

452ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"



ECUACIONES GENERALES DE PERDIDA DE
VIABILIDAD DE SEMILLAS ALMACENADAS BAJO
REFRIGERACION DE Pinus greggii, Pinus
leiophylla y Pinus montezumae.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
CESAR VIÑAS MELENDEZ

Director de Tesis: Q.B. Lilian Morfin Loyden
I.A. Francisco Camacho Morfin



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.

INDICE

	Pag.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	6
HIPOTESIS	7
REVISION DE LITERATURA	8
1 Conceptos Basicos.	8
2 Clasificación de las semillas por la duración de la viabilidad.	10
2.1 Semillas ortodoxas	11
2.2 Semillas recalcitrantes	11
3 Determinación del patrón de pérdida de la viabilidad	14
4 Funcionamiento del Banco de Germoplasma Forestal CIFAP- D.F.	25
5 Sistematización de datos referentes a pérdida de viabilidad en especies forestales mexicanas	28
6 Periodo de almacenamiento de semillas forestales	32
MATERIALES Y METODOS	33
1 Datos utilizados	33
2 Análisis estadístico	34
RESULTADOS Y DISCUSION	38
1 Ecuaciones ajustadas sin transformación del tiempo de almacenamiento	38
2 Ecuaciones ajustadas con el tiempo de almacenamiento transformado a logaritmo	43

3 Ecuaciones generales	48
CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA	71
ANEXO	74
1 Clasificación Taxonomica	74
2 Características generales del género <u>Pinus</u>	76
2.1 Características específicas de <u>Pinus</u> <u>aragii</u> .	80
2.2 Características específicas de <u>Pinus</u> <u>leicophylla</u> .	83
2.3 Características específicas de <u>Pinus</u> <u>montezumae</u> .	85

INDICE DE FIGURAS

	Págu.
Figura 1. Curva de la Distribución Normal Acumulativa Negativa.	14
Figura 2. Curva de la Distribución Normal Estandar	16
Figura 3. Representación geométrica de los parámetros K_1 , p y γ de un análisis probit en envejecimiento de semillas.	20
Figura 4. Curvas de supervivencia de tres cultivares de maíz (<u>Zea mays</u>) en almacenamiento hermético a 40°C y de 10.0 a 10.2% de contenido de humedad.	21
Figura 5. Porcentaje de germinación de seis cultivares de arroz (<u>Oryza</u> spp.) durante almacenamiento en condiciones idénticas de 27°C y 13.5% de contenido de humedad.	22
Figura 6. Proceso de manejo de semillas de especies forestales desde su colecta, hasta el archivo de resultados de las pruebas de germinación.	26
Figura 7. Secuencia de actividades para obtener la ecuación de la viabilidad a partir de datos del laboratorio de semillas del CIFAP-DF.	37
Figura 8. Pérdida de Viabilidad de lotes de semillas de tres especies de <u>Pinus</u> .	41

Figura 9.	Residuales para la Ecuación de pérdida de Viabilidad de lotes de semillas de tres especies de <u>Pinus</u> .	42
Figura 10.	Pérdida de Viabilidad de lotes de semillas de tres especies de <u>Pinus</u> , ajuste con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.	46
Figura 11.	Residuales para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad de lotes de semillas de tres especies de <u>Pinus</u> , ajuste con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.	47
Figura 12.	Ecuaciones Generales de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus graggii</u> .	51
Figura 13.	Ecuaciones Generales de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus leiophylla</u> .	52
Figura 14.	Ecuaciones Generales de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus montezumae</u> .	53
Figura 15.	Ecuaciones Generales de Pérdida de Viabilidad para las semillas de: (A) <u>Pinus graggii</u> , (B) <u>Pinus leiophylla</u> , (C) <u>Pinus montezumae</u> , ajuste con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.	54
Figura 16.	Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus graggii</u> , después de determinar los aditivos del tiempo de almacenamiento.	55

Figura 17.	Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus leiophylla</u> , después de determinar los aditivos del tiempo de almacenamiento.	56
Figura 18.	Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de <u>Pinus montezumae</u> , después de determinar los aditivos del tiempo de almacenamiento.	57
Figura 19.	Residuales para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad para las semillas de: (A) <u>Pinus greggii</u> , (B) <u>Pinus leiophylla</u> , (C) <u>Pinus montezumae</u> .	58
Figura 20.	Residuales para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad para las semillas de: (A) <u>Pinus greggii</u> , (B) <u>Pinus leiophylla</u> , (C) <u>Pinus montezumae</u> , ajuste con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.	59
Figura 21.	Residuales para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad para las semillas de: (A) <u>Pinus greggii</u> , (B) <u>Pinus leiophylla</u> , (C) <u>Pinus montezumae</u> , después de determinar los aditivos, se uso logaritmo del tiempo de almacenamiento para hacer el ajuste.	60
Figura 22.	Distribución de <u>Pinus greggii</u> en México	82
Figura 23.	Distribución de <u>Pinus leiophylla</u> en México	86
Figura 24.	Distribución de <u>Pinus montezumae</u> en México	90

INDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Germinación real del primero y último análisis de germinación de tres especies de <u>Pinus</u> .	30
Cuadro 2. Fecha de recolección y tiempo transcurrido de la recolección al primer análisis (PA), último análisis con germinación (UAG), primer análisis con germinación definitiva de cereo (PAOBC) y último análisis realizado (UAR) de tres especies forestales, expresado en años (A) y meses (M).	31
Cuadro 3. Localidades de colecta y análisis realizado a las semillas de varias colecciones de tres especies de <u>Pinus</u> .	35
Cuadro 4. Ajuste del modelo probit a la germinación de semillas almacenadas de tres especies de <u>Pinus</u> .	39
Cuadro 5. Ajuste del modelo probit a la germinación de semillas almacenadas de tres especies de <u>Pinus</u> (se usó el logaritmo del tiempo de almacenamiento).	44
Cuadro 6. Ajuste de las ecuaciones generales de pérdida de viabilidad de tres especies de <u>Pinus</u> .	49
Cuadro 7. Determinación del 5% de pérdida de viabilidad en lotes de tres especies de <u>Pinus</u> .	61

Cuadro 8.	Agrupación de las ecuaciones de pérdida de viabilidad a falta de su homogeneidad.	64
Cuadro 9.	Distribución y condiciones climáticas de tres especies de <u>Ficus</u> .	79

RESUMEN

Con el fin de obtener una función que describa la pérdida de la viabilidad de semillas de pinos almacenadas en refrigeración, se ajustó la curva sigmoide que se obtiene de una normal acumulativa a datos de seis colecciones de Pinus greggii, tres de Pinus leiophylla y once de Pinus montezumae, almacenadas en el Banco de Germoplasma Forestal del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Distrito Federal.

La técnica empleada se conoce como ajuste del modelo probit por el método de máxima verosimilitud.

Las semillas que conforman estas colecciones estuvieron almacenadas a una temperatura alrededor de 0°C y con un contenido promedio de humedad de las semillas de 12%. Los períodos de almacenamiento superaron frecuentemente los diez años.

Se encontró que la mejor representación sigmoide de la curva de pérdida de viabilidad en las gráficas, se obtuvo transformando a logaritmo la variable independiente tiempo de almacenamiento; lo cual condujo a un incremento notable en el tiempo estimado para llegar a un porcentaje de viabilidad dado, con respecto a lo obtenido sin emplear transformaciones.

Una vez obtenidas las ecuaciones para cada colección se procedió a obtener las ecuaciones generales de pérdida de viabilidad para cada especie, mediante el arreglo de las escalas de tiempo de almacenamiento.

El ajuste al modelo utilizado se evaluó mediante la prueba de chi cuadrada, la cual en general fue significativa; El análisis de los residuales indicó que los datos de pruebas de germinación rutinarios utilizados mostraron gran variación.

Se presentan ejemplos del uso de las ecuaciones obtenidas para la administración de germoplasma forestal; ya que los coeficientes que se determinaron son válidos, mientras no se generen otros con un mayor control de las condiciones de almacenamiento y de las pruebas periódicas de germinación.

INTRODUCCION

La mayoría de la gente nunca comprende la importancia ecológica de los bosques de la tierra; sin embargo, difícilmente podría vivir sin ellos. En las vastas mallas de sus raíces, los árboles retienen el agua de las lluvias y proporcionan la humedad que mantienen a la tierra fresca y verde. Porque sin los bosques, el agua se escaparía al océano con demasiada rapidez y la mayor parte del mundo se parecería a un desierto.

Gracias a la gran diversidad de especies forestales que se encuentran en los bosques el hombre obtiene de ellos una gran diversidad de productos, como: celulosa, pasta de madera, papel, cartón, madera, muebles, carbón, leña, ceras, aceites, resinas, esencias, fibras, frutos, semillas, etc., que son de gran importancia en la vida económica de cualquier país.

México cuenta con una gran diversidad de especies forestales de las cuales, los pinos forman el pilar más fuerte de la industria forestal, aproximadamente un 60% de las especies de pinos mexicanos tienen importancia comercial, y ahora más del 80% del total de productos forestales del país son obtenidos de los pinos (Eguiluz, 1978).

Nuestro país es rico en germoplasma de coníferas, especialmente del género Pinus. El número de especies, variedades y formas de pinos, sumado a la variabilidad ecotípica que ocurre en las áreas de distribución de este género, hacen muy difícil el estudio de los pinos mexicanos, cuyo patrón de variación es muy complejo, y aparentemente la variabilidad topográfica es el principal factor responsable de lo anterior.

Los bosques no están exentos de los daños que ocasionan los factores bióticos y abióticos, los cuales van acabando lentamente con los árboles o rápidamente como el fuego, que en unas cuantas horas destruye grandes áreas boscosas. También el hombre ocasiona trastornos, considerándose la principal plaga, ya que por su afán de explotar el bosque, lo hace en una forma irracional, por querer substituir estas zonas en zonas agrícolas o ganaderas y siendo a veces el causante de los incendios, ocasionando un deterioro ecológico. En los programas de plantaciones se requiere de una programación de la disponibilidad de semillas de especies forestales, lo cual puede lograrse a través de la recolección en rodales naturales o de su producción en huertos semilleros.

Un problema importante que se presenta en la obtención del material para realizar las plantaciones es que en la mayoría de los árboles forestales, sobre todo las coníferas es la alternancia de los años semilleros; es decir que los ciclos en que se producen cosechas abundantes de semillas, están separados por períodos de varios años en que prácticamente no se producen semillas. Lo cual obliga a que se tenga espacios de almacenamiento que presenten condiciones adecuadas para el mantenimiento de la viabilidad de las semillas forestales y además, es necesario saber cuanto tiempo pueden permanecer viables, como antecedente que permita la programación de la producción.

Con base a lo anterior, en el presente trabajo se pretende obtener una descripción de la pérdida de la viabilidad de las semillas mediante ajuste de ecuaciones a los datos existentes en

el laboratorio de semillas del CIFAP-DF Coyacacán, de Pinus greggii, Pinus leiophylla y Pinus montezumae. Tres plantas importante en la producción maderable del país.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar el período en el que la semilla de tres especies de Pinus, alcanzan el 5% de viabilidad (tiempo en el que se justifica la conservación de un lote de semillas en almacenamiento).
- 2.- Identificar si entre los lotes de las diferentes especies hay diferencia en cuanto a la viabilidad.
- 3.- Evaluar el ajuste del modelo probit con el método de máxima verosimilitud para describir el comportamiento de pérdida de viabilidad en semillas de especies forestales, conservadas en refrigeración, con un contenido de humedad de aproximadamente 13% y temperatura cercana a 0°C .
- 4.- Establecer ecuaciones generales de pérdida de viabilidad para cada especie.

HIPOTESIS

Debido a que las pendientes de las ecuaciones de cada colección en una especie son similares, cabe ajustar una ecuación única por especie.

REVISIÓN DE LITERATURA

1.- Conceptos básicos

Cuando una semilla dispone de agua para emborrerarse; una disponibilidad de oxígeno similar al promedio que se presenta en la biosfera y una temperatura entre 10 y 30°C que permite el crecimiento vegetal; y pese a esto no se presenta la germinación hay dos posibilidades:

- a) Que la semilla este muerta, es decir que no sea viable según Patiño, et al.,(1983) la viabilidad es un término completamente asociado al término "longevidad de la semilla", ya que este último indica el tiempo durante el cual la semilla es capaz de germinar. La viabilidad puede definirse como la potencialidad que tiene una semilla para germinar. Con fines prácticos para el manejo de semillas, el término viabilidad se refiere a la proporción, expresada en porcentaje, de semillas de un lote que son capaces de germinar. De acuerdo con el glosario de Bonner (1984). Viabilidad: es el estado en que se encuentra una semilla en el cual es capaz de germinar y subsecuentemente realizar crecimiento y producir una plántula.
- b) Que la semilla sea viable pero se encuentre en dormición, latencia o letargo, lo cual se define con Bonner (1984). Como el estado fisiológico en el cual la semilla esta indispuesta a germinar aunque se presenten las condiciones ambientales favorables. Es decir que presenta un mecanismo propio de la semilla que le impide germinar, el lector interesado puede con-

sultar a Ramírez y Camecho (1987).

Ellis y Roberts, (1981) definen la longevidad de una semilla, como el período de tiempo que transcurre hasta la muerte de la semilla; estos autores indican que el período de viabilidad puede describirse como el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta que cierta proporción de una población o lote muere; la viabilidad se expresa en porcentaje de germinación y es una medida de la proporción de semillas vivas en una población.

Un término que se ha relacionado a la viabilidad, es el vigor, que es la propiedad de la semilla que determina que tenga un potencial para una rápida y uniforme emergencia y producir plántulas normales en un amplio rango de condiciones (Bonnen, 1984).

Las razones prácticas del conocimiento de los cambios celulares es importante por el hecho que el daño a cromosomas y las mutaciones importantes en los métodos y procedimientos adoptados en el almacenamiento de semillas (Roberts, 1979).

Roberts y Osborne (citados por Roberts, 1979) concluyeron que el factor más importante que lleva a la pérdida de la actividad de las enzimas de transferencia involucradas en la ligadura de la fenil-alanina -RNAt al sitio aminoacil del ribosoma durante la síntesis de proteínas.

Durante largos períodos de almacenamiento, en la semilla se producen desórdenes cromosómicos y genéticos, aunque no se han determinado los mecanismos por medio de los cuales ocurre el daño nuclear que provocan reducción en la viabilidad (Roberts, 1972).

Con el tiempo, en los tejidos se tiene mayor filtración, lo que indica daños en la membrana, las deshidrogenasas tienen menor actividad y declina la habilidad para incorporar leucina, uracilo y fósforo en el metabolismo. Las semillas que muestran estos síntomas son poco vigorosas y la tasa de desarrollo de las plántulas es menor además se aumenta la producción de plántulas anormales (Roberts, 1981), como el albinismo; atrofia de cotiledones y raíces entre otras (ISTA, 1976).

2. Clasificación de semillas por la duración de la viabilidad

En el año de 1908, Ewart (citado por Roberts, 1979) clasificó a las semillas de acuerdo a su longevidad bajo las mejores condiciones de almacenamiento conocidas hasta entonces en tres clases biológicas:

- a) Microbióticas. Semillas cuya longevidad no excede de 3 años
- b) Mesobióticas. Semillas cuya longevidad es de 3 a 15 años
- c) Macrobióticas. Semillas cuya longevidad oscila entre 15 y más de 100 años

Aunque esta clasificación tuvo una aceptación muy amplia, conforme se avanza en el conocimiento sobre las condiciones de almacenamiento, empieza a caer en desuso, ya que las especies se trasladan de clase; como por ejemplo, las semillas de Quercus, las cuales normalmente no podían almacenarse por más de 6 meses, bajo condiciones especiales pueden conservarse viables por más de 3 años (Patiño, et al, 1983).

Roberts (1979) clasificó a las semillas en ortodoxas y recalcitrantes, tomando en cuenta el patrón de pérdida de viabilidad de las semillas en base a sus requerimientos de contenido de

humedad y temperatura en el almacén.

2.1. Semillas ortodoxas

Las semillas ortodoxas, con aquéllas que pueden almacenarse satisfactoriamente con un contenido de humedad de 5 a 10% y temperatura de 0 a 5°C, para mantenerse viables almacenadas hasta 5 años, y si se quiere alargar dicho período, se recomienda que la temperatura se aproxime lo más que se pueda a -18°C.

La International Board for Plant Genetic Resources recomienda que este tipo de semillas se almacenen a temperaturas cercanas a -20°C con un contenido de humedad cercano a 5%. Bajo estas condiciones se ha establecido que las semillas de buen número de cultivos pueden conservar una alta viabilidad por décadas y hasta siglos (Roberts, 1979).

Hanselt (citado por Roberts, 1979) considera que las semillas mesobióticas y macrobióticas quedan incluidas dentro de este grupo y comprende a la mayoría de las especies de zonas templadas y algunas especies tropicales; entre las que se encuentran las coníferas (Pinus, Cupressus, Juniperus, etc.), flores y cereales, entre otros.

Entre las especies tropicales, las especies de Citrus y probablemente Coffea que habían venido clasificándose como semillas recalcitrantes, realmente tienen un comportamiento ortodoxo, pues tienen un período de viabilidad superior a todas las otras especies (Roberts, 1981).

2.2. Semillas recalcitrantes

Las semillas recalcitrantes se caracterizan en que para su

almacenamiento, requieren de un contenido de humedad superior al crítico, el cual varía con la especie, además de que algunas semillas son muy sensibles a las bajas temperaturas, la cual debe estar por encima del punto de congelación, debido a sus altos contenidos de humedad.

Mientras que la escala para conservar especies que no son susceptibles a daños por enfriamiento es de -1 a 3°C , las especies tropicales sensibles al enfriamiento, deben almacenarse por encima de 10°C .

En este grupo se incluyen todas las semillas que, utilizando las técnicas existentes, únicamente pueden almacenarse por períodos cortos, como son muchas especies tropicales, las cuales son muy sensibles a la deshidratación atmosférica, y la mayoría de ellas requieren para su conservación de niveles de humedad relativamente elevados. También pertenecen a este grupo algunas especies de regiones templadas, como las latifoliadas que tienen semillas grandes, con cubiertas duras (Taneri, 1978).

El factor crítico de las semillas recalcitrantes, es la retención de un elevado contenido de humedad; así pues, en las semillas recalcitrantes, aún bajo condiciones de almacenamiento húmedo, su longevidad es relativamente corta y varía de pocas semanas a unos cuantos meses, dependiendo de la especie (Chin, 1981).

Es obvio que el grupo de semillas recalcitrantes de plantas latifoliadas, requieren de humedad relativa elevada y estable para mantener su germinación entre buenos años productores de semillas; afortunadamente, las especies de este grupo, producen buenas cosechas en cortos intervalos y no requieren de un alma-

comienzo mayor de 3 a 4 años (Wang, 1974).

Un ejemplo típico de semillas recalcitrantes, lo tenemos en el árbol del caucho (Hevea brasiliensis), el cual en un mes, puede perder hasta un 45% de su viabilidad. En condiciones normales de los bosques tropicales o plantaciones, las semillas germinan o mueren en 3-6 semanas, por lo que es primordial que las semillas frescas sean almacenadas inmediatamente a su colecta, en condiciones húmedas, a más o menos 7°C, además de conservarse en un medio bien aireado, el cual podría ser aserrín húmedo (Chia, 1981).

Aunque algunas veces el detrimento no se observa por la disminución del porcentaje de germinación, puede hacerse aparente por la incidencia de plántulas anormales y por la disminución en el vigor de emergencia de las plántulas (Chia, 1981).

Todas las semillas sean ortodoxas o recalcitrantes, mueren a temperaturas inferiores a -20°C si su contenido de humedad es elevado, debido a la formación de hielo dentro de la semilla y el consecuente daño por congelamiento. a 0°C, el contenido de humedad crítico puede ser cercano a 20%; a -20°C, este puede ser de 15% o un poco superior, mientras que a -196°C, el contenido crítico puede ser de 13%. Evidentemente, si en el almacenamiento de semillas ortodoxas se usa una temperatura muy baja, es esencial asegurar que el contenido de humedad se reduzca a un nivel suficientemente bajo como para evitar daños por congelación (Roberts, 1981).

Por su parte, en las semillas recalcitrantes no puede reducirse el contenido de humedad hasta 20%, sin ocasionar daños a la viabilidad de estas, por lo que no es posible almacenarlas a

temperaturas menores a 0°C (Roberts, 1981).

3. Determinación del patrón de pérdida de la viabilidad

Existe marcada variación en el periodo de viabilidad en los individuos de una población de semillas homocigóticas almacenadas bajo condiciones ambientales constantes. Dicha variación normalmente se estima con pruebas de germinación, en que generalmente se emplean 400 semillas repartidas en 4 repeticiones de 100 semillas cada una y por lo regular se realizan en un tiempo de 28 días (Roberts, 1972).

En estudios de almacenamiento de semillas bajo condiciones constantes, la pérdida de viabilidad de una población de semillas tiene una curva de supervivencia de forma sigmoide (figura 1), resultante de la distribución del porcentaje de viabilidad en el tiempo, la cual se describe por una distribución normal acumulada-

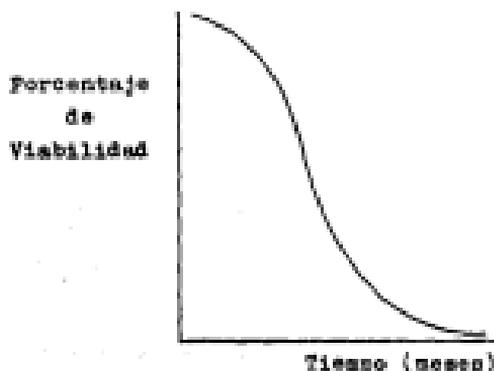


Figura. 1 Curva de la Distribución Normal Acumulativa Negativa

tiva de pendiente negativa (Roberts, 1972). Es decir, que el porcentaje de germinación en la población tiende a decaer según la integral normal de la probabilidad, descrita por la ecuación (Mellist, 1981):

$$G = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^X \exp(-1/2X^2) dX$$

La distribución normal acumulativa se convierte en una recta, si los valores del porcentaje de germinación se transforman a probit (Bliss, 1970; Li, 1977; Roberts, 1972), que es el valor del eje "Y" y corresponde a una proporción acumulada en una normal estándar (media igual a cero; desviación estándar igual a uno) como se puede ver en la figura 2; a dicho valor se le conoce como desviación o desviante normal estandarizado, por comodidad se le suma 5 para tener únicamente resultados positivos evitando valores negativos, de tal manera que cuando se tiene un valor probit de 5.00, le corresponde a una frecuencia acumulativa del 50% (Kendall y Buckland, 1967; Li, 1977; Infante y Calderón, 1980).

El método de "análisis probit" es moderadamente sensible a desviaciones de simetría con respecto a la forma de la curva de supervivencia, en contraste con la distribución de frecuencias normales (Moore, 1982).

Ellis y Roberts (1980a, b) propusieron y evaluaron ecuaciones que permiten la predicción del porcentaje de viabilidad de

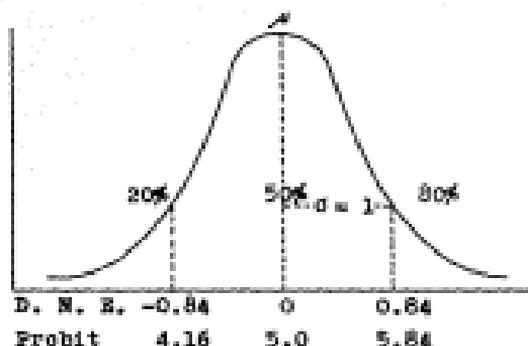


Figura 2. Curva de la distribución normal estándar en la que se señala algunas equivalencias de áreas abajo de la curva con valores correspondientes al desviante normal estandarizado (DNE) y valores probit.

semillas de una especie en un rango muy amplio de condiciones de almacenamiento y permiten explicar las variaciones inter e intracultivar en la calidad inicial de la semilla de las especies.

La primera ecuación describe la curva de supervivencia de las semillas, como una distribución normal acumulativa en términos de la viabilidad:

$$v = K_1 - p(1/\sigma) \quad (1)$$

donde "v" es el porcentaje de viabilidad probit esperado después de un período (p) de almacenamiento en días; K_1 es una constante específica para cada lote y es una medida de la calidad inicial que depende del genotipo, del medio ambiente anterior al almacenamiento y de sus interacciones; y es denominado porcentaje de viabilidad probit al inicio del almacenamiento (tiempo cero de almacenamiento); σ es la desviación estándar de la distribución de frecuencias de semillas muertas en el tiempo (la desviación estándar realmente es un período de viabilidad medido en días), y se encuentra afectado por las condiciones de almacenamiento, y el gradiente $1/\sigma$ es el recíproco de la desviación estándar de la distribución; para su comprensión, ver la figura 3. Esta primera ecuación es la base para la explicación de la ecuación (2).

Como se ve en las figuras 4 y 5 para maíz y arroz respectivamente, para una misma especie las diferencias entre los lotes de semillas no afectan los valores de σ en un mismo ambiente de almacenamiento y las diferencias de duración de la viabilidad resultan de diferencias en los valores de K_1 . En contraste, las condiciones de almacenamiento no afectan a el K_1 , solo afectan a σ de acuerdo con la ecuación

$$\log \sigma = K_2 - C_p \log m - C_H t - C_Q t^2 \quad (2)$$

que estima los valores de σ en un medio con un contenido de humedad "m" (en porcentaje de peso fresco) y temperatura "t" (en grados centígrados), donde K_2 , C_H , C_p y C_Q son constantes con valores comunes a todos los lotes de semillas de una especie y

se consideran universales. Estas constantes que se consideran específicas para cada especie, son independientes del genotipo y calidad inicial de la semilla y resultan de las condiciones ambientales anteriores al almacenamiento. Los valores de las cuatro constantes se determinan por análisis de regresión múltiple, de los resultados de un experimento en el que se almacenan semillas en combinaciones de diferentes contenidos de humedad y temperatura. K_H puede ser sustituida por la constante K_{50} , si el $\log. \sigma$ es sustituido por el $\log. P_{50}$ en la ecuación (2) (Ellis y Roberts, 1980a, b).

Mediante la combinación de las ecuaciones (1) y (2) se obtiene una ecuación universal para determinar la viabilidad (Ellis y Roberts, 1980a), la cual puede aplicarse en un amplio rango de condiciones normales de almacenamiento.

$$v = K_1 - p/10 \left(K_H - C_W \log. a - C_H t - C_Q t^2 \right) \quad (3)$$

Esta última ecuación permite predecir el porcentaje de viabilidad probit, "v", de todos los lotes de semillas de una especie después de algún período de almacenamiento (p en días), en varias temperaturas y contenidos de humedad (Ellis y Roberts, 1980b) y su aplicación se hace principalmente en semillas de especies ortodoxas.

El probit de viabilidad inicial, K_1 , se puede obtener mediante dos métodos al inicio de almacenamiento de las semillas; el primero y más rápido consiste en la práctica de una prueba de

germinación de una muestra tomada del lote al inicio del almacenamiento; esta prueba tiene un error experimental muy grande, por lo que los límites de confianza son muy amplios. Un método más preciso para la obtención de K_1 es la aplicación de una prueba de envejecimiento acelerado, el cual consiste en tomar una muestra del lote de semillas y someterla a un ambiente adverso, que normalmente es de 16% de contenido de humedad en combinación con temperaturas de 40 a 45°C. Se efectúan pruebas sucesivas de germinación en muestras de semillas obtenidas a intervalos constantes y con los resultados se calcula la curva por análisis probit. K_1 se obtiene por la intersección de la recta al tiempo cero (Ellis y Roberts, 1980a).

La ecuación (3) se caracteriza por 4 rasgos esenciales de la fisiología de semillas

- a) Aunque la supervivencia de diferentes lotes de semillas o cultivares, dentro de una especie pueden diferenciarse cuando se almacenan bajo idénticas condiciones, las curvas de supervivencia de las semillas son simétricas sigmoideas y son descritas por una distribución normal acumulativa negativa que, en una especie dada, tiene la misma desviación estándar en alguna combinación de temperatura y contenido de humedad determinada.
- b) Las diferencias relativas entre los lotes de semillas se conservan en todas las condiciones de almacenamiento, porque los efectos relativos en la longevidad por alteración en la temperatura o contenido de humedad, es la misma para todos los lotes.
- c) Existe una interrelación logarítmica negativa entre la longevidad de las semillas y el contenido de humedad de las semillas.

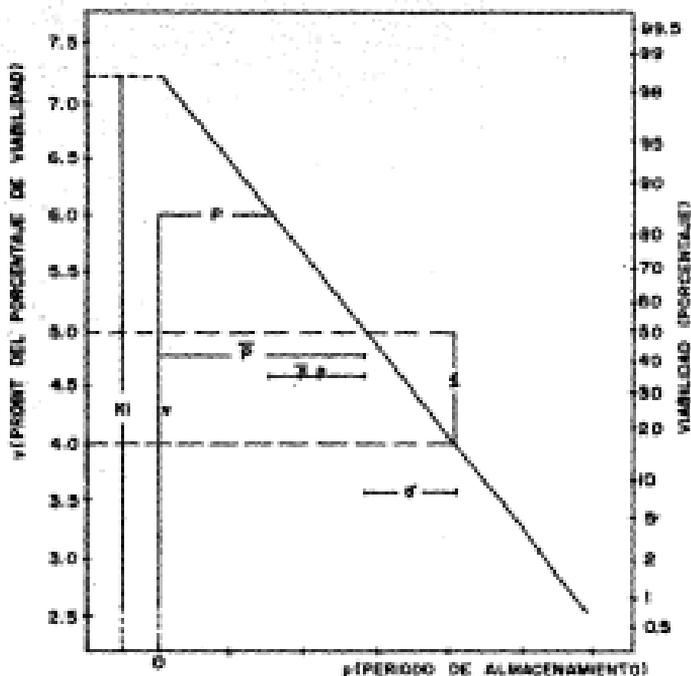


Figura 3. Representación geométrica de los parámetros K_1 , \bar{p} y σ de un análisis probit en envejecimiento de semillas.

El diagrama muestra que cuando los porcentajes de viabilidad son transformados a valores probit, la curva de la pérdida de viabilidad tiene una pendiente de $1/\sigma$, donde el σ es la desviación estándar de la distribución de muertes en el tiempo. Consecuentemente la curva de pérdida de viabilidad puede describirse por la eq. $v = K_1 - p (1/\sigma)$ (tomado de Ellis y Roberts, 1980a).

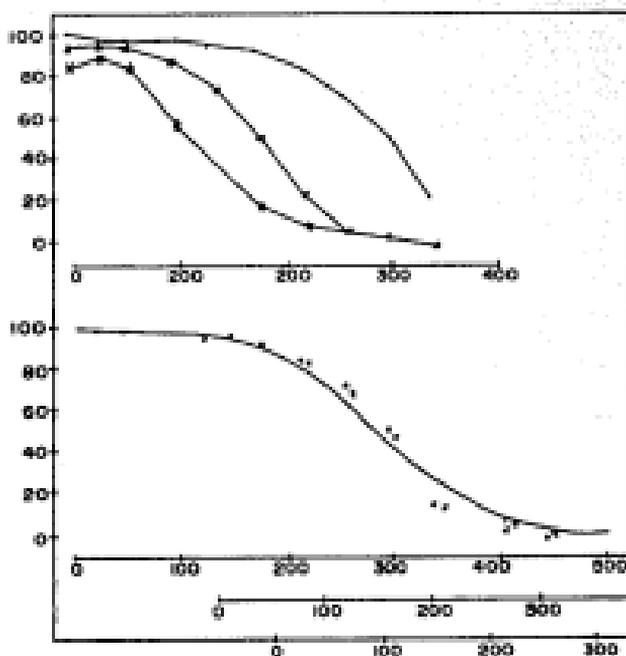


Figura 4. Las curvas de supervivencia de tres cultivares de maiz (Zea mays), almacenadas hermeticamente bajo condiciones aproximadas a 40°C y contenido de humedad entre 10.0 y 10.3%.

- a) Figura superior. Porcentaje de germinación de los tres cultivares (.,.,.) graficado contra el periodo de almacenamiento en días.
- b) Figura inferior. Como arriba, pero el inicio de almacenamiento se cambio en las abscisas para los dos peores cultivares considerando las diferencias entre los cultivares en el valor de la constante del lote de semillas K_1 . El ajuste es una distribución normal acumulativa negativa (tomado de Ellis y Roberts, 1981)

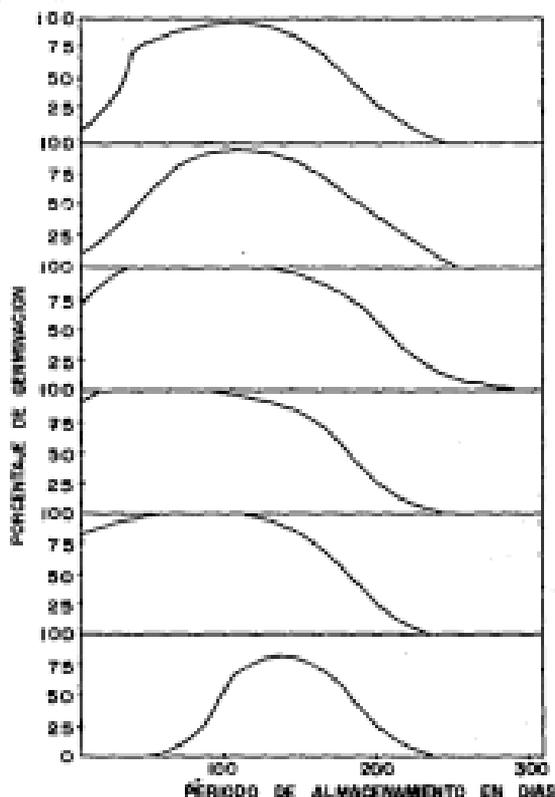


Figure 5. Porcentaje de germinación de seis cultivares de arroz (*Oryza spp*) durante almacenamiento bajo condiciones idénticas de 27°C con 13.5% de contenido de humedad, contra el tiempo (tando de Ellis y Roberts, 1981).

d) La longevidad de las semillas se incrementa exponencialmente cuando disminuye la temperatura.

En la figura 4 se muestra como de las curvas de pérdida de viabilidad de 3 lotes se puede obtener una sola curva recorriendo el eje del tiempo de cada lote, el método presentado por Ellis y Roberts, (1981.) para obtener las adiciones al tiempo de almacenamiento requeridas para obtener una curva única a partir de los datos de varios lotes se ejemplifica a continuación:

Se tienen tres lotes 1,2,3, en que la pérdida de viabilidad se ajusta con:

$$V = K_1 - B_1 P$$

$$V = K_2 - B_2 P$$

$$V = K_3 - B_3 P$$

donde se supone de acuerdo con Ellis y Roberts (1981) que:

$$K_1 > K_2 > K_3 \quad \text{y} \quad B_1 > B_2 > B_3$$

la adición se determina para el lote 2 así:

$$\frac{K_2 - K_1}{B_1} = A_2$$

donde A_2 es la adición o sea el tiempo que se requiere para que en el lote con mayor viabilidad inicial esta se reduzca hasta alcanzar la que tiene al principio del almacenamiento un lote con menor viabilidad inicial; los calculos son los mismos para obtener A_3 ; obviamente A_1 es cero.

Obtenidas las adiciones se procede a sumarias a los tiempos de la cosecha del análisis del lote al que correspondían, con los lotes de estos tiempos con adición y el probit de la germinación, se procede a ajustar la curva única.

4. Funcionamiento del Banco de Germoplasma Forestal del CIFAP-DF

Todas las colecciones o lotes que se emplearon en el presente trabajo, son producto de recolecciones efectuadas en poblaciones silvestres y más raramente en árboles cultivados en parques y jardines de la República Mexicana; cada una ha recibido un número progresivo conforme a su ingreso al Banco de Germoplasma del Centro de Investigaciones del Distrito Federal (CIFAP-DF).

El cual originalmente estuvo a cargo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en el período comprendido de 1960 a 1985.

Zaragoza (1986) describe así el funcionamiento del Banco de Germoplasma Forestal del CIFAP-DF: se práctica común la conservación de semillas envueltas en litas metálicas en condiciones de refrigeración, con temperaturas cercanas a 0°C y contenido de humedad de semillas menor del 12%. Con el fin de evaluar el porcentaje de viabilidad de las semillas almacenadas, desde 1960 se les han practicado pruebas de germinación con una regularidad de más o menos seis meses. Las pruebas de germinación se realizan en diferentes medios y condiciones ambientales y de manejo de semillas.

Zaragoza (1986) menciona que en términos generales, la secuencia del trabajo se presenta en la figura 6; las pruebas rutinarias completas y de rutina, generalmente se efectúan sobre papel filtro en cajas de petri, dentro de germinadora a 22°C. Las pruebas de germinación generalmente se realizan con 4 repeticiones de 100 semillas cada una, teniendo una duración de 28

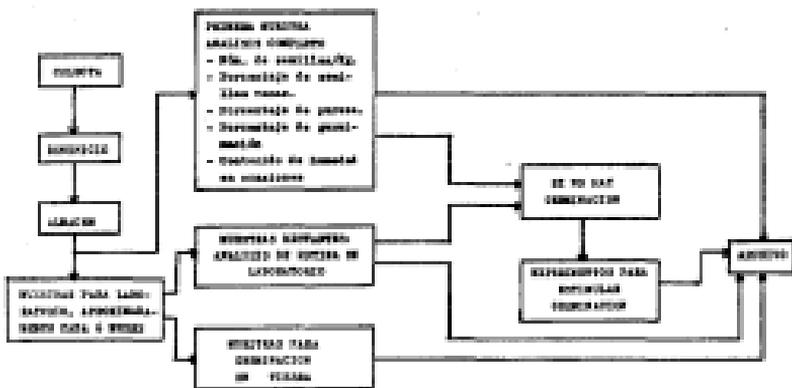


Figura 1. Sistemul de procesare a datelor de experimente realizat la Institutul de Fizică Atomică, București, în cadrul proiectului de cercetare de bază privind fizica neutronilor, finanțat de Ministerul Științei.

días, aunque cuando la germinación es lenta y sobre todo en siembras en tierra, se prolonga la duración de la prueba de una a cuatro semanas más. Cuando no hay germinación, se ensayan diferentes temperaturas, sustratos, fungicidas u otro tipo de tratamientos para estimular la germinación. Durante algunos años, en la década de los sesenta y entre 1979 y 1984, se efectuaron pruebas de germinación en tierra.

Hasta la fecha, se han efectuado en el Laboratorio de Semillas del CIFAP-DF Coyacán, aproximadamente 14,000 análisis en más de 40 especies, de las cuales se tienen un número mayor de 800 colecciones o lotes.

5. Sistematización de Datos Referentes a Pérdida de Viabilidad en Especies Forestales Mexicanas

El primer esfuerzo realizado para sistematizar los datos del Banco de Germoplasma del CIFAP-DF lo realizaron Patiño, et al., (1983), consistió en describir los métodos y en la presentación de los promedios de las pruebas de germinación iniciales y finales de cada especie de las colecciones disponibles.

Sin embargo, las limitaciones de este enfoque son períodos de almacenamiento variables y la ausencia de una función matemática que describa el comportamiento de la viabilidad durante el almacenamiento.

Saragoza(1986), ajustó ecuaciones prohibitivas a datos obtenidos en el laboratorio de semillas del CIFAP-DF, encontró que para cada una de las 17 especies que trabajó la suposición de igualdad de pendientes fué correcta; y su trabajo tiene como limitaciones que el ajuste se realizó por el método de mínimos cuadrados, el cual no debe emplearse como estimación definitiva pues no se cumple el supuesto de igualdad de varianzas. Otros aspectos faltantes fueron que no trata de obtener ecuaciones únicas ni usó el método de máxima verosimilitud. Este autor autor menciona de las condiciones de almacenamiento no han sido del todo constantes.

Este autor también presentó datos acerca de germinación real del primero y último análisis de germinación de 17 especies forestales con que trabajó, al igual que fecha de recolección y tiempo transcurrido de la recolección al primer análisis (PA), último

análisis con germinación (UAG), primer análisis con germinación definitiva de cero (PASDC) y último análisis realizado (UAR) expresado en años (A) y meses (M). Estos datos se presentan en los cuadros 1 y 2 para las tres especies que se trabajo.

Cuadro 1. Germinación real del primero y último análisis de germinación de tres especies de *Ficus*.

ESPECIE	LOTE	GERMINACION REAL	
		PRIMERO ANALISIS	ULTIMO ANALISIS
<u><i>Ficus gragii</i></u>	9	68	42
	44	68	43
	170	89	44
	174	94	33
	382	84	78
	401	85	58
<u><i>Ficus leiophylla</i></u>	119	63	46
	192	84	76
	193	94	87
<u><i>Ficus montezumae</i></u>	126	89	62
	127	78	55
	131	91	79
	132	81	72
	251	60	41
	251A	75	57
	258	81	76
	260	94	52
	308	94	87
	349	91	64
	350	92	86

Cuadro 2. Fecha de recolección y tiempo transcurrido de la recolección al primer análisis (PA), último análisis con germinación (UAG), primer análisis con germinación definitiva de cero (PAGDC) y último análisis realizado (UAR) de tres especies forestales, expresado en años (A) y meses (M)

ESPECIE	LOTE	FECHA	PA		UAG		PAGDC		UAR	
			A	M	A	M	A	M	A	M
<u>Pinus greggii</u>	9	I 1961	2	-	16	6	-	-	16	6
	44	II 1962	-	3	12	3	-	-	12	3
	170	II 1965	-	2	9	5	-	-	9	5
	174	X 1965	-	2	11	6	-	-	11	6
	382	1 1972	-	3	5	8	-	-	5	8
	401	1 1973	-	7	7	4	-	-	7	4
<u>Pinus leiophylla</u>	129	I 1964	-	9	6	5	-	-	6	5
	192	1 1966	-	5	6	9	-	-	6	9
	193	1 1966	-	5	5	11	-	-	5	11
<u>Pinus montezumae</u>	126	II 1964	-	4	13	4	-	-	13	4
	127	II 1964	-	7	14	4	-	-	14	4
	131	II 1964	-	7	12	10	-	-	12	10
	132	1 1965	-	5	10	10	-	-	10	10
	251	III 1967	1	4	6	9	-	-	6	9
	251A	III 1967	1	4	5	8	-	-	5	8
	258	1 1968	-	3	2	11	-	-	2	11
	260	1 1968	1	3	11	1	-	-	11	1
	308	I 1969	-	7	10	6	-	-	10	6
	349	I 1969	-	7	4	9	-	-	4	9
	350	III 1970	-	10	8	-	-	-	8	-

6. Período de Almacenamiento de Semillas Forestales

El máximo período de almacenamiento para semillas forestales es quizá uno de los puntos más importantes; en general, se considera un mínimo aceptable de germinación mayor de 0%. Moreno (1976) en uno de sus cuadros pone como límite un 10% de viabilidad, sin que con ello quiera decir que las semillas deban permanecer en almacén hasta que alcancen dicho porcentaje. Por su parte, la International Board for Plant Genetic Resources (citado por Ellis y Roberts, 1981) recomienda que las semillas se conserven en una temperatura de -20°C y un contenido de humedad del 5%, por el tiempo necesario, hasta que se alcance el 5% de viabilidad, a fin de evitar la acumulación de daños genéticos asociados a la pérdida de viabilidad, efectuándose muestreos periódicos, que permitan detectar incrementos en la pérdida de viabilidad o para evitar un rápido agotamiento de el lote.

Hasta el momento, los límites del período de almacenamiento en la conservación de semillas forestales, se han establecido de manera arbitraria y básicamente se considera el tiempo, sin importar el porcentaje de viabilidad que se tenga.

MATERIALES Y METODOS

1. Datos Utilizados

Para un mejor manejo de la información de las especies se trabajo con las siguientes siglas:

- PG # = Pinus greggii
- PL # = Pinus leiophylla
- PM # = Pinus montezumae

donde # = número de colecta o colección.

Estas especies se seleccionarán por su importancia forestal (Anexo).

Los criterios para la selección de la información fueron los mismos que Zaragoza (1986):

- a) Para los lotes por especie: que contarán con los datos sobre su lugar de origen, fecha en que se realizó la recolección, contenido de humedad, porcentaje de pureza, porcentaje de semillas llenas y número de semillas por Kg. con impurezas.
- b) Análisis dentro de los lotes: para disponer de datos comparables, los análisis de germinación que se considerarán para la elaboración del presente trabajo, son los realizados en el laboratorio de semillas del CIFA-DF, (Centro de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias del Distrito Federal) en cajas de petri con dos capas de papel filtro en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, a temperatura de la germinadora de 22°C y regadas con fungicidas, generalmente Manzate (Etilenbisditio-carbamato de magnesio) y sin ningún tratamiento estimulante de la germinación; la duración del análisis fue de 28

días y para comprobar que el resultado obtenido en el análisis fue aceptable, se utilizó la tabla de "Rangos Máximos Tolerados entre Repeticiones" (ISTA, 1976).

Los datos de las colectas que se trabajaron se solicitaron al CIFAP-DF (Cuadro 3).

2. Análisis Estadístico

Con base en lo presentado por Infante y Calderón (1980) y Moore y Ross (1982) se desarrolló un programa en "BASIC" para el ajuste de las ecuaciones por aproximaciones sucesivas (iteraciones). La transformación probit se efectuó por búsqueda biseccional, usando la determinación de áreas bajo la normal de Foote y Cole (1981); La estimación inicial de los parámetros de la ecuación se efectuó por el método de mínimos cuadrados, los parámetros se estimaron mediante cinco iteraciones.

Las parejas de datos con que se calcularon las ecuaciones probit, constaron del tiempo de la cosecha al análisis como la variable independiente, y el porcentaje de germinación la dependiente.

A los porcentajes se les aplicó la transformación probit y se procedió a estimar las ecuaciones de la recta de mínimos cuadrados; una vez obtenidas estas se calcularán las ediciones del tiempo de almacenamiento de acuerdo con Ellis y Roberts (1981) con el fin de calcular la ecuación general o única.

Obtenidas las ediciones se procedió a sumarlas a los tiempos de la cosecha del análisis del lote al que correspondían,

Tabla 1. Distribución de Polaris e indicio realizado a los cultivos de papaya seleccionados en tres municipios de Lima

MUNICIPIO	VALOR DEL ÍNDICE DE POLARIS EN 1990	FECHA DE VISITA DEL I APO	LOCALIDAD	INDICIO DE POLARIS		VALOR DEL ÍNDICE DE POLARIS EN 1990			
				INDICIO DE POLARIS	INDICIO DE POLARIS				
Lima surco	4	Marzo de 1991	Polanco Agp.	99	1000	0	99	100	100
	44	Noviembre de 1991	Polanco Agp.	97	7000	1	97	98	98
	100	Agosto de 1991	Alvarado Agp.	99	10000	1	99	100	100
	114	Octubre de 1991	En Pó (San, Mío, Japón)	97	10000	1	97	98	98
	149	Marzo de 1991	Carr. San Juan del Río Km. 5						
Lima sierrita	60	Marzo de 1991	Elizeta J.L.P. 10 ha cultivo	99	10000	1	99	100	100
	138	Octubre de 1991	Agua Ayacucho, 4.5 ha de Polanco Agp.	97	10000	1	97	98	98
	161	Marzo de 1991	En El Mirador-Aspachaca Mío.	97	10000	0	97	98	98
	241	Marzo de 1991	En El Campesino, Pápa Mío, Chorrillos	97	10000	0	97	98	98
	241	Marzo de 1991	En El Campesino-Elle del Valle Mío.	97	10000	1	97	98	98
Lima sierranera	139	Noviembre de 1991	En El Campesino	100	10000	1	100	100	100
	197	Noviembre de 1991	Carr. Miraflores-Aspachaca	98	10000	0	98	99	99
	179	Noviembre de 1991	En El Campesino	100	10000	1	100	100	100
	141	Marzo de 1991	En El Campesino	100	10000	0	100	100	100
	193	Noviembre de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100
	193	Noviembre de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100
	198	Marzo de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100
	198	Marzo de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100
	198	Marzo de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100
	198	Marzo de 1991	C.A.P. San Juan de los Ríos	99	10000	0	99	100	100

con los datos de todos los lotes en esta nueva variable y el probit de la germinación, se procedió a la estimación por máxima verosimilitud como se menciona al principio, el resultado obtenido fueron las pendientes de las ecuaciones ajustadas y como:

$$B = 1 / \sigma$$

se tiene determinada automáticamente la desviación típica de la duración de la viabilidad.

Los ajustes se realizaron también transformando la variable independiente a logaritmo, antes y después de calcular los aditivos.

La calidad del ajuste se evaluó mediante la prueba de χ^2 (Infante y Calderón, 1980).

Para determinar las causas de un bajo ajuste, se graficaron los residuos entre el porcentaje esperado y el observado.

En la figura 7 se presenta esquemáticamente el procesamiento de los datos.

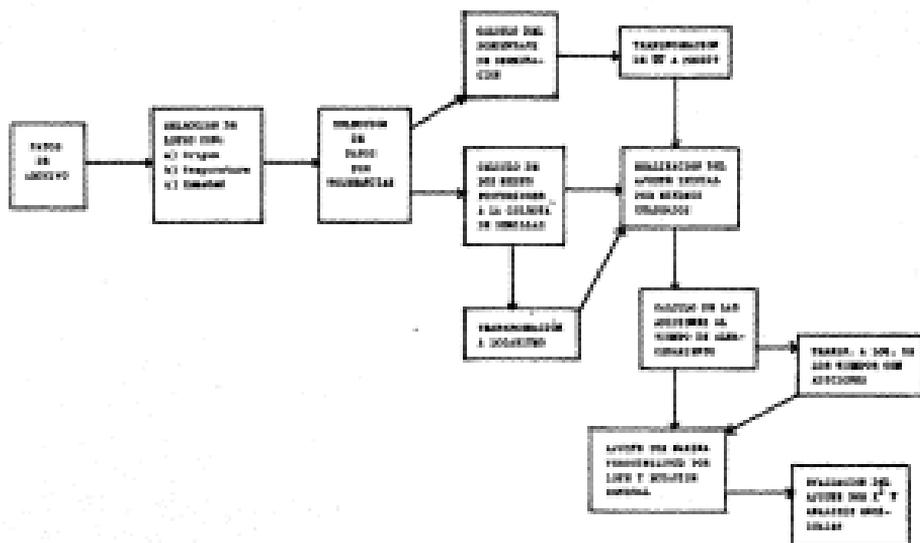


Figura 3. Metodología de desarrollo de aplicaciones, para el desarrollo de una aplicación de gestión de datos del patrimonio de una institución.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Ecuaciones Ajustadas Sin Transformación Del Tiempo De Almacenamiento.

Al ajustar las ecuaciones sin aplicar logaritmo, se encontro que el lote que tiene el valor más grande de ordenada al origen, es el lote 126 de Pinus montezumae, mientras que el lote 251 de la misma especie es el que presenta el valor más bajo (Cuadro 4). También se encontro que un 70% de los lotes presentan un porcentaje de germinación superior al 80% (Este es un probit superior a 5.8416).

En cuanto a la pendiente, el lote 350 de Pinus montezumae, presenta un valor positivo, mientras los demás lotes presentan pendiente negativa siendo el valor absoluto más bajo el del lote 9 de Pinus greggii, lo que indica que su declive es casi horizontal (Figura. 8).

Las pruebas de χ^2 realizadas indican que con excepción del lote PL 119 que tuvo buen ajuste, en el resto de los casos las desviaciones al modelo evaluado fueron significativas.

En Pinus greggii la pendiente indica que existe una pérdida de viabilidad de las semillas y que las cantidades determinadas para los lotes PG 382, PG 170, PG 401 y PG 174 son cercanas entre sí; mientras que los lotes PG 44 y PG 9 tuvieron valores más alejados.

En los lotes de la especie Pinus leiophylla la pendiente (β) indica una pérdida de viabilidad de las semillas a través del tiempo, ya que presenta un signo negativo, y se ve en PL 119 y

Cuadro 4. Ajuste del modelo probit a la germinación de semillas almacenadas de tres especies de Pinus.

ESPECIE	LOTE	PENDIENTE	ORDENADA	X^2	G.L.
<u>Pinus</u> <u>gracilis</u>	9	-0.000525	5.79619	284.15 *	8
	44	-0.005827	5.66983	340.46 *	12
	170	-0.011914	6.07016	1566.65 *	18
	174	-0.009399	6.38933	723.77 *	16
	382	-0.021189	6.43264	585.71 *	7
	401	-0.019283	5.97631	736.38 *	9
<u>Pinus</u> <u>leisophylla</u>	119	-0.012041	5.92129	10.89 NS	6
	192	-0.013975	6.15435	526.25 *	7
	193	-0.001732	6.35461	15.82 *	4
<u>Pinus</u> <u>montezumae</u>	126	-0.008241	6.45897	801.09 *	16
	127	-0.008512	6.30473	624.06 *	15
	131	-0.003357	6.39272	201.56 *	14
	132	-0.004279	6.13691	78.58 *	11
	251	-0.003537	5.12426	127.06 *	7
	251A	-0.008119	5.56101	137.88 *	5
	258	-0.008428	6.05619	27.21 *	5
	260	-0.004062	5.76266	203.27 *	13
	308	-0.001227	6.31896	108.72 *	8
	349	-0.009884	6.25001	78.87 *	5
350	+0.002310	5.77484	196.43 *	10	

** Significativo con probabilidad de 0.01

* Significativo con probabilidad de 0.05

NS No Significativo

El 192 que los valores son cercanos mientras que en El 193 la pendiente es muy pequeña, y por consiguiente el declive de la gráfica es casi horizontal.

En Pinus montezumae exceptuando al lote 350 que presenta una B positiva los 10 lotes restantes si presentan una pérdida de viabilidad debido a que estos su B sí es negativa, aquí se puede observar que se forman dos grupos de lotes que cada uno de sus integrantes tienen pendientes con valores cercanos, estos grupos son: grupo a (PM 126, PM 127, PM 251A, PM 258 y PM 349) y grupo b (PM 131, PM 132, PM 251 y PM 260).

En la representación gráfica de los valores de las ecuaciones sin logaritmo de las tres especies, solo el lote PG 382 manifestó una curva sigmoide clara, todos los demás lotes tuvieron prácticamente una línea recta, incluyendo al PM 350 que presente pendiente positiva (Figura. 8).

En el análisis de residuales se observe que en la mayoría de los lotes hubo una buena distribución, exceptuando a PG 170 y PG 401 en los cuales hubo una tendencia de los puntos a encontrarse arriba de la ordenada cero, en contraste al PM 258 en el cual los puntos tienen una tendencia a encontrarse hacia abajo de la ordenada cero (Figura. 9).

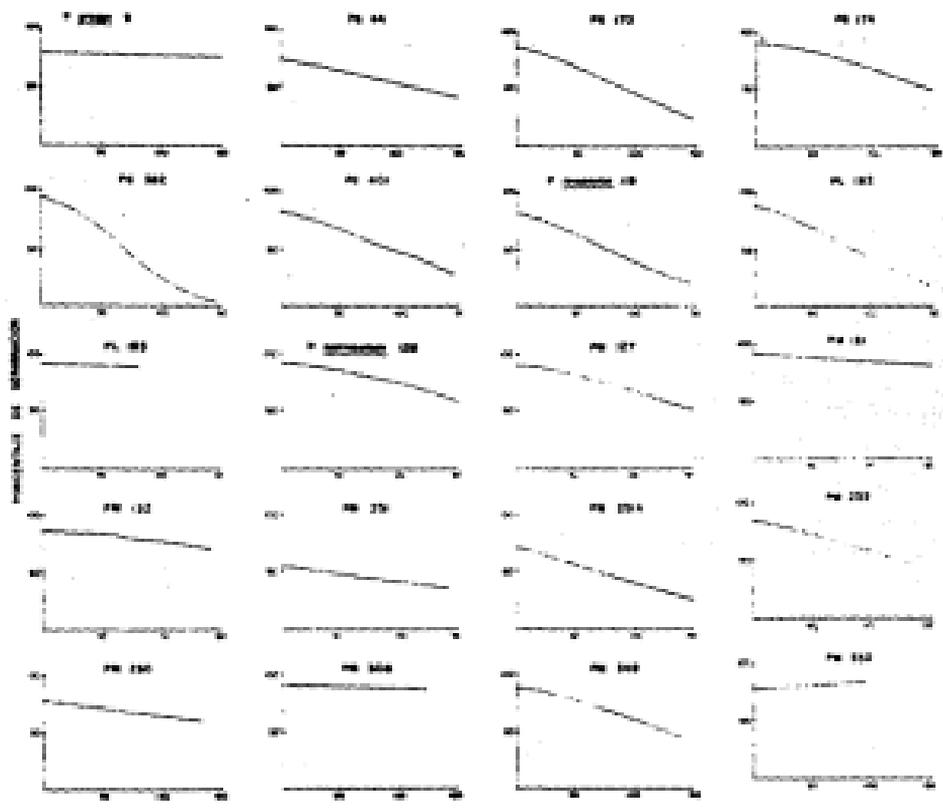


GRÁFICO TRANSFORMADO FIGURA 13, ANALISIS

Figura 13. Gráfico de Transformación de datos de análisis de tres muestras de Oreg.

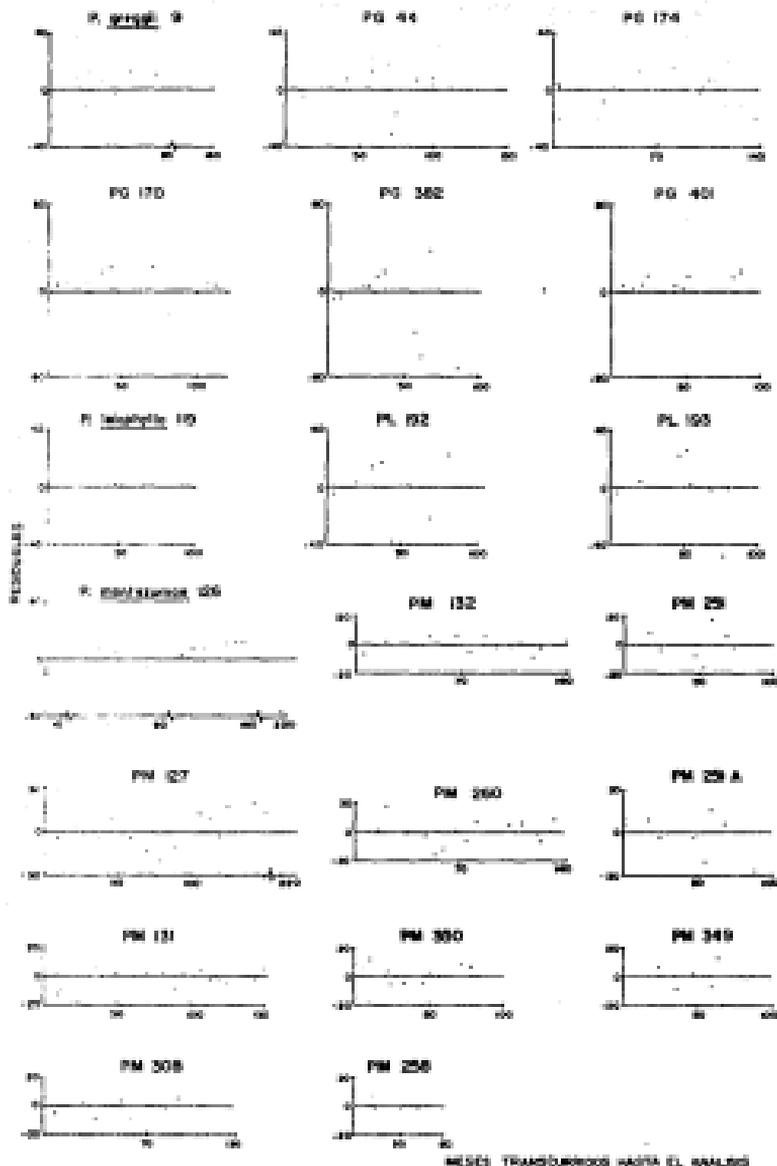


Figura 5. Residuos para la ecuación de periodicidad de lotes de semillas de tres especies de Citrus.

2. Ecuaciones Ajustadas Con El Tiempo De Almacenamiento Transformado A Logaritmo.

Los lotes FM 149, FL 119, FM 127, PG 401 y FM 126 presentarán los valores más altos, que transformados al porcentaje de germinación inicial dan los valores: 99.58%, 98.48%, 98.46%, 98.22% y 97.8% respectivamente (Cuadro 5). Aquí el 90% de los lotes presente valores superiores al 80% de germinación inicial.

El lote 9 de Pinus greggii es el que presente el menor porcentaje de germinación inicial (64.9%).

En cuanto a la pendiente, el lote PG 9 al igual que el FM 350 tuvieron pendiente positiva; los lotes FL 119, PG 401 y FM 149 tienen pendientes con un valor absoluto mayor a la unidad lo cual hace que sus gráficas sean sigmoideas, en comparación con las demás gráficas.

La prueba de I^2 efectuadas produjeron valores significativos, lo que indica desviaciones importantes de los datos de los registros respecto a los que se estimaron con el modelo probado.

En Pinus greggii la B del PG 9 presente valor positivo y por consiguiente no hay cercanía con las demás B de los demás lotes que son negativo y que si hay una cercanía entre ellas.

En los lotes de Pinus leiophylla, 119 y 192 hay una cercanía entre sus B mientras que la del FL 193 presente un valor muy bajo lo que hace que se aleje de los otros dos, sin embargo, los tres lotes presentan una pérdida de viabilidad debido a su B negativo.

Cuadro 5. Ajuste del modelo probit a la germinación de semillas almacenadas de tres especies de Pinus (se usó el logaritmo del tiempo de almacenamiento).

ESPECIE	LOTE	PROMEDIO	ORDENADA	X ²	G.L.
<u>Pinus</u> <u>greggii</u>	9	+0.212294	5.18472	275.73 *	8
	44	-0.716429	6.50314	368.98 *	12
	170	-0.514548	6.23612	150.45 *	18
	174	-0.627585	6.74307	912.23 *	16
	382	-0.86415	6.89808	775.80 *	7
	401	-1.02511	7.10207	54.34 *	9
<u>Pinus</u> <u>leioophylla</u>	129	-1.10493	7.16545	25.14 *	6
	192	-0.876886	6.91149	530.07 *	7
	193	-0.006634	6.28296	16.61 *	4
<u>Pinus</u> <u>montezumae</u>	126	-0.728695	7.00583	1160.86 *	16
	127	-0.88476	7.15977	931.46 *	15
	131	-0.251492	6.56429	221.4 *	14
	132	-0.294013	6.31003	336.63 *	11
	251	-0.400199	5.60546	121.16 *	7
	251A	-0.793432	6.46822	124.41 *	5
	258	-0.009399	5.91061	44.39 *	5
	260	-0.671644	6.66862	171.83 *	13
	308	-0.216021	6.6095	103.09 *	8
	349	-1.13063	7.63589	73.56 *	5
	350	+0.009496	5.87509	203.77 *	10

** Significativo con Probabilidad de 0.01

* Significativo con Probabilidad de 0.05

NS No Significativo

En Pinus montezumae la β es un reflejo de la que se obtuvo sin usar logaritmo, en cuanto a que el PW 350 sigue presentando β positiva y que hay dos grupos que presentan una estrecha cercanía entre cada uno de sus integrantes (siendo estos los mismos del de sin logaritmo) exceptuando que el PW 258 se excluye del grupo que ocupó debido a que este sí presentó un cambio, ya que al igual del PW 308 son los que presentaron los valores más bajos de su β y se alejan de los demás.

En las gráficas de las tres especies se observe que no hubo una descripción sigmoide por completo en todos los lotes, ya que hubo lotes que presentaron un declive similar al de recta como el PL 193, PW 131, PW 132, PG 308 y que los lotes PG 9, PW 258 y PW 350 tuvieron una pendiente positiva, lo cual hizo que se indicara un aumento de la viabilidad con el transcurso del tiempo. En el resto de los lotes la forma sigmoide de la ecuación ajustada fue más representada (Figura 10).

En lo que se refiere al análisis de residuales el PG 401 siguió mostrando su tendencia a tener los puntos en un solo lado de la ordenada cero, mientras que en el PW 258 se observó que la gráfica empleada es diferente a las demás, debido a que se tuvo que prolongar la variable independiente hacia la izquierda para poder representar un punto observado, las demás gráficas indicaron una buena distribución de los residuales y una cercanía a la ordenada cero (Figura 11).

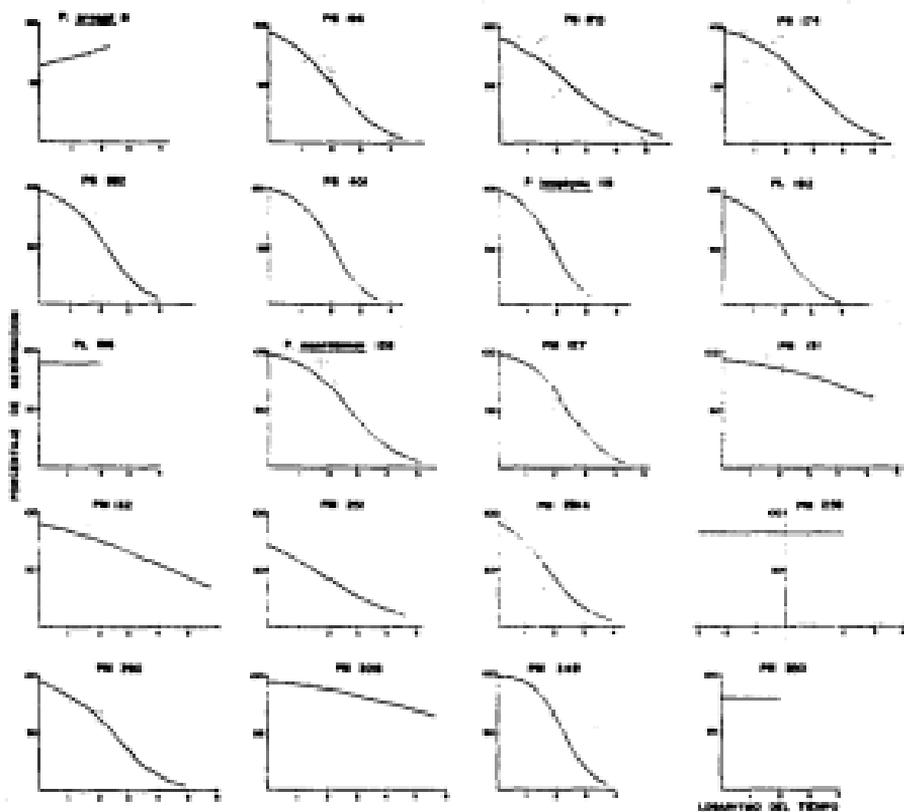


Figura 10. Evolución de la cantidad de individuos de tres especies de *Drosophila* cuando son el logaritmo del tiempo de observación.

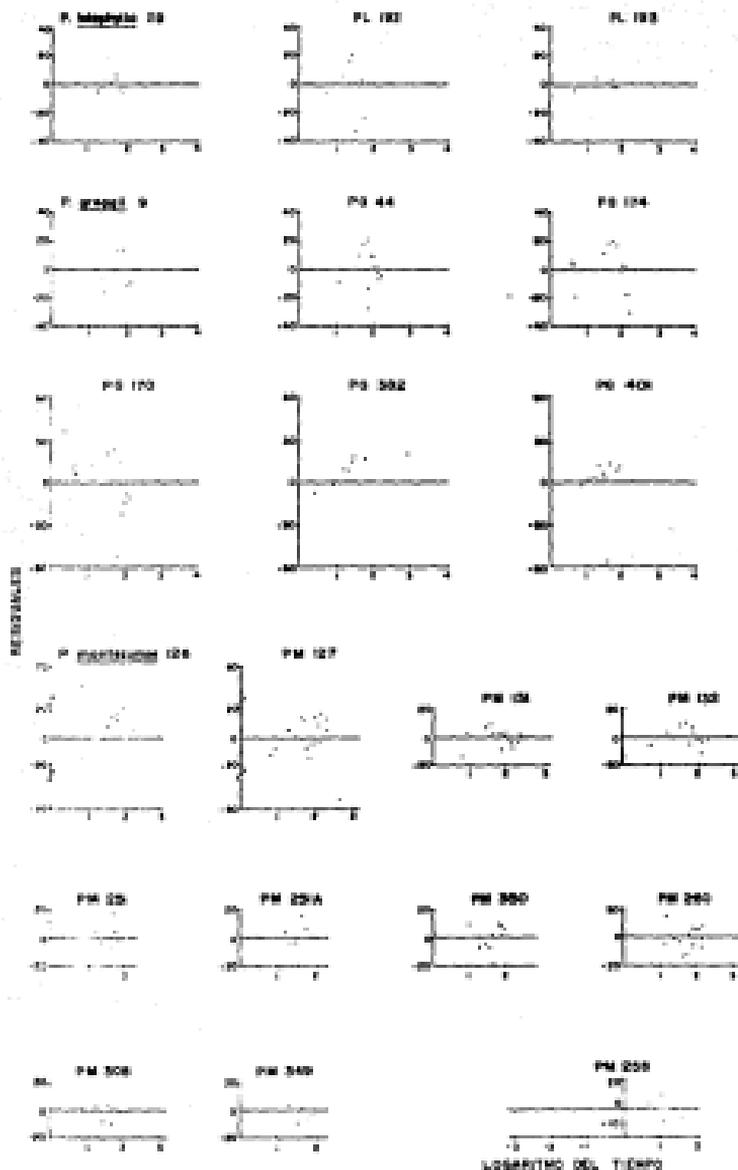


Figura 11. Residuales para la Ecuación de Períodos de Violencia de lagos de mediana a alta exposición de *E. coli*, ejeste con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.

3. Ecuaciones Generales

En el ajuste final sin usar logaritmo de tiempo de almacenamiento, se encontro que los valores de las pendientes de las especies PG y PM fueron cercanas, e indican que la pérdida de viabilidad a través del tiempo fue más rápida que en Pinus leiophylla (Cuadro 6).

Las ordenadas del origen tuvieron valores similares, ya que corresponden a porcentajes de germinación alrededor del 90% (lo cual corresponde a un buen porcentaje de germinación para especies forestales).

En cuanto al ajuste final en que se uso logaritmo de tiempo de almacenamiento, en la pendiente de Pinus montezumae se obtuvo un valor absoluto mayor a la unidad, no obstante, esta cantidad es cercana a los valores de la pendiente de las otras especies; en los tres casos se indica pérdida de viabilidad a través del tiempo. En lo referente a la ordenada al origen, la de Pinus montezumae indico el mayor porcentaje inicial de germinación con un valor de 7.8062 probit (99.7%) y el valor más bajo correspondio a la especie de Pinus greggii con un probit de 7.1014 (98.2%). En el ajuste del modelo, mediante la I^2 en los dos ajustes finales los resultados indicaron que el modelo fue significativo (Cuadro 6).

Respecto a las ecuaciones generales con el uso de logaritmo para determinar los aditivos, se encontro que los valores obtenidos para Pinus leiophylla difieren de los de las otras dos especies, ya que la pendiente fue positiva, la cual indica una falta

Cuadro 6. Ajuste de las ecuaciones generales de pérdida de viabilidad de tres especies de Pinus.

Especie	Uso del logaritmo del tiempo de almacenamiento en:		Pendiente	Ordenada al origen	I ²
	Obtención de aditivos	Ajuste final			
<u>Pinus</u> <u>greggii</u>	NO	NO	-0.00732	6.1344	5472.96 *
		SI	-0.87635	7.1014	5378.79 *
	SI		-0.29830	6.2300	6764.43 *
<u>Pinus</u> <u>leicophylla</u>	NO	NO	-0.00151	6.2806	858.12 *
		SI	-0.87419	7.4986	908.99 *
	SI		+0.16657	5.2771	1298.27 *
<u>Pinus</u> <u>montezumae</u>	NO	NO	-0.00650	6.4538	3839.4 *
		SI	-1.06298	7.8062	5149.98 *
	SI		-0.24158	6.3150	6858.82 *

** Significativo con probabilidad de 0.01

* Significativo con probabilidad de 0.05

NS No Significativo

de pérdida de viabilidad de las semillas a través del tiempo. En cuanto a la ordenada se tuvo el probit más bajo 5.3771 (50.9%). En Pinus montezumae y Pinus greggii, las pendientes tuvieron valores cercanos y en lo referente al ajuste del modelo la χ^2 tuvo significancia en las tres especies, (Cuadro 6).

Las gráficas de las ecuaciones en que se uso logaritmo para calcular el aditivo, se observe la forma sigmoide de las ecuaciones (Figura 15) que en las otras opciones (Figuras 12,13,14,16, 17 y 18), las gráficas de los residuales de Pinus greggii y Pinus montezumae para la ecuación general obtenida sin usar logaritmo se presentarán puntos muy alejados de la ordenada cero (Figura 19 A y 19 C), en Pinus leiophylla el mayor número de los puntos residuales se encuentre por arriba de esta, aunque cercanos a dicha línea (Figura 19 B).

Al aplicar logaritmos se encontrarán puntos muy alejados de la ordenada cero, en las tres especies, el mayor número de los residuales se encontrarán en el intervalo de 20 a -20 (Figuras 20 y 21).

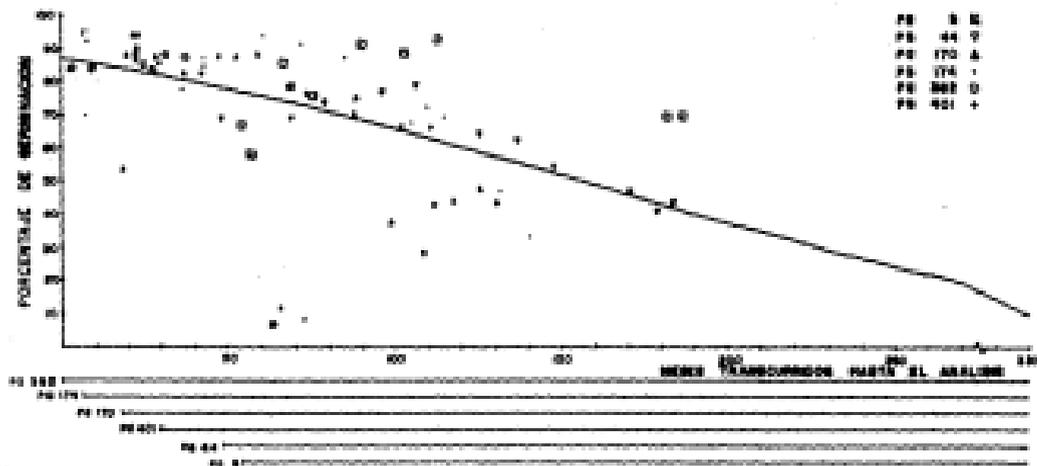


Figura 12. Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de Pinus greggii.

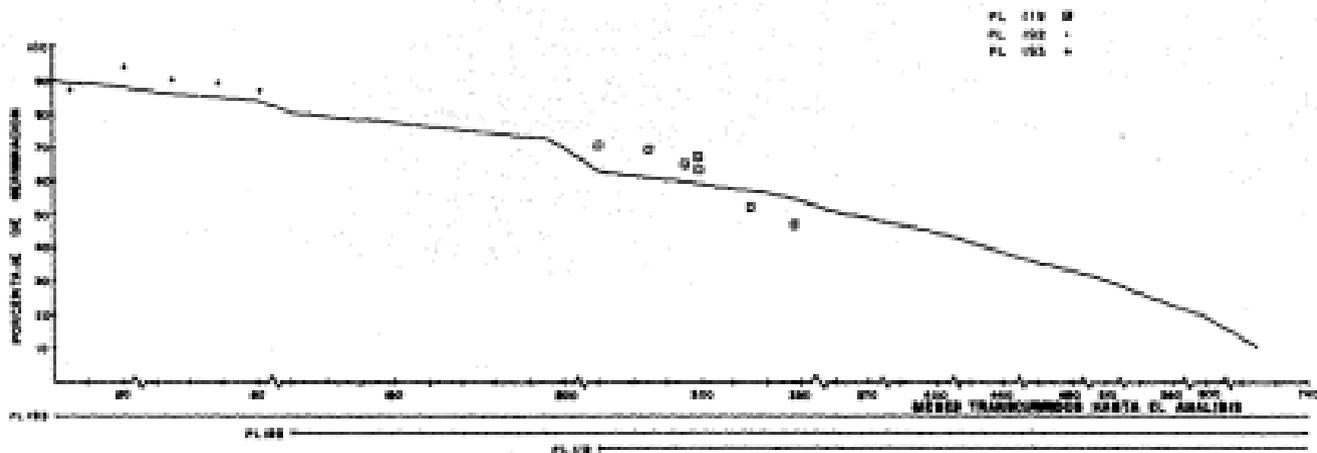


Figura 13. Excepción General de Pérdida de Vitalidad para los semillas de *Croton leucodermis*.

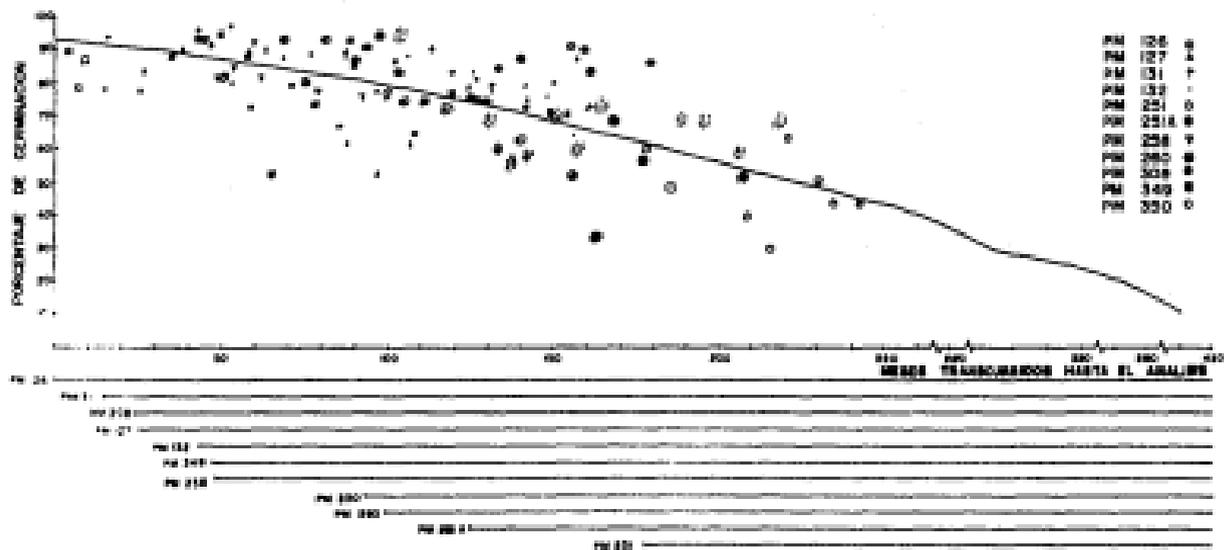


Figura 14. Excesión General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de *Pinus maritima*.

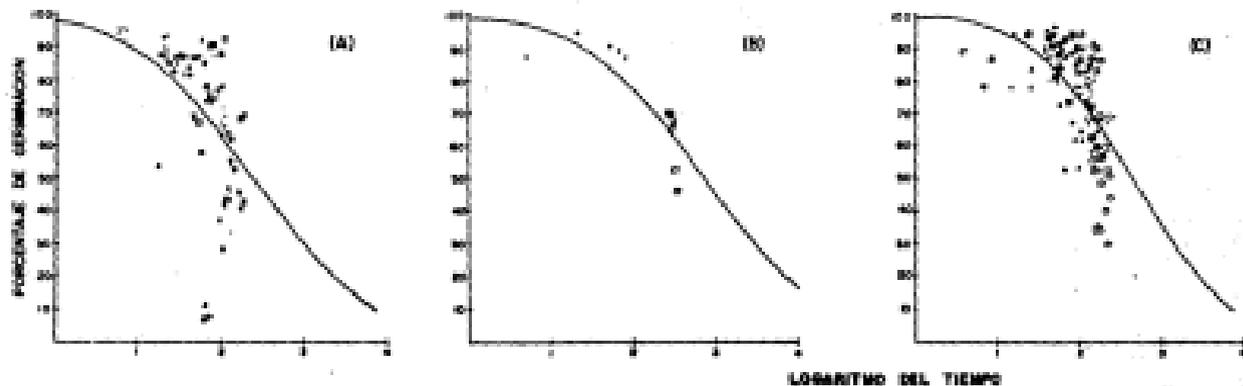


Figura 15. Ejemplo General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de: (A) *Pisonotus*, (B) *Pisonotus*, (C) *Pisonotus*, ajusto con el logaritmo del tiempo de almacenamiento.

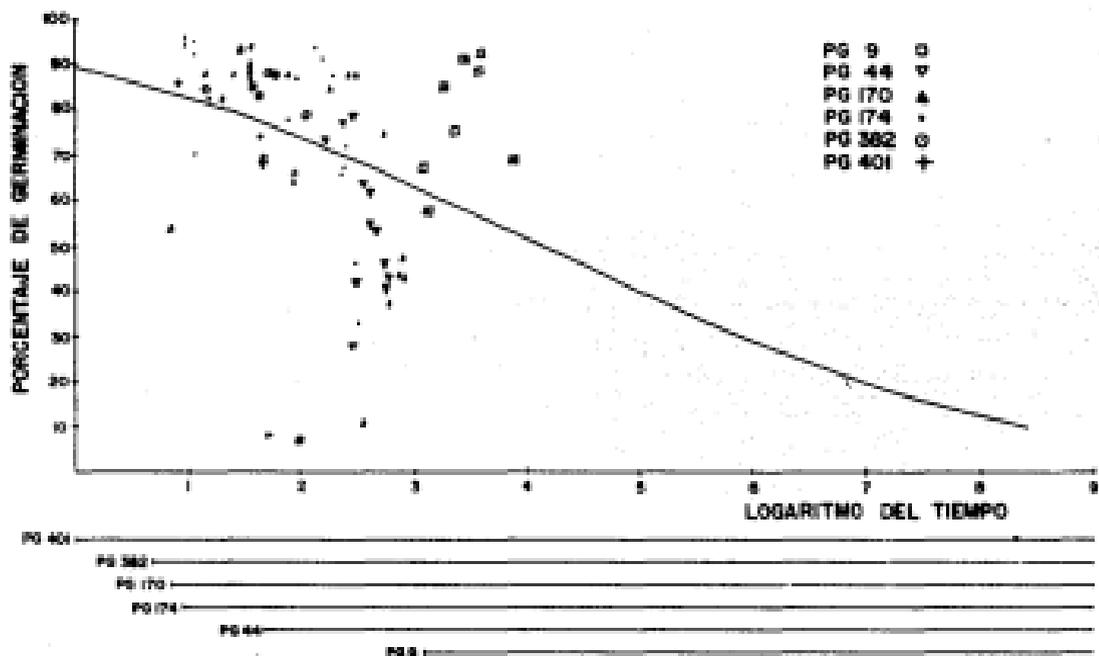


Figura 16. Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para los semillas de *Pinus greggii*, después de determinar los edulivos, se usó logaritmo del tiempo de almacenamiento para hacer el ajuste.

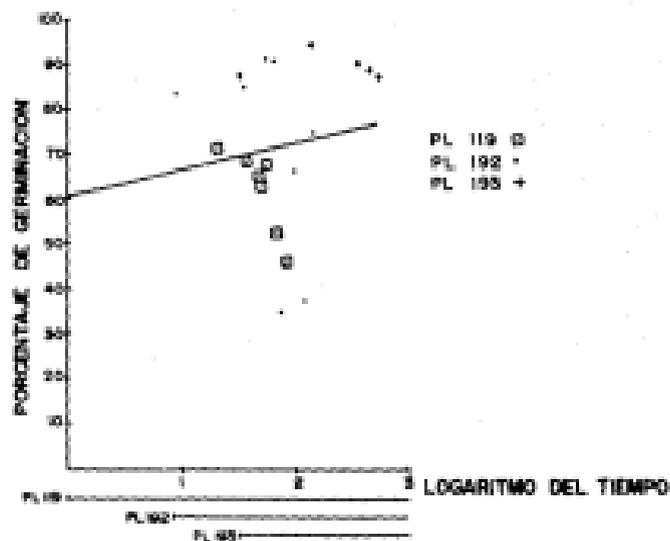


Figura 17. Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de *Pinus latophylla*, después de determinar los aditivos, se usó logaritmo del tiempo de almacenamiento para hacer el ajuste.

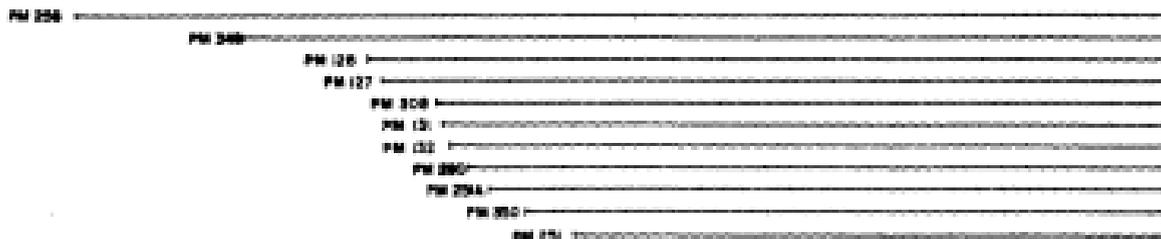
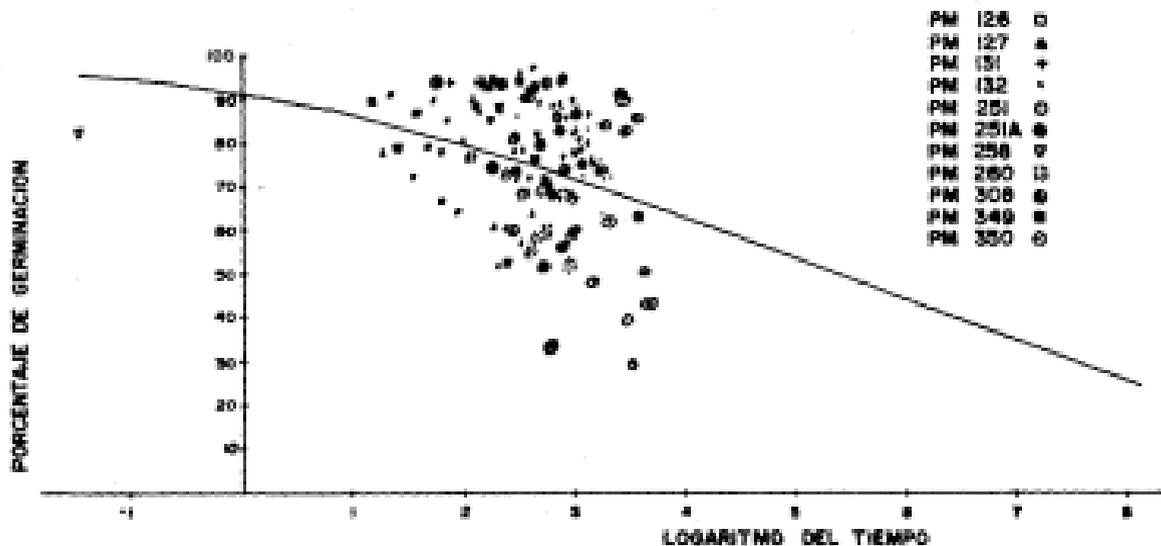


Figura 18. Ecuación General de Pérdida de Viabilidad para las semillas de *Pinus montezumae*, después de determinar los aditivos, se usó logaritmo de tiempo de almacenamiento para hacer el ajuste.

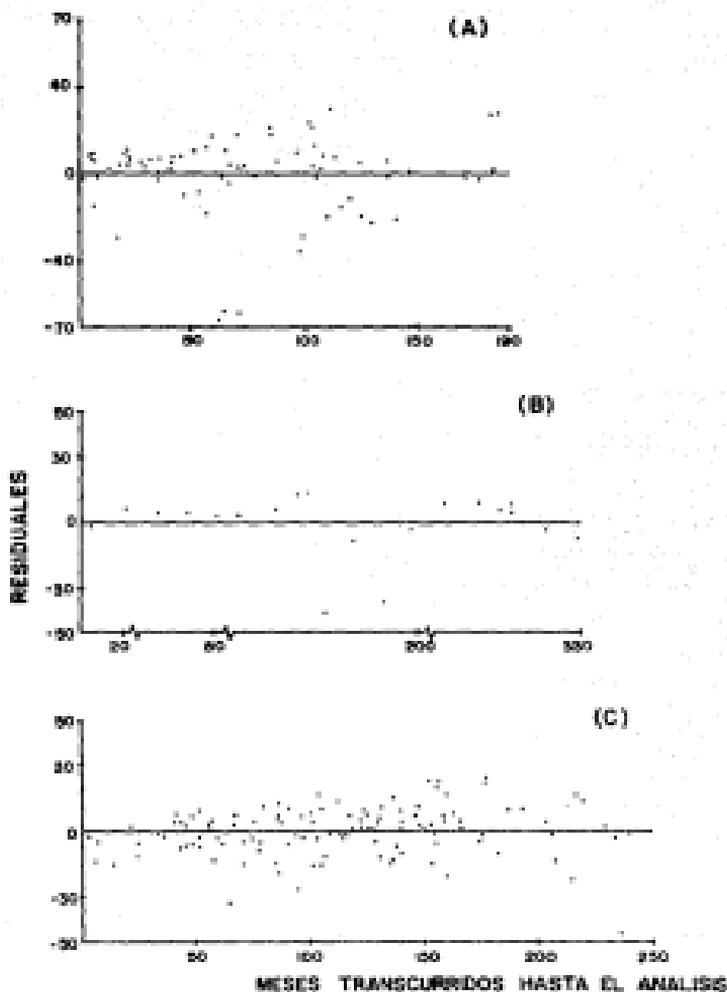


Figura 19. Residuales para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad para los semillas de: (A) Pinus leiophylla, (B) Pinus greggii, (C) Pinus montezumae.

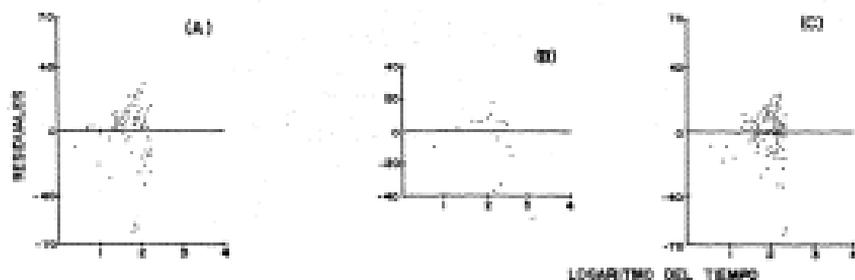


Figura 20. Residuos para la Ecuación de Pérdida de Viabilidad para las semillas (A) *Pinus leucophylla*, (B) *Pinus grandis*, (C) *Pinus montezumae*, donde con el logaritmo del tiempo se sincronizaron.

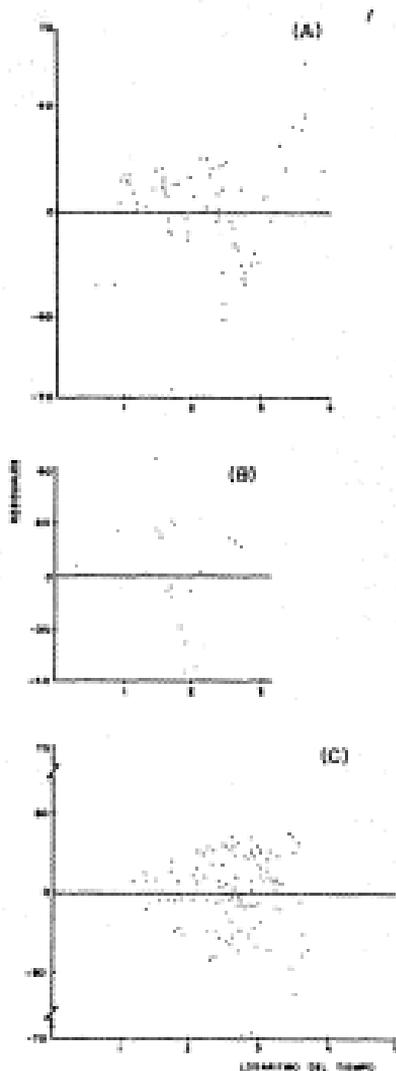


Figura 2). Residuos para la Ecuación de Pérdida de Velocidad para los centros de (A) clima seco, (B) clima húmedo, (C) clima templado, después de determinar los valores, se usó la gráfica del tiempo de almacenamiento para hacer el ajuste.

Cuadro 7. Determinación del 5% de Pérdida de Visibilidad en lotes de tres especies de Pinos.

LOTE	Tiempo requerido para alcanzar el 5.0% de visibilidad (años)	
	Sim Log.	Geom Log.
PG 9	386.9	
PG 44	33.2	204.0
PG 170	18.11	32420.0
PG 174	26.10	20455.0
PG 302	12.1	1025.0
PG 401	21.3	408.0
PL 119	17.9	229.6
PL 192	17.2	935.0
PL 193	144.3	
PN 124	31.5	8333.0
PN 127	28.10	1662.0
PN 131	75.5	
PN 132	54.2	935015378.0
PN 251	37.0	34739.0
PN 251A	22.8	693.0
PN 258	26.8	
PN 260	49.5	7092.0
PN 308	201.3	
PN 349	24.5	502.2
PN 350		
Mo. General P. <u>greggii</u>	31.5	1951.8 363763193.6
Mo. General P. <u>leicophylla</u>	68.11	4579.6
Mo. General P. <u>montezumae</u>	39.9	1290.7

En el cuadro 7, se observe que hay una gran diferencia entre los tiempos de almacenamiento sin y con Logaritmo en llegar a alcanzar el 5% de viabilidad, viéndose que los resultados con logaritmo nos indica que tardan más tiempo en llegar a este valor.

Para un mejor entendimiento a uso de la ecuación de pérdida de viabilidad se plantean los siguientes ejemplos:

a) Se desea conocer el período que puedan almacenarse los lotes PL 119, PL 192, PG 44, PG 382, PM 251 y PM 260 con un porcentaje de viabilidad superior al 5%. El porcentaje de germinación fue de 82%, 87.5%, 74.8%, 92.4%, 54.9% y 77.7% respectivamente, que en un caso práctico, se obtendrían por una prueba de germinación o una prueba de envejecimiento acelerado.

La incógnita es el tiempo, P, por lo que la ecuación queda:

$$P_2 = (v - K_1) / B$$

donde las tres variables de la ecuación se obtienen de la siguiente manera:

K_1 = Se obtiene de las tablas probit y es igual a 5.9212 cuando el porcentaje de viabilidad inicial es de 82% (PL 119), de 6.1543 para 87.5% de viabilidad (PL 192) de 5.6698 para 74.8% de viabilidad (PG 44), de 6.4326 para 92.4% de viabilidad (PG 382), de 5.1242 para 54.9% de viabilidad (PM 251) y de 5.7626 para 77.7% de viabilidad (PM 260).

v = También se obtiene de las tablas probit y es el valor probit deseado al 5% de viabilidad, siendo el mismo

para todos los lotes y es igual a 3.3551.

B = En la pendiente de cada lote y se obtiene del cuadro 4 y para PL 119 es -0.0120412; PL 192, -0.0135755; PG 44, -0.00582778, PG 382, -0.0211897; PM 251, -0.00353768 y PM 260, -0.00406207.

Sustituyendo:

PL 119	$P_5 = (3.3551 - 5.92129)/-0.0120412$	= 213.1175 meses 17.9 años
PL 192	$P_5 = (3.3551 - 6.15435)/-0.0135755$	= 206.1987 meses 17.2 años
PG 44	$P_5 = (3.3551 - 5.6698)/-0.00582778$	= 397.1890 meses 33.1 años
PG 382	$P_5 = (3.3551 - 6.4326)/-0.0211897$	= 145.2375 meses 12.1 años
PM 251	$P_5 = (3.3551 - 5.1242)/-0.00353768$	= 444.7152 meses 37.0 años
PM 260	$P_5 = (3.3551 - 5.7626)/-0.00406207$	= 592.6929 meses 49.5 años

A pesar que el PG 382 presente el valor más bajo $P_5 = 12.1$ años, es un resultado que permite hacer una programación racional de uso en la producción de plantas para la reforestación, y que no se debe pensar que los altos porcentajes de germinación inicial van a proporcionar una tardanza en llegar al 5% de viabilidad, como se ve. El PM 251 cuenta con un 54.9% de germinación inicial pero obtuvo el mayor tiempo de almacenamiento con 49.5 años viéndose lo contrario con PG 382.

Exceptuando al lote PL 119 cuando el ajuste se hizo sin transformación logarítmica, en todos los demás hubo desviaciones importantes de los datos de los registros respecto al modelo probado, como lo muestran los altos valores de la X^2 obtenidos, esto se debe a que el método de análisis probit es fácilmente sensible a la desviación formando asimetría con respecto a la pendiente de la curva sobrevivientes vs una no distribución normal de frecuencia. Esto trae como resultado una falta de simetría o heterogeneidad. Como se ve mostrado en el plano residual de dispersión.

Cuadro 3. Agrupación de las ecuaciones de pérdida de viabilidad a falta de su homogeneidad.

Especie		Asimetría	Heterogeneidad	Asimetría y Heterogeneidad	Puntos aberrantes
<i>P. greggii</i>	Sin Log	1	2	3	0
	Con Log	0	2	5	0
<i>P. leiophylla</i>	Sin Log	1	1	0	1
	Con Log	0	2	0	0
<i>P. montezumae</i>	Sin Log	1	0	0	0
	Con Log	0	3	1	0

La asimetría se caracteriza en que varios residuales subsecuentes de una porción importante de la gráfica, se ubican arriba o abajo de la ordenada cero; como se ve en PL 174 y PL 258.

La heterogeneidad se evidencia en que los residuales se alejan mucho de dicha ordenada; como ocurre en PL 192 y PL 127.

Las ecuaciones se revisarán de acuerdo a ciertos criterios (Cuadro 8), se encontró que la heterogeneidad presenta el principal problema de el bajo ajuste de el modelo probado. En los recí-
duals de varios de los lotes no se puede detectar en forma evi-
dente, la causa del escaso ajuste.

En cuanto a Ficus greggii el mayor número de ecuaciones pre-
sentarán tanto heterogeneidad como asimetría y heterogeneidad.

La heterogeneidad de datos es indicada por un alto valor de
la χ^2 con P 0.05 (Hewlett y Flackett, citados por Moore, 1982).
Si los datos son ciertos el resultado en los altos valores de χ^2 ,
estos datos pueden ser planteados. Sin embargo, los altos resul-
tados de χ^2 forman un no alineamiento en la respuesta probit del
tiempo no relacionado, en esta manipulación no es justificada.

El problema de heterogeneidad es que no hubo una secuencia
en la toma de lecturas de análisis de germinación más frecuente,
los cuales una vez hechos se deben de hacer pruebas de homogeni-
dad que están dentro de las variancias de observación y en caso
que se vea pérdida de viabilidad que se repita la prueba de ger-
minación cuando, (Moreno, 1984):

- 1) La variación máxima entre repeticiones excede la tolerancia
establecida en tablas.
- 2) Al final de éste se manifiestan algunas anomalías, como
en el caso de encontrar semillas firmes no germinadas.
- 3) Se considere que los resultados no son confiables debido a
factores tales como:
 - a) Condiciones impropias para la prueba

- b) Errores en la evaluación de plántulas
 - c) Presencia de hongos o bacterias
 - d) Poca precisión en el conteo y registro de datos
- 4) Las plántulas presentan daños causados por sustancias químicas, la prueba de germinación puede realizarse en el suelo, o en mezcla de suelo y arena.

El empleo del análisis probit para determinar la pérdida de viabilidad mediante el método de máxima verosimilitud, que permite la determinación de los parámetros de pérdida de viabilidad por espacio de tiempo, mediante un sencillo cambio de variable (porcentaje de germinación por probit), es un método recomendable, a pesar de que no se contó con una frecuencia en los análisis de germinación, no se tomó en cuenta la variación máxima entre repeticiones en referencia a la tolerancia establecida en tablas y a causas ajenas al personal que interrumpieron el estado de almacenamiento de las semillas aunque tal variación no interfiere la aplicación de la ecuación de pérdida de viabilidad, ni limita la obtención de las ecuaciones básicas de viabilidad, las cuales deben obtenerse bajo condiciones constantes de temperatura y humedad (Roberts, 1972).

Sin embargo, de el comportamiento de las semillas, como entes biológicos, no puede predecirse con la seguridad con que se hace en los productos no biológicos, pero las ecuaciones determinadas por el método de máxima verosimilitud se pueden tomar como un antecedente de la pérdida de viabilidad, que permita con ello tomar medidas necesarias para evitar pérdidas al momento de su reproducción, hasta que se encuentre otro método más confiable y

por lo mientras se podría trabajar con el método empleado tomando en cuenta las observaciones hechas anteriormente.

El ajuste por el método de máxima verosimilitud produce estimadores diferentes al del método de mínimos cuadrados, (Medina, 1978) debido a que:

- a) Son eficientes y óptimos asintóticamente normales.
- b) Consistentes
- c) Suficientes
- d) Poseen la propiedad de invarianza.

También que un máximo de 10 iteraciones es representado para proveer una línea más cercana hacia la máxima probabilidad lineal que la original línea provisional (Moore, 1982).

El diseccionado del trazo de los residuales como una clase de metodología son frecuentemente de vital importancia en un completo análisis de regresión. La información que ellos imparten es tan básico para un análisis verosímil que tales diseccionaciones en el terreno serían siempre acompañadas de las estadísticas usuales de un estudio de regresión.

En la gráfica del lote PM 258 con logaritmo se observa que la variable independiente se tuvo que prolongar hacia el lado izquierdo, esto fué debido a que se incluyó el dato inicial del tiempo del análisis de germinación y como este era de cero y para la transformación, al no ver logaritmo de cero se tuvo que cambiar a .001 .

El no declive de mortalidad de las semillas tal como se ve en los resultados de las ecuaciones y la representación gráfica de los lotes PM 150 sin transformación logaritmica y P8 9 y PM

150 con transformación logarítmica, al igual que la ecuación general de Ficus leiophylla con la transformación logarítmica del tiempo de almacenamiento en la obtención de aditivos, es errónea, debido a su pendiente positiva.

CONCLUSIONES

1.) La velocidad de pérdida de viabilidad en semillas forestales es muy baja, por lo cual se pueden mantener por períodos bastante largos, incluso hubo un lote que no manifestó pérdida de viabilidad.
2.) El principal problema que se observó es la heterogeneidad de los datos y pocos casos con asimetría evidente.
3.) A pesar de la heterogeneidad de los datos, las ecuaciones generales pueden usarse en la determinación de la pérdida de viabilidad en semillas, pues los períodos explorados son amplos, más de 10 años.
4.) A pesar de la heterogeneidad de los lotes no hay ningún problema para la formación de la ecuación general pues el supuesto de igualdad de pendiente en una especie es una especie, fué aceptable.
5.) Gracias a la transformación logarítmica se puede obtener una sigmoide más representativa en las ecuaciones, aunque la estimación del tiempo requerido para llegar a un porcentaje se incrementa mucho.
6.) La información que proporciona el diagrama del trazo de los residuales es una herramienta más en un análisis verosímil el cual nos proporciona una visión más real del ajuste del modelo.
7.) El método de máxima verosimilitud nos da estimadores más precisos que el método de mínimos cuadrados, esto es debido a el número de las iteraciones que nos proporcionan una línea

más cercana hacia la máxima probabilidad lineal que la original línea provisional.

8.) Para unas futuras predicciones más exactas de pérdida de vibilidad se debe tomar en cuenta una frecuencia mayor en los análisis de viabilidad.

BIBLIOGRAFIA

- Bliss, C.I. 1970. *Statistic in Biology: Statistical Methods for Research in The Natural Science* Vol. 2 Mc Graw Hill Book Company, New York U.S.A. 639 p.
- Bonner, F.T. 1984. Glossary of seed germination terms. for tree seed Workers. USDA- Forest. Serv. Gral. Tech. Rep. 30-49 USA. 4 p.
- Chin, H.S.; Aziz, M.; Jang, S.B. and Hanzah, S. 1981. "The Effect of Moisture and Temperature the Ultrastructure and Viability of seeds of Hevea brasiliensis", *Seed Sci & Technol* 9 (2): 411-422.
- Eguiluz, P.T. 1978. *Ensayo de Integración de los Conocimientos sobre el Género Pinus en México*. Tesis Prof. Depto. de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 614 p.
- Eguiluz, P.T. 1982. *Clima y Distribución del Género Pinus en México* *Rev. Ciencia Forestal* Vol 7 No. 38 pp 30-44
- Ellis, E.H. and Roberts, E.H., 1980a "Improved Equations for the Prediction of Seed Longevity" *Ann. Bot.*, 45(1): 13-30
- _____ 1980b "The Influence of Temperature and Moisture on Seed Viability Period in Barley (Hordeum distichum L.)" *Ann. Bot.*, 45(1): 31-37
- _____ 1981 "The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds" *Seed Sci & Technol*; 9 (2): 373-409

- Infante, G.S. y Calderón, A.L., 1980, Manual de Análisis Práctico del Colegio de Posgraduados, Centro de Estadística y Cálculo, Chapingo, México, 107 p.
- I.S.T.A., 1976. Reglas Internacionales Para Ensayos de Semillas Tr. Luis Martínez, et al. I.N.S.F.V., Madrid, España, 18 p.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos Edic. Botán, México, D.F. 361 p.
- Medina, S.S.F., 1978. Introducción al Análisis de Regresión Depto. de Matemáticas. Fac. de Ciencias UNAM. Serie Notas de Clase, Comunicaciones Internas N.º 19 México, D.F. 64 p.
- Moore, F.D. and Boon, E.E. 1982. "Determining Differences in Viability Loss Rates During Seed Storage" Seed Sci & Technol, 10(2): 283-300
- Moreno, C.P.B. 1976. "Viabilidad de Semillas de Árboles Tropicales y Templados: Una Revisión Bibliográfica" Investigaciones Sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz México A. Gomez-Pompa, et al. (Ed.) CROSA, México pp 471-526
- Moreno, M.S. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas, Instituto de Biología UNAM México pp119
- Nallist, M.E. 1981. "Predicting The Viability of Seeds Dried With Heated Air" Seed Sci & Technol., 9(2): 439-455
- Patiño, V.F.; Garza, L.M. de la; Villagómez, A.Y.; Talavera, A.I. y Camacho, M.F. 1983. Guía para la Recolección y Manejo de Semillas de Especies Forestales. Bol. Div. Inst. Nal. Invest. For. No. 63 México 180 p.

- Poole, L.; Barches, M.; Castleswitz, D.F.M. 1981. Algunos Programas de Uso Común en BASIC; Edición para Apple II OHSOCHH/Mc Graw México, 132 p.
- Ramírez, O.G. y Casacho, M.F. 1987. Tratamiento de Semillas Latentes de Importancia Económica. Rev. Biología, Vol. 16. (2-4): 37-42
- Roberts, E.H. 1972 "Storage Environment and The Control of Viability". Viability of Seeds, Roberts, E.H. (Ed.) Chapman and Hall, London, pp 14-58
- _____ 1979 "Seed Deterioration and Loss of Viability" Advances in Research and Technology of Seeds, Part. 4, pp 25-42
- _____ 1981 "Physiology of Ageing and its Application to Drying and Storage", Seed Sci & Technol. 9(2): 359-372
- Tamari, C. 1978 "Critical Water Content for Survival of Quercus Acorns" (Proporcionado por el Ing. Francisco Casacho CIFAP-D.F.)
- Wang, B.S.F. 1974 Tree Seed Storage, Department of the Environment, Canadian Forestry Service, OTTAWA, Public. No 1335, 32 p
- Zaragoza, G.J.I. 1986 Viabilidad de Semillas de Especies Forestales Bajo Refrigeración: Tesis Prof. Ing. Agric. Fac. Est. Sup. Guatitlán UNAM México 115 p

ANEXO

1. CLASIFICACION TAXONOMICA

Han surgido varios intentos por agrupar y clasificar estas Taxa por varias botánicas reconocidas. Entre las clasificaciones internacionales más importantes están las de Shaw (1909), Pilger (1925), Ferré (1953) y la de Little y Critchfield (1969), las cuales abarcan los pinos dentro del contexto mundial del género. Por otra parte, se encuentra la clasificación de Martínez (1948), que se adentra en la agrupación de los pinos mexicanos en un marco restringido a las especies de este país.

Si consideramos que el género Pinus arribó a México por el hemisferio norte, sin duda muchas especies fueron perdidas a lo largo de la ruta, obscurece las relaciones filocistemáticas entre los 79 taxa mexicanos descritos hasta ahora (Egüíluz, 1982; 1985.), además que muchas especies y ecotipos mal adaptados, así como razas endémicas, fueron eliminadas por eventos catastróficos (Egüíluz, 1985).

En su estudio Egüíluz (1985), uso 10 especies tipo ó típicas de cada subsección como se especifica enseguida:

Género Pinus

Subgénero 2. Strobus Lamx

Sección 2. Strobus

Subsección 3. Strobi Loud. (P. ayacahuite)

Sección 3. Parrya Mayr.

Subsección 4. Cembroides Engelm (P. cembroides, P. mximartinezii)

- Subsección 6. Balfourianae Engelm (P. rasdowskii)
- Subgénero 3. Pinus
- Sección 4. Pinea Endl
- Subsección 7. Leizophylla Loud (P. leizophylla)
- Sección 5. Pinus
- Subsección 12. Ponderosae Loud (P. engelmannii, P. montezumae, P. texocota)
- Subsección 13. Sabinianae Loud (P. sculpteri)
- Subsección 15. Oocarpa Lit y Griseb (P. oocarpa)

2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL GENERO PINUS

Una gran mayoría de los pinares mexicanos viven en los lugares montañosos, templados y fríos, y solamente unas cuantas especies se observan en niveles subtropicales y aún tropicales. Distribuidos principalmente a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Macizo de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas y las Sierras de Juárez y San Pedro Martín en B.C.N. Esta topografía accidentada, junto con la posición geográfica del país, han ofrecido una inmensidad de nichos con microclimas específicos para el desarrollo de híbridos derivativos y mutantes que recombinados naturalmente han incrementado la diversificación de muchas especies.

Los pinos son árboles siempre verdes, más o menos resinosos, con hojas aciculares (en forma de aguja), en número de 1 a 8, protegidas en la base por una vaina caediza o persistente, sus flores masculinas están constituidas por conitos formados por escamas que llevan saquitos de polen, las femeninas están en conos generalmente mayores, cuyas escamas protegen a 2 o más óvulos, los frutos son conos globosos o alargados, cuyas escamas protegen a las semillas, las cuales en muchos casos son alargadas.

Semilla; es una especie de nuez, generalmente morena o negra, oval, o vagamente triangular, que en la mayoría de las especies mexicanas lleva una ala más o menos desarrollada. Por lo común se encuentran dos semillas en cada escama; pero en oca-

siempre una de ellas se atrofia.

Su tamaño varía desde unos 4 ó 5 mm. hasta 15 ó algo más.

La cáscara o testa es leñosa, más o menos gruesa, y está cubierta total o parcialmente por una capa apergaminada o membranosa llamada espermoterma, que suele prolongarse para formar el ala.

Hacia el interior la testa está revestida por una capa membranosa y translúcida llamada tegmen, que protege directamente a la almendra, la cual está constituida por un albeamen grueso, a veces impregnado de sustancia resinosa, y es de color rosado o blanco, comestible en varios casos.

El embrión está colocado longitudinalmente en el centro, pudiendo verse fácilmente las hojas cotiledonares, en número de 4 a 5, pero no siendo fija la cifra en cada especie, carece de valor sistemático.

Germinación; según sean las condiciones de calor y humedad, la germinación se efectúa en 2 o 3 semanas.

Aparece la raíz, cuyo eje principal se alarga rápidamente, emitiendo poco después raicillas secundarias, y el talluelo brota arrastrando la cáscara, la cual cae al poco tiempo, extendiéndose entonces las hojas cotiledonares. En seguida aparecen las hojas primarias, que cumplen las funciones foliares, y duran de 1 a 3 años, siendo reemplazadas por bracteadas escamosas, en cuyas axilas aparecen las hojas secundarias en grupos llamados fascículos, protegidos en su base por una vaina. Tales son las hojas definitivas que se observan en los árboles adultos, pues las otras son transitorias.

Las brácteas pueden tener una base decurrente, es decir, abrazando a la ramilla, o no decurrente, circunstancia que sirve como elemento sistématico.

Tienen brácteas no decurrentes los llamados pinos blancos. (Tomado de Martínez, 1948)

Distribución y condiciones climáticas. (Cuadro 9).

Cuadro 5. Distribución y condiciones climáticas de tres especies de Ziguas.
(Tomado de Aguilera, 1982).

PAIS	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (mm)	PRECIPITACION ANUAL (mm)			TEMPERATURA ANUAL					
				MIN	MEAN	MAX	MIN	MEAN	MAX	MIN	MAX	
P. grandis	20° 00'	97° 40'	1800	1800	2550	500	1800	2900	-9	14.8	45	40-45
	23° 40'	101° 20'										
P. lasioptila	17° 30'	94° 30'	1700	2100	2800	800	950	1100	-2.8	4.9	14	16-41
	31° 20'	111° 30'										
P. portoricensis	18° 50'	92° 15'	1350	2500	3150	500	950	1500	-3.4	14.3	48	48-50
	24° 20'											

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

CARACTERISTICAS ESPECIFICAS

2.1 Pinus greggii

Es un árbol de 10 a 15 m de altura, con la corteza lisa y grisácea cuando joven, y oscura y áspera después; ramillas flexibles, de color rojizo, con tinte grisáceo. El follaje es erguido y suele vestir toda la ramilla.

Las hojas se presentan en grupos de 3 excepcionalmente en algunas fascículas, la mayoría de 7 a 14.5 cm. Son ásperas y derechas, anchamente triangulares, de color verde claro brillante; de bordes serrados, siendo los diestecillos muy cortos, tienen 2 haces vasculares aproximados, pero distintos, y sus conductos resiníferos son medios y en número de dos a cuatro; el hipoderma es uniforme y las paredes exteriores de las células del endoderma no son engrosadas. Se notan estomas en las 3 caras. Las vainas son persistentes y miden unos 14 mm, pero las viejas con frecuencia se desgarran y caen.

Los conillos son laterales y pedunculados, morenos, séciles, oblongo-cónicos, oblicuos, algo encorvados de color acre, lustrosos, colocados generalmente por pares o en grupos de 5 a 8 (excepcionalmente más).

Miden de 10 a 11 cm y en ocasiones hasta 15 cm y por su aspecto general guardan semejanza con los del Pinus patula.

Las escamas son duras y fuertes, de 4 a 4.5 cm de largo por 1.5 cm de ancho, con el umbo ensanchado, de contorno irregular y con la guilla transversal bien marcada. Las apófisis son desigualmente elevadas, subpiramidales en el lado externo del cono y casi aplanadas en el lado interno; con la cúspide deprimida en

cuyo centro se ve una punta corta y caediza. Se abren en diferentes épocas.

La semilla es oval, opaca, de 5 a 7 mm con ala de unos 20 mm de largo por 7 mm de ancho, engrosada en la base en una faja oblicua.

La madera es ligera y en muchos casos fofa, de color blanco, ligeramente amarillenta.

Como se a dicho este pino se asemeja al P. patula, principalmente por sus conos, pero se distingue por sus hojas, que son cortas, derechas y más gruesas, en tanto que las del P. patula son largas, muy delgadas y caídas. (Tomado de Martínez, 1948)

Distribución: Esta especie está restringida a la Sierra Madre Oriental entre las coordenadas $23^{\circ} 00' - 25^{\circ} 40' N$ y $97^{\circ} 40' - 101^{\circ} 20' W$; se le ha reportado por diferentes autores desde la parte norte del estado de Puebla, Hidalgo, Queretaro, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León (Pringle, 1890; Shaw, 1909; Edwards, 1939; Johnston, 1943; Martínez, 1948; Madrigal, 1967; Eguiluz, 1978; Radowski, 1978), (figura 22).

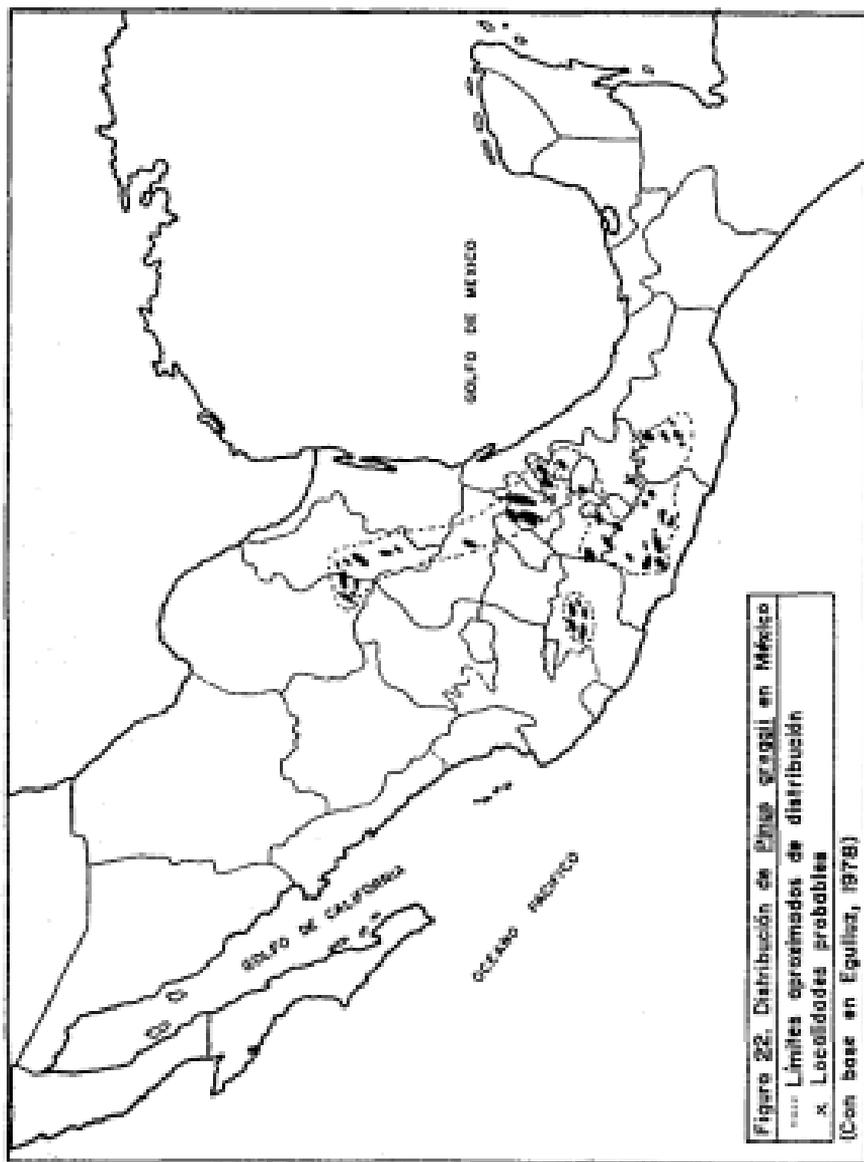


Figura 22. Distribución de *Pinus greggii* en México
 ---- Límites aproximados de distribución
 x Localidades probables
 (Con base en Eguliza, 1978)

2.2 Pinus leiophylla

Es un árbol de 15 a 25 m de altura, de copa irregular y algo rala; corteza delgada al principio y después gruesa, muy áspera y rugosa, de color ceniciento primero y casi negro después con retóchos a lo largo del tronco y a veces también en las ramas primarias, las cuales suelen comenzar a poca altura, irregularmente colocadas. Las ramillas son erguidas, de color café ceniciento, en ocasiones con tinte azulado en sus partes más tiernas, algo escamosas y con la superficie casi lisa, debido a que la base de la bráctea es caediza.

Sus hojas se presentan en fascículos de 5, aglomerados en la extremidad de la ramilla; miden de 8 a 13 cm a veces hasta 15, muy finas y delgadas; de color verde grisáceo, a veces con tinte amarillento; de bordes aserrados, con denticillos muy pequeños y juntos. Tienen dos haces vasculares bien distintos; las paredes de las células del endodermo son engrosadas en su parte exterior y los canales resiníferos son de 1 a 4 (más comúnmente 2) con uno interno ocasionalmente hipodermis poco irregular y consta de 2 o 3 hileras de células desiguales e irregularmente colocadas.

Las vainas miden unas 15 mm y hasta 20 en las hojas muy jóvenes, y son de color anaranjado claro y pronto caedizas.

Yemas ovoides, de color amarillo pálido.

Los conillos son subglobulosos, pedunculados, de color rosado algo violáceo cuando jóvenes y moreno obscuro después, con escamas delgadas provistas de espinitas erguidas dirigidas hacia el ápice.

Los conos son ovoides, frecuentemente algo puntiagudos, ligeramente asimétricos y más o menos reflejados, de 4 (rara vez menos) a 6 cm de largo, a veces 7 y muy excepcionalmente 8 y 8.5 cm . Son persistentes durante mucho tiempo y se presentan comúnmente por pares, a veces solitarios o en grupos de 3, pero en ocasiones hasta 6 ó 7 en pedúnculos de 5 a 15 mm . Su color al principio es verde amarillento y después moreno con tinte olivo, tornándose al fin cenicientos. Se abren parcialmente en diferentes épocas.

Las escamas son engrosadas en el ápice, con la apófisis aplanada o ligeramente saliente. Frecuentemente se notan umbos dobles y llevan en el centro una espina cenicienta, extendida o curvada hacia el ápice y casi siempre caediza.

La semilla es triangular, ligeramente redondeada, de unos 4 mm con ala de 12, amarillenta, con estrías oscuras.

Es árbol productor de abundante trementina y muy prolífico, haciéndose este carácter muy patente por la larga y tenaz persistencia de los conos, los cuales tardan 3 años en madurar, comúnmente se denominan "pino chino" o "pino prieto".

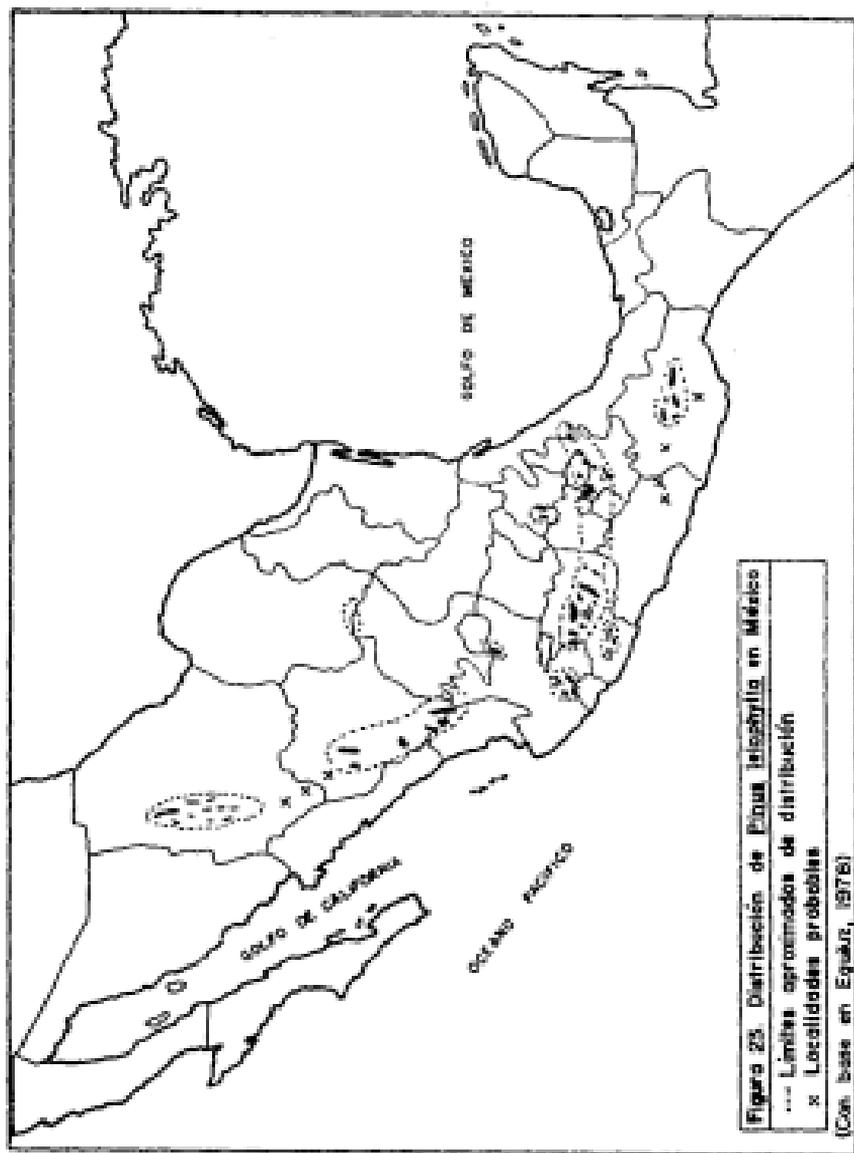
La madera es pesada, resinosa, de color pálido o algo amarillento o naranjado, de mediana calidad y susceptible de buen pulimento. Se usa para construcciones y duelas.

Vive en terrenos secos y de clima templado, pero a veces se le ve en lugares subtropicales.

Tiene un estrecho parentesco con el *P. chihuahuana* Engelm, particularmente por sus conos, que son indistinguibles, pero sus hojas son muy diferentes, pues mientras *P. leiophylla* son delga-

das y finas y un número de 5, las de P. chihuahuana Engelm, son gruesas y fuertes y en número de 3 a 5 más comúnmente 3. (Tomado de Martínez, 1948).

Su distribución comprende: Chihuahua, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nayarit, Jalisco, Michoacán, México, Valle de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, (Figura 23).



2.3 Pinus montezumae

Árbol de 20 a 30 m , con la corteza morena rojiza, gruesa, áspera y agrietada desde que el árbol es joven; ramas extendidas, frecuentemente bajas que forman una copa irregularmente redondeada; ramillas morenas y muy ásperas, con las bases de las brácteas persistentes, abultadas, cortas y muy aproximadas, que comúnmente se desecan.

Hojas en grupos de 5, ocasionalmente 4 en algunos fascículos. Son anchamente triangulares, de color verde obscuro; miden por lo general de 14 a 21 cm de largo, pero la cifra oscila entre 14 y 27, viéndose excepcionalmente de 30 y hasta 37; son medianamente gruesas y fuertes, extendidas o colgadas, flexibles, con los bordes serrados y con estomas en las 3 caras. El hipodermo es delgado, casi uniforme, con pocas entrantes leves en el clorénquima; los haces fibrovasculares son 2, aproximados y bien distintos; las paredes externas de las células del endodermo son engrosadas; los canales resiníferos son de 2 a 6, más comúnmente 4 ó 5, medianos, ocasionalmente con 1 o 2 internos.

Vainas de 10 a 20 mm a veces más, anilladas, de color castaño al principio y muy oscuro después.

Yemas largamente ovoides, morenas y vellosas.

Gonillos oblongos, de color purpúrea o moreno azulado, con escamas anchas armadas de punta extendida.

Conos largamente ovoides, ovoide cónico u oblongo cónicos; levemente asimétricos y algo encorvados, de 8.5 a 15 cm más comúnmente alrededor de 12.5; castizos, de color moreno, opacos o levemente lustrosos; colocados por pares o en grupos de 3; exten-

didos o ligeramente colgados casi sésiles o sobre pedúnculos de 10 a 15 mm por lo general dejan el pedúnculo en la ramilla.

Escamas numerosas, gruesas, duras y fuertes, de 25 a 35 mm de largo por 13 a 17 de ancho; ápice anguloso o ligeramente redondeado; apófisis levantada, a veces algo reflejada, subpiramidal, con quilla transversal fuerte y una débil costilla perpendicular; oído poco saliente, a veces hundida, con espina corta, por lo general pronto caediza.

Semilla vagamente triangular, de unos 6 a 7 mm ; ala oscura de unos 20 mm de largo por 7 de ancho.

La madera es blanca, resinosa, fuerte y muy útil para construcciones, suela veces en alturas de 2500 a 2800 metros .

Tiene semejanza con el *P. rudis*, con el que frecuentemente se asocia, pero se distingue por sus hojas más oscuras, largas y colgantes y por sus conos de escamas más engrosadas. En el *P. rudis* las hojas son relativamente cortas, casi erguidas y tiernas y los conos tienen escamas delgadas y frecuentemente frágiles.

Del *P. hartwegii* se distingue que éste tiene el cono muy oscuro casi negro, con las escamas delgadas y frágiles. También se diferencia en la estructura de las hojas, pues en el *hartwegii* las paredes externas de las células endodérmicas son delgadas y los canales resiníferos más numerosos. Además, el *P. hartwegii* vive en alturas mayores (de 3000 a 3800 m) y casi nunca se asocia con el *P. montezumae*.

Por otro lado se asemeja al *P. pseudostrobilus* típico, pero se distingue porque las hojas en éste son muy delgadas y las rami-

llas tienen las bases de las brácteas alargadas, espaciales, muy delgadas y casi hundidas, en tanto que el *P. montezumae* (lo mismo que en el *rudis* y en el *hartwegii*) las bases de las brácteas son gruesas, cortas, abultadas, y descamadas.

Como se ha dicho se advierte en el *P. montezumae* notable variabilidad así en el cono como en las hojas, haciendo complicada su determinación, lo que más se acentúa cuando se examinan ciertos ejemplares que dan la clara impresión de que son el resultado de cruzamientos entre estas especies y el *rudis*, el *hartwegii* y quizá *pseudostrobus*. (Tomado de Martínez, 1948).

Suelo y clima: crece mejor en suelos aluviales profundos y en los climas más cálidos del tipo templado, entre los 2450 y los 2750 metros con una pp anual de más de 890 mm. Se encuentra sin embargo con más frío en todas las zonas de clima entre subtropical y templado.

Recolección: las púas maduran de diciembre a enero, el número de semillas por unidad es relativamente grande.

Se encuentra distribuido en: Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, D.F., Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. (Figura 24).

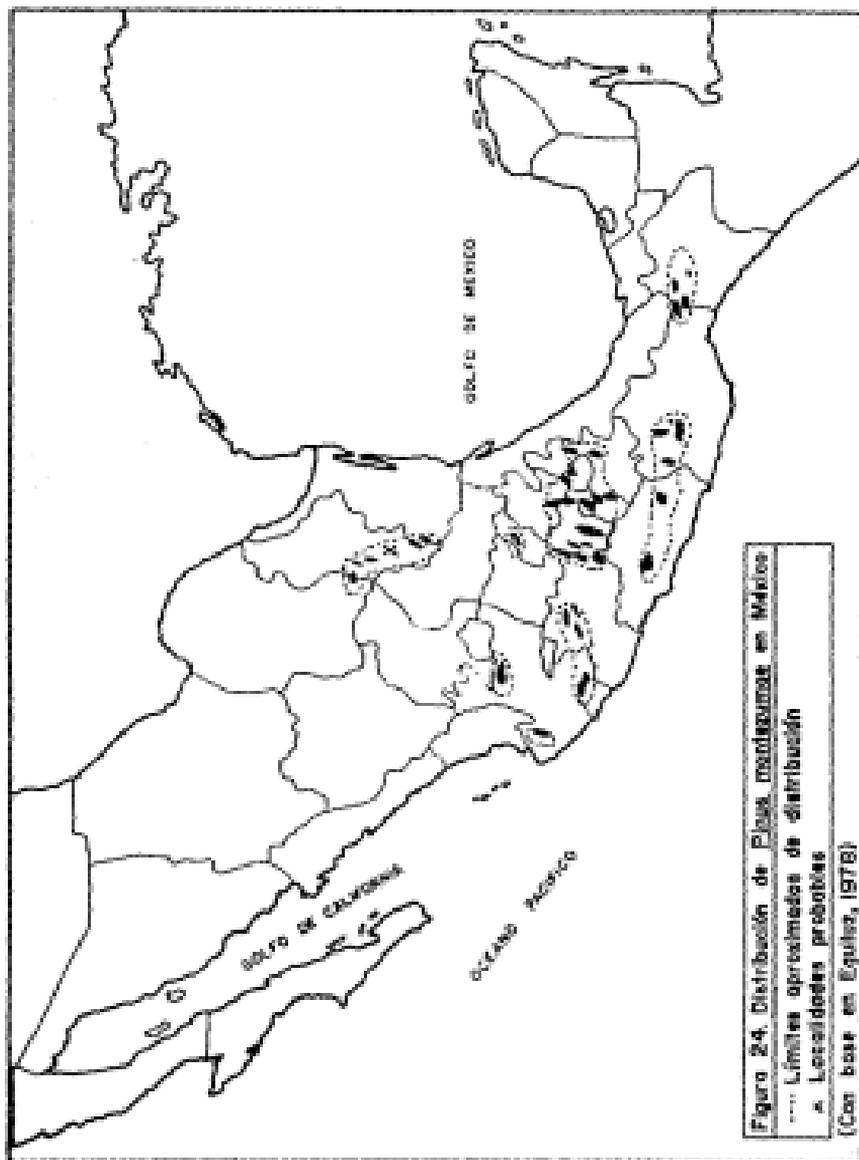


Figura 24. Distribución de *Pisonotus madagascariensis* en México.
 Límites aproximados de distribución
 • Localidades probadas
 (Con base en Eguliza, 1978)