ción de tipo tropical y subtropical (Bowman, 1956).

Se considera que los cítricos son originarios de una vasta región que comprende Cochinchina, el Archipiélago Malayo y partes adyacentes de Asia (Palacios, 1978).

El cultivo de la naranja agria y los cítricos en general está ubicado en el mundo dentro de dos grandes fajas delimitadas por los paralelos 20° y 40° latitud Norte y Sur. En México se cuenta con dos áreas itrícolas bien definidas por su clima, la región adyacente al Golfo de México / el área costera del Océano Pacífico (Palacios, 1978).

#### 1.3.2 Ambiente

Los cítricos requieren de un clima que les brinde un invierno benigno pues solamente pueden soportar ligeras heladas, requieren de vera nos cálidos, toleran la humedad y condiciones de aridez pero no vientos fuertes, por lo que requieren de protección (Hume, 1949).

En particular, la naranja agria presenta mayor tolerancia a temperaturas más bajas y soporta mejor las heladas, además en regiones cálidas puede crecer exitosamente dándole suficiente agua (Bowman, 1956).

Este cítrico se prefiere como patrón en suelos bajos y planos con textura fina y alto contenido de agua (Ziegler y Wolfe, 1979), debido a que no tolera suelos con baja capacidad de retención aunque se le ha encontrado en suelos arenosos, donde su crecimiento inicial es muy lento (Morín, 1980).

### 1.3.3 Propagación

El número de semillas que se obtienen por fruto de naranja agria es elevado y en vivero las plantas así reproducidas presentan un adecuado crecimiento que determina su pronta utilización para injerto. Desafortunadamente es muy afectada por la presencia de la enfermedad viral conocida como Tristeza (Bowman, 1956) y por el Mal Seco; sin embargo es un patrón resistente a la gomosis, psorosis y podredumbre de la raíz. En México la Tristeza no existe, por lo que se recomienda ampliamente para uso como patrón de las especies de naranja dulce, toronja y mandarina (Bowman, 1956).

Su fruto es un hesperidio que contiene aproximadamente a 20 semillas, aunque éste guarda una estrecha relación con la polinización y las condiciones bajo las cuales fue producido (Hume, 1949).

Las semillas son plano-convexas o doblemente convexas, pueden ser puntiagudas, achatadas o en forma triangulada en dirección hacia el final

del micrópilo; son alargadas y delgadas o ligeramente redondeadas, miden de 1.4 a 1.7 cm. de largo, de 0.6 a 0.8 cm. de ancho y 0.4 cm. de espesor (Hume, 1949).

#### 1.4 Chirimoya

##### 1.4.1 Origen y distribución

La chirimoya (*Annona cherúmolía* Mill.) pertenece a la familia de las Anonáceas (Quintanar, 1964), es una planta subtropical y semicadúca (Rocha, 1967), originaria de la zona intertropical de América, del área andina (Duarte *et al.*, 1974), específicamente del Perú (Tamaro, 1979).

Su cultivo es restringido en México y en términos generales las zonas de cultivo en el mundo pueden extenderse hasta los 30° de latitud (Ibar, 1983), en zonas comprendidas entre 1,500 m. (Ibar, 1983 y Tamaro, 1979) y 2,200 msnm (Rocha, 1967), pero ocasionalmente se le encuentra hasta 2,440 msnm (Popenoe, 1974).

##### 1.4.2 Ambiente

Este frutal requiere de lugares cálidos con temperaturas compendidas entre 18° y 22°C en verano y de 15° a 18°C en invierno, en donde entre estación seca y cálida transcurren unos 5 meses, en los que debe existir buena humedad y el resto del año debe tener un ambiente fresco y poco húmedo (Ibar, 1983).



Llega a resistir las heladas ya que se comporta frente al frío como un árbol caducifolio (Ibar, 1983), sin embargo temperaturas menores de  $-2.8^{\circ}\text{C}$  le ocasionan daños muy serios (Popenoe, 1974).

El chirimoyo se desarrolla preferentemente en suelos limosos, pero puede crecer en suelos de muy variados tipos (Popenoe, 1974), reportándose también que los suelos donde crece deben tener una textura arcillo-a renosa, suficiente cantidad de materia orgánica, provistos de buen drenaje que evite encharcamientos y con pH de 6.5 a 7.6 (Rocha, 1967).

### 1.4.3 Propagación

La propagación de la chirimoya se ha efectuado casi exclusivamente por semillas de las que se obtienen patrones a los que hay que injertar para la obtención de variedades comerciales (Rocha, 1967), sin embargo también puede multiplicarse por medio de acodos, estacas (Ibar, 1983) y brotes (Popenoe, 1974).

Su fruto es una infrutescencia denominada sorosis, que contiene numerosas semillas de forma oval, lisas, de color pardo oscuro y lustrosas (Tamaro, 1979), de aproximadamente  $1.7 \times 0.9 \times 0.7$  cm.

## 2. Germinación

### 2.1 Definición

La germinación se considera como el reinicio de la vida activa por el embrión (Rojas, 1982).

Para Mayer y Shain (1974), es consecuencia de una serie de pasos que causan que una semilla quiescente muestre una actividad metabólica general y se inicie el crecimiento de la plántula, no obstante el término exacto de la germinación es muy difícil de definir, ya que generalmente se identifica a ésta como la emisión de alguna parte del embrión a través de la cubierta de la semilla, lo que constituye un resultado del crecimiento y probablemente el proceso fundamental que provoca la germinación es diferente de los procesos que causan el crecimiento, por lo que la germinación puede diferenciarse por ser un proceso de activación y no uno de crecimiento.

Grajales (1986), define la germinación como la transformación de un embrión a una plántula, efectuada debido a la reactivación del metabolismo celular de la semilla que es inducido por la presencia de inductores y correpresores genéticos cuya producción es regulada por acción de factores exógenos.

Sin embargo, para Cronquist (1977), el proceso de germinación ocurre desde el momento en que el embrión reinicia su actividad hasta que la plántula emerge. Considerando este concepto fueron hechas las determinaciones sobre germinación de la presente investigación.

## 2.2 Metabolismo de la semilla durante su germinación

Para explicar el proceso de germinación Hartmann y Kester (1982), lo dividen en tres etapas; la primera es de activación, la segunda de digestión y translocación de materiales de reserva y la tercera de división y alargamiento celular.

### 2.2.1 Activación de la germinación

Durante el proceso de germinación las sustancias tomadas normalmente por la semilla son el agua y el oxígeno (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1963). La activación puede completarse en un período de minutos o de horas, en ella la semilla seca absorbe agua (Hartmann y Kester, 1982), provocando algunas reacciones bioquímicas inducidas por la hidratación inicial de proteínas y específicamente de enzimas (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975). Esta absorción inicial significa la imbibición de los coloides de la semilla lo cual ablanda las cubiertas de ésta y ocasiona la hidratación del protoplasma (Hartmann y Kester, 1982), y el primer cambio metabólico observable en la semilla es el incremento en los valores del rango respiratorio (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1963), es por ello que Thronenberry y Smith (1955) afirman que la pérdida de capacidad germinativa en semillas de maíz (*Zea mays* L.) está estrechamente relacionada con fallas en la respiración de las mismas, además Woodstock y Grabe (1967) destacan que el metabolismo durante las horas iniciales de germinación está evidentemente relacionado con los rangos de crecimiento de las plántulas algunos días después.

#### 2.2.1.1 Proteínas

Durante la hidratación de las células, los componentes del sistema de sintetización de proteínas se activan (Hartmann y Kester, 1982), pues son precisamente estas macromoléculas las que imbiben mayor cantidad de agua en la semilla, esto es apoyado por Marcus *et al.* (1966) al señalar que durante los primeros 30 min. de imbibición la capacidad de síntesis se incrementa rápidamente en embriones de trigo.

De especial importancia es el inicio de la síntesis protéica debido a que de ella se derivan una serie de compuestos estructurales asíco mo enzimáticos que poseen una estrecha relación con el metabolismo de los ácidos nucleícos (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

#### 2.2.1.2 Ácidos nucleícos

El contenido de ácidos nucleícos en la semilla parece indicar que existe una redistribución de éstos en varias partes de la misma, decreciendo en los tejidos de almacenamiento e incrementándose en el embrión, asimismo se ha encontrado que el contenido total de ácidos nucleícos en la semilla se incrementa durante la germinación (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

La síntesis de ADN aparentemente ocurre más lentamente que la de ARN durante la germinación. Mary *et al.* (1972), citados por Mayer y Poljakoff-Mayber (1975), indican que la síntesis de ADN en embriones aislados de trigo ocurre después de 12 hrs. de haberse iniciado la germinación, por su parte, Waters y Dure (1966) citados por Mayer y Poljakoff-Mayber (1975), observaron que en semillas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) la formación de ribosomas y la síntesis de ARN ocurren durante los primeros momentos del proceso.

#### 2.2.1.3 Fosfatos

El metabolismo de los fosfatos también se lleva a cabo tempranamente, pues son requeridos para la formación de ácidos nucleícos, mismos que están relacionados con la síntesis de proteínas y la constitución hereditaria de la planta.

Entre los principales compuestos que contienen fósforo en la semilla se encuentran los fosfolípidos, fosfoésteres de azúcares, nucleótidos, ácidos nucleicos y fitina. La liberación de fosfato por hidrólisis enzimática se lleva a cabo por las fosfatasas tales como la fitasa, fosfocinasa, glicerofosfatasa y piruvatocinasa (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1963).

#### 2.2.1.4 Enzimas

Conjuntamente las enzimas hidrolíticas y de transferencia están presentes en las semillas secas y comienzan a ser activas rápidamente conforme la semilla imbebe agua (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975), o son producidas por inducción en la síntesis de proteínas controlando las actividades metabólicas de la célula (Hartmann y Kester, 1982).

La hidrólisis y la síntesis de carbohidratos, proteínas y lípidos en las semillas es llevada a cabo a través de la acción de las enzimas (Crocker y Barton, 1957), de tal manera que los cambios metabólicos que ocurren en las primeras etapas son el resultado de la actividad de varias enzimas. Es por ello que Doty *et al.* (1946), citados por Crocker y Barton (1957), sugieren que la pérdida de viabilidad de las semillas podría ser debido en parte a un defecto en el sistema enzimático.

#### 2.2.2 Digestión y translocación de materiales de reserva

Durante esta etapa la absorción de agua y la respiración continúan en un ritmo constante. Los sistemas celulares se han activado y los sistemas de síntesis de proteínas funcionan para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos, reguladores, ácidos nucleicos, etc.,

para efectuar funciones celulares y sintetizar nuevos materiales (Hartmann y Kester, 1982).

Las enzimas empiezan a digerir materias de reserva (grasas, proteínas, carbohidratos) contenidas en los tejidos de almacenamiento (endospermo, cotiledones) a compuestos químicos más sencillos (Hartmann y Kester, 1982), por lo que generalmente las enzimas que desdoblan almidón, hemicelulosa, proteínas, lípidos, polifosfatos y otros materiales de almacenamiento, elevan su actividad rápidamente conforme la germinación continúa (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

#### 2.2.2.1 Carbohidratos

El almidón está presente en muchas semillas como una fuente de energía (Hartmann y Kester, 1982), y es el carbohidrato más ampliamente distribuido como sustancia de reserva, por lo que debe ser solubilizado y digerido antes de poder ser usado (Crocker y Barton, 1957).

Su digestión es llevada a cabo por las amilasas, consideradas dentro del grupo de las carbohidrasas mismas que hidrolizan el almidón. Ha sido establecido que existen dos tipos de ellas; la alfa y beta amilasas. La primera es sintetizada de "novó" y se le denomina amilasa de activación pues aparece después de que la germinación se ha iniciado, y la segunda, preexistente activada por hidratación es llamada amilasa de letargo presentándose muy frecuentemente en granos de cebada no germinados (Crocker y Barton, 1957).

La principal vía catabólica de los carbohidratos es la glucólisis (Edwards y Hassall, 1976).

### 2.2.2.2 Lípidos

Existen semillas cuyos principales materiales de reserva son grasas.

Según Crocker y Barton (1957), la mayor parte de los lípidos almacenados en la semilla existen como glicéridos y como ácidos grasos, mismos que son hidrolizados por las lipasas, también se han encontrado fitoesteroles que se presentan en pequeñas fracciones en las semillas grasosas. Hartmann y Kester (1982) dicen que durante la germinación las grasas y los aceites se convierten enzimáticamente a ácidos grasos y finalmente a azúcares, lo que Edwards y Hassall (1976) apoyan al decir que la germinación de semillas de ricino es catalizada por lipasas durante la reacción de hidrólisis de sus glicéridos. En contraparte en semillas de *Citrullus* sp. hay un rápido desdoblamiento de los lípidos pero éstos son usados en la respiración y no parece que sean convertidos a carbohidratos (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

La principal vía catabólica de los lípidos es conocida como beta oxidación (Rojas, 1982).

### 2.2.2.3 Proteínas

Las proteínas de almacenamiento presentes en la mayor parte de las semillas constituyen una fuente de nitrógeno fundamental para el crecimiento de la plántula (Hartmann y Kester, 1982).

Las proteasas se presentan universalmente catalizando proteínas e hidrolizando péptidos, existen dos tipos de enzimas proteicas; las que

hidrolizan a las grandes moléculas protéicas conocidas como proteínas, y las que actúan solamente sobre productos derivados de las moléculas protéicas llamadas peptidasas (Crocker y Barton, 1957).

#### 2.2.2.4 Otros materiales de reserva

Otros materiales de reserva presentes en la semilla son: la inulina que es hidrolizada por la inulasa, disacáridos y trisacáridos hidrolizados por la maltasa, rafinasa, melobiasa y gentionasa; también se encuentran reservas de hemicelulosa en las paredes celulares del endospermo y cotiledones que son digeridas por las citasas (Crocker y Barton, 1957).

#### 2.2.3 División y alargamiento celular

Finalmente la tercera etapa de la germinación de semillas consiste en la división y alargamiento celular en los puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguida de la expansión de estructuras de la plántula.

Una vez que principia el crecimiento en el eje embrionario, aumenta el peso fresco y seco de la plántula pero disminuye el de los tejidos de almacenamiento, la respiración aumenta en forma constante y cesa la actividad metabólica de estos tejidos, excepto en las plantas en que los cotiledones se vuelven activos en la fotosíntesis (Hartmann y Kester, 1982).

### 3. Factores que controlan la germinación

Existen mecanismos naturales de control de la germinación de semillas en plantas de zonas templadas que tienen valor para la supervivencia



de la planta al sincronizar adecuadamente el desarrollo de la misma con la secuencia estacional y ambiental en que la especie se desarrolla, estableciendo una pauta para proteger la viabilidad de las mismas y asegurar al mismo tiempo el establecimiento de las plántulas en la naturaleza (Westwood, 1982).

A diferencia, las semillas de frutales de hoja perenne de climas tropicales y subtropicales, tienen la cualidad de poder germinar inmediatamente después de que son desprendidas del fruto, sin que requieran de un período de descanso o desecación parcial. Su poder germinativo de crece con gran rapidez, no llegando a ser de más de uno o dos meses en general, bajando notablemente en su porcentaje de germinación con la deshidratación, lo que sucede notablemente en semillas de guañábana y de cftricos (Cronquist, 1977).

### 3.1 Factores internos

Una semilla latente (Hartmann y Kester, 1982) o en reposo verdadero es aquella que no llega a germinar a causa de condiciones fisiológicas internas que impiden el crecimiento incluso si las condiciones externas son favorables (Westwood, 1982).

#### 3.1.1 Letargo

Nikolaeva (1967), citado por Hartmann y Kester (1982), ha clasificado el letargo de acuerdo a bases fisiológicas en 4 grupos:

Grupo 1: Semillas en donde la regulación ocurre en las cubiertas externas no vivientes pero en que el embrión mismo es quiescente.

- A. Cubiertas duras de la semilla impermeables a la humedad, en donde las semillas absorben agua hasta que la cubierta es modicada por métodos naturales o artificiales.
- B. Cubiertas duras de la semilla resistentes a la expansión del embrión, lo que puede ser un factor que retarde la germinación de semillas, como el endocarpio en durazno o el pericarpio endurecido en *Crataegus* sp.
- C. Cubiertas de semillas que contienen inhibidores químicos que deben ser reducidos o eliminados por lixiviación con el agua o absorbidos por el suelo para permitir la germinación.

Grupo 2: Semillas con embriones morfológicamente poco desarrollados. Este tipo de embriones son comunes entre especies de plantas tropicales como palmas y orquídeas, pero no mucho en plantas de zonas templadas. Millet *et al.* (1981), reportan que en semillas de *Euterpe edulis* (familia Palmae), la lenta germinación puede ser atribuida a dos factores: los extremadamente duros y gruesos mesocarpio y endocarpio y a la estructura rudimentaria de su embrión, indicando que los mejores resultados para mejorar su germinación y posterior desarrollo de las plántulas se alcanzaron cuando las semillas se mantuvieron durante 72 hrs. en agua a 30°C.

Grupo 3: Semillas con letargo interno, en donde la germinación es regulada por los tejidos de la semilla (embrión, endospermo, testa).

- A. Letargo fisiológicamente superficial; este tipo se encuentra en la mayoría de las semillas recién cosechadas y desaparece en un período de días o meses con almacenamiento seco.
- B. Letargo fisiológicamente intermedio; el enfriamiento en húmedo estimula la germinación, pero puede no ser fundamental para superar el letargo, y la regulación de la cubierta de las semillas resulta de mayor significancia que las condiciones dentro del embrión.
- C. Letargo fisiológicamente profundo; este tipo de letargo desaparece con el enfriamiento en húmedo prolongado, la regulación se encuentra en forma predominante en el embrión aunque parece también que intervienen las cubiertas de la semilla. Es común en semillas de árboles y arbustos de zonas templadas y de climas más fríos.

Grupo 4: Letargo doble o combinado, que es cuando se presenta tanto en cubiertas de la semilla como en el embrión, un ejemplo de ello se tiene en las semillas de "Jaboncillo" (*Sapindus drummondii* Hook & Arn), en donde la germinación se dificulta por una combinación de letargo del embrión (Read, 1974) y una testa impermeable (Vines, 1976), citados por Munson (1984).

### 3.1.2 Inhibidores de la germinación

Evenari (1949) citado por Hartmann y Kester (1982), menciona que de muchas partes de las plantas se han extraído e identificado sustancias

químicas que actúan como inhibidores de la germinación en las semillas. Estas sustancias se producen durante el desarrollo del fruto y de la se milla y algunas de ellas se acumulan en el mismo fruto, las cubiertas de la semilla y el embrión, considerándose que existen dos clases (Hartmann y Kester, 1982): una que comprende subproductos metabólicos cuya presencia puede ser incidental a un papel en la regulación de la germinación (Amen, 1948, citado por Hartmann y Kester, 1982) donde se encuentran una serie de compuestos fenólicos naturales, incluyendo derivados de ácidos benzóico y cinámico, lactonas del grupo de la cumarina y flavonoides (Westwood, 1982); y una segunda clase que incluye a hormonas ve getales de ocurrencia natural (Hartmann y Kester, 1982).

Sobre estas últimas, Westwood (1982) reporta que existen inhibidores tanto en la cubierta de la semilla como en el embrión y en ambos ca sos parece tratarse del ácido abscísico (ABA), que es un inhibidor del crecimiento natural. El papel regulador del ABA en el reposo de semi llas parece ligado al cambio de niveles de giberelinas (AG) y otros pro motores, que se elevan cuando ha terminado el período de reposo.

Los inhibidores de la cubierta de la semilla son eliminados median te lavados con agua, pero los del embrión sólo parecen ser eliminados por la acción fisiológica del frío, el cual reduce los niveles de ABA y aumenta los de AG, dando lugar a la germinación (Westwood, 1982).

Lagarda y Martin (1983), reportan que la germinación de embriones de olivo (*Olea europea* L. var. "Manzanillo") fue inhibida por 10 ppm de ABA.

Reynolds y Thompson (1971) reportados por Atherton y Farooque (1983), encontraron que los niveles de ABA eran menores conforme se aumentaba la temperatura de germinación en semillas de lechuga.

### 3.1.3 Reguladores de crecimiento

Westwood (1982) dice en las semillas el reposo parece estar controlado por el equilibrio entre promotores (giberelinas, citocininas y etileno) e inhibidores (ABA), más que por unos u otros considerados aisladamente.

Al respecto, Weaver (1976) menciona que la interacción de inhibidores y substancias promotoras del crecimiento es una de las etapas del proceso que determina el establecimiento y terminación del reposo o letargo.

Las giberelinas ayudan en la salida del reposo de las semillas, y han sido encontradas en semillas de durazno, avellana, albaricoque y en semillas inmaduras de manzana y uva.

La germinación de semillas con elevadas necesidades de frío es facilitada por un lavado con AG previo o posterior al tratamiento de frío, ésto se explica porque el AG promueve la síntesis de alfa amilasa, la cual incrementa la hidrólisis del almidón y de esta forma se estimula la germinación de algunas semillas (Westwood, 1982).

Tanabe (1980), reporta que el rango y porcentaje de germinación de semillas de *Alyxia olivaeiformis* se mejoró por la remoción de su testa fresca y por el tratamiento con reguladores de crecimiento (AG, cinetina

y  $\text{KNO}_3$ ), pues la germinación de semillas despulpadas comenzó en la cuarta semana y continuó en incremento hasta la décimo tercera (40%), mientras que las semillas con pulpa fresca comenzaron a germinar hasta después de 12 semanas (3%).

Las citocininas actúan acelerando la germinación de las semillas (Westwood, 1982), probablemente a nivel del sistema de transcripción del ADN y ARN (Hartmann y Kester, 1982), y en algunas plantas puede anular la acción del ABA en la inhibición de la giberelina ya que se le ha descrito como un "permisivo" en cuanto que anula dicha inhibición (Khan, 1971, citado por Hartmann y Kester, 1982).

Wilczek y Ng (1982), señalan que la germinación de *Beta vulgaris* L. tratadas con extractos de algas marinas de las familias Laminariaceae y Fucaeae fue superior que las tratadas solamente con agua a 10, 15 y 20°C, lo que se atribuye a que el extracto posee citocininas.

El etileno provoca la salida del reposo en semillas (Westwood, 1982), puede superar el letargo de las semillas de maní tipo Virginia que se producen debajo de la superficie del terreno (Esashi, 1969, citado por Hartmann y Kester, 1982).

### 3.2 Factores externos

Quando las semillas no germinan a causa de condiciones externas desfavorables al crecimiento (agua, temperatura, luz,  $\text{O}_2$ , etc.), se dice que están en quiescencia (Westwood, 1982), y germinarán tan pronto como existan condiciones ambientales adecuadas (Cronquist, 1977).

### 3.2.1 Agua

Se ha observado que para que las semillas germinen deben de alcanzar un contenido específico de humedad (Hunter y Erickson, 1952), ya que de ordinario tienen un contenido de agua relativamente bajo, y los procesos fisiológicos necesarios para la germinación ocurren sólo cuando la proporción de agua ha aumentado (Cronquist, 1977).

Hunter y Erickson (1952), reportan un requerimiento mínimo de humedad para la germinación de 30, 26, 50 y 31% en semillas de maíz, arroz, soya y remolacha respectivamente.

### 3.2.2 Temperatura

El factor ambiental individual de mayor importancia que regula la germinación y el crecimiento subsiguiente de las plántulas es tal vez la temperatura (Hartmann y Kester, 1982).

Para cualquier especie existe un máximo o un mínimo de temperatura por arriba o por debajo de los cuales la germinación no ocurre, de la misma manera la temperatura óptima para la germinación varía de acuerdo a las especies (Cronquist, 1977). Hay semillas que requieren cambios periódicos para germinar (alternancia térmica) y otras requieren de temperaturas constantes para hacerlo.

Por otra parte, la resistencia a los cambios de temperatura es muy variado, pues hay semillas que resisten incrementos importantes y otras que mueren ante estos cambios, lo que probablemente está relacionado con las sustancias de reserva (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975). Cohen

(1958) citado por Mayer y Poljakoff-Mayber (1975), dice que no es la temperatura la que provoca menores o mayores respuestas germinativas sino el tiempo de exposición a ella.

### 3.2.3 Luz

Por sus requerimientos de luz durante la germinación las semillas se pueden clasificar en:

1. Las que necesitan obscuridad para germinar; este tipo de semillas son poco comunes, encontrándose aquí algunas especies de *Amaranthus* y *Allium* (Hartmann y Kester, 1982), y a las que se denomina fotoblásticas negativas.
2. Las que necesitan luz para germinar; entre ellas se encuentran semillas de epífitas (Cronquist, 1977), tales como el muérdago (*Viscum album*) y la higuera estranguladora (*Ficus aurea*) (Hartmann y Kester, 1982), nombradas fotoblásticas positivas.
3. Las que necesitan períodos breves de luz para germinar; entre ellas se encuentran semillas de muchos pastos (Cronquist, 1977).
4. Las indiferentes a la luz u obscuridad; entre ellas se encuentran la mayoría de las semillas de plantas cultivadas (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975), conocidas como no fotoblásticas.

Se sabe que las respuestas de las semillas y su germinación a la luz es modificada por varios factores internos y externos, como el stress osmótico, la presencia de promotores o inhibidores del crecimiento,



tensión del agua, duración e intensidad de la luz (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975).

#### 3.2.4 Intercambio de gases

Los gases que pueden afectar la germinación de las semillas son el oxígeno, dióxido de carbono y posiblemente el etileno (Hartmann y Kester, 1982).

El dióxido de carbono es un producto de la respiración y en condiciones de mala aereación puede acumularse, es por ello necesaria una buena provisión de oxígeno para las semillas en germinación (Cronquist, 1977).

La mayoría de las semillas germinan en atmósferas que tengan un 20% de oxígeno y 0.03% de dióxido de carbono (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975). A profundidades mayores en el terreno el aumento en la concentración del dióxido de carbono puede inhibir la germinación (Roberts, 1972, citado por Hartmann y Kester, 1982).

El etileno ocurre de manera natural en las plantas; se ha encontrado que es desprendido por las semillas de trébol subterráneo y puede funcionar con un papel independiente en el estímulo de la germinación de grupos de semillas en condiciones de suelos costrosos (Esashi, 1968, citado por Hartmann y Kester, 1982). En forma experimental el etileno aplicado a semillas ha estimulado la germinación en algunas clases de semillas (Hartmann y Kester, 1982).

#### 4. Tratamientos pregerminativos

Los factores que retardan la germinación por condiciones de letargo o reposo se pueden superar mediante la adopción de procedimientos apropiados de manejo y pregerminación.

##### 4.1 Remojo en agua

El objeto de remojar las semillas es ablandar las cubiertas duras, eliminar inhibidores y reducir el tiempo de germinación (S.A.G., 1972); lo que Korban *et al.* (1981) confirman al decir que la dureza de las cubiertas causa reducción y retraso en la germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) además de degradar la textura de sus productos.

Junttila (1976) citado por Wilczek y Ng (1982), dice que los frutos de betabel contienen un inhibidor de la germinación soluble en agua, y Longden *et al.* (1979) citados por Wilczek y Ng (1982) reportan que esos inhibidores pueden ser parcialmente difundidos de la semilla, por lo que la germinación puede mejorarse humedeciéndolas en agua.

Fagan *et al.* (1981), mencionan que colocando semillas intactas de *Liriope muscari* en humedecimiento por 24 hrs. o sin humedecimiento y a ambos lotes estratificándoles a 21°C, mostraron 38 y 25% de germinación respectivamente; esto sugiere que la inhibición de la germinación de las semillas intactas está influenciada por un inhibidor soluble en agua presente en la pared de la semilla.

Bussell y Gray (1976) nos indican que las semillas imbibidas por 56 hrs. antes de la siembra emergieron casi tres días antes que las semillas de tomate no tratadas, tanto a 10 como a 18°C.

Hemphill (1982) reporta que imbibiendo semillas de *Lactuca sativa* L. var. Ithaca a 17°C, se mejora la emergencia en suelos calientes (con temperaturas mayores de 25°C) hasta 97%, en comparación con las no tratadas que mostraron 48%.

Christiansen y Moore (1959) reportan que colocando semillas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en agua a 80°C por lo menos un minuto, se logra permeabilizarlas suavizando las estructuras lignificadas que actuaban como barreras impermeables.

Cantliffe *et al.* (1980), mencionan que sumergir las semillas de añil velludo (*Indigofera hirsuta* L.) en agua caliente a 70, 75 y 80°C por dos minutos mejora el porcentaje de germinación hasta en 66%, mientras que el testigo sólo germina en 2%.

#### 4.2 Escarificación

Las semillas de cubierta muy dura pueden requerir tratamientos especiales para que puedan germinar, para facilitar la germinación estas semillas pueden someterse a escarificación, que consiste en procesos que tienen la finalidad de hacer que el endocarpio u otras capas protectoras de la semilla sean más permeables al agua y al aire, de tal modo que no interfieran en el desarrollo de la germinación (Westwood, 1982).

Nagao *et al.* (1980) reportan que la escarificación mecánica y tratamientos de humedecimiento por 72 hrs. ó 1000 ppm de AG, aceleraron la germinación de Palma Alexandra (*Archontophoenix alexandrae* Muell, Wendl y Drude), ya que en la séptima semana presentaron un 72% de germinación y el testigo sólo 57%.

Dehgan y Schutzman (1983), mencionan que el número de días a germinación fue reducido a 37.7 cuando semillas de *Zamia furfuraceae* fueron sometidas a un tratamiento con  $H_2SO_4$  por 30 min. y posteriormente remojadas con  $AG_3$  por 24 hrs., en comparación con los 74.5 días necesarios para la germinación habiendo aplicado  $H_2SO_4$  por 15 min.

Munson (1984), dice que el mayor porcentaje de germinación de semillas de *Sapindus drumondii* Hook y Arn, se alcanzó cuando se les escarificó con  $H_2SO_4$  concentrado durante 60 min. y posteriormente se les estratificó por 90 días a 5°C alcanzando 89%, en comparación con el testigo que germinó 38%.

Crisosto y Sutter (1985), reportan que las semillas de olivo (*Olea europea* L. var "Manzanillo"), germinaron en un 98% cuando se les escarificó con  $H_2SO_4$  durante 18 hrs. y se les estratificó a 15°C durante un mes.

#### 4.3 Estratificación

La germinación de semillas de árboles se facilita si son colocadas en estratos a diferentes temperaturas en condiciones de humedad, lo cual libera a los embriones del reposo o latencia fisiológica.

La temperatura óptima y su duración varían ampliamente con la especie, aunque suele estar comprendida entre 4 y 10°C, y el tiempo requerido varía de 0 a 160 días (Westwood, 1982). Sin embargo se reporta que en algunas especies es más efectivo someterlas a un período de estratificación cálida (S. A. G., 1972).

Asimismo, la eliminación del endocarpio leñoso o del pericarpio de las semillas reduce a menudo el número de días de enfriamiento necesario para la germinación. De manera parecida, la eliminación de las cubiertas de la semilla de las frutas de pepita producen su germinación completa sin necesidad de enfriamiento, sin embargo las plántulas obtenidas de esta forma tienen un crecimiento en roseta y sus epicótilos no crecerán hasta ser sometidos a frío o tratados con AG (Westwood, 1982).

Las necesidades de frío para eliminar latencia en semillas de *Prunus persica* Batsch. L. son de 45-100 días a 1-5°C, con lo que presentará una velocidad de germinación de 15 días (Westwood, 1982).

Burger y Hackett (1982), mencionan que estratificando semillas de *Citrus sinensis* L., durante 21 días a 3 ó 4°C, alcanzaron un 100% de germinación, cuando no se les estratifica se pueden tratar con AG<sub>3</sub> y alcanzar 55% de germinación. Esto lo plantearon debido a que las semillas podrían presentar letargo del embrión, con lo que las bajas temperaturas promoverían su desarrollo. Concluyen que esta condición de letargo en semillas de *Citrus sinensis* L., podría presentarse en otras especies y variedades de cítricos.

Fagan *et al.* (1982), reportan que después de una estratificación tibia (21°C), las semillas despulpadas de *Liriope muscari* "variegada" y *Ophiopogon japonicus* (Thunb) Ker., germinaron 77 y 74% respectivamente, comparado con el 25% de las semillas intactas.

Stoltz y Snyder (1985), mencionan que las semillas de ginseng americano (*Panax quinquefolius* L.) estratificadas 120 días a 5°C, después 300 días a 20°C, y luego mantenidas a 5°C, germinaron en un 50% al cabo de 540 días de iniciados los tratamientos, y a los 570 días cerca del 90% de las semillas ya habían germinado. Concluyendo que un patrón de estratificación frío-tibio-frío es necesario para una eficaz germinación.

## 5. Imbibición

### 5.1 Definición

La imbibición de agua por las semillas vivas puede considerarse como la plataforma a partir de la cual se inicia el funcionamiento del proceso germinativo, por lo que juega un papel muy importante en el éxito o fracaso del mismo, dependiendo de las condiciones bajo las cuales se efectúe.

Mayer y Poljakoff-Mayber (1975) señalan que la imbibición se puede identificar como la conversión de la semilla de un cuerpo quiescente con un rango respiratorio muy bajo a un organismo dinámico, activo en respiración, en biosíntesis y capaz de crecer por la absorción de agua.

## 5.2 Partes de la imbibición

En investigaciones recientes (Leopold, 1983) se ha podido destacar que la imbibición de las semillas no es un fenómeno simple, sino que dentro de ella se observan dos procesos simultáneos: la absorción de agua por la semilla y la turgencia de los polímeros de la misma.

Dentro del primer proceso Vertucci y Leopold (1983) mencionan que el primer componente de la absorción es la reacción de humedecimiento, que está influenciado por la tensión superficial del agua y que el segundo componente se asemeja al paso del agua a través de los poros de la matriz que está influenciado por la viscosidad del agua. Sin embargo la absorción debe ser considerada como un movimiento "espontáneo" que ocurre a favor del gradiente de potencial hídrico, ya que este gradiente es energético y de hecho el movimiento es un proceso físico (Grajales, 1986).

Por su parte, la turgencia de la semilla resulta de la expansión de los polímeros y de la intercalación de agua entre ellos, creando fuerzas de deformación en los tejidos de expansión, por este motivo, altos coeficientes de turgencia indican que semillas de especies tales como la soya, frijol, lina y chícharo de vaca, podrían sufrir un daño físico por el incremento de volumen (Leopold, 1983).

De esta manera Mayer y Poljakoff-Mayber (1975), consideran a la imbibición como un fenómeno complejo que depende tanto de las propiedades del agua como de los materiales coloidales de la semilla, indicando también que las fluctuaciones térmicas sobre la imbibición son una evidencia

de que la absorción de agua por las semillas es un proceso físico y no metabólico. Posteriormente Leopold (1980), apoya este concepto al indicar que la absorción expresada por cotiledones de soya vivos y muertos fue muy similar (35 y 37%, respectivamente) en base a peso fresco a una temperatura de 23°C.

### 5.3 Factores que influyen en la imbibición

#### 5.3.1 Contenido de humedad de la semilla

Una de las condiciones que repercuten directamente en el proceso de imbibición es el contenido de humedad de las semillas, debido a que su fluctuación puede provocar variación en el rango y velocidad de dicho proceso. Pollock (1969) con sus trabajos afirma que además el contenido de humedad de las semillas previo a la imbibición tiene una gran influencia en la calidad y éxito de la germinación, pues las semillas con bajo contenido de humedad son particularmente sensibles durante la imbibición.

No obstante, Eyster (1938) ya había notado que elevando el contenido de humedad de las semillas las protegía contra el daño asociado a una rápida imbibición, disminuyendo el rompimiento de cotiledones así como la pérdida de vigor. Por su parte, Cal y Obendorf (1972) dicen que la imbibición a bajos contenidos de humedad (6%) y a una temperatura de 5°C provocaron radículas abortivas, proliferación de raíces seminales y retraso en el crecimiento de plántulas provenientes de semillas de maíz, la sensibilidad al frío fue parcial o totalmente reversible cuando el contenido inicial de humedad de las semillas fue de 13 ó 16%; asimismo, Obendorf y Hobbs (1970) reportan que la imbibición en semillas de soya



con 6% de humedad a 5°C causaron una reducción de 75% en la supervivencia, 38% en acumulación de materia seca y 50% en la altura de plántulas, pero estas reducciones no se observaron cuando el contenido de humedad de las semillas fue de 16%.

Chin y Roberts (1980), citados por Becwar *et al.* (1982), por sus observaciones afirman que muchas semillas de especies de plantas tropicales y algunas templadas no sobreviven a la deshidratación. Un ejemplo de ello son las semillas de cítricos que son dañadas por el desecamiento a bajos contenidos de humedad, aunque ésto no ocurre normalmente en los eventos naturales pues un número suficiente de semillas son depositadas en lugares donde pueden mantenerse hidratadas hasta su germinación (Villiers, 1974).

Algunos de los efectos del incremento de la deshidratación de las semillas se muestran por un aumento en la difusión de electrolitos citoplasmáticos, induciendo dos tipos de daños posibles en la membrana; el primero asume que es rota durante el colapso celular formando discontinuidades en la bicapa lipídica y el segundo, que es una alteración en la interacción hidrofílica-hidrofóbica dentro de la membrana, ocurre cuando ésta tiene menos de 20% de hidratación (McKersie y Stinson, 1980), trayendo ambas como consecuencia modificaciones en la función de la membrana relacionadas con la permeabilidad selectiva, que participa directamente en la difusión de compuestos (Grajales, 1986).

De este modo las semillas tolerantes a la desecación son capaces de reinstalar la estructura original de su membrana celular, mientras que

las membranas de las semillas sensitivas que han sido deshidratadas son incapaces de reformarla completamente.

Otro efecto fue notado por Hegarty (1978), citado por McKersie y Stinson (1980), cuando observó que las semillas en imbibición seguidas por deshidratación, eran capaces de mantener su viabilidad si el tratamiento de deshidratación se aplicaba antes de la emergencia de la raíz.

#### 5.3.1.1 Almacenamiento

La serie de consideraciones anteriores nos indican que la imbibición podría tener una aplicación práctica en el almacenamiento de algunas semillas.

Toole y Toole (1953), citados por Villiers (1974), demostraron que cuando las semillas de algunas variedades de lechuga fueron mantenidas en imbibición en laboratorio, evitando su germinación, permanecían vivas más tiempo que aquellas semillas de la misma cosecha que habían sido almacenadas en aire seco. Woodstock y Tao (1981), mencionan que el deterioro de semillas de soya durante un acelerado envejecimiento, a 41° C y 100% de humedad relativa, predispone a los ejes embrionarios a daño durante el período inicial de la imbibición, pero este daño puede ser reducido cuando se les preequilibra a un contenido de humedad mayor o cuando se les permite imbibir en una solución de Polietilenglicol (PEG) al 30%, que disminuye el rango de absorción de agua. Bajo condiciones muy parecidas a las mencionadas, Pesis y Ng (1983) observaron que la calidad de las semillas de melón (*Cucumis melo* L.) medidas por su germinación en

laboratorio, invernadero y campo disminuyó considerablemente. También Villiers (1974), indica que almacenando semillas de *Lactuca sativa* L. y *Fraxinus americana* L. en completa imbibición pero incapaces de germinar, se permite una alta capacidad de germinación que se mantiene por largos períodos, asimismo la incidencia de aberraciones cromosómicas fue muy baja, no así cuando solamente se elevó el contenido de humedad de las semillas.

Consecuentemente, si la pérdida de viabilidad de las semillas secas es causada por inactividad en los sistemas de reorganización, el daño a macromoléculas y organelos puede ser evitado cuando las semillas son imbibidas para la germinación.

### 5.3.2 Membrana celular

La membrana celular juega un papel definitivo en la forma en como se lleva a cabo la imbibición, debido principalmente a que sobre ella indican una serie de factores que pueden modificar su óptimo funcionamiento, algunos de los más importantes son el contenido de humedad y la temperatura.

Basados en consideraciones teóricas y empíricas, Simon y Wiebe (1975), proponen que las membranas de semillas secas están deshidratadas y débiles, lo que permite la difusión pasiva de sustancias celulares cuando las semillas son humedecidas. Durante la imbibición la estructura laminar fosfolipídica podría reestablecerse, las membranas reorganizarse y la permeabilidad selectiva constituirse.

Quando las semillas secas imbiben a bajas temperaturas, los fosfolípidos son incapaces de cambiar rápidamente de una forma hexagonal (estado sólido) a una forma laminar (estado de cristal líquido) por estar sujetos a una estructura molecular rígida, por ello la reorganización de la membrana puede ser impedida y el embrión dañado (Simon, 1974, citado por Bramlage *et al.*, 1978). Sin embargo, McKersie y Stinson (1980), demuestran que el daño a la membrana y la difusión de solutos citoplasmáticos de semillas de *Lotus corniculatus* L. var carroll, no puede ser explicado por la formación de una fase hexagonal en la membrana debido a que solamente encontraron fases laminares en ella en semillas con 5% de humedad.

Lyons (1974), afirma que la sensibilidad al frío puede residir en la composición de la membrana por fosfolípidos; las bajas temperaturas indican que la fase lipídica de las membranas está en transición entre un estado líquido cristalino y uno cristalino gel, además de que los tejidos susceptibles al frío poseen membranas mitocondriales menos flexibles que los tejidos resistentes.

Probablemente la proporción de ácidos grasos insaturados y saturados en las membranas mitocondriales podrían explicar la resistencia al daño por frío (Lyons y Asmundson, 1965, citados por Lyons, 1974).

La difusión y los trastornos respiratorios de las semillas son consecuencia de lesiones en la membrana celular alterando sus funciones de permeabilidad selectiva y generación de gradientes de concentración, que son provocados por el frío (Leopold y Musgrave, 1979), y específicamente

la difusión podría deberse a la formación de canales tubulares que se abren en condiciones de bajo contenido de humedad (Bangham, 1975, citado por Bramlage *et al.*, 1978).

Conjuntamente los mecanismos de daño por frío durante la imbibición han sido englobados en un daño físico a las membranas (Pollock y Toole, 1966), como un bloqueo de sistemas metabólicos (Christiansen, 1968) y como una combinación de daños metabólicos y físicos a niveles moleculares (Pollock, 1969). En este sentido Obendorf y Hobbs (1970), indican que el daño ocurre como una desorganización física de un sistema enzimático, en donde una combinación de temperaturas bajas y una rápida hidratación en semillas con bajo contenido de humedad podrían provocar que las proteínas desorganizaran las membranas, incrementaran la exudación y posiblemente alterar su organización estructural.

Hechter (1965) citado por Cal y Obendorf (1972), indica que el bajo contenido de humedad de las semillas podría actuar específicamente desnaturalizando sus proteínas mientras que las bajas temperaturas podrían actuar sobre los componentes lipoides de las membranas lo que resulta un daño sinérgico que repercute en la germinación.

El lento ensamblamiento o reorganización de las membranas celulares (Tully *et al.*, 1981) así como la existencia de fallas en éstas, aunadas a la liberación de gases de los componentes de la semilla podrían ser factores limitantes de su efectividad fisiológica en términos de viabilidad y subsecuente vigor.

### 5.3.3 Difusión

La difusión es un proceso físico que se conoce como la tendencia que poseen las moléculas a desplazarse hacia los puntos de menor concentración, para hacerla uniforme en el sistema (Lendlinger, 1975). Para el caso específico de la germinación, este proceso se enfoca al movimiento de dichas moléculas del interior de la semilla hacia el ambiente que la rodea, y resulta de las condiciones prevalecientes durante el proceso de la imbibición.

La difusión se ha cuantificado mediante la conductividad eléctrica de las soluciones en donde han imbibido semillas o bien conociendo la absorbancia de éstas.

La difusión de solutos de embriones de semillas en imbibición ha sido sugerida como una medida del daño que ocurre en las membranas (Simon, 1974); asimismo Parrish y Leopold (1977), sugieren que el período de declinación de la difusión de solutos de cotiledones de soya en los primeros minutos de imbibición puede ser usado para definir el período de reorganización de la membrana.

#### 5.3.3.1 Elementos de difusión

Abdel y Pearse (1978) citados por Nordin (1984), señalan que cuando las semillas son inmersas en agua, una variedad de carbohidratos, aminoácidos, sales y enzimas se difunden. De igual manera Bramlage *et al.* (1978) dicen que la mayoría de los solutos difundidos por la semilla

son azúcares y aminoácidos que probablemente pueden ser readquiridos durante la hidrólisis posterior.

Por su parte, Eyster (1940), haciendo análisis químico del agua en donde las semillas habían sido humedecidas, muestra que hay una pérdida de proteínas, enzimas digestivas y sustancias del crecimiento, además el resultado de su capacidad germinativa fue inversamente proporcional a la pérdida. Wann (1984) confirma con sus investigaciones esta relación, pues la difusión de electrolitos y proteínas soluble de semillas de maíz durante las primeras 48 hrs. de imbibición estuvo correlacionada negativamente con el porcentaje de germinación y la longitud de las raíces.

Recientemente, Duke *et al.* (1983) destacan la importancia de la testa en la difusión de enzimas de embriones de soya durante la imbibición, proponiendo que ésta es dependiente ya sea de la integridad de la testa y de la subsecuente pérdida de la integridad de la membrana celular o bien de la inhabilidad de obturar discontinuidades preexistentes en la membrana, lo que Larson (1968) observó cuando colocó semillas de chícharo sin testa, las cuales siempre difundieron más solutos que las semillas con testa intacta a 20°C en agua destilada durante 24 hrs.

#### 5.3.3.2 Efectos de la difusión

Uno de los factores más positivamente correlacionados con el bajo vigor de las plántulas durante la germinación es la difusión de varias sustancias intracelulares de semillas que se encuentran en proceso de imbibición (Kakefuda y Duke, 1982). Así por ejemplo, Woodstock y Tao

(1981), reportan que en ejes embrionarios de soya la difusión de electrolitos durante las etapas iniciales de la imbibición fue casi 6 veces mayor en aquellos de bajo vigor comparados con los vigorosos.

En otras investigaciones, también se ha destacado que la difusión puede favorecer a algunas semillas. Davis y Nordin (1983) citados por Nordin (1984), señalan que la difusión de carbohidratos y ciclitos juegan un papel importante en las semillas de frijol lima, trébol blanco y alfalfa, pues estas sustancias incrementan el desarrollo de las especies de Rhizobium en el suelo. Nordin (1984) encuentra que durante la imbibición en semillas de soya se difunde más rápido al Pinitol (un ciclitol) que a los carbohidratos.

### 5.3.3.3 Condiciones que propician la difusión

La difusión también se ve afectada por las condiciones bajo las cuales se realice. Simon y Wiebe (1975), afirman que la difusión se incrementa a temperaturas menores de 20°C en semillas en imbibición, en forma similar los embriones extirpados de semillas de soya difunden profusamente durante los primeros 5 min. de imbibición y cuando ésta se realiza a temperaturas menores de 10°C una mayor cantidad de solutos se difunden por unidad de agua imbibida, de igual manera Parrish y Leopold (1977), encontraron que semillas con bajo contenido de humedad tienen mayores pérdidas por este concepto.

Leopold y Musgrave (1979), también observaron que la difusión de solutos de cotiledones de soya fue marcadamente estimulada por un tratamiento de enfriamiento (de 1 a 4°C) durante el primer minuto de imbibición,



sin embargo este tratamiento aplicado un minuto después de la absorción de agua a 22-24°C no provocó una difusión importante. Paralelamente Becwar et al. (1982), descubrieron que la difusión en semillas de arce plateado (*Acer saccharium* L.) se incrementó notablemente cuando el contenido de humedad de las semillas se disminuyó de 45 a 35% además de que su germinación decreció de 97 a 5%, igualmente los embriones de palma areca (*Chrysalidocarpus lutescens* Bory Wendl) mostraron dicho efecto al disminuirles su contenido de humedad de 84 a 53%.

Sin embargo, en otras investigaciones se denota que aumentando la temperatura de 10 a 30°C la difusión de azúcares y electrolitos se incrementó en semillas de zanahoria y okra, humedecidas 1 y 3 hrs. en agua respectivamente y solamente se logró disminuir su efecto aumentando el contenido de humedad inicial de las semillas de 3 a 12% (Dadlani y Agrawal, 1983).

#### 5.3.4 Testa

La testa juega un papel de suma importancia en la germinación de algunas semillas, pero en otras su acción es muy reducida o prácticamente nula.

Brown et al. (1983) indican que la gran variación en germinación de semillas de *Citrus sinensis* L. puede deberse al efecto físico o químico que esta estructura ejerce sobre las mismas, por lo que su eliminación manual es suficiente si se quieren mejorar los porcentajes y velocidades de germinación de este tipo de semillas.

#### 5.3.4.1 Funciones

En forma general la testa sirve de protección al embrión que encierra (Reeve, 1946, citado por Murray, 1979), con el objeto de evitar daños como desecación, ruptura, ataque de bacterias, hongos, insectos, etc. (Niembro, 1979, citado por Brito, 1980). Además, Ikuma y Thimann (1963) citados por Watkins y Cantliffe (1983) mencionan que las testas y estructuras alodañas pueden influenciar la habilidad de la semilla para germinar, interfiriendo con la absorción de agua, intercambio gaseoso, difusión de inhibidores o restringiendo mecánicamente el crecimiento del embrión.

Uno de los papeles más destacados de la testa es el de prevenir la toma de agua permitiendo a la semilla no ser dañada, este mecanismo de protección es más efectivo a bajas temperaturas y a grandes tensiones de humedad, de esta manera la remoción de la testa en algunas semillas está asociada con un incremento en la difusión durante la imbibición (Duke y Kakefuda, 1981), referido a daños provocados en las membranas (Larson, 1968).

Un ejemplo de ello es mostrado por Tully *et al.* (1981), pues advierten que cuando las semillas de chícharo imbiben con sus testas intactas a una temperatura de 2°C el nivel de daño es bajo, pero se incrementó cuando se les permitió imbibir con sus testas perforadas, a diferencia de las semillas de soya bajo las mismas condiciones siempre mostraron daños considerables, por lo que concluyen que la testa representa un control natural de la susceptibilidad a este daño, dependiendo de la especie.

En ocasiones, sin embargo, el solo hecho de la remoción mecánica de una parte de la testa o aplicando tratamientos con  $H_2SO_4$  incrementó la germinación de chícharo dulce (*Lathyrus odoratus* L.) a una temperatura de  $16^\circ C$ , pero removiendo la testa completamente y exponiendo las semillas excesivamente al agua se reduce el rango de germinación (Probert y Thompson, 1976). También se ha destacado que las plántulas de chícharo obtenidas de semillas imbibidas durante 24 hrs. a  $20^\circ C$  con testa, tuvieron tallos más largos y el peso seco de éstos así como de sus raíces fueron mayores que los de las plántulas obtenidas de semillas sin testa (Larson, 1968).

En otras investigaciones, Sharma y Singh (1978) denotan que un incremento en la germinación de semillas de durazno se alcanzó cuando fueron postmaduradas sin testa, además de que sus plántulas fueron más altas que aquellas provenientes de semillas con testa, independientemente de la temperatura, del período de estratificación así como de los tratamientos químicos que se les aplicaron. Del mismo modo Mullett *et al.* (1981), señalan que removiendo la cubierta protectora de *Euterpe edulis* se permite una rápida absorción de agua y posiblemente una más efectiva difusión de substancias inhibitoras de la germinación. De esta manera la testa también puede jugar un papel importante en el letargo de algunas semillas y ha sido posible inducir la germinación de semillas no estratificadas por su remoción o por colocarlas en agua antes de la siembra (Flemion, 1934, citado por Sharma y Singh, 1978).

#### 5.3.4.2 Otras estructuras

Pavlista y Haber (1970), afirman que en semillas que no tienen testas duras o que requieran escarificación para absorber agua, otra parte de la semilla como el endospermo podría restringir mecánicamente la expansión del embrión evitando la emergencia de la radícula. Un ejemplo de ello se observa cuando el embrión de semillas de olivo (*Olea europea* L. var. "Manzanillo") es capaz de germinar en un 100% si se le separa del endospermo y la testa (Lagarda *et al.*, 1983).

Por su parte, el efecto inhibitorio de la testa de semillas de Chile es causado por las propiedades físicas del material de ésta, que aparentemente excluye parte del oxígeno del sitio inmediato de su función (Sachs *et al.*, 1980), no obstante ya se ha demostrado que la testa no parece imponer resistencia a la germinación, pero la escarificación del material endospermico directamente frente a la radícula reduce el tiempo de germinación tanto a 15 como a 25°C.

Existen evidencias que apoyan que el pericarpio inhibe la germinación por restricción mecánica del crecimiento del embrión (Ikuma y Thimann, 1963), restricción de absorción de agua (Taylorson y Hendricks, 1977), impidiendo el movimiento del oxígeno hacia el embrión (Heydecker *et al.*, 1971) y por su inhibición química del crecimiento embrionario (Black y Wareing, 1959, citados por Atherton y Farooque, 1983).

### 5.3.5 Temperatura

La temperatura es probablemente el más conocido e importante factor ambiental en los sistemas biológicos (Pollock y Toole, 1966), sin embargo poco se sabe de sus efectos fisiológicos y bioquímicos.

La mayoría de las semillas sin letargo muestran un rango óptimo de temperaturas para la germinación entre 15 y 30°C, mostrando drásticas reducciones sobre o debajo de este rango (Henricks y Taylorson, 1976). No obstante, la temperatura no puede ser considerada como un factor que controle los rangos de germinación y desarrollo de las plántulas, de hecho tiene un papel crítico primario restringido al momento del inicio de la germinación, pero que se expresa visiblemente más tarde durante el desarrollo de la plántula (Pollock y Toole, 1966).

Murphy y Noland (1982), reportan que tanto en semillas de rábano (*Raphanus sativus*) como en embriones extirpados de *Pinus Lambertiana* Dougl., la temperatura provocó variaciones en los rangos iniciales de imbibición, principalmente por cambios en la viscosidad del agua.

#### 5.3.5.1 Efecto de las bajas temperaturas

Muchas semillas son dañadas por las bajas temperaturas durante la imbibición como la soya (Obendorf y Hobbs, 1970) y el algodón (Christiansen, 1968), pero otras presentan resistencia al frío durante este proceso como el chícharo, lechuga y rábano (Kotowsky, 1926, citado por Tully *et al.*, 1981).

Pollock (1969) afirma que el daño por enfriamiento está restringido a períodos específicos durante la germinación y las etapas iniciales del crecimiento; por ejemplo las semillas de soya tienen una gran sensibilidad durante las primeras horas de imbibición, expresándose el daño como una reducción en la emergencia de las plántulas así como reducción del vigor y productividad de las plántulas sobrevivientes (Hobbs y Obendorf, 1972).

El efecto térmico por bajas temperaturas puede retrasar considerablemente la germinación, pues si se colocan semillas de soya a germinar a una temperatura de 23°C se alcanza un 72% de germinación en 36 hrs., pero si se les coloca a 10°C alcanzan el 71% en 144 hrs.

Woodstock y Pollock (1965), dicen que temperaturas menores a 15°C durante la primera hora de imbibición pueden inhibir la respiración de frijol lima. Finalmente, Bramlage *et al.* (1978) presentan evidencias de que el daño por frío a semillas durante la imbibición puede ser atribuido a los efectos que alteran la reorganización de las membranas cuando el agua entra en una semilla seca. Las deficiencias de oxígeno también pueden intensificar el daño en ejes embrionarios de *Phaseolus lunatus* L. (Pollock y Toole, 1966).

En base a diversas investigaciones, Lyons (1974) categoriza a las plantas en aquéllas que pueden ser irreversiblemente dañadas o alteradas en su crecimiento entre el punto de congelamiento de sus tejidos vivos y 15° (sensitivas al enfriamiento) y aquéllas que no son dañadas y continúan su crecimiento a las temperaturas mencionadas (resistentes al frío).

Por su parte, la respuesta a la temperatura de semillas con letargo generalmente es diferente pues requieren variados períodos de frío, pero este período y la temperatura requerida para romper el letargo de las semillas varía no solamente de especie a especie sino de variedad a variedad, debido a factores genéticos y climatológicos (Carlson y Tukey, 1945, citados por Sharma y Singh, 1978). Un ejemplo de ello es el durazno variedad "Sharbati" que requiere de una estratificación a 10°C para romper el letargo de sus semillas, además el crecimiento de sus plántulas se acentúa si el período de estratificación se prolonga de 15 a 75 días (Sharma y Singh, 1978).

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Localización

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Fruticultura y los invernaderos del Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx. en el período comprendido entre los meses de marzo a junio de 1985.

### 2. Material vegetal

Se utilizaron semillas de los siguientes frutos: chirimoya (*Annona cherimolia* Mill) y tejocote (*Crataegus* spp.), que se obtuvieron en el mercado público de La Merced; durazno (*Prunus persica* Batsch L. var. "siempreverde") obtenido de un huerto situado en Tetela del Volcan, Mor., y naranja agria (*Citrus aurantium* L.) proveniente de un huerto de Cazones, Ver.

Los frutos se utilizaron en estado fresco a excepción del durazno que se obtuvo ya deshidratado.

Para la realización del bioensayo se utilizaron semillas de *Lepidium* spp.

#### 2.1 Extracción de la semilla

Las semillas de tejocote se extrajeron desprendiendo en forma manual la pulpa del fruto. Por poseer endocarpio duro, éste se eliminó en forma mecánica utilizando un pequeño martillo, posteriormente fueron colocadas a la sombra en un lugar fresco y seco, evitando los cambios



bruscos de temperatura. Este procedimiento también fue utilizado para extraer las semillas de durazno.

Las semillas de naranja agria se obtuvieron eliminando en forma manual la pulpa de los frutos, en seguida se lavaron con agua corriente para la remoción de residuos que pudieran haber quedado adheridas a éstas, en seguida se colocaron bajo las condiciones antes mencionadas. Este procedimiento también se utilizó para extraer las semillas de chirimoya.

Las semillas de *Lepidium* spp. fueron desprendidas de sus arilios (Oronoz *et al.*, 1979) en forma manual.

## 2.2 Escarificación

La selección de la semilla se hizo desechando aquéllas que mostraron deformaciones, que estuvieron dañadas por plagas o enfermedades o que estuvieron vanas, haciendo un total de 400 semillas en buen estado por cada especie frutal (Apéndice 1). De éstas, 200 se conservaron con la testa y las 200 restantes se les eliminó, la escarificación se hizo de la siguiente manera:

En las semillas de tejocote fue imposible eliminar la testa debido a su gran adherencia lo que impidió su desprendimiento sin que fuera dañada, aún durante los períodos de imbibición a los que se les sometió, por lo que las 400 semillas permanecieron con la testa intacta.

Las semillas de durazno presentaron serias dificultades para la eliminación de la testa y sólo se logró después de que permanecieron

durante 8 hrs. en imbibición (tratamientos de 12 a 124 hrs.) por lo que las 200 semillas por escarificar, 100 permanecieron con la testa y a las otras 100 se les eliminó manualmente.

En semillas de naranja agria la testa se eliminó en forma manual sin ninguna dificultad.

A las semillas de chirimoya se les escarificó mecánicamente, con unas tijeras de podar se les cortó la sutura ventral, separando cuidadosamente las dos porciones de la testa.

### 3. Tratamientos

Para llevar a cabo la imbibición se formaron 20 lotes de 20 semillas cada uno por cada especie frutal, 10 lotes de semillas con testa y 10 de semillas sin testa (en donde fue posible eliminarla), tomadas al azar. De cada uno de los lotes se registró el peso en una balanza analítica, lo que constituyó el peso inicial ( $P_i$ ).

Posteriormente cada uno de los lotes de las cuatro especies fruta les, a excepción de los lotes testigo, fueron colocados simultáneamente en frascos previamente lavados y esterilizados en autoclave. Cada frasco contenía una solución preparada con agua destilada y Arazán al 1% (como desinfectante), que sirvió como medio de imbibición, cada frasco con tenía 20 ml. de solución. Los tratamientos manejados fueron:

- tratamiento testigo : 0 hrs. de imbibición
- tratamiento 1 : 1 hrs. de imbibición
- tratamiento 2 : 2 hrs. de imbibición

-tratamiento	3	:	4 hrs. de imbibición
-tratamiento	4	:	8 hrs. de imbibición
-tratamiento	5	:	12 hrs. de imbibición
-tratamiento	6	:	24 hrs. de imbibición
-tratamiento	7	:	36 hrs. de imbibición
-tratamiento	8	:	48 hrs. de imbibición
-tratamiento	9	:	124 hrs. de imbibición

Una vez transcurrido el tiempo de imbibición, se sacaron las semillas y después de eliminarles el exceso de humedad se registró nuevamente el peso de cada lote, constituyendo ésto el peso final (Pf).

Aplicando la fórmula  $(Pf - Pi) \times 100/Pi$  se calculó el porcentaje de agua absorbida por las semillas en relación al tiempo de imbibición.

Después de sacar las semillas, la solución de cada frasco se conservó para realizar un bioensayo con semillas de *Lepidium* spp.

#### 4. Manejo

##### 4.1 Siembra

Para la siembra de las semillas se utilizaron charolas de plástico de 35 x 25 x 10 cm., las cuales se llenaron con un sustrato a base de tierra de monte y arena en una proporción de 3:1, dicho sustrato fue previamente tratado con vapor.

Las semillas de los lotes testigo fueron sembradas inmediatamente después de haber registrado su peso inicial (Pi), y los lotes restantes fueron sembrados una vez que cumplieron su tratamiento de imbibición y

haber registrado su peso final (Pf). De cada especie frutal se sembraron 2 lotes por charola, uno de semillas con testa y uno de semillas sin testa, mismos que pertenecían a igual tratamiento de imbibición, por lo que se tuvieron 10 charolas por especie frutal.

Para garantizar un adecuado contenido de humedad en las charolas, se aplicó un riego 24 hrs. antes del momento de la siembra.

#### 4.2 Riegos

Los riegos se efectuaron 3 veces por semana, y debido a que se presentó un ataque de hongos fue necesario añadir Arazán al 1% al agua de riego en 3 ocasiones.

#### 5. Bioensayo

Se realizó un bioensayo con duración de 10 días, utilizando la solución de imbibición sobrante de cada tratamiento además de semillas de *Lepidium* spp.

Para su ejecución se emplearon 10 semillas de *Lepidium* spp. por solución de imbibición sobrante de cada tratamiento más un testigo en agua destilada. Se colocaron en cajas de petri, previamente lavadas y esterilizadas en autoclave, con papel absorbente, las cuales fueron situadas en una estufa a temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ , en obscuridad. El medio fue humedecido cada 3 días con la solución correspondiente.

Por razones de manejo no fue posible colocar la totalidad de las cajas de petri simultáneamente, sino que se dividieron en dos grupos, el

primero correspondiendo a los tratamientos de 1 a 8 hrs. más un testigo y el segundo englobando a los tratamientos de 12 a 124 hrs. más otro testigo.

#### 6. Toma de datos

En base a la imbibición se tomaron los datos de peso inicial ( $P_i$ ) y peso final ( $P_f$ ) de cada lote de semillas de cada especie frutal en relación a su tratamiento.

Con respecto a la germinación se hicieron observaciones del 20 de marzo al 20 de junio de 1985, en donde se registraron: porcentaje de germinación (cada tres días) y velocidad de germinación (inicio del proceso hasta su finalización en el lapso mencionado) de cada uno de los lotes de semillas.

También se registró la altura de plantas a los 60 y 90 días después de la siembra, así como el número de plantas muertas (Apéndice 2).

En relación al bioensayo se obtuvieron los datos del porcentaje de semillas germinadas, velocidad de germinación y altura de plántulas al quinto y décimo día de su colocación en las cajas de petri.

#### 7. Análisis

La presente investigación se interpretó en base a un análisis gráfico de los parámetros establecidos en la toma de datos. Además se apoya con la realización de correlaciones simples y pruebas de "t".

## RESULTADOS

### 1. Imbibición

#### 1.1 Tejocote (tratamientos con testa)

Los porcentajes de absorción de agua fueron aumentando conforme se incrementó el tiempo de imbibición (Quadro 1). El tratamiento de 1 hr. expresó el más bajo incremento de absorción con 24.5%, mismo que fue duplicado a las 12 hrs. en donde se mantiene estable para luego tener un incremento en los tratamientos de 48 y 124 hr. En este último se presentó la mayor absorción con 69.22%. También puede observarse que la absorción entre tratamientos es mayor en los de 1 a 12 hr. que en los de 24 a 124 hr. Además del tratamiento de 8 al de 12 hr. de imbibición se tuvo un aumento de 10.92% que fue el mayor mostrado entre tratamientos.

#### 1.2 Durazno (tratamientos con testa)

Los porcentajes de absorción de agua se incrementaron conforme aumentó el tiempo de imbibición. El tratamiento de 1 hr. presentó el más bajo incremento de absorción con 11.93%, este valor se duplicó en el tratamiento de 4 hr., pero la absorción siguió aumentando y en el de 24 hr. volvió a duplicarse. En los tratamientos posteriores la absorción continuó incrementándose hasta que en el de 124 hr. se obtuvo la mayor absorción con 78.98% (Quadro 1).

También se observó que la absorción entre tratamientos fue mayor en los de 1 a 8 hr. que en los de 12 a 124 hr. El mayor aumento entre tratamientos fue de 14.1% y se observó entre los de 2 y 4 hr.

Cuadro 1. Ganancia porcentual en peso de las semillas de las cuatro especies frutales después de los tratamientos de imbibición

Tratamiento horas imbibición	Especie						
	Tejocote c/t	Durazno c/t	s/t	Naranja agria c/t	s/t	Chirimoya c/t	s/t
0 hr.	-	-	-	-	-	-	-
1 hr.	24.50	11.93	-	21.52	7.04	8.44	14.25
2 hr.	32.04	15.85	-	28.68	17.27	11.45	15.0
4 hr.	38.0	29.95	-	26.78	18.65	13.08	28.49
8 hr.	44.0	43.26	-	28.74	28.07	22.34	49.53
12 hr.	54.92	45.05	46.33	39.73	27.05	28.33	45.61
24 hr.	56.84	54.08	58.31	31.59	36.63	27.85	50.09
36 hr.	56.0	62.44	56.65	37.62	41.07	37.83	56.22
48 hr.	63.41	68.38	54.92	32.73	35.62	36.55	53.87
124 hr.	69.22	78.98	49.57	47.36	41.01	44.68	64.51
$\bar{x}$	48.77	45.54	53.15	32.75	28.11	25.60	41.95

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

(Tratamientos sin testa)

El porcentaje de absorción aumentó del tratamiento de 12 a 24 hr. de imbibición que presentó la mayor absorción con 58.31% y a partir de éste se observó una ligera disminución hasta el tratamiento de 124 hr. (Cuadro 1).

Aunque no se observaron diferencias significativas (Apéndice 3) al comparar la absorción media a lo largo de todos los tratamientos, las semillas de durazno sin testa absorbieron 7.61% más agua que las semillas con testa.

### 1.3 Naranja agria (tratamientos con testa)

El porcentaje de absorción a través de los tratamientos de 1 a 12 hr. de imbibición presenta una tendencia de incremento para posteriormente estabilizarse, aunque el comportamiento expresado no es uniforme (Cuadro 1).

El tratamiento de 1 hr. presentó el más bajo incremento de absorción con 21.5% que se duplicó hasta el tratamiento de 124 hr., en donde también se observó la mayor absorción con 47.36%. Del tratamiento de 48 a 124 hr. hubo un aumento de 14.63% que fue el mayor expresado entre tratamientos.

(Tratamientos sin testa)

El porcentaje de absorción de agua se incrementó de los tratamientos de 1 a 36 hr. a partir del cual se estabilizó (Cuadro 1).



El tratamiento de 1 hr. de imbibición presentó el más bajo incremento de absorción con 7.04% que se duplicó en el de 2 hr. La absorción continó incrementándose y en el tratamiento de 24 hr. volvió a duplicarse, pero es en el de 36 hr. donde se alcanzó la máxima absorción con 41.07%. Del tratamiento de 4 al de 8 hr. se presentó una diferencia de 9.42% que fue la mayor observada entre tratamientos.

No se observaron diferencias significativas al comparar la absorción media a lo largo de todos los tratamientos, pero las semillas con testa absorbieron 4.63% más que las semillas sin testa (Apéndice 3).

#### 1.4 Chirimoya (tratamientos con testa)

El porcentaje de absorción se incrementó de manera constante de los tratamientos de 1 a 124 hr. (Quadro 1). El tratamiento de 1 hr. presentó el más bajo incremento de absorción con 8.44% que se duplicó a las 8 hr. La absorción siguió aumentando y en el tratamiento de 36 hr. volvió a duplicarse aunque es en el de 124 hr. donde se obtuvo la mayor absorción con 44.68%. Del tratamiento de 24 al de 36 hr. existió una diferencia de 10.02% que fue la mayor observada entre tratamientos.

(Tratamientos sin testa)

El porcentaje de absorción aumentó de los tratamientos de 1 a 124 hr. El tratamiento de 1 hr. tuvo la menor absorción con 14.25% que se duplicó a las 4 hr. Pero la absorción continó incrementándose y en el tratamiento de 124 hr. volvió a duplicarse y es donde también se obtuvo la máxima absorción con 54.61%.

También pudo observarse que la absorción entre tratamientos es mayor en los de 1 a 8 hr. que en los de 12 a 124 hr. El mayor incremento entre tratamientos se tuvo del de 4 al de 8 hr. con un 21.04% (Cuadro 1).

Aunque no se observaron diferencias significativas al comparar la absorción media a lo largo de todos los tratamientos, las semillas sin testa absorbieron 16.35% más agua que las semillas con testa (Apéndice 3).

## 2. Germinación

### 2.1 Tejocote (tratamientos con testa)

El comportamiento en los porcentajes de germinación en los tratamientos de 1 a 124 hr. es irregular pero en general elevado. El tratamiento de 24 hr. presenta el nivel más bajo con un 67.5% y el tratamiento de 12 hr. el más alto con 100% (Cuadro 2).

De la misma manera el testigo mostró una germinación muy elevada debido a que alcanzó el 92.5% y solamente 3 de los 9 tratamientos aplicados lo igualaron o superaron.

### 2.2 Durazno (tratamientos con testa)

El porcentaje de germinación presenta un incremento muy rápido, alcanzando en el tratamiento de 2 hr. su máximo nivel germinativo con el 67.5%, pero de los tratamientos de 4 a 124 hr. el nivel baja aunque se mantienen cerca del máximo obtenido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes finales de germinación de las cuatro especies frutales

Tratamiento horas imbibición	Especies						
	Tejocote c/t	Durazno		Naranja agria		Chirimoya	
		c/t	s/t	c/t	s/t	c/t	s/t
0 hr.	92.5	45	--	25	40	50	5
1 hr.	85	42.5	--	30	30	45	15
2 hr.	87.5	67.5	--	30	35	55	0
4 hr.	87.5	50	--	35	45	55	5
8 hr.	82.5	57.5	--	30	20	50	15
12 hr.	100	60	85	35	30	15	0
24 hr.	67.5	60	85	20	30	75	0
36 hr.	92.5	50	40	30	30	60	0
48 hr.	95	50	95	25	40	25	0
124 hr.	85	55	60	45	45	40	0
$\bar{x}$	87.5	53.7	73	30.5	34.5	42.5	4

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

La germinación mostrada por el testigo estuvo muy por debajo de la obtenida en los tratamientos ya que solamente tuvo 45%, y 8 de los 9 tratamientos aplicados lo superaron.

(Tratamientos sin testa)

En forma general, puede apreciarse que los niveles de germinación son elevados pues los tratamientos de 12 y 24 hr. tienen el 35%, sin embargo es en el tratamiento de 48 hr. en donde se aprecia la mayor germinación con 95%. Por su parte, el tratamiento que menor germinación mostró fue el de 36 hr. con 40% (Quadro 2).

No existen diferencias significativas al comparar la germinación media de los tratamientos con testa y sin testa, sin embargo las semillas de durazno sin testa germinaron 20.5% más que las que poseían testa (Apéndice 3).

### 2.3 Naranja agria (tratamientos con testa)

La germinación de las semillas de este frutal se mantiene estable de los tratamientos de 1 a 12 hr. de imbibición, alcanzando el 35% de germinación en los tratamientos de 4 y 12 hr. Posteriormente los niveles de germinación tienden a disminuir, aunque en el último tratamiento se alcanza la máxima germinación con 45% (Quadro 2).

Por su parte, el testigo sólo germinó en un 25%, y todos los tratamientos a excepción del de 24 hr. lo superaron.

(Tratamientos sin testa)

El comportamiento de la germinación a través de los tratamientos es irregular. Los mayores porcentajes de germinación se observan en los tratamientos de 4 y 124 hr. con 45% y el menor en el tratamiento de 8 hr. con 20% (Quadro 2).

La germinación del testigo fue de 40% y únicamente 2 de los 9 tratamientos aplicados la superaron.

No se observaron diferencias significativas al comparar la germinación media de los tratamientos con testa y sin testa, pues estas últimas sólo germinaron 4% más que las primeras (Apéndice 3).

#### 2.4 Chirimoya (tratamientos con testa)

Existe la tendencia de incremento en la germinación hasta el tratamiento de 24 hr., para luego disminuir en los siguientes. El tratamiento de 24 hr. mostró la mayor germinación con el 75% y el de 48 hr. la menor con 25% (Quadro 2).

El testigo tuvo una germinación del 50% y solamente 4 de los 9 tratamientos aplicados lo superaron.

(Tratamientos sin testa)

Los tratamientos de 1 y 8 hrs. solamente alcanzaron el 15% de germinación, que fue el mayor nivel. El tratamiento de 2 hrs. y los de 12 a 124 hrs. no mostraron germinación (Quadro 2).

La germinación del testigo también fue muy baja debido a que sólo tuvo un 5%.

No existen diferencias significativas al comparar la germinación media de los tratamientos con testa y sin testa, aunque las primeras germinaron en un 43% más que las últimas (Apéndice 3).

### 3. Velocidad de germinación

#### 3.1 Tejocote (tratamientos con testa)

La germinación de las semillas de tejocote con testa principió 14 días después de la siembra, en 7 de los 9 tratamientos y un día después los tratamientos de 8 y 124 hrs. iniciaron su germinación.

En forma general, las semillas mostraron una alta velocidad de germinación, de ellas destacan las tratadas con 12 y 48 hrs. de imbibición, ya que alcanzan el 50% de germinación en menos de 19 días después de su siembra (Apéndice 4).

Se pueden apreciar tres períodos por los cuales las semillas fueron germinando; el primero comprende hasta el día 19 después de la siembra en donde la velocidad de germinación es directamente proporcional, por lo que se alcanzan 77.5 y 72.5% de germinación para los tratamientos de 12 y 48 hrs., respectivamente; el segundo período va del día 19 al 25, en donde la velocidad es de orden mixto ya que comienza a estabilizarse y se aprecian 92.5 y 87.5% de germinación en los tratamientos mencionados; y el tercer período donde la velocidad de germinación prácticamente ya

no varía y los porcentajes finales en el día 61 son de 100 y 95%, respectivamente (Gráfica 1).

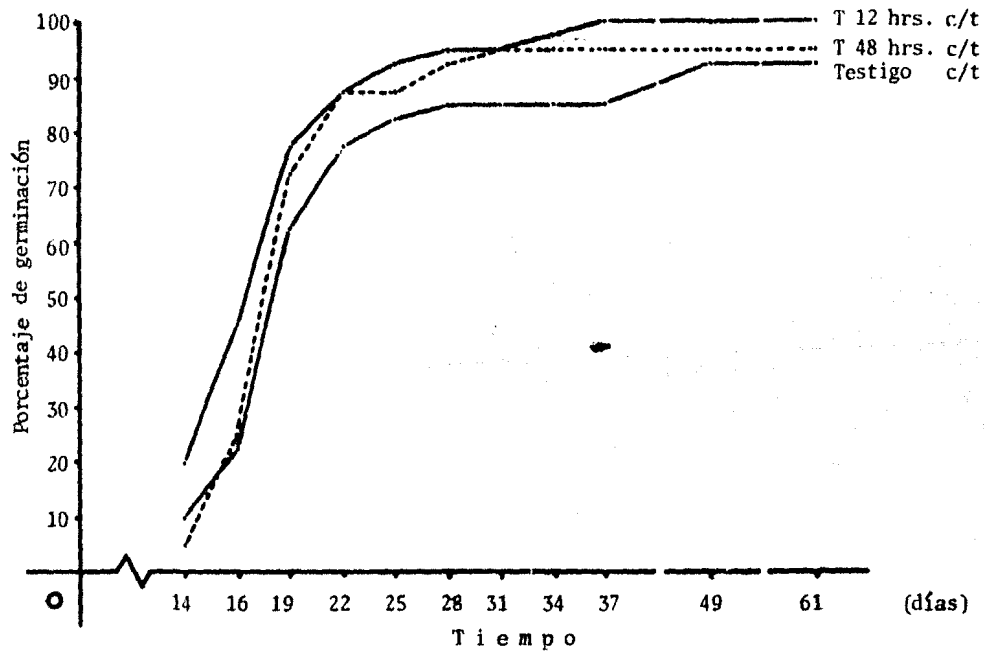
La velocidad de germinación del testigo es ligeramente inferior a la mostrada por los dos tratamientos antes mencionados, pues 19 días después de su siembra tuvo un 60% de germinación, al día 25 un 82.5% y finalmente al día 61 tuvo un 92.5%.

### 3.2 Durazno (tratamientos con testa)

La germinación de estas semillas se inició 14 días después de ser sembradas en 2 de los 9 tratamientos (2 y 4 hrs. de imbibición) y al día 25 se generalizó a los tratamientos restantes (Apéndice 5).

La velocidad de germinación muestra dos períodos, donde destacan las semillas sometidas a 2 y 24 hrs. de imbibición. En el primer período la velocidad de germinación aumenta proporcionalmente ya que en los 37 primeros días a partir de la siembra se aprecian 60 y 55% de germinación para los tratamientos señalados; y en el segundo período la velocidad de germinación prácticamente no varía, observándose un 67.5 y 60% de germinación en el día 61, respectivamente (Gráfica 2).

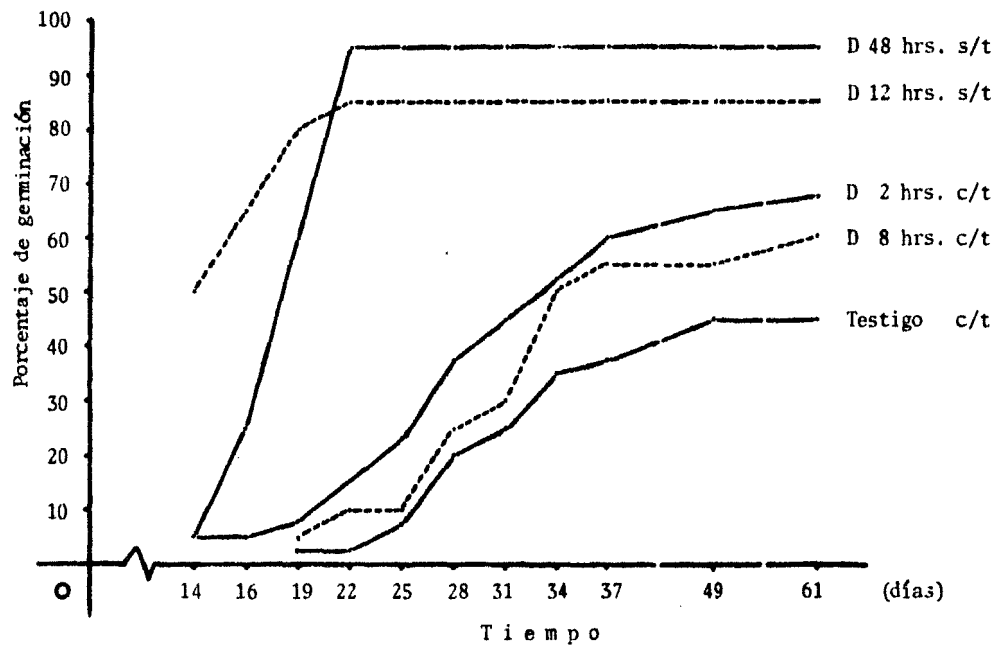
La velocidad de germinación del testigo es menor que la de los tratamientos previamente señalados, pues solamente alcanza un 37.5% de germinación en los primeros 37 días después de su siembra, posteriormente la velocidad varía muy poco y en el día 61 alcanza un 45% de germinación.



Gráfica 1. Velocidad de germinación de tejocote con testa.

T = Tejacote  
c/t = con testa





Gráfica 2. Velocidad de germinación de durazno con testa y sin testa.

D = Durazno  
 c/t = Con testa  
 s/t = Sin testa

(Tratamientos sin testa)

La germinación de estas semillas también sucedió 14 días después de su siembra en 3 de los 5 tratamientos (12, 24 y 48 hrs. de imbibición), generalizándose en todos los tratamientos tres días después (Apéndice 5).

Pueden destacarse dos períodos en la velocidad de germinación expresados por las semillas sometidas a 12 y 48 hrs. de imbibición. El primer período donde la velocidad de germinación es directamente proporcional y comprende los primeros 22 días a partir de la siembra, pues se alcanzan el 85 y 95% de germinación, respectivamente, cabe señalar que el tratamiento de 12 hrs. tuvo el 50% de germinación 14 días después de la siembra; y el segundo período que va del día 22 al 61 en donde la velocidad de germinación no mostró variación alguna (Gráfica 2).

### 3.3 Naranja agria (tratamientos con testa)

La germinación de las semillas de este frutal empieza 27 días después de la siembra, pero sólo en uno de los 9 tratamientos (4 hrs. de imbibición) y fue hasta el día 69 cuando se presentó en todos los tratamientos (Apéndice 6).

Se aprecian dos períodos en la velocidad de germinación de semillas de naranja con testa, representados por los tratamientos de 4 y 124 hrs. de imbibición. En el primer período, la velocidad de germinación fue prácticamente nula ya que al cabo de 62 días después de la siembra alcanzaron únicamente el 10 y 15% de germinación, respectivamente; en el segundo período se muestra un ligero incremento en la velocidad de germinación

ya que en el día 86 se obtuvieron 35 y 45% de germinación para los tratamientos mencionados (Gráfica 3).

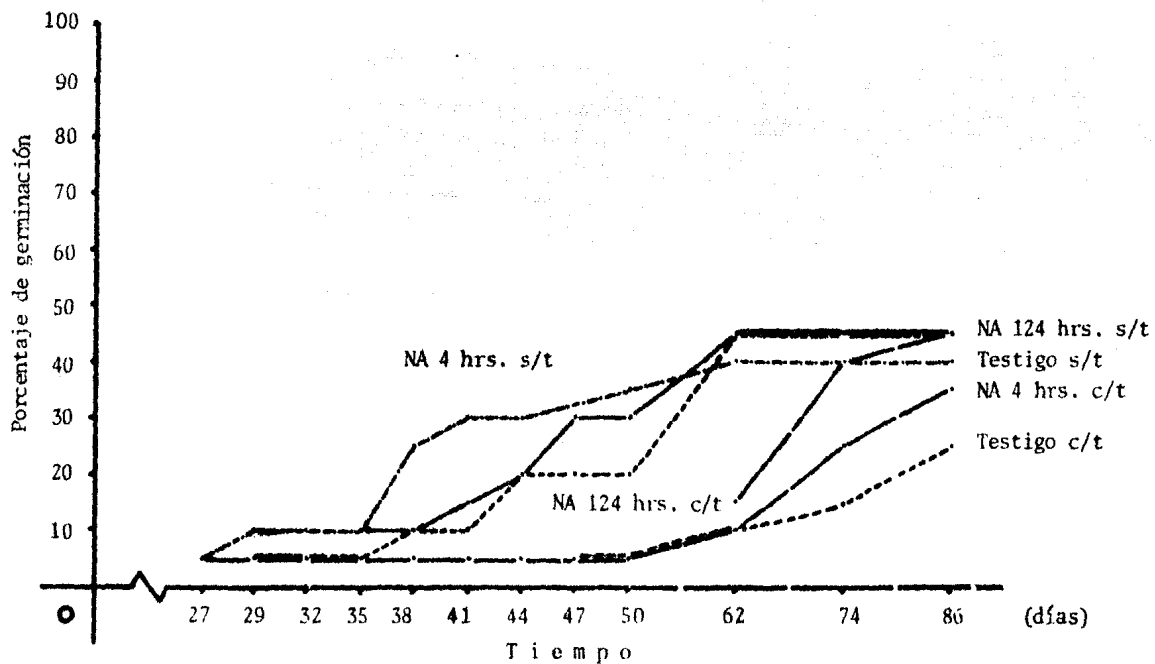
La velocidad de germinación del testigo también es muy reducida, considerando que durante los primeros 62 días después de la siembra únicamente hay un 10% de germinación, además de que ésta se inició 19 días después que la del tratamiento de 4 hrs., finalmente se observa un ligero incremento pues al día 86 alcanza un 25% de germinación.

(Tratamientos sin testa)

Las semillas de naranja agria sin testa iniciaron su germinación 27 días después de ser sembradas, pero sólo uno de los 9 tratamientos lo hizo (24 hrs. de imbibición), y fue hasta el día 35 que la germinación se generalizó a todos los tratamientos (Apéndice 6).

Se pueden apreciar dos períodos bien definidos expresados por los tratamientos de 4 y 124 hrs. de imbibición. El primero corresponde a los primeros 62 días a partir de la siembra, en donde la velocidad de germinación es proporcional, lográndose 45% de germinación en ambos casos; en el segundo la velocidad de germinación no presenta variación pues hasta el día 86 se mantienen los porcentajes de germinación antes mencionados (Gráfica 3).

La velocidad de germinación mostrada por el testigo es superior a la de cualquier tratamiento hasta 50 días después de la siembra en donde alcanza un 35% de germinación. Posteriormente la velocidad varía muy poco pues en el día 86 alcanza un 40%.



Gráfica 3. Velocidad de germinación de naranja agria con testa y sin testa.

c/t = Con testa  
s/t = Sin testa  
NA = Naranja agria

### 3.4 Chirimoya (tratamientos con testa)

La germinación empieza 27 días después de la siembra, pero sólo en 1 de los 9 tratamientos (2 hrs. de imbibición), generalizándose el proceso hasta el día 47 en todos los tratamientos (Apéndice 7).

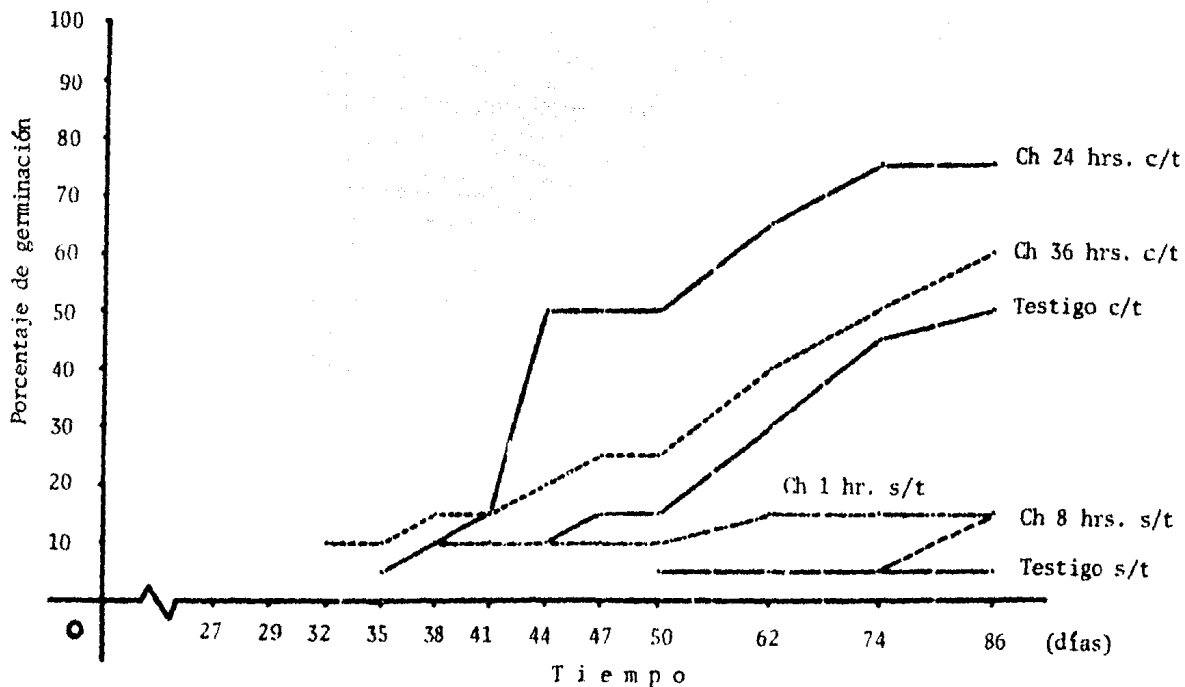
En la velocidad de germinación de los tratamientos de 24 y 36 hrs. pueden apreciarse dos períodos; el primero que comprende los primeros 74 días a partir de la siembra en donde es directamente proporcional alcanzando un 75 y 50% de germinación, respectivamente; y el segundo donde la velocidad no varía mucho pues al día 86 los porcentajes de germinación son de 75 y 60% (Gráfica 4).

La velocidad de germinación del testigo fue menor a la de los tratamientos ya que sólo logra un 45% de germinación durante los primeros 74 días después de la siembra, posteriormente la velocidad casi no varía debido a que en el día 86 tiene un 50% de germinación.

#### (Tratamiento sin testa)

La germinación se inicia 38 días después de la siembra en uno de los 9 tratamientos (1 hr. de imbibición), al día 74 se presenta en dos tratamientos más (4 y 8 hrs. de imbibición) y en los tratamientos restantes no hubo germinación (Apéndice 7).

La velocidad de germinación de estas semillas fue muy baja, ya que 62 días después de la siembra sólo se alcanzó el 15% de germinación, representado por el tratamiento de 1 hr. de imbibición; el tratamiento de



Gráfica 4. Velocidad de germinación de chirimoya con testa y sin testa.

Ch = Chirimoya  
 c/t = Con testa  
 s/t = Sin testa

8 hrs. también alcanzó este mismo porcentaje pero 24 días después que el tratamiento de 1 hr. (Gráfica 4).

La velocidad de germinación del testigo es prácticamente nula pues sólo existe un 5% de germinación en 86 días.

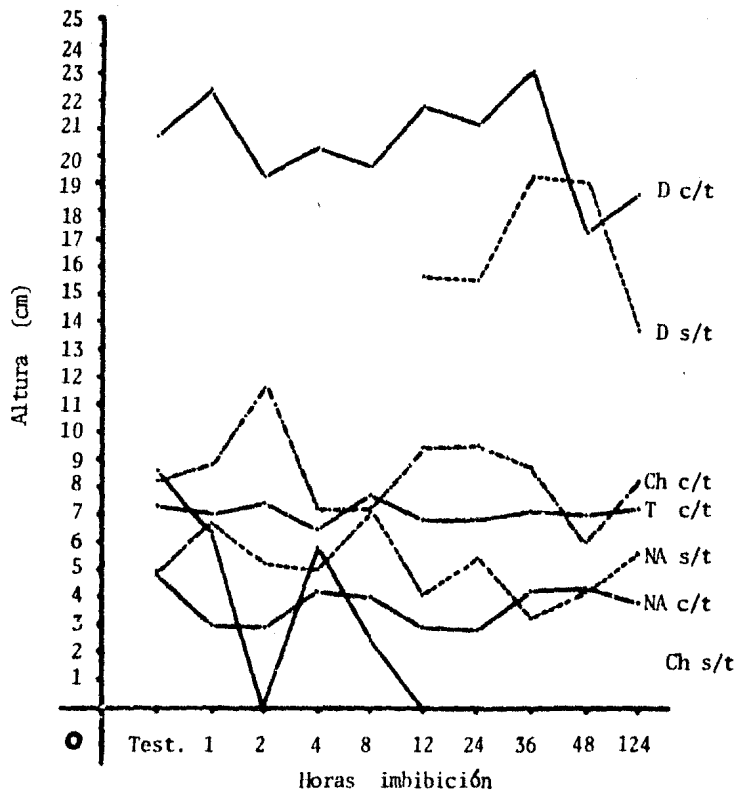
#### 4. Altura media de plantas

##### 4.1 Tejocote (tratamientos con testa)

La altura media de plantas alcanzada en tejocote con testa es uniforme a través de los tratamientos de 1 a 124 hrs. de imbibición. La mayor altura media correspondió al tratamiento de 8 hrs. con 7.72 cm., y la menor al de 4 hrs. con 6.49 cm. Por su parte, el testigo tuvo una altura media de 7.30 cm. (Gráfica 5 y Apéndice 8).

##### 4.2 Durazno (tratamientos con testa)

La altura media de plantas provenientes de semillas de durazno con testa es de comportamiento irregular. Sin embargo del tratamiento de 2 al de 36 hrs. existe una tendencia a incrementarse y en los tratamientos siguientes a disminuir considerablemente. El tratamiento de 36 hrs. presentó la mayor altura media con 23.18 cm. y el tratamiento de 48 hrs. la menor con 17.21 cm. Por su parte, el testigo tuvo una altura media de 20.72 cm., y sólo fue superado por 4 de los 9 tratamientos aplicados (Gráfica 5 y Apéndice 8).



Gráfica 5. Altura media de plantas de tejocote, durazno, naranja agria y chirimoya con testa y sin testa.

T = Tejocote  
 D = Durazno  
 NA = Naranja agria  
 Ch = Chirimoya  
 c/t = Con testa  
 s/t = Sin testa  
 Test = Testigo



(Tratamientos sin testa)

La altura media de plantas provenientes de semillas de durazno sin testa tiende a incrementarse de los tratamientos de 12 a 48 hr., teniéndose la mayor altura media en el tratamiento de 36 hrs. con 19.20 cm., y la menor en el de 124 hrs. con 13.72 cm. (Gráfica 5 y Apéndice 8).

No se apreciaron diferencias significativas al comparar la altura me dia de las plantas de durazno con testa y sin testa a lo largo de todos los tratamientos, pues las plantas provenientes de semillas con testa cre cieron 2.31 cm. más que las de semillas sin testa (Apéndice 3).

4.3 Naranja agria (tratamientos con testa)

Existe un comportamiento irregular en la altura media de plantas de naranja de semillas con testa. La mayor altura media se obtuvo en el tra tamiento de 48 hrs. con 4.34 cm., y la menor en el de 24 hrs. con 2.80 cm. El testigo tuvo una altura media de 4.84 cm., y no fue superado por ninguno de los tratamientos aplicados (Gráfica 5 y Apéndice 8).

(Tratamientos sin testa)

La altura media de las plantas de naranja de semillas sin testa no tiene un comportamiento definido de los tratamientos de 1 a 124 hrs. La mayor altura media se presenta en el tratamiento de 8 hrs. con 7.13 cm., y la menor en el de 36 hrs. con 3.28 cm. La altura media mostrada por el testigo es de 4.91 cm., y fue superado por 6 de los 9 tratamientos aplicados (Gráfica 5).

Las plantas de naranjo de semillas sin testa crecieron 1.45 cm. más que las de semillas con testa, por lo que no existen diferencias significativas al comparar la altura media de las plantas a lo largo de todos los tratamientos (Apéndice 3).

#### 4.4 Chirimoya (tratamientos con testa)

La altura media de las plantas de chirimoya de semillas con testa no tiene un comportamiento regular. La mayor altura media se presenta en el tratamiento de 2 hr. con 11.60 cm., y la menor en el de 48 hrs. con 6.08 cm. La altura media mostrada por el testigo es de 8.23 cm., y fue superado por 6 de los 9 tratamientos aplicados (Gráfica 5 y Apéndice 8).

(Tratamientos sin testa)

La altura media de plantas de chirimoya de semillas sin testa decrece paulatinamente en los tratamientos de 1, 4 y 8 hrs., en este último se presenta la menor altura media con 2.4 cm. y en el primero la mayor con 6.43 cm. La altura media del testigo es de 8.60 cm. y no fue superado por ninguno de los tratamientos (Gráfica 5 y Apéndice 8).

No existen diferencias significativas al comparar las alturas medias de las plantas provenientes de semillas con testa y sin testa aunque las primeras crecieron 6.18 cm. más que las últimas (Apéndice 3).

## 5. Bioensayo

### 5.1 Germinación de *Lepidium* spp.

#### 5.1.1 Testigo

El porcentaje de germinación de semillas de *Lepidium* spp. colocadas en agua destilada fue de 90%.

#### 5.1.2 Tejocote (tratamientos con testa)

Los porcentajes de germinación de las semillas de *Lepidium* spp. colocadas en soluciones de imbibición de tejocote con testa son elevados pero tienen una tendencia a disminuir. Los mayores porcentajes de germinación están comprendidos de los tratamientos de 1 a 8 hrs. con un rango de 80 a 95%, y los menores en los tratamientos de 12 a 124 hrs. con porcentajes de 50 a 75 (Cuadro 3).

La germinación de las semillas situadas en soluciones de imbibición de los tratamientos de 4 y 8 hrs. fue mayor a la expresada por el testigo.

#### 5.1.3 Durazno (tratamientos con testa)

La germinación de semillas de *Lepidium* spp. solamente se observó cuando estuvieron colocadas en las soluciones de imbibición de los tratamientos de 1, 8 y 36 hrs., además de que fue muy reducida pues sólo se alcanzó como máximo un 30% en el de 8 hrs. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentajes finales de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de las cuatro especies frutales

Tratamiento horas imbibición	Especie						
	Tejocote c/t	Dirazno c/t	s/t	Naranja agria c/t	s/t	Chirimoya c/t	s/t
0 hr.	90	90	--	90	--	90	--
1 hr.	85	20	--	0	0	100	90
2 hr.	80	0	--	0	0	90	90
4 hr.	90	0	--	0	0	30	100
8 hr.	95	30	--	0	30	90	100
12 hr.	50	0	0	0	70	60	50
24 hr.	65	0	60	0	70	80	80
36 hr.	75	10	30	10	60	70	30
48 hr.	75	0	10	0	70	40	60
124 hr.	50	0	10	10	0	50	80
$\bar{x}$	73.8	6.6	22	2.2	34.4	67.7	75.55

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

(Tratamientos sin testa)

La mayor germinación se obtiene cuando las semillas de *Lepidium* spp. se colocaron en la solución de imbibición de 24 hrs. con 60%, y en los tratamientos de 36 a 124 hrs. el porcentaje de germinación disminuye considerablemente hasta el 10% (Quadro 3).

No se aprecian diferencias significativas al comparar la germinación media de semillas de *Lepidium* spp. colocadas en soluciones de imbibición de durazno con testa y sin testa, aunque estas últimas germinaron 15.4% más que las primeras (Apéndice 9).

#### 5.1.4 Naranja agria (tratamientos con testa)

La germinación de semillas de *Lepidium* spp. colocadas en las soluciones de imbibición de naranja con testa fue casi nula, pues únicamente se alcanza el 10% en los tratamientos de 36 y 124 hrs., y en los tratamientos restantes no existió (Quadro 3).

(Tratamientos sin testa)

Las semillas de *Lepidium* spp. colocadas en las soluciones de imbibición de los tratamientos de 1, 2, 4 y 124 hrs. no germinaron. Sin embargo, las situadas en las soluciones de 8 a 48 hrs. mostraron un incremento en la germinación que fluctuó del 30 al 70% (Quadro 3).

No existen diferencias significativas al comparar la germinación media de las semillas de *Lepidium* spp. colocadas en soluciones de imbibición de naranja con testa y sin testa, aunque estas últimas tuvieron una germinación de 32.2% más que las primeras (Apéndice 9).

### 5.1.5 Chirimoya (tratamientos con testa)

Las semillas de *Lepidium* spp. colocadas en la solución de imbibición de 1 hr. alcanzaron el máximo germinativo, 100%. En los tratamientos siguientes se presenta una marcada tendencia a disminuir (Quadro 3).

#### (Tratamientos sin testa)

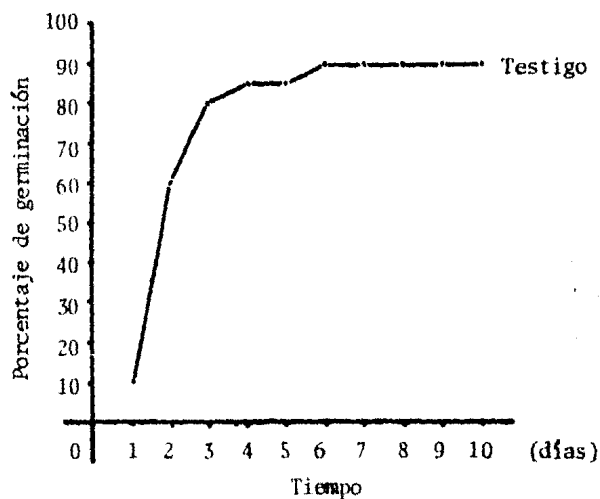
Los mayores porcentajes de germinación se aprecian cuando las semillas de *Lepidium* spp. estuvieron colocadas en soluciones de imbibición de 1 a 8 hrs., pero en los tratamientos de 12 a 124 hrs. existe una tendencia a disminuir (Quadro 3).

No hay diferencias significativas entre la germinación media de *Lepidium* spp. colocadas en soluciones de imbibición de chirimoya con testa y sin testa, sin embargo estas últimas germinaron 7.78% más que las primeras (Apéndice 9).

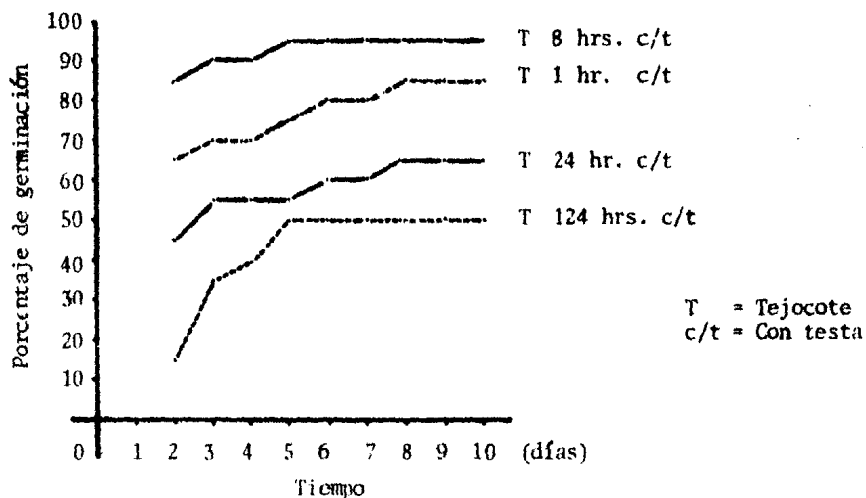
## 5.2 Velocidad de germinación de *Lepidium* spp.

### 5.2.1 Testigo

La velocidad de germinación es directamente proporcional en los dos primeros días ya que se alcanza el 60%; del segundo al sexto día la velocidad es de comportamiento mixto, en este período se alcanza el 90% de germinación, a partir de este momento la velocidad ya no varía (Gráfica 6).



Gráfica 6. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en agua destilada.



Gráfica 7. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de inhibición de tejocote con testa.

### 5.2.2 Tejocote (tratamientos con testa)

La velocidad de germinación de las semillas de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de tejocote con testa de los tratamientos de 1 a 8 hrs. fue directamente proporcional pues alcanzaron por lo menos 65% de germinación en dos días, a partir de este momento la velocidad de germinación muestra poca variación (Gráfica 7).

Por su parte, los tratamientos de 12 a 124 hrs., solamente alcanzan un máximo de 45% de germinación en dos días y de igual manera la velocidad de germinación no muestra variaciones importantes (Gráfica 7).

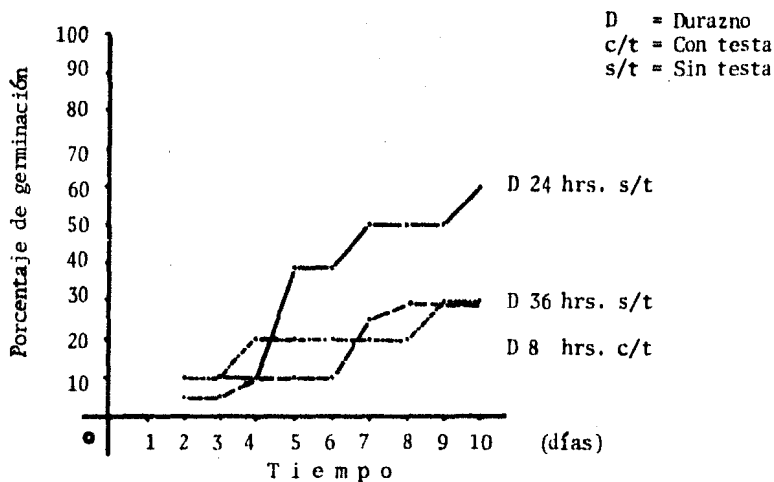
### 5.2.3 Durazno (tratamientos con testa)

La velocidad de germinación de semillas de *Lepidium* spp. en los tratamientos de 1, 8 y 36 hrs. es reducida, debido a que sólo se alcanza un 30% de germinación en un período de 8 días (tratamiento de 8 hrs.), no existiendo variación posterior (Gráfica 8).

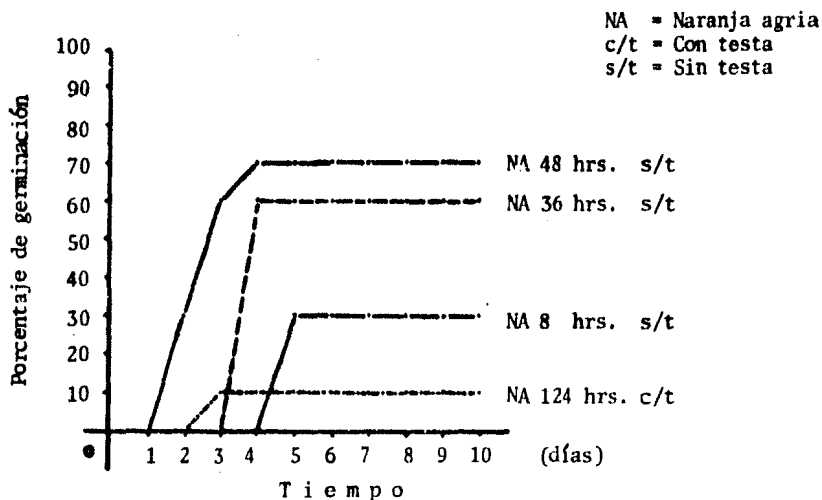
(Tratamientos sin testa)

La velocidad de germinación en el tratamiento de 24 hrs. fue proporcional ya que alcanza 60% de germinación en 10 días. Sin embargo las semillas situadas en soluciones de imbibición de 36, 48 y 124 hrs. tuvieron una velocidad de germinación menor pues sólo se alcanzó 30% de germinación en 9 días (Gráfica 8)





Gráfica 8. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de durazno con y sin testa.



Gráfica 9. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de naranja agria con y sin testa.

#### 5.2.4 Naranja agria (tratamientos con testa)

La velocidad de germinación fue muy reducida en las semillas de *Lepidium* spp. colocadas en las soluciones de los tratamientos de 36 y 124 hrs. pues únicamente se alcanzó un 10% de germinación en 5 y 3 días respectivamente, no existiendo ninguna variación posterior (Gráfica 9).

(Tratamientos sin testa)

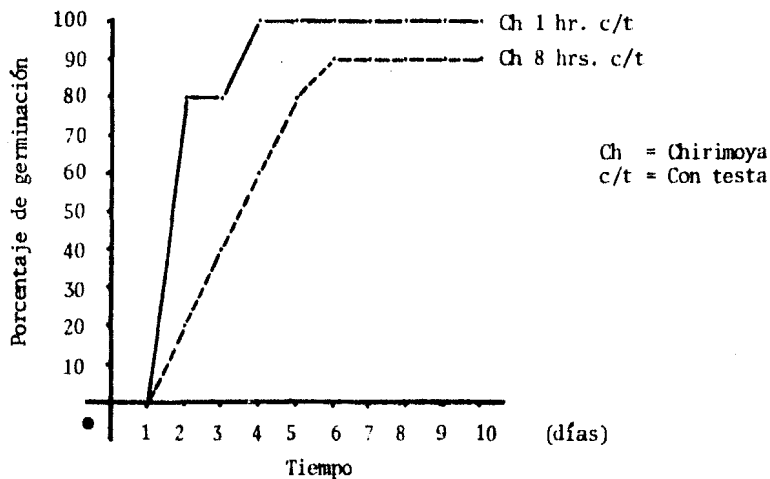
En los tratamientos de 12 a 48 hrs. la velocidad de germinación de *Lepidium* spp. es proporcional en los primeros 4 días, en donde por lo menos se alcanza un 60% de germinación (tratamiento de 36 hrs.), a partir de este momento la velocidad no varía. Por su parte el tratamiento de 8 hrs. mostró una velocidad de germinación menor, ya que al 5o. día únicamente germinó en un 30%, momento a partir del cual ya no varía (Gráfica 9).

#### 5.2.5 Chirimoya (tratamientos con testa)

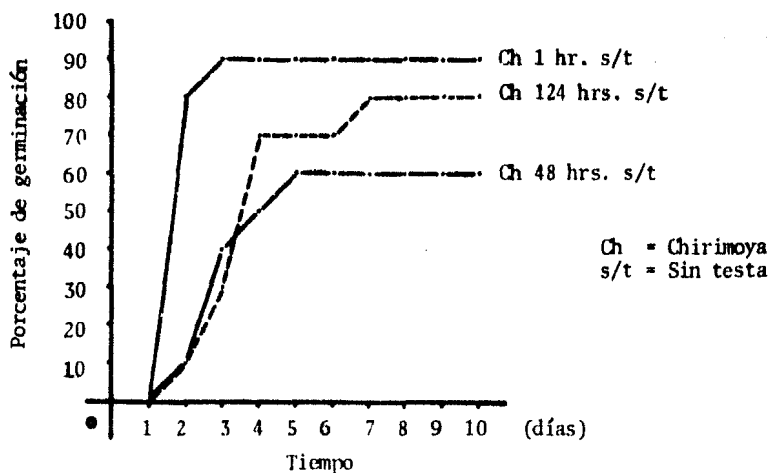
La velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en las soluciones de imbibición de los tratamientos de 1, 2, 8, 24 y 36 hrs. fue directamente proporcional ya que alcanzan un mínimo de 60% de germinación en 4 días (tratamiento de 8 hrs.), posteriormente la velocidad no muestra variaciones importantes (Gráfica 10).

(Tratamientos sin testa)

En los tratamientos de 1, 2, 4, 8, 24 y 124 hrs. la velocidad de germinación también fue directamente proporcional ya que en el cuarto



Gráfica 10. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de inhibición de chirimoya con testa.



Gráfica 11. Velocidad de germinación de *Lepidium* spp. en soluciones de inhibición de chirimoya sin testa.

día por lo menos se alcanza el 70% de germinación (tratamiento 124 hrs.), posteriormente la velocidad de germinación no muestra variaciones importantes.

Por su parte, los tratamientos de 12, 36 y 48 hrs., tuvieron una menor velocidad de germinación pues en el cuarto día se obtiene como máximo un 50% de germinación (Gráfica 11).

### 5.3 Altura media de *Lepidium* spp.

#### 5.3.1 Testigo

La altura media obtenida por las plántulas de *Lepidium* spp. en agua destilada, fue de 6.94 cm. al cabo de 10 días.

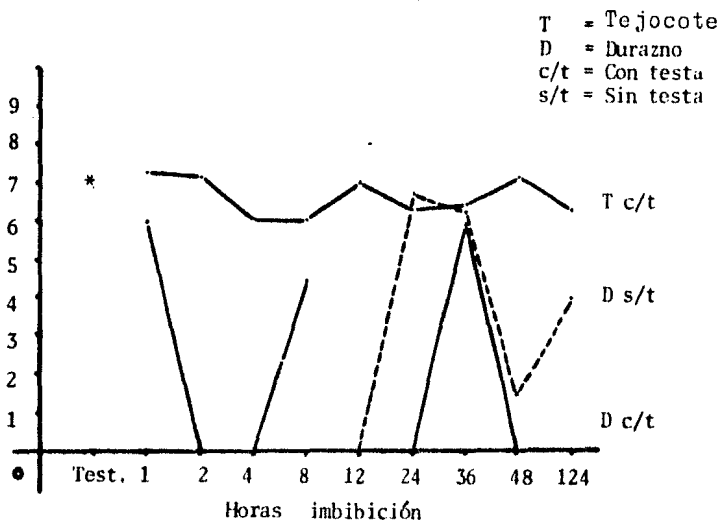
#### 5.3.2 Tejocote (tratamientos con testa)

La altura mostrada por las plantas de *Lepidium* spp. a través de los tratamientos fue muy homogénea y en ningún caso varió en forma importante con respecto al testigo, sin embargo 4 de los 9 tratamientos lo superan (Apéndice 10).

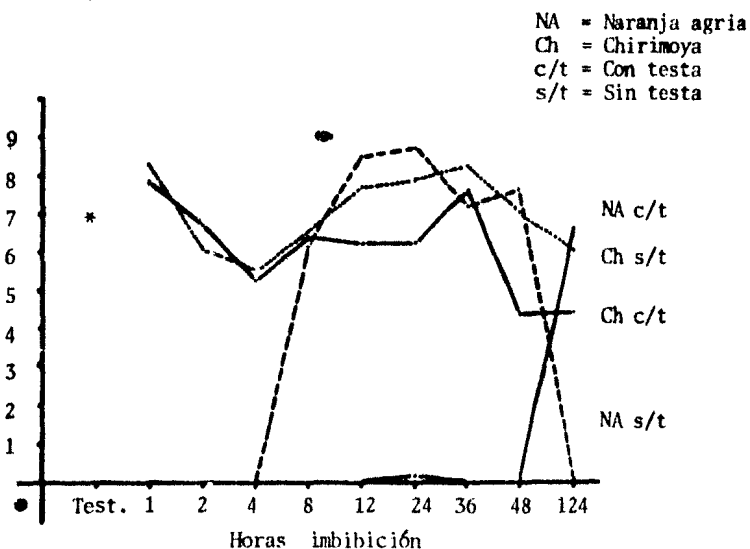
La mayor altura media fue la del tratamiento de 1 hr. con 7.2 cm. y la menor la de los tratamientos de 4 y 8 hr. con 6.02 y 6.03 cm., respectivamente (Gráfica 12).

#### 5.3.3 Durazno (tratamientos con testa)

La altura media alcanzada por *Lepidium* spp. en solución de inhibición de durazno con testa fue de 6.00 cm. en el tratamiento de 1 hr.,



Gráfica 12. Altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de tejocote y durazno con y sin testa.



Gráfica 13. Altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de naranja agria y chirimoya con y sin testa.

de 4.45 cm. en el de 8 hrs., y de 5.90 cm. en el de 36 hrs. (Gráfica 12). En los tres casos la altura media es inferior a la obtenida por el testigo (Apéndice 10).

(Tratamientos sin testa)

La altura media de *Lepidium* spp. en solución de imbibición de durazo sin testa fue de 6.68 cm. en el tratamiento de 24 hrs., de 6.33 cm. en el de 36 hrs., de 1.50 cm. en el de 48 hrs., y de 4.00 cm. en el de 124 hrs. (Gráfica 12). En todos los casos la altura media obtenida es inferior a la del testigo (Apéndice 10).

No existen diferencias significativas al comparar las alturas medias de las plántulas de *Lepidium* spp., sin embargo las plántulas en soluciones de tratamientos sin testa crecieron en promedio 0.8 cm. más (Apéndice 9).

#### 5.3.4 Naranja agria (tratamientos con testa)

En soluciones de naranja con testa, la altura media de las plántulas de *Lepidium* spp. fue de 0.10 cm. en el tratamiento de 36 hrs. y de 6.70 cm. en el de 124 hrs., ambas alturas son inferiores a la mostrada por el testigo (Gráfica 13 y Apéndice 10).

(Tratamientos sin testa)

La altura media de *Lepidium* spp. en soluciones de naranja con testa fue de 6.16 cm. en el tratamiento de 8 hrs., que fue la menor. En los tratamientos de 12 a 48 hrs. la altura media obtenida fue mayor que

la del testigo, de ellos, el tratamiento de 24 hrs. tuvo la mayor altura media con 8.75 cm. (Gráfica 13 y Apéndice 10).

No existen diferencias significativas al comparar las alturas medias de las plántulas, sin embargo las tratadas con soluciones de naranja sin testa crecieron 3.51 cm. más (Apéndice 9).

### 5.3.5 Chirimoya (tratamientos con testa)

La mayor altura media de *Lepidium* spp. fue mostrada por el tratamiento de 1 hr. con 7.88, y la menor por el de 124 hrs. con 4.40 cm. Además del tratamiento de 1 hr., el de 36 hrs. también superó la mostrada por el testigo (Gráfica 13 y Apéndice 10).

#### (Tratamientos sin testa)

La menor altura media de *Lepidium* spp. en solución de imbibición de chirimoya sin testa fue la del tratamiento de 4 hrs. con 5.62 cm., y la mayor se presentó en el de 1 hr. con 8.32 cm. Además los tratamientos de 12 y 48 hrs. superaron la altura media del testigo (Gráfica 13 y Apéndice 10).

No hubo diferencias significativas al comparar las alturas medias de las plántulas de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición de chirimoya con testa y sin testa, pues estas últimas sólo crecieron 0.93 cm. más que las primeras (Apéndice 9).

## DISCUSION

### 1. Tejocote

Las semillas de tejocote con testa no logran estabilizar sus porcentajes de absorción durante los tratamientos aplicados, por lo tanto tiempos mayores de 124 hrs. todavía pueden propiciar incrementos en la absorción, existiendo una correlación significativa entre porcentaje de absorción de agua y tiempo de imbibición (Apéndice 11).

Además, durante las primeras 12 hrs. de imbibición las semillas se hidratan más rápidamente, debido a que las diferencias en potenciales hídricos son mayores durante este período y quizás porque las membranas aún no se han reorganizado completamente.

En general, puede decirse que el tiempo de imbibición en la germinación y su velocidad no se refleja en forma significativa (Apéndice 12), debido a que los niveles alcanzados en todos los tratamientos son elevados y estables, inclusive el testigo muestra una germinación elevada lo que indica que imbebe en el sustrato de manera similar a las semillas sometidas a tratamientos de imbibición. Sin embargo, existe una característica importante dada por el mayor incremento de absorción entre tratamientos (del tratamiento de 8 al de 12 hrs.), pues propicia mayor germinación y velocidad en el tratamiento de 12 hrs.

Asimismo, considerando los porcentajes de germinación y velocidad alcanzados por las semillas de tejocote, la testa no representa una restricción en la germinación de este frutal.



La altura media de plantas de tejacote provenientes de semillas con testa no fue afectada por el tiempo de imbibición en los diferentes tratamientos, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

Las semillas de *Lepidium* spp. mostraron una disminución en su germinación y velocidad, cuando fueron tratadas con soluciones de imbibición de tejacote con testa de los tratamientos de 12 a 124 hrs., ésto debido posiblemente a la presencia de inhibidores de la germinación liberados por las semillas del frutal, aunque siempre se obtuvieron porcentajes de por lo menos el 50%.

La altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en 4 de los 9 lotes fue superior a la del testigo, pero no se observaron diferencias significativas entre ellas.

## 2. Durazno (tratamientos con testa)

La absorción de agua mostrada por las semillas de durazno con testa fue aumentando constantemente en relación al tiempo de imbibición, existiendo entre ellos una correlación significativa (Apéndice 11), pero no llega a estabilizarse, por lo que en tiempos de más de 124 hrs. la semilla probablemente continúe absorbiendo agua.

Se observa que los incrementos de absorción entre tratamientos de imbibición de 1 a 8 hrs. son mayores que los de 12 a 124 hrs., probablemente debido a que las diferencias entre potenciales hídricos son mayores en los primeros, además de que la reorganización de la membrana aún no es completa.

Los tratamientos de imbibición no influyen en los porcentajes y velocidad de germinación en forma significativa (Apéndice 12), aunque la germinación se incrementó de un 5 a 22.5%, por lo que 8 de los 9 tratamientos superaron al testigo.

La altura media de plantas provenientes de semillas con testa tampoco fue afectada por el tiempo de imbibición, pues no se presentan diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

Las semillas de *Lepidium* spp. tratadas con soluciones de imbibición de durazno con testa muestran una germinación reducida ya que sólo 3 de los 9 lotes establecidos la presentaron y fue baja (10 al 30%), lo que se atribuye a la presencia de inhibidores de la germinación difundidos de las semillas de durazno tales como ácido abscísico (ABA) y compuestos fenólicos. Además la altura media de plántulas de *Lepidium* spp. fue siempre menor que la mostrada por el testigo, pero no existen diferencias significativas entre ellas.

(Tratamientos sin testa)

La absorción de agua se estabiliza una vez que se cumplen 24 hrs. de imbibición, probablemente porque los potenciales hídricos se estabilizan al cabo de este tiempo, así como la reorganización de las membranas ya se ha efectuado en gran parte, y no existe una correlación significativa entre porcentajes de absorción de agua y tiempo de imbibición en las semillas de durazno sin testa (Apéndice 11).

Los tratamientos de imbibición no afectan en forma significativa la germinación y su velocidad (Apéndice 12), sin embargo existe elevada germinación en 3 de los 5 tratamientos de durazno sin testa y comparativamente, a excepción de un tratamiento (36 hrs. de imbibición), los porcentajes de germinación y su velocidad en estas semillas son siempre mayores que los presentados por las semillas de durazno con testa, por lo que puede decirse que la ausencia de testa favorece la germinación en durazno, además de que quizás la testa no sea requerida como tejido de protección durante la germinación de esta semilla.

La altura media de plantas provenientes de semillas sin testa no fue afectada por el tiempo de imbibición y no hubo diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

Por su parte, la germinación y velocidad mostrada por las semillas de *Lepidium* spp. tratadas con las soluciones de imbibición de durazno sin testa es baja (10 al 60%), lo que puede atribuirse a la existencia de inhibidores de la germinación difundidos de la semilla de durazno, sin embargo estos porcentajes superan a los observados en *Lepidium* spp. tratado con soluciones de imbibición de durazno con testa (10 al 30%), consecuentemente la mayor cantidad de inhibidores de la germinación se encuentran en la testa.

Además, en todos los casos la altura media de plántulas de *Lepidium* spp. es inferior a la presentada por el testigo, pero no existen diferencias significativas entre ellas.

### 3. Naranja agria (tratamientos con testa)

La absorción en las semillas de naranja agria con testa, tiende a estabilizarse después de 12 hrs. de imbibición, probablemente porque al cabo de este tiempo disminuye la diferencia entre potenciales hídricos y la reorganización de membranas ya se ha realizado en gran medida, presentando una correlación significativa entre porcentaje de absorción de agua y tiempo de imbibición (Apéndice 11).

Por otra parte, entre el tiempo de imbibición y la germinación, no se presentó una correlación significativa (Apéndice 12); sin embargo, a excepción de 2 tratamientos (24 y 48 hrs.), los demás tratamientos superan al testigo en sus porcentajes de germinación. Existe asimismo un período importante mostrado por el mayor incremento en la absorción de agua entre tratamientos (del de 48 a 124 hrs.), pues propicia mayor porcentaje y mayor velocidad de germinación en este último tratamiento.

La altura media de plantas provenientes de semillas de naranja agria con testa no fue afectada por el tiempo de imbibición de los tratamientos aplicados por lo que no se encontraron diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

Las semillas de *Lepidium* spp. tratadas con soluciones de imbibición de naranja agria con testa, mostraron una germinación y velocidad casi nulas, pues solamente en 2 de los 9 lotes hubo germinación y su nivel alcanzado fue bajo (10%), lo que hace evidente la presencia de inhibidores de la germinación difundidos a la solución por las semillas de este frutal.

Además la altura media de plántulas de *Lepidium* spp. fue inferior a la presentada por el testigo, y no se observan diferencias significativas entre ellas.

(Tratamientos sin testa)

Estas semillas logran estabilizar sus porcentajes de absorción de agua después de 24 hrs. de imbibición, pues las variaciones mostradas a partir de este momento son reducidas, lo que nos indica quizás que los potenciales hídricos al cabo de este tiempo se han equilibrado y la reorganización de membranas también se ha efectuado en gran medida. No se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de absorción de agua y el tiempo de imbibición (Apéndice 11).

El tiempo de imbibición en la germinación no presenta una correlación significativa (Apéndice 12), ya que los niveles alcanzados son bajos (45% máximo) y solamente 2 de los 9 tratamientos superan en germinación al testigo.

Sin embargo, si bien la diferencia entre los porcentajes de germinación obtenidos por los tratamientos de naranja agria con testa y los de naranja agria sin testa sólo difieren en un 4.5% más en estos últimos, la velocidad de germinación sí se ve afectada, pues la germinación en los tratamientos de naranja agria con testa (a excepción del tratamiento de 4 hrs.) comienza a establecerse hasta 20 días después que los de naranja agria sin testa, considerando por ello que la testa restringe en este aspecto la germinación y que su eliminación favorece la velocidad de germinación de esta semilla, además de que no se le requiere como tejido de protección durante la germinación.

Por otra parte, la altura media de plantas provenientes de semillas de naranja agria sin testa, no fue afectada por el tiempo de imbibición, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

Las semillas de *Lepidium* spp. no presentaron germinación (3 de los 9 lotes) o bien fue muy baja (30%), cuando fueron tratadas con las soluciones de imbibición de naranja agria sin testa, esto debido a la acción de inhibidores de la germinación difundidos por la semilla del frutal, sin embargo en los lotes restantes (12 a 124 hrs.), la germinación fue hasta del 70%, pero esto muy probablemente se debió a que los inhibidores se desnaturalizaron permitiendo la germinación de las semillas de *Lepidium* spp., ya que por manejo, las soluciones de éstos se emplearon hasta 10 días después.

La altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en 4 de los 9 tratamientos superaron al testigo, pero no se observan diferencias significativas entre ellas.

#### 4. Chirimoya (tratamientos con testa)

La absorción de agua en semillas de chirimoya con testa fue incrementándose de manera casi constante a través de los tratamientos establecidos sin que llegara a estabilizarse, por lo que con tiempos de más de 124 hrs. de imbibición quizás las semillas aún continúen absorbiendo agua, esto probablemente porque todavía se presentan diferencias entre los potenciales hídricos y las membranas no están totalmente reorganizadas. No se presenta una correlación significativa entre el porcentaje de absorción de agua y el tiempo de imbibición (Apéndice 11).

En general, el tiempo de imbibición en la germinación y su velocidad no se refleja en forma significativa (Apéndice 12), sin embargo con períodos de hasta 24 hrs. de imbibición la germinación presenta una tendencia a incrementarse, pero períodos más prolongados influyen negativamente sobre ésta pues los porcentajes de germinación tienden a disminuir, quizás por difusión de materiales celulares (carbohidratos, aminoácidos, sales y enzimas) debido a daños en las membranas.

La altura media de plantas provenientes de semillas de chirimoya con testa no fue afectada por el tiempo de imbibición en los diferentes tratamientos, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

La germinación de *Lepidium* spp. se presentó en todos los lotes tratados con las soluciones de imbibición de chirimoya con testa, observándose los mayores porcentajes de germinación en las semillas que fueron tratadas con las soluciones provenientes de los tratamientos de 1 a 8 hrs. de imbibición, y en las tratadas con las soluciones de los tratamientos de 12 a 124 hrs., la germinación y velocidad tiende a disminuir, lo que nos sugiere que los inhibidores de la germinación presentes en las semillas de este frutal se difunden lentamente y se encuentran en bajas concentraciones, pues con períodos de hasta 124 hrs. de imbibición, esta solución permite la germinación en *Lepidium* spp. en un 50%.

La altura media de plántulas de *Lepidium* spp. sólo en 2 de los 9 tratamientos fue superior a la del testigo, pero no se encontraron diferencias significativas entre ellas.

(Tratamientos sin testa)

La absorción de agua en las semillas de chirimoya sin testa se incrementa a través de los tratamientos, observándose una ligera tendencia a estabilizarse en los correspondientes a 12 a 124 hrs., sin embargo es probable que tiempos de imbibición de más de 124 hrs. aún propicien absorción de agua en esta semilla. No se presentó una correlación significativa entre el porcentaje de absorción de agua y el tiempo de imbibición (Apéndice 11).

Asimismo, los mayores incrementos de absorción entre tratamientos se observan en los de 1 a 8 hrs. de imbibición, ésto tal vez porque las diferencias entre potenciales hídricos son mayores durante este lapso.

El tiempo de imbibición en la germinación no presenta una correlación significativa (Apéndice 12), pues sólo en 3 de los 9 tratamientos hay germinación y es baja (15% máximo), además ésta ocurre en tratamientos de pocas horas de imbibición (1 a 8 hrs.), lo que nos indica que tiempos de imbibición en semillas de chirimoya sin testa de 12 hrs. o más provocan daños que llegan a evitar la germinación completamente.

Al considerar lo anterior, y en forma comparativa se observa que los porcentajes de germinación y su velocidad son notablemente más elevados e incluso favorecidos en las semillas de chirimoya con testa al ser sometidas a imbibición, y no así en las semillas de chirimoya sin testa en las cuales estos niveles caen, lo que se puede atribuir a la ausencia de la testa, con lo que puede considerarse que en estas semillas la testa sirve de protección y sin ella se provocan daños durante la imbibición; quizás



como el que no se reorganicen lentamente las membranas antes de que las células estén completamente hidratadas, o bien que haya una pérdida de la integridad de la membrana celular o quizá que exista una marcada difusión de sustancias (proteínas, enzimas digestivas, electrolitos, etc.), dando como resultado que la semilla de chirimoya sin testa germine en bajos porcentajes o no germine.

En cuanto a la altura media de plantas provenientes de semillas de chirimoya sin testa, son siempre menores que la presentada por el testigo, y no se presentaron diferencias significativas entre ellas (Apéndice 13).

La germinación de *Lepidium* spp. se presentó en todos los lotes tratados con soluciones de imbibición de chirimoya sin testa, y es en los lotes tratados con soluciones de los tratamientos de 1 a 8 hrs. en donde hay mayor germinación y velocidad, en los de 12 a 124 hrs. ambos niveles tienden a disminuir, por lo que puede pensarse que los inhibidores son difundidos lentamente de la semilla.

Además, los porcentajes de germinación obtenidos en *Lepidium* spp. tratados con soluciones de chirimoya con testa son mayores que los obtenidos por *Lepidium* spp. tratado con soluciones de chirimoya sin testa, lo que puede indicar que los inhibidores de la germinación se encuentran en toda la semilla, pero tal vez en mayor concentración en la testa de este frutal.

La altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en 5 de los 9 lotes fue superior a la del testigo, pero no se observaron diferencias significativas entre ellas.

## CONCLUSIONES

- La investigación realizada muestra que el proceso de la imbibición se expresa de manera similar en las cuatro especies frutales, y las diferencias encontradas en cuanto a la cantidad de agua absorbida por las semillas, en los distintos tiempos de imbibición, se deben a que cada especie frutal requiere de un porcentaje crítico de agua para su germinación, que depende de la naturaleza química de sus componentes de reserva y estructurales.
- Las semillas de tejocote con testa respondieron satisfactoriamente al tratamiento de 12 hrs. de imbibición, su testa no representa impedimento alguno para la germinación, los inhibidores de ésta se presentan en muy bajas concentraciones y son difundidos lentamente, además de que la eliminación del pericarpio favorece a la germinación de estas semillas.
- Las semillas de durazno con testa respondieron favorablemente al tratamiento de 2 hrs. de imbibición, y las semillas sin testa al de 48 hrs. En este frutal, la testa de las semillas disminuye tanto los porcentajes como la velocidad de la germinación, debido a que en ella se encuentran altas concentraciones de inhibidores, por lo que se recomienda eliminarla. Por otra parte, la variedad "siempreverde" no requiere de estratificación a bajas temperaturas para mejorar su germinación, pero sí es conveniente eliminar su pericarpio.
- En las semillas de naranja agria con testa y sin testa, los tratamientos que favorecieron a la germinación fueron los de 124 y 4 hrs.,

respectivamente. En este caso la testa no restringe los porcentajes de germinación pero sí a la velocidad de la misma, por lo que una buena parte de los inhibidores se concentran en esta estructura, es por ello que se recomienda su eliminación.

- Las semillas de chirimoya responden satisfactoriamente al tratamiento de 24 hrs. de imbibición cuando poseen testa, pero no es recomendable ninguno de ellos cuando se elimina. En este frutal, la testa representa una estructura fundamental de protección para la germinación. La concentración de inhibidores es muy baja y su difusión es lenta.

## APPENDICE

Apéndice 1. Selección de la semilla empleada

	Tejocote	Durazno	Naranja agria	Chiri- moya
	Número de semillas			
Seleccionadas	400	400	400	400
<u>No seleccionadas</u>				
Vanas	308	125	10	0
Malformadas	91	94	23	7
Enfermas	0	150	0	0
Quatas	0	15	0	0
Daño mecánico	18	19	72	18
<b>T o t a l</b>	<b>817</b>	<b>803</b>	<b>505</b>	<b>425</b>

## Apéndice 2. Plantas muertas por especie frutal

Tratamiento horas imbibición	Tejocote		Durazno		Naranja agria		Chirimoya	
	c/t 60 días	s/t	c/t 60 días	s/t	c/t 90 días	s/t	c/t 90 días	s/t
0 hrs.	0		0	0	0	0	0	1
1 hr.	1		0	0	1	0	0	0
2 hrs.	0		0	1	0	0	0	0
4 hrs.	2		0	0	2	0	1	1
8 hrs.	1		0	0	0	1	0	1
12 hrs.	1		0	1	0	0	1	0
24 hrs.	2		0	0	0	0	0	0
36 hrs.	2		0	0	0	0	0	1
48 hrs.	1		0	0	0	0	0	1
124 hrs.	1		0	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>11</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

Apéndice 3. Pruebas de "t" para la absorción de agua, germinación y altura media de las cuatro especies frutales

Especie frutal	Absorción de agua tc	Germinación tc	Altura $\bar{x}$ de plantas tc
Tejocote	--	--	--
Durazno	0.0656 NS	0.1116 NS	0.8831 NS
Naranja agria	0.0515 NS	0.0733 NS	1.7455 NS
Chirimoya	0.0701 NS	0.4074 NS	1.2193 NS

tc = t calculada

NS = No significativo



Apéndice 4. Velocidad de germinación de tejocote con testa a partir de la siembra

Tratamiento horas imbibición	Día										
	14	16	19	22	25	28	31	34	37	49	61
0 hrs.	10	22.5	62.5	77.5	82.5	85	85	85	85	92.5	92.5
1 hr.	10	50	75	82.5	85	85	85	85	85	85	85
2 hrs.	0.25	25	57.5	70	75	80	85	87.5	87.5	87.5	87.5
4 hrs.	0.25	7.5	27.5	45	65	75	77.5	80	85	87.5	87.5
8 hrs.	0	15	57.5	70	77.5	77.5	77.5	82.5	82.5	82.5	82.5
12 hrs.	20	45	77.5	87.5	92.5	95	95	97.5	100	100	100
24 hrs.	15	15	35	47.5	57.5	65	65	65	65	67.5	67.5
36 hrs.	0.25	12.5	65	75	82.5	87.5	90	90	90	92.5	92.5
48 hrs.	5	25	72.5	87.5	87.5	92.5	95	95	95	95	95
124 hrs.	0	12.5	62.5	75	60	82.5	82.5	82.5	82.5	85	85

Apéndice 5. Velocidad de germinación de durazno con testa y sin testa a partir de la siembra

Tratamiento horas imbibición	Día										
	14	16	19	22	25	28	31	34	37	49	61
0 hrs.	0	0	2.5	2.5	7.5	20	25	35	37.5	45	45
1 hr. c/t	0	0	12.5	20.5	22.5	25	25	27.5	32.5	40	42.5
s/t	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2 hrs. c/t	5	5	7.5	15	22.5	37.5	45	52.5	60	65	67.5
s/t	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4 hrs. c/t	0.25	0.25	5	10	17.5	25	30	37.5	37.5	47.5	50
s/t	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8 hrs. c/t	0	0	7.5	15	22.5	27.5	32.5	40	45	52.5	57.5
s/t	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12 hrs. c/t	0	0	5	25	30	30	30	30	50	50	60
s/t	50	65	80	85	85	85	85	85	85	85	85
24 hrs. c/t	0	0	5	10	10	25	30	50	55	55	60
s/t	30	50	65	85	85	85	85	85	85	85	85
36 hrs. c/t	0	0	0	0	5	20	20	20	35	50	50
s/t	0	5	20	35	35	35	40	40	40	40	40
48 hrs. c/t	0	0	5	5	10	15	20	25	35	35	50
s/t	5	25	60	95	95	95	95	95	95	95	95
124 hrs. c/t	0	0	0	5	10	25	30	35	40	50	55
s/t	0	0	45	70	70	70	70	70	70	70	70

c/t = Con testa  
s/t = Sin testa

Apéndice 6. Velocidad de germinación de naranja agria con testa y sin testa a partir de la siembra

Tratamiento horas imbibición	Día												
	27	29	32	35	38	41	44	47	50	62	74	86	
0 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10	15	25
	s/t	5	10	10	10	25	30	30	30	35	40	40	40
1 hr.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30
	s/t	0	15	15	15	25	30	30	30	30	30	30	30
2 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30
	s/t	0	0	10	10	15	20	25	25	25	35	35	35
4 hrs.	c/t	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	25	35
	s/t	0	5	5	5	10	10	20	20	20	45	45	45
8 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	30
	s/t	0	5	5	10	10	10	15	15	15	15	15	20
12 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	20	35
	s/t	0	0	5	5	10	15	15	15	25	25	30	30
24 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	20
	s/t	10	10	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30
36 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25	30
	s/t	0	0	5	10	15	20	25	25	25	25	30	30
48 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	25
	s/t	0	0	5	5	15	15	20	20	25	30	40	40
124 hrs.	c/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	40	45
	s/t	0	0	0	10	10	15	20	30	30	45	45	45

c/t = Con testa  
s/t = Sin testa

Apéndice 7. Velocidad de germinación de chirimoya con testa y sin testa a partir de la siembra

Tratamiento horas imbibición	Día												
	27	29	32	35	38	41	44	47	50	62	74	86	
0 hrs. c/t	0	0	0	0	0	0	10	15	15	30	45	50	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	
1 hr. c/t	0	0	0	0	0	0	5	10	15	25	40	45	
s/t	0	0	0	0	10	10	10	10	10	15	15	15	
2 hrs. c/t	5	5	10	10	10	15	25	25	35	45	55	55	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4 hrs. c/t	0	0	0	5	5	10	10	15	15	25	45	55	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	
8 hrs. c/t	0	0	0	0	0	5	5	10	10	30	35	50	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	
12 hrs. c/t	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10	15	15	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24 hrs. c/t	0	0	0	5	10	15	50	50	50	65	75	75	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36 hrs. c/t	0	0	10	10	15	15	20	25	25	40	50	60	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
48 hrs. c/t	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	15	25	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
124 hrs. c/t	0	0	0	0	0	0	5	5	5	20	35	40	
s/t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

c/t = Con testa  
s/t = Sin testa

Apéndice 8. Altura media de plantas de las 4 especies frutales

Tratamiento horas imbibición	Tejocote		Durazno		Naranja agria		Chirimoya	
	c/t 60 días	s/t	c/t 60 días	s/t	c/t 90 días	s/t	c/t 90 días	s/t
0 hrs.	7.30		20.72	--	4.84	4.91	8.23	8.60
1 hr.	7.01		22.47	--	3.08	6.78	8.81	6.43
2 hrs.	7.47		19.32	--	2.98	5.22	11.60	--
4 hrs.	6.49		20.36	--	4.21	5.0	7.26	5.80
8 hrs.	7.72		19.62	--	4.03	7.13	7.21	2.40
12 hrs.	6.82		21.80	15.64	2.95	4.13	9.40	--
24 hrs.	6.82		21.18	15.57	2.80	5.40	9.53	--
36 hrs.	7.11		23.18	19.20	4.21	3.28	8.75	--
48 hrs.	6.99		17.21	19.02	4.34	4.24	6.08	--
124 hrs.	7.29		18.66	13.72	3.80	5.68	8.27	--
$\bar{x}$	7.10		20.45	16.63	3.72	5.17	8.51	5.80

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

Apéndice 9. Pruebas de "t" para la germinación y altura media de plántulas de *Lepidium* spp. en soluciones de imbibición

Especie frutal	Germinación tc	Altura $\bar{x}$ de plántulas tc
Tejocote	--	--
Durazno	0.0575 NS	0.1381 NS
Naranja agria	0.2085 NS	0.3858 NS
Chirimoya	0.0133 NS	0.7397 NS

tc = t calculada

NS = No significativo

Apéndice 10. Altura media de plántulas de *Lepidium* spp. (cm)

Tratamiento horas imbibición	Tejocote		Durazno		Naranja agria		Chirimoya	
	c/t 10 días	s/t 10 días	c/t 10 días	s/t 10 días	c/t 10 días	s/t 10 días	c/t 10 días	s/t 10 días
0 hrs.	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94
1 hr.	7.20	6.0	--	--	--	--	7.88	8.32
2 hrs.	7.12	-	--	--	--	--	6.77	6.15
4 hrs.	6.02	-	--	--	--	--	5.26	5.62
8 hrs.	6.03	4.45	--	--	6.16	6.55	6.55	6.62
12 hrs.	6.97	-	--	--	8.55	6.31	7.84	7.84
24 hrs.	6.26	-	6.68	--	8.75	6.31	7.9	7.9
36 hrs.	6.43	5.9	6.33	0.1	7.35	7.77	8.2	8.2
48 hrs.	7.15	-	1.5	--	7.64	4.42	7.16	7.16
124 hrs.	6.20	-	4.0	6.7	--	4.4	6.22	6.22
$\bar{x}$	6.59	1.23	2.05	0.75	4.22	6.18	7.11	7.11

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

Apéndice 11. Coeficiente de correlación entre el porcentaje de absorción de agua y los tratamientos de imbibición en las cuatro especies frutales

Espece frutal	Coeficiente de correlación (r)	tc
Tejocote c/t	0.7710	3.4243 *
c/t	0.8109	3.9194 *
Durazno s/t	-0.2166	-0.6275 NS
c/t	0.8071	3.8663 DS
Naranja agria s/t	0.6880	2.6843 NS
c/t	0.8205	4.0600 *
Chirimoya s/t	0.7059	2.8188 NS

c/t = Con testa

s/t = Sin testa

\* : Diferencia significativa

NS = No significativo



Apéndice 12. Coeficiente de correlación entre los tratamientos de imbibición y el porcentaje total de germinación en las cuatro especies frutales

Espece frutal	Coeficiente de correlación (r)	tc
Tejocote c/t	-0.0471	-0.1334 NS
c/t	0.0366	0.1036 NS
Durazno s/t	-0.3300	-0.9888 NS
c/t	0.5661	1.9424 NS
Naranja agria s/t	0.4257	1.3307 NS
c/t	-0.1862	-0.5360 NS
Chirimoya s/t	-0.4179	-1.3011 NS

c/t = Con testa

tc = t calculada

s/t = Sin testa

NS = No significativo

Apéndice 13. Coeficiente de correlación entre los tratamientos de imbibición y la altura media de plantas en las cuatro especies frutales

Espece frutal	Coeficiente de correlación (r)	tc
Tejocote c/t	0.0916	0.2602 NS
c/t	-0.4068	-1.2595 NS
Durazno s/t	-0.4522	-1.4340 NS
c/t	0.1110	0.3159 NS
Naranja agria s/t	-0.1032	-0.2935 NS
c/t	-0.2157	-0.6248 NS
Chirimoya s/t	-0.4817	-0.5547 NS

c/t = Con testa

tc = t calculada

s/t = Sin testa

NS = No significativo

## BIBLIOGRAFIA

- Atherton, J. G., and A. M. Farooque. 1983. High temperature and germination in spinach. The role of the pericarp. *Scientia Hort.* 19: 25-32.
- Atherton, J. G., and A. M. Farooque. 1983. High temperature and germination in spinach. Effects of osmotic priming. *Scientia Hort.* 19: 221-227.
- Becwar, M. R., P. C. Stendwood, and E. E. Roos. 1982. Dehydration effects on imbibitional leakage from desiccation-sensitive seeds. *Plant Physiol.* 69: 1132-1135.
- Bowman, T. F. 1956. Citrus growing in Australia. Australian Agricultural and Livestock Series. Halstead Press, Sidney, Australia.
- Bramlage, W. J., A. C. Leopold, and D. J. Parrish. 1978. Chilling stress to soybeans during imbibition. *Plant Physiol.* 61: 525-529.
- Brito, R. N. 1980. Tratamiento a las semillas de tres especies forestales de zonas áridas y su influencia en la germinación. Tesis. Chapingo, Méx.
- Brown, S. C., G. V. Gotley, and B. G. Coombe. 1983. Investigators of germination and benching in sweet orange. *International Plant Propagators Society*. Vol. 33: 145-152.
- Burger, D. W., and W. P. Hackett. 1982. Influence of low temperature and gibberellic acid treatment on the germination of "Valencia" orange seeds. *HortScience* 17(5): 801-803.
- Russell, W. T., and T. Gray. 1976. Effects of pre-sowing treatments and temperatures on tomato seed germination and seedling emergence. *Scientia Hort.* 5: 101-109.
- Cal, J. P., and R. L. Obendorf. 1972. Imbibitional chilling injury in *Zea mays* L. altered by initial kernel moisture and maternal parent. *Crop Sci.* 12: 369-373.
- Cantliffe, D. J., A. C. Tang, and A. C. Guedes. 1980. Seed treatment of haity indigo (*Indigofera hirsuta* L.) to overcome hard seed dormancy. *HortScience* 15(4): 518-520.
- Chávez, F. L. 1970. Cultivo e industrialización del tejocote. Tesis. E.N.A. Chapingo, Méx.
- Christiansen, M. N. 1968. Induction and prevention of chilling injury to radicle tips of imbibing cotton seed. *Plant Physiol.* 43: 743-746.

- Christiansen, M. N., and R. P. Moore. 1959. Seed coat differences that influence water uptake and seed quality in hard seed cotton. *Agron. Jour.* 51: 582-584.
- Crisosto, C., and E. G. Sutter. 1985. Improving "Manzanillo" olive seed germination. *HortScience* 20(1): 100-102.
- Crocker, W., and I. V. Barton. 1957. *Physiology of seeds*. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass. U. S. A.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Ed. CECSA. México.
- Dadlani, M., and P. K. Agrawal. 1983. Factors influencing leaching of sugars and electrolytes from carrot and okra seeds. *Scientia Hort.* 19: 39-44.
- Dehgan, B., and B. Schutzman. 1983. Effect of  $H_2SO_4$  and  $GA_3$  on seed germination of *Zamia furfuracea*. *HortScience* 18(3): 371-372.
- Duarte, O., J. Villagarcía y R. Francosi. 1974. Efecto de algunos tratamientos en la propagación del chirimoyo, por semillas, estacas e injertos. *Proc. of the Trop. Reg. Am. Soc. for Hort. Science* 18: 41-48.
- Duke, S. H., and G. Kakefuda. 1981. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds. *Plant Physiol.* 67: 449-456.
- Duke, S. H., G. Kakefuda, and T. M. Harvey. 1983. Differential leakage of intracellular substances from imbibing soybean seed. *Plant Physiol.* 72: 919-924.
- Edwards, N. A., and K. A. Hasall. 1976. *Bioquímica y fisiología celulares*. Ed. El Manual Moderno. México.
- Eyster, H. C. 1938. Conditioning seed to tolerate submergence in water. *Am. Jour. of Bot.* 25: 33-36.
- Eyster, H. C. 1940. The cause of decreased germination of bean seeds soaked in water. *Amer. J. Bot.* 27: 652-659.
- Fagan, A. E., F. A. Pokorny, and M. A. Dirr. 1981. Effects of depulping, stratification and growth regulators on seed germination of *Liriope muscari*. *HortScience* 16(2): 208-209.
- Fagan, A. E., M. A. Dirr, and F. A. Pokorny. 1982. The propagation of *Liriope muscari* "variegata" and *Ophlopopogon japonicus* from seeds. *HortScience* 17(1): 51.
- García, C. C. 1982. Estudio de la distribución radical de tejocote (*Crataegus pubescens* HBK) en dos localidades. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

- Grajales, O. M. 1986. Comunicación personal.
- Hartmann, H. T., and D. E. Kester. 1982. Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. CECOSA. México.
- Hemphill Jr., D. D. 1982. Effects of transplanting, imbibition and gel on stands and harvest variability of lettuce. *HortScience* 17 (2): 256-257.
- Hendricks, S. B., and R. B. Taylorson. 1976. Variation on germination and aminoacid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. *Plant Physiol.* 58: 7-11.
- Hernández, S. H. 1976. El durazno. Edición especial del Banco de Crédito Rural del Norte, S. A. Chihuahua, Chih. México.
- Heydecker, W., R. S. Chetram, and J. C. Heydecker. 1971. Water relations of beetroot seed germination. II. Effects of the ovary cap and of the endogenous inhibitors. *Ann. Bot.* 35: 31-42.
- Hobbs, P. R., and R. L. Obendorf. 1972. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. *Crop Sci.* 12: 664-667.
- Hume, H. H. 1949. The cultivation of citrus fruits. The MacMillan Company. New York, U. S. A.
- Hunter, J. R., and A. E. Erickson. 1952. Relation of seed germination to soil moisture tension. *Agron. Jour.* 44: 107-109.
- Ibar, L. 1983. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya. Ed. Aedos. Barcelona, España.
- Ikuma, H., and K. V. Thimann. 1963. The role of seed coats in germination of photosensitive lettuce seeds. *Plant Cell Physiol.* 4: 169-185.
- Juscáfresa, B. 1978. Árboles frutales. Ed. Aedos. Barcelona, España.
- Kakefuda, G., and S. H. Duke. 1982. Imbibitional leakage and seed death during germination in soybean cultivars with defective testae. *Plant Physiol.* 69 S-1.
- Korban, S. S., D.P. Coyne, and J. H. Weihing. 1981. Rate of water uptake and sites of water entry in seeds of different cultivars of dry bean. *HortScience* 16(4): 545-546.
- Lagarda, A., and G. C. Martín. 1983. "Manzanillo" olive seed dormancy as influenced by exogenous hormone application and endogenous abscisic acid concentration. *HortScience* 18(6): 869-871.
- Lagarda, A., G. C. Martín, and D. E. Kester. 1983. Influence of environment, seed tissue and seed maturity on "Manzanillo" olive seed germination. *HortScience* 18(6): 868-869.

- Larson, L. A. 1968. The effect soaking pea seeds with or without seed-coats has on seedling growth. *Plant Physiol.* 43: 255-259.
- Lenhninger, A. 1975. *Bioenergética*. Fondo Educativo Interamericano. México, D. F.
- Leopold, A. C. 1980. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiol.* 65: 1096-1098.
- Leopold, A. C. 1983. Volumetric components of seed imbibition. *Plant Physiol.* 73: 677-680.
- Leopold, A. C., and M. E. Musgrave. 1979. Respiratory changes with chilling injury of soybeans. *Plant Physiol.* 64: 702-705.
- Li, Z. 1984. Peach germplasm and breeding in China. *HortScience* 19(3): 348-351.
- Lyons, J. M. 1974. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 445-446.
- Marcus, A., J. Feeley, and T. Volcani. 1966. Protein synthesis in imbibed seeds. III. Kinetic of aminoacid incorporation ribosome activation, and polypeptide formation. *Plant Physiol.* 41: 1167-1172.
- McKersie, B. D., and R. H. Stinson. 1980. Effect of dehydration on leakage and membrane structure in *Lotus corniculatus* L. seeds. *Plant Physiol.* 66: 316-320.
- Mayer, A. M., and Poljakoff-Mayber. 1963. *The germination of seeds*. Pergamon Press, Oxford, England.
- Mayer, A. M., and Poljakoff-Mayber. 1975. *The germination of .* Pergamon Press, Oxford, England. 2nd. Edition.
- Mayer, A. M., and Y. Shain. 1974. Control of seed germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 25: 167-193.
- Morin, Ch. 1980. *Cultivo de cítricos*. Serie libros y materiales educativos No. 39. Ed. IICA. Lima, Perú.
- Munson, R. H. 1984. Germination of western soapberry as affected by scarification and stratification. *HortScience* 19(5): 712-713.
- Mullett, J. H., D. V. Beardsell, and H. M. King. 1981. The effect of seed treatment on the germination and early growth of *Eutepe edulis*. *Scientia Hort.* 15: 239-244.
- Murphy, J. B., and T. L. Noland. 1982. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant Physiol.* 69: 428-431.
- Murray, D. R. 1979. Nutritive role of the seedcoats during embryo development in *Pisum sativum* L. *Plant Physiol.* 64: 763-769.

- Nagao, M. A., K. Kanegawa, and N. S. Sakai. 1980. Accelerating palm seed germination with GA, scarification and bottom heat. *Hort Science* 15(2): 200-201.
- Nordin, P. 1984. Preferential leaching of pinitol from soybean during imbibition. *Plant Physiol.* 76: 313-315.
- Obendorf, R. L., and P. R. Hobbs. 1970. Effect of seed moisture on temperature sensitivity during imbibition of soybean. *Crop Sci.* 10: 563-566.
- Ornoz, M. R., R. D. Nieto y R. I. Larios. 1979. *Tratado elemental de botánica*. Ed. ECLAUSA, México.
- Palacios, J. 1978. *Citricultura Moderna*, Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Popenoe, W. 1974. *Manual of tropical and subtropical fruits*. Hafner Press, New York. U. S. A.
- Parrish, D. J., and A. C. Leopold. 1977. Transient changes during soybeans imbibition. *Plant Physiol.* 59: 1111-1115.
- Paviista, A. D., and A. H. Haber. 1970. Embryo expansion without protrusion in the seeds. *Plant Physiol.* 45: 636-637.
- Pesis, E., and T. J. Ng. 1983. Viability, vigor, and electrolytic leakage of musk melon seeds subjected to accelerated aging. *Hort Science* 18(2): 242-244.
- Pollock, B. M. 1969. Imbibition temperature sensitivity of lima bean seeds controlled by initial seed moisture. *Plant Physiol.* 44: 907-911.
- Pollock, B. M., and V. K. Toole. 1966. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima bean seeds. *Plant Physiol.* 41: 221-229.
- Probert, R. J., and P. A. Thompson. 1976. Effects of temperature and seed coat treatments on germination of sweet pea. *Scientia Hort.* 5: 139-151.
- Quintanar, A. F. 1964. *Productos agrícolas mexicanos en la alimentación mundial*. Ed. Mayo, S. A. México.
- Rocha, G. G. 1967. *Cultivo de la chirimoya y resultados experimentales alcanzados*. Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
- Rojas, G. M. 1982. *Fisiología Vegetal Aplicada*. Ed. McGraw-Hill. México.
- Sachs, M., D. J. Cantliffe and T. A. Nell. 1980. Enhancement of the germination of coated pepper seed. *HortScience* 15(3): 406.

- Nagao, M. A., K. Kanegawa, and N. S. Sakai. 1980. Accelerating palm seed germination with GA, scarification and bottom heat. *Hort Science* 15(2): 200-201.
- Nordin, P. 1984. Preferential leaching of pinitol from soybean during imbibition. *Plant Physiol.* 76: 313-315.
- Obendorf, R. L., and P. R. Hobbs. 1970. Effect of seed moisture on temperature sensitivity during imbibition of soybean. *Crop Sci.* 10: 563-566.
- Ornoz, M. R., R. D. Nieto y R. I. Larios. 1979. *Tratado elemental de botánica*. Ed. ECLAUSA, México.
- Palacios, J. 1978. *Citricultura Moderna*, Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Popenoe, W. 1974. *Manual of tropical and subtropical fruits*. Hafner Press, New York. U. S. A.
- Parrish, D. J., and A. C. Leopold. 1977. Transient changes during soybeans imbibition. *Plant Physiol.* 59: 1111-1115.
- Paviista, A. D., and A. H. Haber. 1970. Embryo expansion without protrusion in the seeds. *Plant Physiol.* 45: 636-637.
- Pesis, E., and T. J. Ng. 1983. Viability, vigor, and electrolytic leakage of musk melon seeds subjected to accelerated aging. *Hort Science* 18(2): 242-244.
- Pollock, B. M. 1969. Imbibition temperature sensitivity of lima bean seeds controlled by initial seed moisture. *Plant Physiol.* 44: 907-911.
- Pollock, B. M., and V. K. Toole. 1966. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima bean seeds. *Plant Physiol.* 41: 221-229.
- Probert, R. J., and P. A. Thompson. 1976. Effects of temperature and seed coat treatments on germination of sweet pea. *Scientia Hort.* 5: 139-151.
- Quintanar, A. F. 1964. *Productos agrícolas mexicanos en la alimentación mundial*. Ed. Mayo, S. A. México.
- Rocha, G. G. 1967. *Cultivo de la chirimoya y resultados experimentales alcanzados*. Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
- Rojas, G. M. 1982. *Fisiología Vegetal Aplicada*. Ed. McGraw-Hill. México.
- Sachs, M., D. J. Cantliffe and T. A. Nell. 1980. Enhancement of the germination of coated pepper seed. *HortScience* 15(3): 406.



- S. A. G. 1972. Propagación de frutales por medio de semillas. Comisión Nacional de Fruticultura. Folleto # 1. México.
- Sánchez, G. F. 1975. Estudio preliminar del durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) siempreverde en el noreste del Estado de Morelos. Tesis. Chapingo, Méx.
- Sharma, H. C., and R. N. Singh. 1978. Effect on stratification temperature, stratification period and seed coat on the germination of peach cultivar "Sharbati". *Scientia Hort.* 9: 47-53.
- Sharma, H. C., and R. N. Singh. 1978. Effect of stratification temperature, chemical treatments and seed coat on the growth of peach seedlings cultivar "Sharbati". *Scientia Hort.* 9: 259-263.
- Simon, E. W. 1974. Phospholipids and plant membrane permeability. *New Phytol.* 73: 377-415.
- Simon, E. W., and H. H. Wiebs. 1975. Leakage during imbibition, resistance to damage at low temperature and the water content of peas. *New Phytol.* 74: 407-411.
- Stoltz, L. P., and J. C. Snyder. 1985. Embryo growth and germination of american Ginseng seed in response to stratification temperatures. *HortScience* 20(2): 261-262.
- Tamaro, D. 1979. Tratado de fruticultura. Ed. Gustavi Gili, S. A. Barcelona, España.
- Tanabe, M. J. 1980. Effect of depulping and growth regulators on seed germination of *Alexia olivaeformis*. *HortScience* 15(2): 199-200.
- Taylorson, R. B., and S. B. Hendricks. 1977. Dormancy in seeds. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 331-354.
- Toll, J. J., H. Martínez, E. Padilla y C. A. Oste. 1975. Efectos de escarificación, medio, posición de siembra y ácido giberélico, sobre la germinación de semillas de charimoya. *Revista Agraria del Noroeste Argentino* 12(1-2): 161-172.
- Tully, R. E., M. E. Musgrave, and A. C. Leopold. 1981. The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. *Crop Sci.* 21: 312-317.
- Villiers, T. A. 1974. Seed aging: chromosome stability and extended viability of seeds stored fully imbibed. *Plant Physiol.* 53: 875-878.
- Vertucci, C. W., and A. C. Leopold. 1983. Dynamics of imbibition by soybean embryos. *Plant Physiol.* 72: 190-193.
- Wann, E. V. 1984. Electrolyte and protein leaching from corn seed with different endosperm genotypes. *HortScience* 19(2): 207.

- Watkins, J. T., and D. J. Cantliffe. 1983. Mechanical resistance of the seed coats and endosperm during germination of *Capsium annuum* at low temperature.
- Weaver, J. R. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México.
- Westwood, M. N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Wilczek, C. A., and T. J. Ng. 1982. Promotion of seed germination in table beet by an aqueous seaweed extract. HortScience 17(4): 629-630.
- Woodstock, L. W., and D. F. Grabe. 1967. Relationships between seed respiration during imbibition and subsequent seedling growth in *Zea mays* L. Plant Physiol. 42: 1071-1076.
- Woodstock, L. W., and B. M. Pollock. 1965. Physiological predetermination: imbibition, respiration and growth of lima bean seeds. Science 150: 1031-1032
- Woodstock, L. W., and K. J. Tao. 1981. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. Physiol. Plant 51: 133-139.
- Ziegler, L. W., and H. S. Wolfe. 1979. Citrus growing in Florida. The University Presses of Florida. Gainesville, Fla. U. S. A.