



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**AJUSTE A LA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL DE DOS PINACEAS Y TRES
MAGNOLIOPSIDAS EN SIEMBRAS DIRECTAS EN ENVASE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

MARÍA DEL ROSARIO SERRANO SOTO



**DIRECTOR DE TESIS:
ING. AGR. FRANCISCO CAMACHO MORFÍN
2011**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

Formato Ejemplo 1. Datos del alumno
Apellido paterno
Apellido materno
Nombre(s)
Teléfono
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de cuenta

1. Datos del alumno
Serrano
Soto
María del Rosario
52 76 00 93
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
7537993-7

2. Datos del tutor
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

2. Datos del tutor
Ingeniero Agrónomo
Francisco
Camacho
Morfín

3. Datos del sinodal 1
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1
Dra.
María de Lourdes
Segura
Valdez

4. Datos del sinodal 2
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2
M. en C.
Jaime
Jiménez
Ramírez

5. Datos del sinodal 3
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3
M. en C.
Carlos
Mallén
Rivera

6. Datos del sinodal 4
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4
M. en C.
Efraín
Velasco
Bautista

7. Datos del trabajo escrito.
Título
Subtítulo
Número de páginas
Año

7. Datos del trabajo escrito
Ajuste a la distribución binomial de dos Pináceas
y tres Magnoliopsidas en siembras directas en
envase
48 p
2011

DEDICATORIAS

A Dios, gracias por estar siempre conmigo y darme todo lo que soy y lo que tengo.

A mis Padres, Eustolia y Francisco por su amor, apoyo y comprensión siempre incondicionales, infinitas gracias por darme la vida y esta Licenciatura que es de Ustedes. LOS AMO

A mi esposo, Francisco por su amor y comprensión durante la realización del presente trabajo.

A mis hijos, Francisco, Fabio Augusto y Jeffrey Eduardo por el amor, alegría y plenitud que le ha dado a mi vida su existencia, deseando que este trabajo sea un ejemplo a seguir por ellos y que siempre sigan el maravilloso mundo del conocimiento. A Marisol, quien ha compartido conmigo un camino de vida en el que he aprendido lo bello que es convivir con alguien tan inteligente y que ama tanto el estudio. Con todo mi amor. LOS AMO

A mis hermanos: Víctor I., Francisco, Margarita, Jorge A., Manuel, Guadalupe, Álvaro y Carlos por estar siempre presentes y ser partícipes de este logro que también es suyo, por su apoyo y su cariño.

A mis amigos quienes con su amistad han suavizado los momentos difíciles y alegrado aún más los buenos, con todo mi afecto.

AGRADECIMIENTOS

Me honra manifestar mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México y muy especialmente a la Facultad de Ciencias por las enseñanzas recibidas.

Agradezco profundamente al Ing. Agrónomo Francisco Camacho Morfin por su brillante y acertada dirección para la realización de esta Tesis, por la fineza de su atención amplia y desinteresada y por hacer realidad un sueño.

Así mismo, manifiesto mi gratitud a los miembros del jurado, quienes colaboraron en la revisión técnica del manuscrito, enriqueciendo con su amplia experiencia y conocimientos el presente trabajo:

A la Dra. María de Lourdes Segura Valdez por su atención al revisar el presente trabajo, por su interés en la Biología y por distinguir mi persona con el honor de su invaluable y generosa amistad.

Al M. en C. Jaime Jiménez Ramírez por contar siempre con su amable y fino trato durante la revisión de esta Tesis.

A los M. en C. Carlos Mallén Rivera y Efraín Velasco Bautista por su generosa colaboración e interés en el presente trabajo.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
ANTECEDENTES.....	3
Definiciones.....	3
Estimación del prendimiento.....	5
Factores de Campo.....	6
Determinación de necesidades de semillas para siembra.....	7
Distribución binomial.....	10
Supuestos para el cálculo de necesidades de semillas en envases.....	11
Ajuste de distribuciones binomiales a datos agropecuarios.....	14
Conceptos sobre dormición.....	15
Manifestación de la dormición de semillas.....	15
Causas y tipos de dormición.....	16
Manifestación de la dormición química en siembras en suelo.....	18
Especies trabajadas.....	19
<i>Dodonaea viscosa</i>	19
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	20
<i>Pinus greggi</i>	21
<i>Pinus montezumae</i>	22
<i>Schinus molle</i>	23
HIPÓTESIS.....	24
OBJETIVO GENERAL.....	24
OBJETIVOS PARTICULARES.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
Material biológico.....	25
Efecto de los tratamientos de remojo sobre la germinación de semillas de cinco especies forestales sembradas en papel filtro.....	25
Efecto del número de semillas sembradas por envase de cinco especies forestales.....	26
Análisis estadístico.....	27
Comparación de los porcentajes en laboratorio.....	27
Estimación del valor de porcentaje de emergencia.....	27
Ajuste a la distribución binomial, comparación de las germinaciones en el experimento factorial.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Germinación en suelo, siembras directas en envase.....	31
Análisis gráfico.....	37
Gráficas.....	37
CONCLUSIONES.....	43
REFERENCIAS.....	45

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Datos de las colecciones de semillas de especies forestales empleadas	25
Cuadro 2. Presencia de dormición en siembras sobre papel filtro de semillas de cinco especies forestales.	30
Cuadro 3. Número de plántulas de cinco especies forestales obtenidas en envases sembrados con 1, 3 y 5 semillas.	31
Cuadro 4. Porcentajes de emergencia obtenidos en relación con el número de semillas sembradas por envase en especies forestales.	32
Cuadro 5. Significancia observada para el efecto del número de semillas sembradas por envase en cinco especies forestales sobre el porcentaje de germinación en envases.	33
Cuadro 6. Efecto del número de semillas sembradas por envase sobre el porcentaje de germinación obtenido en las especies forestales trabajadas.	34
Cuadro 7. Estimación de los porcentajes de germinación de las siembras en envases relacionados con la especie y el número de semillas sembradas.	35
Cuadro 8. Desviación máxima de la frecuencia observada de envases con plantas, respecto a la distribución binomial relacionado con la especie, el número de semillas sembradas por envase y el método usado para estimar la probabilidad de éxito.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Arbusto y rama de chapulixtle, <i>Dodonaea viscosa</i>	19
Figura 2. Arbusto e inflorescencia de <i>Eysenhardtia polystachya</i>	20
Figura 3. Árbol y rama con frutos de <i>Pinus greggii</i>	21
Figura 4. Cono y árbol de <i>Pinus montezumae</i>	22
Figura 5. Rama con frutos y árbol de <i>Schinus molle</i>	23
Figura 6. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase de la especie <i>Dodonaea viscosa</i> .	37
Figura 7. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase de la especie <i>Eysenhardtia polystachya</i>	38
Figura 8. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase de la especie <i>Pinus greggii</i> .	38
Figura 9. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase de la especie <i>Pinus montezumae</i>	39
Figura 10. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase de la especie <i>Schinus molle</i> .	39
Figura 11. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 5 semillas por envase de la especie <i>Dodonaea viscosa</i> .	40
Figura 12. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 5 semillas por envase de la especie <i>Eysenhardtia polystachya</i>	40
Figura 13. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 5 semillas por envase de la especie <i>Pinus greggii</i> .	41
Figura 14. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 5 semillas por envase de la especie <i>Pinus montezumae</i>	41

Figura15. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 5 semillas por envase de la especie *Schinus molle*.

42

RESUMEN

La propagación vegetal por semillas puede incluir tratamientos para estimular la germinación, además de un cálculo adecuado de la cantidad de semillas requeridas para producir un número dado de plantas. En el presente trabajo se estudiaron estos aspectos en cinco especies forestales: chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), pino (*Pinus greggii* y *Pinus montezumae*) y pirú (*Schinus molle*).

Para verificar la necesidad de aplicar tratamiento de remojo y secado y evaluar el grado de latencia, se hicieron siembras en laboratorio en cajas de petri sobre papel filtro. Por otra parte, el cálculo de necesidades de semillas para siembra directa en envase se apoya en la distribución binomial de probabilidades, que requiere una germinación constante e independiente del número de semillas depositadas por envase, el supuesto se verificó en vivero, mediante la siembra de 1, 3 y 5 semillas por envase, el cual consistió en una bolsa de plástico negro de 12 X 20 cm llena con suelo húmico de bosque. Las distribuciones binomiales teóricas se obtuvieron empleando los porcentajes de germinación, por despeje a partir de los datos, y por aproximaciones sucesivas buscando el valor mínimo para la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

En siembras sobre papel filtro el tratamiento pregerminativo (remojo-secado) fue altamente necesario para estimular la germinación del pirú, y favorece la germinación en el palo dulce. Por otra parte, el chapulixtle debe tratarse con agua a 75° C por 6 minutos para eliminar la impermeabilidad de las semillas. Los pinos no requirieron de tratamiento.

El número de semillas sembradas no afectó el porcentaje de germinación en ninguna de las especies evaluadas contrario a lo que ocurre en siembras densas de almácigo en las que el porcentaje de germinación disminuye en especies como *Eysenhardtia polystachya* y *Schinus molle*, que presentan dormición química. Las desviaciones del número de plantas por envase respecto a la distribución binomial teórica no fueron significativas, a excepción de *Dodonaea viscosa* cuando se sembraron 5 semillas por envase. El mayor ajuste a la distribución binomial se obtuvo por medio de aproximaciones sucesivas, el método con resultados cercanos a estas últimas fue el empleo del porcentaje de germinación.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el aspecto ecológico, sobre todo en las grandes ciudades del mundo ha cobrado gran importancia ya que cada vez más se invaden y destruyen los ecosistemas para contar con mayores espacios para el establecimiento de industrias, comercios, casas habitación, etc. por lo que se pretende mejorar el ambiente biológico utilizando como recurso vital la reforestación. Por otro lado el aumento de población conlleva al aspecto alimenticio como primordial y este hecho hace muy importante el cultivo óptimo de especies vegetales comestibles, así como de especies forrajeras que proporcionen al ganado los nutrientes necesarios para proveer de carne y demás recursos que se obtienen de animales domésticos a la población, buscándose en ambos casos los óptimos económicos que aseguren gastos que sean costeables evitando los innecesarios. Tomando en cuenta estos aspectos, el presente trabajo se realizó pretendiendo contribuir a la determinación óptima del número de semillas a sembrar por envase que se requieren para establecer un cultivo de cinco especies que tienen diversos usos: ecológicos como el caso de *Dodonaea viscosa* que es muy preciada por favorecer la formación de suelo ya que produce una buena cantidad de hojarasca todo el año; *Pinus greggi* y *Pinus montezumae* son árboles de rápido crecimiento que pueden reforestar zonas de bosque dañadas por la tala y además se pueden establecer en grandes superficies del centro de México; *Schinus molle* es una especie formadora de suelo, así como, fomentador de fauna silvestre. Algunas de estas especies tienen usos medicinales de gran importancia para la población rural, son como el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) una buena alternativa como forraje para el ganado; la madera se utiliza para leña, cercos y enseres rurales, por lo que es importante su propagación, sobre todo en el campo donde cada vez se ven más disminuidas las especies forestales silvestres.

El presente trabajo adquiere gran importancia ecológica, ya que, el cálculo adecuado de la cantidad de semillas utilizadas para la reforestación o para establecer un cultivo, conlleva varios factores que tienen un impacto en el ecosistema, como la magnitud de la extracción de los propágulos, que debe ser aprovechada de forma eficiente, evitando desperdicio, ya que la recolección de semillas de especies forestales silvestres tienen repercusiones tales como, quitar un recurso alimenticio a aves, roedores, etc., o evitar el establecimiento de hábitats de varias especies como hongos, aves, insectos, etc. De igual forma se evita la reproducción de las especies en su hábitat y por lo tanto la propagación en su ambiente natural.

Por otro lado los análisis estadísticos aquí presentados pueden servir como base para la propagación óptima en relación al número de semillas requeridas en el establecimiento de un cultivo cuando se pretende obtener una población dada sin necesidad de realizar labores de ajuste de la población como aclareo, trasplante, etc., que provocan gastos económicos y labores agrícolas que se pueden suprimir.

Otro aspecto a considerar es el hecho de que muchas veces se parte de supuestos considerados correctos, lo que no asegura que se cumpla o no la suposición matemática.

ANTECEDENTES

Definiciones.

En el presente trabajo se usan continuamente varios términos que son de uso común en el área agropecuaria. No obstante, para evitar confusiones a continuación se les define de acuerdo con Camacho (1990):

Aclareo: labor consistente en eliminar las plantas que estén mal colocadas en una siembra, pueden ser plantas supernumerarias o mal espaciadas.

Chorrillo: es la siembra en la que los propágulos se distribuyen uno tras de otro, de manera que forman líneas paralelas sobre el suelo; con esta práctica la población se regula fundamentalmente por aclareo.

Estrategia de siembra: es un conjunto de labores consistente en una forma de distribuir los propágulos, y manera de ajustar de la población; las estrategias de siembra pueden ser masivas o dirigidas de acuerdo con la unidad de siembra empleada, la cual es el sitio en el que se requiere establecer un conjunto de una o más plantas.

Estrategia de siembra dirigida: es en la que la distribución de las plantas debe ser regular, como ocurre en las siembras mateadas y en las realizadas en envases.

Estrategia de siembra masiva: es en la que no importa que la distribución de las plantas del cultivo tenga un componente aleatorio importante, como ocurre en las siembras a chorrillo y al voleo.

Envase: es un recipiente que contiene un medio de crecimiento en el que se pretende establecer una o más plantas, puede ser una bolsa de plástico, una maceta o una celda.
Lote comercial: grupo de propágulos, que generalmente provienen de la misma localidad y ciclo de cosecha.

Lote de siembra: fracción del lote comercial que se usa para establecer un cultivo en un área determinada.

Magnitud del cultivo: cantidad de plantas que se pretende obtener en una siembra.

Mata: unidad de manejo agrícola consistente en un grupo de una o más plantas.

Mateada: es la siembra en la que los propágulos se distribuyen en forma regular en el terreno, frecuentemente en pequeños grupos uniformes, para lograrlos es frecuente recurrir al trasplante y al aclareo.

Porcentaje o probabilidad de prendimiento: porcentaje de los propágulos de un lote que son capaces de producir plantas.

Prendimiento: es el hecho de que un propágulo produzca una planta después de que ha sido colocado en condiciones que permitan su crecimiento, generalmente en campo; en las semillas, tubérculos y bulbos se considera que ocurre el prendimiento cuando se da

la emergencia de las plántulas del suelo; cuando se usan estacas y esquejes se considera que ocurre cuando hay una vigorosa emisión de raíces y hojas, en los injertos ocurre cuando se tiene una unión sólida y se tiene crecimiento en la púa o vareta.

Propágulos vegetales: son órganos vegetales o fragmentos de éstos que se emplean para obtener nuevas plantas; algunas de las opciones más usadas son: bulbos, estacas, semillas y tubérculos.

Pureza: fracción porcentual del peso de un lote comercial o de siembra constituida por propágulos, ya que suelen estar acompañados por basuras como: piedras, ramas, tierra, propágulos de otras especies, y fracciones inútiles de los propágulos, entre otras.

Resiembra: labor consistente en colocar de nuevo propágulos en las unidades de siembra o fracciones de ésta, donde faltó el prendimiento.

Siembra supernumeraria: es la siembra de un número de unidades superior a la magnitud de cultivo, para asegurar que se alcance ésta.

Trasplante: labor consistente en establecer una planta en un sitio distinto de aquel en el que se estableció el prendimiento.

Unidad de siembra: es el sitio en el que se colocan los propágulos; en las siembras al voleo es una parcela, en las efectuadas a chorrillo es un surco, en las mateadas es un punto dentro de la parcela, y en las realizadas en envase, es el contenedor individual, maceta, celda.

Voleo: es la siembra en la que los propágulos se arrojan sobre la superficie del suelo, tratando de que lo cubran uniformemente; con esta práctica generalmente no se realizan ni el trasplante ni el aclareo para regular las poblaciones obtenidas, en ocasiones se resiembra.

Los bancos de germoplasma como estructuras organizativas dentro de una estrategia global de manejo de los recursos genéticos (PRONARE 1999), tienen como objetivos la conservación de éstos y proporcionar propágulos con propósitos de investigación y sobre todo prácticos, lo que permite incluir dentro de ellos los acopios comerciales. El uso del material biológico lo implementa el ser humano bajo condiciones controladas de humedad y temperatura para garantizar su utilidad a largo plazo (Goedert, 2002, St Clair et al 2004)

En las siembras de producción por el gran número de propágulos manejados, se cumple que las plantas que se obtendrán, corresponden al número de estos multiplicado por su porcentaje de prendimiento (Camacho, 2000).

Lo anterior no asegura una distribución uniforme, pues la obtención de una o más plantas en una unidad de siembra es un evento aleatorio, cuya probabilidad sigue una distribución binomial puntual.

Por ello en siembras dirigidas, para tratar de asegurar que se tenga una planta en cada

punto del terreno o en cada maceta, es frecuente depositar más de un propágulo por unidad, lo que obliga a realizar aclareos de las plantas de más que se obtengan; de todas formas, también se requiere trasplantar o resebrar en las unidades que carezcan de plantas. En ocasiones se recurre a la siembra supernumeraria y a la eliminación de unidades carentes de plantas (Camacho, 2000).

Estimación del prendimiento.

Se simboliza a la probabilidad o porcentaje de prendimiento con "p" y se define como la proporción de propágulos en un lote que son capaces de originar plantas en las condiciones de siembra. En esta parte la exposición se centra en la propagación por semillas, por contarse con más información.

Para la comercialización de semillas normalmente no es satisfactorio usar el prendimiento obtenido en campo, ya que no es posible repetir los resultados. Por lo tanto, se han desarrollado métodos de laboratorio que permiten obtener resultados reproducibles y rápidos (Moreno, 1984); además, existen varios índices que se obtienen en pruebas de germinación como el porcentaje de germinación, tiempo de germinación, valor germinativo, etc.(Taylor, 1981), cuyo cálculo fue descrito por Morales y Camacho(1985); estos índices evalúan el tiempo, la uniformidad y el valor germinativo. Otros evalúan la viabilidad como la prueba de tetrazolio, (Moreno, 1984) y la conductividad eléctrica (Bonner y Vozzo, 1982).

Hay concordancia en que los porcentajes de germinación de laboratorio no representan el prendimiento, pues su magnitud es mayor. No obstante, es posible establecer ecuaciones que estimen el prendimiento con base en datos de laboratorio, pues hay correlación entre las variables presentes en las semillas utilizadas para establecer un cultivo (Maguire, 1962; Naylor, 1981; Bonner y Vozzo, 1982; Bonner, 1984 y 1987).

De lo presentado por Bleasdale (1979), se deduce, que esta estimación se hace mediante una línea recta.

$$P = A + BG \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

P = Porcentaje de prendimiento.

A = Ordenada al Origen o constante de campo.

B = Pendiente o Factor de campo.

G = Porcentaje de germinación en laboratorio.

Dicho autor señala que en las prácticas de campo es conveniente simplificar la ecuación para manejar un solo parámetro, como el factor de campo, ajustando a

la recta a pasar por el origen, con lo que las operaciones a realizar se reducen a multiplicar por una constante menor a la unidad:

$$P = BG \dots\dots\dots(2)$$

En ocasiones las estimaciones son mejores cuando se emplea la constante de campo, que corresponde a una recta con una pendiente igual a uno y una ordenada negativa, con lo que las operaciones se reducen a una resta:

$$P = G - A \dots\dots\dots (3)$$

Para obtener las constantes que permitan estimar la emergencia a partir de la germinación, Terrazas (1990) ajustó una recta a los datos de varias colecciones de semillas de especies de pinos. Para realizar la simplificación probaron las hipótesis referentes a que la ordenada al origen fuera cero y la pendiente uno. Boyd (1969), propone una fórmula para estimar el valor del factor de campo:

$$B = \frac{C}{(T) (S) (I) (G)} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

C = Número típico de plantas útiles para reforestación obtenidos de un Kg. de semilla.

T = Total de semillas sembradas en la unidad de siembra.

S = Semillas por Kg.

I = Pureza

G = Germinación

Esta propuesta involucra un elemento (C), que debe determinarse por la experiencia de los viveristas, otra limitante es que supone que la relación entre la emergencia y el porcentaje es una línea recta que pasa por el origen, y no se tiene forma de detectar desviaciones de este comportamiento.

Factores de campo.

Bleasdale (1979), sugiere usar en la práctica bajo buenas condiciones, un factor de campo de 0.8 y bajo condiciones malas 0.4. Específicamente para pinos, Wakeley (1954), propone factores que van de 0.8 a 0.95; en algunos casos se puede tomar el valor de 0.65 y pocas veces valores tan bajos como de 0.25.

En cualquier vivero puede usarse el porcentaje más conveniente que estime la siembra de cada lote, preferiblemente basándose en la experiencia y en los

registros. También para dicho género, Vidal (1962), sugiere que si no hay observaciones previas, se use de 0.30 a 0.50, según las condiciones de siembra.

Es evidente que puede establecerse un factor de campo que sea válido hasta el aprovechamiento económico de las plantas, en la producción de plántulas por trasplante a raíz desnuda, lo que conviene considerar que no es tanto el prendimiento, sino la obtención de plantas seleccionares para las plantaciones (Boyd, 1969 y Wakeley, 1954).

Aunque es mejor trabajar para cada etapa de la producción. Así en la producción de plántulas por trasplante a raíz desnuda, Boyd (1969) menciona que hace falta hacer dos correcciones para el cálculo de necesidades de semillas la primera es calcular el factor de campo con base en las plántulas obtenidas en la cama de siembra. La otra corrección proviene de la selección que se hace de plantas aptas para su establecimiento en el lugar definitivo, Camacho (2000) comenta algunos avances respecto a la determinación de factores de campo para pinos y otras especies.

Considerando la producción por el método de trasplante de almacigo a envase, Padilla (1983), desglosa las pérdidas que ocurren durante el proceso de producción, desde la siembra en el almacigo, la selección en el trasplante y la que se realiza en el establecimiento de los árboles en el sitio de plantación.

En cuanto a la estimación del prendimiento de estacas y otros medios vegetativos, conviene consultar los trabajos de investigación referentes a las especies, y sistematizar la información disponible en los registros de los viveros.

Determinación de necesidades de semillas para siembra.

Camacho (1990), en concordancia con Van Haeff y Berlijn, (1982), mencionan que además del dato anterior y la población a establecer, se requiere conocer la estrategia de siembra y los costos de las labores para regular la población; el primer autor sugiere aplicar con todos estos datos la distribución binomial como función de rendimiento y realizar una optimización económica, cuando se exige que los individuos se establezcan en un sitio determinado (en envases y matas). Camacho(2001).

Entrando específicamente a las estrategias de siembra se tiene:

- 1) Siembras masivas: Camacho (1990), menciona que en estos casos, únicamente hace falta relacionar la población deseada con la capacidad del lote de producir plantas, ya que se acepta que su arreglo en el terreno tenga un componente aleatorio grande. Es necesario considerar la magnitud del cultivo (M), es decir la población deseada, la cual puede ser una cantidad dada o bien:

M en siembras al voleo = plantas m² X área a sembrar en m² y
 M en siembras a chorrillo = plantas por metro de surco x metros lineales a sembrar.

Boyd (1969), Maclas (1951), Wakeley (1954) y Vidal (1962) sugieren la siguiente fórmula:

$$T = \frac{M}{(S)(I)(G)(B)} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

T = Total de semilla a sembrar en Kg

M = Número de plántulas deseadas o magnitud de cultivo.

S = Número de semillas por Kg

I = Pureza.

G = Germinación.

B = Factor de campo

2) Siembras al voleo y a chorrillo con trasplante posterior: Padilla en (1983), desglosa las pérdidas que ocurren durante el proceso de producción, desde la siembra en el almácigo hasta el establecimiento de los árboles en el sitio de plantación. Propone una fórmula que considera una serie de correcciones, además del factor de campo, la ecuación simplificada queda:

$$T = \frac{M}{(S)(I)(G)(B)(E)(F)(H)} \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

E = Corrección por plantas trasplantares a envases.

F = Corrección por selección y supervivencia en el trasplante en vivero.

H = Corrección por aptitud para la plantación de las plantas que sobreviven en el vivero.

3) Siembras dirigidas: cuando se requiere una distribución regular de las plantas, como ocurre por ejemplo en siembras mateadas y en las realizadas en envases, lo importante no solamente es obtener un número de plantas dado, sino que en cada recipiente o mata haya una planta, es aquí donde es

importante el uso de la distribución binomial puntual y la optimización económica (Camacho, 1990). La cantidad de plantas se puede obtener fácilmente así:

$$N = (U \times n) / (S \times I) \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

N = Número de propágulos requeridos

U = Cantidad de unidades de siembra

n = número de propágulos depositados por unidad de siembra.

S = número de semillas por Kg.

I = pureza

Con lo anterior queda la incógnita de cuantas semillas es conveniente colocar por unidad de siembra, mientras menos se siembren se incrementa el número de unidades sin plantas, y mientras más se siembren aumenta la inversión en propágulos y el número de plantas a aclarar.

Lo anterior implica costos de producción que varían en relación con los precios de las labores e insumos, que siguiendo con los ejemplos de Tinus y MacDonald (1979) son:

C_k = Precio por kg. de lote de propágulos.

C_t = Precio de la siembra de cada propágulo.

C_e = Costo de eliminar cada unidad que no tenga plántula.

C_a = Costo de aclarar, o sea, eliminar cada plántula que esté de más.

C_r = Costo de replantar cada unidad vacía, es decir, carente de plantas.

C_u = Costo de cada unidad de siembra.

Con base en esto, la ecuación general para obtener el costo total de una siembra (C) queda así:

$$C = c_k K + c_t T + c_e E + c_a A + c_r R + c_u U_n \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

K = Lote de siembra en kg.

T = Propágulos a sembrar.

E = Unidades vacías o fallas.

A = Plantas a aclarar.

R = Plantas a replantar en unidades vacías.

U = Unidades en las que se sembraron n propágulos.

Para realizar la determinación de las necesidades de semilla para una siembra mateada o en macetas, se tienen que realizar los cálculos del costo de la siembra considerando que se usan distintas cantidades de semilla por maceta o mata y encontrar la solución del costo mínimo (Camacho, 2001).

Algunas cantidades útiles en la estimación de los costos de la siembra según Camacho (1990) son:

$$U (1-p)^n = \text{Número de macetas sin plantas} \quad \dots\dots (9)$$

Donde:

p = porcentaje de germinación

Otra cantidad importante es el total de plántulas que se obtienen:

$$(n) (U) (p) \dots\dots\dots (10)$$

Distribución binomial.

En apartado anterior, se expuso la importancia que tiene la distribución binomial en el cálculo de las necesidades de semilla para siembra, por lo que es necesario abundar en algunos detalles de la misma, se trata de una de las distribuciones discretas de probabilidad de mayor utilidad, ya que se puede aplicar en diversas áreas como: inspección de calidad, ventas, medicina, mercadotecnia, educación, investigación científica, de opiniones y otras.

Se basa en un experimento en el que el resultado es la ocurrencia o la no ocurrencia de un evento. En ella, se llama "éxito" a la ocurrencia del evento y "fracaso" a la no ocurrencia, p a la probabilidad de éxito cada vez que el experimento se lleva a cabo y $1-p = q$ la probabilidad de fracaso. Supóngase que

el experimento se realiza n veces, y cada una de ellas es independiente de todas los demás, y sea X la variable aleatoria que representa el número de éxitos en los n ensayos.

Las dos suposiciones claves para la distribución binomial son:

1. La probabilidad de éxito p permanece constante para cada ensayo.
2. Los n ensayos son independientes entre sí.

Para obtener la función de probabilidad de la distribución binomial, primero se determina la probabilidad de tener, en n ensayos, x éxitos consecutivos seguidos de $n - x$ fracasos consecutivos. Con lo que se tiene:

$$\underbrace{p \cdot p \cdots p}_{x \text{ términos}} \cdot \underbrace{(1 - p)(1 - p) \cdots (1 - p)}_{(n - x) \text{ términos}} = p^x (1 - p)^{n-x}.$$

Por lo tanto, la probabilidad de tener x éxitos y $n - x$ fracasos en cualquier orden, es el producto de $p^x (1 - p)^{n-x}$ por el número de ordenes distintos.

Sea X una variable aleatoria que representa el número de éxitos en n ensayos y p la probabilidad de éxito con cualquiera de estos. Se dice entonces que X tiene una distribución binomial con función de probabilidad.

$$p(x; n, p) = \begin{cases} \frac{n!}{(n-x)! x!} p^x (1-p)^{n-x} & x = 0, 1, 2, \dots, n, \\ 0 & \text{para cualquier otro valor. } 0 \leq p \leq 1, \text{ para } n \text{ entero} \end{cases}$$

Supuestos para el cálculo de necesidades de semillas en envase.

El cálculo de necesidades de semillas para siembra directa en envase se apoya de la distribución binomial de probabilidades que requiere una germinación constante e independiente del número de semillas depositadas por envase; este supuesto es discutible, pues en varias especies se ha encontrado que el porcentaje de germinación disminuye al incrementar la cantidad de semillas sembradas (Camacho, 1987 y 1992; Camacho y Ramírez, 1987).

En la situación económica actual de México, es necesario promover el empleo de la siembra directa en envases, ya que cada vez se cuenta con menos mano de obra para hacer el trasplante de almácigo a envase; el cual según Cuevas (1985) es el método más empleado en el país para la producción de árboles en vivero.

Gaüoway y Borgo (1983), mencionan que al realizar una siembra directa es recomendable colocar más de una semilla en cada uno de los envases, para reducir la cantidad de éstos que no tendrán plantas. Dichos autores recomiendan que las semillas a sembrar por envase se coloquen en la misma cavidad efectuada en la tierra contenida en éste; en el vivero Netzahualcóyotl del Departamento del Distrito Federal, México, por el contrario, se hacen varias cavidades y se dedica cada una de ellas a una semilla, lo cual facilita el trasplante de los individuos de más que se obtienen.

La cantidad de semillas requeridas en una siembra directa en envases está dada, lógicamente, por el producto obtenido de multiplicar la cantidad de envases a sembrar por el número de propágulos que se colocarán en cada uno (Camacho, 2000 y 2001).

El valor que tenga este número, debe establecerse por minimización de costos considerando los gastos requeridos en cuanto a: compra de semillas, colocación de éstas en los envases, eliminación de las plantas de más que se obtengan y, el trasplante de algunas de ellas a los envases en que no haya germinación o la eliminación de éstos Camacho (1990).

Para hacer los cálculos necesarios en la optimización económica de las siembras directas en envase, hay que estimar el número de envases en que no habrá germinación y cuántos tendrán cuando menos una planta. Lo cual se hace multiplicando la probabilidad de ocurrencia de estos eventos por la cantidad de envases a sembrar (Tinus y Mac Donald, 1979). Space y Balmer (citados por Tinus y Mac Donald, 1979) presentan tablas que contienen dichas probabilidades, las cuales se obtuvieron mediante la distribución binomial puntual o de Bernoulli; Camacho (1990) presenta fórmulas simplificadas y memorizables, que evitan tanto el uso de tablas como el cálculo de combinaciones en la determinación de dichas probabilidades.

Este autor plantea que los supuestos que fundamentan el uso de la distribución binomial en las siembras directas en envase son los siguientes:

- a) Cuando se siembra una semilla, solo hay dos resultados posibles y mutuamente excluyentes, se obtiene una planta o ninguna.
- b) En el momento de sembrar, no se eligen aquellas semillas que puedan germinar.
- c) Aunque el número de semillas a sembrar sea grande, se conoce el porcentaje de germinación de éstas; es decir, su capacidad para producir plantas.

- d) La germinación de una semilla no es afectada por la germinación de otras semillas colocadas en el mismo o en otro envase.
- e) La probabilidad de germinación de todas las semillas que participan en una siembra, es constante y no es afectada por el número de ellas que se coloque en cada envase.

Este último supuesto referente a que el porcentaje de germinación debe permanecer constante e independiente del número de propágulos sembrados, requiere evaluación experimental; ya que en siembras densas en el intervalo del 10 al 100 % del suelo cubierto con semillas, similares a las realizadas en almácigos para el trasplante posterior a envase, se ha encontrado que el porcentaje de germinación disminuye conforme se incrementa el número de semillas sembradas en *Pinus montezumae* (Vilchis y Camacho, 1989), *Eysenhardtia polystachya* (Camacho, 1987) y *Schinus molle* (Camacho y Ramírez, 1987).

En éstas dos últimas especies cuyas semillas presentan dormición química, lo anterior se ha atribuido a que en las siembras densas es fácil que los inhibidores solubles presentes en este tipo de semillas, saturan el suelo antes que su nivel en ellas disminuya lo suficiente para permitir la germinación de la mayoría. Nielsen y Muller (1980) mencionan que un fenómeno similar limita el establecimiento de plántulas de *Schinus molle* bajo la copa de árboles adultos de esta especie.

La hipótesis planteada también se apoya en que tanto en *Schinus molle* como en *Eysenhardtia polystachya* y en *Pinus montezumae*, el remojo durante 24 horas mejora la germinación en siembras con altos porcentajes de suelo cubierto por semillas, especialmente cuando se siembran embebidas (Camacho, 1987; Camacho y Ramírez, 1987; Vilchis y Camacho 1989).

El efecto estimulante a la germinación que produce el remojo en las semillas con dormición química, se debe a la eliminación por lavado de los inhibidores presentes en la cubierta externa.

Nikolaeva (1977) considera este tipo de dormición de semillas débil, pues en siembras realizadas en suelo la absorción de los inhibidores que hacen las partículas de éste, permiten la germinación de las semillas sin aplicar tratamiento.

En general la germinación de semillas con dormición química se dificulta más en siembras realizadas sobre papel dentro de recipientes impermeables que en el suelo con bajas densidades de siembra como ejemplos se tienen a las semillas de *Beta sp* (Hartman y Kester, 1971) y las de *Schinus molle* (Camacho y Ramírez, 1987).

Con base en lo anterior se plantea que una forma de demostrar la presencia de dicho tipo de dormición de semillas, es encontrar que en siembras efectuadas sobre papel el remojo en agua a temperatura ambiente, estimula significativamente la germinación.

Cuando se estudia la reacción de semillas con dormición de varias especies a una práctica de cultivo, es importante establecer criterios que evalúen el grado de dormición que presentan.

Según Camacho (1987) la profundidad de la dormición es la magnitud con la que actúan los mecanismos inhibitorios, lo cual se expresa en la proporción de semillas con dormición en un lote de éstas, y en la duración e intensidad de los tratamientos requeridos para obtener germinación.

Ajuste de distribuciones binomiales a datos agropecuarios.

Para planear muestreos, obtener óptimos económicos o caracterizar poblaciones, en la investigación agropecuaria y forestal, se requiere frecuentemente evaluar el ajuste a la distribución binomial puntual de una serie de datos; por ejemplo: la composición de sexos de las carnadas de animales, la frecuencia de infecciones en nichos e individuos, proporciones de frutos maduros, obtención de un número dado de plantas por envase, y proporciones de una respuesta dada en encuestas, entre otros problemas (Sokal y Rohlf 1979). La comparación de una distribución binomial teórica con una encontrada en la realidad tiene como dificultades:

- 1) Que el parecido entre las distribuciones real y teórica está dado por el valor de la probabilidad de éxito usado para calcular ésta última (Infante y Zarate, 1984).
- 2) En la evaluación de la significancia de dicho parecido no se debe usar la prueba de chi-cuadrada, porque habrá valores esperados menores a la unidad (Snedecor y Cochran, 1964).

El criterio tanto para elegir la proporción de mejor ajuste como para evaluar éste, debe ser una prueba que a diferencia de la chi-cuadrada no requiera de una expectativa mínima para ser válida, en estos casos la propuesta de Kolmogorov-Smirnov resulta útil pues se fundamenta en la máxima diferencia (Siegel, 1970).

Conceptos sobre dormición.

Según Camacho (1994) en el idioma español se han usado las palabras dormancia, dormición, latencia, letargo, reposo y vida latente, en un sentido amplio para referirse a la ausencia o inhibición del crecimiento vegetal, debida tanto a condiciones ambientales desfavorables, como a mecanismos fisiológicos adaptativos que impiden el crecimiento en un medio que de otra manera sería adecuado al desarrollo de las plantas. En un sentido estricto, el concepto se ha referido a la presencia de estos últimos, y se emplea la palabra quiescencia para indicar la inhibición debida al ambiente.

En el presente trabajo se empleó la palabra dormición para referirse a la inhibición del crecimiento en general y de la germinación en particular, pues es una palabra española que se ha encontrado referida explícitamente a la inhibición del crecimiento.

En cuanto a la amplitud del término, se le restringió al estado en que se encuentra una semilla que no germina a pesar de que disponga de suficiente humedad para embeberse, una ventilación similar a la de las primeras capas de un suelo bien aireado y una temperatura entre 10 y 30° C que permita el crecimiento vegetal.

Por lo tanto, el término "quiescencia" se usó para referirse a la falta de germinación debida a un medio ambiente desfavorable para ella. Hay autores que llaman semillas no durmientes a las que están en quiescencia, en este trabajo se les llamó semillas quiescentes para indicar la causa de la falta de germinación.

Manifestación de la dormición de semillas.

Se puede afirmar que en las poblaciones de semillas hay dormición cuando su germinación tiene una o más de las siguientes características (Camacho, 1994):

- 1) Es incompleta pues una parte de las semillas que las componen permanecen mucho tiempo firmes, o sea que se embeben pero no germinan ni se pudren; o bien permanecen duras, esto es, no se embeben.
- 2) Es lenta debido a que las semillas individualmente o en conjunto tardan en completar su germinación.
- 3) Es extremadamente sensible al medio, ya que para realizarse requiere de condiciones determinadas de iluminación, temperatura o composición de la atmósfera entre otros factores.

Causas y tipos de dormición.

De acuerdo con Nikolaeva (1977), los mecanismos causantes de la dormición pueden estar tanto en las cubiertas más externas al ambiente como en los tejidos internos. Esta autora, propuso una clasificación de tipos de dormición fundamentada tanto en el mecanismo inhibitorio presente como en las exigencias para eliminarlo. En resumen se tiene que los mecanismos causantes de la dormición son:

- a) Impermeabilidad de las cubiertas al agua.
- b) Baja permeabilidad de las cubiertas a los gases.
- c) Resistencia mecánica de las cubiertas al crecimiento del embrión.
- d) Permeabilidad selectiva de las cubiertas a los reguladores del crecimiento.
- e) Bloqueos metabólicos.
- f) Presencia de inhibidores solubles en cualquier parte de la semilla.
- g) Embriones rudimentarios.
- h) Adquisición de mecanismos inhibitorios.

A continuación se presenta un extracto de la descripción de los principales tipos de dormición tomado de Ramírez y Camacho (1987):

Dormición física: se debe a la presencia de una cubierta impermeable al agua que debe ser perforada para que se realice la germinación; ejemplos de especies con dormición física son: el mezquite (*Prosopis juliflora*) y el guaje (*Leucaena leucocephala*). La germinación se estimula artificialmente aplicando inmersiones en agua caliente, ácidos, o bien con el lijado de la testa entre otros métodos.

Dormición química: La cubierta más expuesta al medio ambiente contiene sustancias solubles en agua que inhiben el crecimiento vegetal, las cuales se denominan inhibidores; para que la germinación ocurra se requiere que dichas sustancias sean eliminadas junto con el tejido que las contiene o sea, lixiviadas por el agua, lo cual puede lograrse eliminando toda la cubierta de forma manual o mecánicamente aunque es más fácil remojar las semillas en agua, de preferencia corriente. Un ejemplo bien conocido de semillas con dormición química son las del pirú (*Schinus molle*), otras son las de la teca (*Tectona grandis*).

Dormición mecánica: Cuando una semilla presenta una cubierta gruesa y dura como lo es el endocarpio, la inhibición se ha atribuido a que la cubierta opone una resistencia mecánica al crecimiento del embrión. No obstante de que esto es una posibilidad teórica aceptable, se citan casos en que el bloqueo de la germinación no se debe tanto a la dureza de la cubierta como a su contenido de inhibidores y al obstáculo selectivamente permeable que opone a la lixiviación de los contenidos en sus tejidos internos. Para eliminar el efecto inhibitorio de una cubierta dura se puede aplicar la estratificación cálida que consiste en colocar las semillas dentro de un substrato como por ejemplo arena no esterilizada y suficientemente húmeda para que las semillas se embeban, todo esto se incuba a temperaturas mayores de 10° C; otro método efectivo consiste en remojar las semillas después de secarlas, esto se repite de dos a cuatro veces dependiendo de la especie.

Las semillas del tejocote (*Crataegus pubescens*) y del capulín (*Prunus serótina sspcapuli*) tienen un comportamiento que concuerda con lo anterior.

Dormición morfológica: En muchas especies el retraso de la germinación puede resultar de la presencia de un embrión rudimentario, o sea poco desarrollado o no diferenciado en el momento en que la semilla madura. Esta es una característica de las especies que no depende del periodo transcurrido desde la fertilización de los óvulos hasta la maduración de las semillas. Para que la germinación se realice se requiere que el embrión haya completado su desarrollo, lo cual puede acelerarse artificialmente con aplicación de estratificación cálida u hormonas vegetales. Este tipo de embriones es frecuente en la familia de las palmeras, un ejemplo clásico son las semillas de la palma africana de aceite; los embriones de semillas de las anonas y magnolias también son rudimentarios.

Dormición fisiológica: En este caso la inhibición es resultado de cubiertas poco permeables a los gases combinadas con bloqueos metabólicos en el embrión. Este es el tipo de dormición más estudiado, sus manifestaciones van desde casos como las semillas de lechuga, tabaco y trigo en que la inhibición solo se presenta en semillas recién cosechadas, a ciertas temperaturas y en ausencia de luz, mientras que en las semillas del manzano y algunos pinos como *Pinus lambertiana* la inhibición es tal que sólo se elimina cuando las semillas se someten varios meses a enfriamiento en ambientes húmedos que consiste en que las semillas permanezcan embebidas en un substrato y a temperaturas menores de 10° C.

La germinación se estimula artificialmente con el enfriamiento en húmedo con la aplicación de reguladores de crecimiento, en algunos casos puede ser útil el empleo de inhibidores de la respiración.

Dormición secundaria: La dormición fisiológica puede profundizarse e incluso semillas quiescentes pueden adquirirla bajo condiciones de baja aireación, altas temperaturas, almacenamiento prolongado o una prolongada exposición a la radiación rojo lejano entre otras causas.

Los tipos de dormición someramente expuestos pueden combinarse y para obtener la germinación resulta necesaria la combinación de los tratamientos. Por ejemplo en el durazno se tiene una cubierta leñosa y una semilla con dormición fisiológica, para obtener la germinación se requiere eliminar manualmente el endocarpio y someter a las semillas de 1 a 3 meses a enfriamiento en húmedo.

Manifestación de la dormición química en siembras en suelo.

Se ha observado que la dormición química es débil, y que es más fácil que se manifieste en las siembras realizadas sobre papel que en las efectuadas en suelo (Nikolaeva, 1977) y Hartman y Kester, (1971). En caso de requerirse tratamiento, éste puede consistir en eliminar toda la cubierta de forma manual o mecánicamente, aunque es más fácil remojar las semillas en agua, de preferencia corriente (Ramírez y Camacho, 1987).

En visitas realizadas a viveros, y en algunos experimentos realizados (Camacho, 1987 y Camacho y Ramírez, 1987) se observó que la manifestación de la dormición química, se relaciona con la siembra densa en almácigos para el trasplante posterior a envases; la cual ha sido una práctica común en México (Cuevas, 1985).

Camacho (1992) al trabajar con semillas cuyas cubiertas contienen inhibidores, se encontró que la aplicación de remojo es necesaria en siembras sobre papel y en siembras muy densas de almácigo. Con bajas densidades y en siembras directas en envases no hubo necesidad de aplicar un tratamiento para estimular la germinación. Este autor concluye que:

- 1) La dormición química se manifiesta claramente en siembras sobre papel.
- 2) Dicho problema no se presentó en siembras directas en envases, así como en siembras de almácigo con baja densidad, por lo que no se requiere aplicar tratamiento.
- 3) El empleo de altas densidades de siembra obliga a aplicar el remojo para disminuir la depresión del porcentaje de germinación.

Especies trabajadas.

Dentro del trabajo experimental desarrollado se eligieron 5 especies forestales, de las cuales se presentan algunas de sus características:

Dodonaea viscosa L. Jacq. Sapindaceae: se le conoce como chapulixtle, cuerno de cabra, granadina, guayabillo, hierba de la cucaracha, jarilla, tarachico, palomita, etc., especie cosmopolita que se distribuye en zonas tropicales y subtropicales, es un arbusto muy resinoso, perennifolio, de 1 a 5 m de alto, raramente árbol de 10 m de altura, hojas simples, elípticas, 6-13 cm longitud y 2-4 cm de ancho que segregan una sustancia resinosa, presenta flores que van del amarillo al anaranjado rojizo, en racimos cortos, se les encuentra en el mes de agosto, el fruto es una cápsula de 2 cm de ancho, al madurar son pardas con tres alas. La madera es extremadamente dura y duradera, se establece en asociación vegetal en bosques de *Quercus*, bosque tropical caducifolio, bosque de coníferas y en zonas cosmopolitas su propiedad más importante y por lo que es muy preciada, es su capacidad para establecerse en suelos someros, rocosos y tepetatosos, además de ramificar adecuadamente, produce una buena cantidad de hojarasca durante todo el año, favoreciendo la formación de suelo, por lo que es muy preciada para usarse en plantaciones forestales para recuperar zonas erosionadas y además se cultiva como arbusto de jardín. Proporciona tutores útiles en la horticultura. Esta planta presenta una baja germinación sin tratamiento debido a la presencia de una cubierta impermeable, se recomienda utilizar la inmersión en agua a 75°C por seis minutos para eliminar este problema (Camacho y Cols, 1994). http://es.wikipedia.org/wiki/Dodonaea_viscosa

www.esacademic.com/pictures/eswiki/68/Dodonea



Figura 1. Arbusto y rama de chapulixtle *Dodonaea viscosa*

Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg; *Fabaceae*; es denominada palo dulce, cuate, coatl, palo cuate, rosilla; leguminosa arbustiva y en ocasiones arbórea, de 3 a 6 m de altura, ampliamente distribuida en la parte central del país, en zonas semicálidas, en terrenos pedregosos y de suelo somero, especie secundaria de selva baja caducifolia, gran capacidad para crecer en terrenos degradados, de hojas alternas, compuestas, pinnadas, 3 a 5 cm de largo, folíolos 10 a 15 pares por hoja, elípticos, 7 a 13 mm de largo por 3 a 5 mm de ancho, con glándulas resinosas aromáticas presentes, tallos ramificados color café oscuro, corteza amarilla de textura ligeramente rugosa, de color oscuro, interna pardo rojizo, inflorescencias dispuestas en racimos espigados terminales o subterminales, de 5 a 7 cm de largo; cáliz campanulado, corola blanca de cinco pétalos libres, oblongos, florece de mayo a octubre, fructificación de noviembre a diciembre, el fruto es una vaina ligeramente curvada, atenuada en el ápice, pubescente o subglabra, con el estilo persistente, frágil e indehiscente, provista con glándulas; cada vaina contiene una semilla cuya testa es delgada y permeable al agua especie forrajera, medicinal, la madera sirve para cercos y enseres rurales, habita en áreas erosionadas, crecimiento relativamente rápido. En cuanto a su propagación se ha encontrado que se tienen bajos porcentajes de germinación en suelo (González y Cols, 1992 y González y Camacho, 1994), además de que presenta dormición química, la cual se reduce al aplicar remojo por 48 horas, la viabilidad de la semilla es de dos años. (Camacho, 1987). Especie muy usada para leña por sus buenas características energéticas; proporciona forraje en abundancia, las ramillas son ramoneadas por el ganado bovino y caprino, como uso medicinal su madera se utiliza para preparar una infusión a la que se le atribuyen propiedades contra enfermedades renales y de la vesícula, la madera también se utiliza para elaborar copas y vasijas.

museum2.utep.edu/chih/plantimage/eysenpoly1.gif



www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/image

FIGURA 2. Arbusto e inflorescencia de *Eysenhardtia polistachya*

Pinus greggii [Engelm.](#) ex [Parl.](#) Pinácea, es conocida como pino, pino prieto, pino ocote, árbol de rápido crecimiento, procede del norte de México, pequeño de 10 a 25 m de altura, hojas perennifolias, los conos maduran de noviembre a marzo, son seróticos y pueden permanecer cerrados más de dos años, es posible encontrar conos en cualquier época del año, se establece en asociación vegetal en bosque de *Quercus* y bosque de coníferas, ha demostrado resistencia a la sequía, se distribuye sobre la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí e Hidalgo. Se desarrolla en suelos de origen volcánico, ubicados en las mesetas altas, también se pueden desarrollar en sitios secos o áridos, aunque bajo estas condiciones el crecimiento es lento y los árboles son de baja estatura y muy ramificados, son resistentes a las heladas, esta especie se desarrolla en sitios con climas templados subhúmedos. No se tienen referencias de que esta especie presente dormición, aunque su germinación tiende a disminuir en siembras densas, en las que es estimulada por el remojo (Camacho, 1992), además se ha encontrado que las procedencias del norte de México germinan mucho más rápido que las del centro oriente del país. Su madera se destina a la industria de la celulosa y el aserrío, para la fabricación de muebles, durmientes, postes para cerca y leña para combustible. También se utiliza como especie ornamental y como árbol navideño en algunas localidades.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus>

en.wikipedia.org/wiki/File:Pinus_greggii_03.jpg



farm1.static.flickr.com/102/308144282_be176fa...

Figura 3. Árbol y rama con frutos de *Pinus greggii*

Pinus montezumae Lamb. Pinaceae, pino, ocote, chalmaite blanco, pino real, pino blanco, ocote blanco; árbol con una altura de entre 20 y 35 m, y tronco de hasta 8 dm de diámetro; sus hojas aciculadas forman generalmente grupos de cinco, de color verde oscuro, su corteza es de una tonalidad café rojizo, su madera es blanca y resinosa. Es un tipo de conífera de resina aromática que arde con facilidad cuando entra en contacto con el fuego debido a su resina inflamable una vez que supera el estado cespitoso que tiene inicialmente; cubre superficies importantes sobre todo en el centro de México, crece en bosques de pino y encino en lugares entre los 1400 y 3200 m sobre el nivel del mar, con lluvias entre 900 y 1600 mm y con temperatura media anual de 11 a 18 °C, por lo que se puede encontrar en las zonas boscosas de las montañas de México y Guatemala, se desarrolla en suelos de origen volcánico, ubicados en las mesetas altas y pendientes bajas de las montañas, se le encuentra creciendo de forma natural en suelos erosionados, se desarrolla en sitios secos o áridos, es una especie muy resistente a heladas y condiciones de alta montaña, su madera se utiliza para la fabricación de muebles, estructuras, celulosa, chapa, triplay, extracción de resina, la resina (trementina) se emplea en la fabricación de aguarrás y brea. La etapa reproductiva inicia normalmente a los catorce años. La recolección de las semillas puede hacerse entre los primeros días de diciembre y mediados de marzo, antes de que inicie la primavera y los conos se abran por cambios de temperatura, la viabilidad de las semillas es hasta de cinco años. No se tienen referencias que esta especie presente dormición, aunque, al igual que la especie anterior su germinación tiende a disminuir en siembras densas, en las que es estimulada por el remojo (Camacho 1992). http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_mont

www.deeproot.co.uk/.../p/Pinus%20montezumae.jpg



farm3.static.flickr.com/2551/4110778153_49e05

Figura 4. Cono y árbol de *Pinus montezumae*

Schinus molle L. Anacardiácea, denominada pirú, pirul, pimentero falso, sauce pimienta, árbol del Perú, aguaribay, anacahuita, arbórea, ampliamente difundido en la altiplanicie Mexicana, desde el sur de México hasta el norte de Chile y centro de Argentina, especialmente en Perú. Las hojas son compuestas imparipinadas, lampiñas, con numerosas hojuelas largas y estrechas, con disposición alterna y terminadas en punta; su borde es entero o raramente serrado. Las flores son hermafroditas o unisexuales, de pequeño tamaño, dispuestas en un gran número en panículas colgantes terminales y axilares; son de color amarillo, tienen un cáliz con cinco lóbulos, cinco pétalos, diez estambres y un pistilo, rematado en tres estilos, al madurar este último, origina una drupa del tamaño de un grano de pimienta, de color rosa brillante, al romperlo desprende un olor agradable, algo resinoso a pimienta, en Europa se cultiva en parques, paseos y avenidas, es muy resistente a la sequía y a las altas temperaturas, aunque no aguanta bien las heladas, es buen formador de suelo, de crecimiento relativamente lento, útil como fomentador de fauna y productor de leña. Se trata de una planta ampliamente utilizada por la medicina tradicional, a su corteza y resina se le han atribuido propiedades tónicas, antiespasmódicas y cicatrizantes y la resina es usada para aliviar las caries, las hojas y las flores se utilizan como analgésico, cicatrizante y antiinflamatorio de uso externo, las hojas en infusión junto con hojas de eucalipto, y en inhalaciones son usadas para el alivio de afecciones bronquiales. Esta especie presenta dormición química la cual se manifiesta fuertemente en siembras sobre papel, pero no en las realizadas en surcos en suelo; en siembras de almácigo el tratamiento se hace más necesario conforme se incrementa la densidad de siembra (Camacho, 1987). <http://es.wikipedia.org/wiki/Molle>

wikanda.cordobapedia.es/imagenes/Schinus_moll

[plantasyjardin.com/wp-](http://plantasyjardin.com/wp-content/uploads/2010/12...)

[content/uploads/2010/12...](http://plantasyjardin.com/wp-content/uploads/2010/12...)



Figura 5. Rama con frutos y árbol de *Schinus molle*

Hipótesis

Comprobar el supuesto de que el porcentaje de germinación es independiente del número de semillas sembradas por envase en cinco especies forestales, algunas de las cuales presentan dormición química.

Objetivo general

Comprobar que el número de plantas que se obtienen por envase al sembrar "n" semillas sigue una distribución binomial puntual en cinco especies forestales y se mantiene el mismo porcentaje de germinación.

Objetivos particulares

Evaluar tres métodos para estimar el parámetro de mejor ajuste a la distribución binomial mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, de la relación de las semillas sembradas y germinadas para el cálculo de necesidades de semillas para establecer un cultivo.

Comprobar si la presencia de algún tipo de dormición afecta al porcentaje de germinación en siembras directas en envase.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las especies que se emplearon para realizar el presente trabajo (Cuadro 1), se incluyó a *Dodonaea viscosa* cuyas semillas tienen una testa impermeable al agua, es decir dormición física (Oliviera Toro y Camacho, 1990); también se emplearon semillas de *Eysenhardtia polystachya* y de *Schinus molle*, las cuales como se señaló anteriormente presentan dormición química, esto es que sus cubiertas externas contienen inhibidores germinativos solubles.

Así mismo, se utilizaron semillas de *Pinus greggii* y de *Pinus montezumae*, en las que se ha observado que en siembras densas similares a las realizadas en almácigo el porcentaje de germinación disminuye conforme se incrementa el porcentaje de suelo cubierto con semillas (Camacho, 1992 y Vilchis y Camacho, 1989).

Material biológico

Las semillas utilizadas se obtuvieron del Banco de Germoplasma Forestal, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, CENID, COMEF en Coyoacán, D. F (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de las colecciones de semillas de especies forestales empleadas.

Especie	Sitio de colecta
<i>Dodonaea viscosa</i>	Coyoacán, D.F.
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Naucalpan, Méx.
<i>Pinus greggii</i>	Landa de Matamoros, Querétaro.
<i>Pinus montezumae</i>	San Cristóbal de las Casas, Chiapas
<i>Schinus molle</i>	Atenco, Méx.

Efecto de los tratamientos de remojo sobre la germinación de semillas de cinco especies forestales sembradas en papel filtro.

Para determinar la germinación potencial de las colecciones de semillas empleadas y establecer la presencia de dormición química se hicieron siembras sobre papel filtro en cajas de petri de semillas sin tratamiento y semillas remojadas 24 horas y secadas al día siguiente. En cada caja se colocaron 50

semillas y se sembraron cuatro repeticiones por tratamiento.

L-Sin remojo (testigo)

2.-Remojo 24 horas más 24 horas secado

En *Dodonaea viscosa* como se presentan semillas impermeables y el remojo a temperatura ambiente no estimula la germinación (Oliviera Toro, 1989). El tratamiento consistió en sumergir las semillas en agua a 75°C durante seis minutos.

La incubación se realizó a una temperatura constante de 23°C, las unidades experimentales se distribuyeron en las charolas de la germinadora empleada siguiendo un diseño completamente al azar para cada una de las especies consideradas.

Las siembras se observaron durante 21 días, semanalmente se contó el número de semillas germinadas, las cuales debían tener una radícula de cuando menos tres centímetros de largo, una vez ocurrido esto eran eliminados para evitar errores en las evaluaciones posteriores.

Para determinar la profundidad de la dormición de las semillas de las especies trabajadas, se elaboró la siguiente clasificación:

- a) Dormición manifiesta: la germinación del testigo es menor de 50 %, y con la aplicación del tratamiento el porcentaje germinativo se incrementa en más de 25 %.
- b) Dormición débil: el testigo alcanza cuando menos un 50 % de germinación, y aunque el tratamiento produce un incremento estadísticamente significativo, la diferencia no supera un 25 %.
- c) Dormición ausente: el testigo alcanza cuando menos el 75% de germinación y con la aplicación de tratamiento no se producen incrementos significativos.

Efecto del número de semillas sembradas por envase de cinco especies forestales.

Por otra parte, con el fin de observar el comportamiento del porcentaje de germinación en siembras directas en envases, se estableció un experimento en el Vivero Forestal del CENID, COMEF ubicado en Coyoacán, D.F.

La siembra se realizó en envases o bolsas de polietileno negro de 12 cm. de ancho por 20 de largo, los cuales se llenaron con suelo húmico de bosque de coníferas. Como unidad experimental se empleó un grupo de 25 envases y se realizaron tres repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron los resultados de combinar la siembra de 1,3 y 5 semillas por envase con las cinco especies consideradas. Únicamente a las semillas de *Dodonaea viscosa* se les aplicó un tratamiento para eliminar la dormición, inmersión en agua a 75°C por 6 minutos; no se consideró necesario aplicar un tratamiento a las semillas de *Eysenhardtia polystachya* y *Schinus molle* pues la dormición química deja de manifestarse en siembras realizadas en suelo cuando el porcentaje cubierto con semillas es bajo (Camacho y Ramírez, 1987).

Se dispuso de tres repeticiones de cada uno de los 15 tratamientos evaluados, la distribución de éstas se hizo empleando un diseño de bloques al azar, el cual siguió el gradiente de soleamiento presente a lo largo de una de las paredes del invernadero del CENID, COMEF ubicado en Coyoacán, D.F.

La siembra se realizó a 2,0 cm. de profundidad colocando las semillas en una sola cavidad.

Durante los 27 días que duró el experimento, se realizaron evaluaciones diarias del número de semillas germinadas, para lo cual se colocaron palillos de plástico junto a las plántulas que emergían y estaban estiradas. Los palillos se emplearon para evitar confusiones al evaluar la germinación pues algunas plantas podrían morir y descomponerse. Se consideró que la emergencia había ocurrido cuando el talluelo adoptaba una posición vertical. Se realizaron riegos cada tercer día a partir de la fecha de siembra con un aspersor manual. Se determinaron los porcentajes de germinación y el número de plantas por envase.

Análisis estadístico:

Comparación de los porcentajes en laboratorio.

Para cada especie trabajada se efectuó una prueba de chi cuadrada. Para lo cual se construyó un cuadro de contingencia que tenía como entradas el manejo pregerminativo (con y sin tratamiento) y la respuesta (germinadas y no germinadas).

Estimación del valor de porcentaje de emergencia (p)

Como la concordancia entre las proporciones de envases que tuvieron de 0 a n plantas en el experimento realizado y distribución binomial teórica depende del valor de p y como este puede calcularse por varios métodos, se procedió a emplear los siguientes:

I.- Relación entre semillas sembradas en todos los envases y las germinadas en toda la siembra.

II.- Despeje del porcentaje de germinación (p) a partir del número de envases con todas las semillas germinadas, usando la fórmula de la distribución binomial:

$$p = (T/N)^{1/n}$$

Donde:

p = porcentaje de germinación estimado

T = número de envases con todas germinadas

N = tamaño de la población

n = número de semillas sembradas

III.- Despeje del porcentaje de germinación (p) a partir del número de envases que no presentaron ninguna semilla germinada usando la fórmula de la distribución binomial:

$$p = 1 - (S/N)^{1/n}$$

Donde:

S = número de envases sin plantas

IV.- Aproximaciones sucesivas a la mínima desviación máxima: en una primera iteración, comparando las distribuciones real y la teórica acumuladas, se evaluó la serie de valores de p desde 0.1 hasta 0.9 en intervalos de 0.1 en cada caso, se busco el punto donde la diferencia entre ambas fuera mayor (desviación máxima) y dentro de los valores explorados aquel que tuviera la mínima desviación máxima; para tomarlo como una estimación de la magnitud de p, con la que se tiene el mayor ajuste entre las distribuciones real y teórica, proporción que se simbolizó como Mp1.

En una segunda iteración se exploró con intervalos de 0.01, desde Mp1 - 0.1 hasta Mp1 +0.1, para mejorar la estimación del valor de p con el que se obtenía el mayor ajuste entre distribuciones (MP2). Con este mismo fin, el procedimiento se realizó dos veces más, con lo que se obtuvo Mp4, que es la proporción de germinación teórica con mayor ajuste a los datos reales.

Para hacer lo anterior se usó un programa de cómputo en Basic como se verá más adelante, la máxima desviación entre dos distribuciones, es la base del estadístico de Kolmogorov-Smirnov, Siegel (1986).

V. Relación de germinación-emergencia en suelo (Bleasdale (1979).

Ajuste a la distribución binomial:

Para cada especie y método de estimación de p , se evaluó el ajuste de los resultados obtenidos con distribución binomial teórica, con base en la prueba de Kolmogorov-Smirnov, que se fundamenta en la máxima diferencia entre la distribución esperada y la observada.

http://bochica.udea.edu.co/~bcalderon/6_pruebasbondadajuste.html

Comparación de las germinaciones en el experimento factorial.

Para el porcentaje de germinación obtenido, se realizó el análisis de varianza del experimento factorial que combinó cinco especies con tres números de semillas sembradas por envase. La prueba de medias de Tukey al 0.05, se aplicó con base en la significancia de la interacción. Se evaluó el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad (varianzas homogéneas), mediante la aplicación de la prueba de Bartlett y el coeficiente de variación, tanto para los datos obtenidos como para su transformación al arco seno. (Ramírez y Quito, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación sobre papel en laboratorio.

La germinación sobre papel en cajas de petri, en ninguna especie fue menor del 75 %, siempre y cuando se aplicara el tratamiento requerido para eliminar la dormición, cuando ésta estuvo presente (Cuadro 2).

Entre las especies trabajadas sólo *Dodonaea viscosa* y *Schinus molle* manifestaron una fuerte dormición en las siembras realizadas en laboratorio (Cuadro 2); en *Eysenhardtia polystachya* la dormición fue débil y en los pinos no se presentaron problemas para germinar.

En *Dodonaea viscosa* y en *Schinus molle* la germinación de las semillas tratadas superó en más del 50 % a la de las semillas testigo; en *Eysenhardtia polystachya* la dormición fue débil, el testigo tuvo una germinación superior al 60 % y el remojo produjo un incremento de apenas 12 %.

En los pinos dicho tratamiento no tuvo efecto estimulante y la germinación en todo caso fue mayor de 75 %.

Cuadro 2. Presencia de dormición en siembras sobre papel filtro de semillas de cinco especies forestales.

ESPECIE	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	
	SIN TRATAMIENTO	CON TRATAMIENTO
<i>Dodonaea viscosa</i>	3	98 *
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	70	82 *
<i>Pinus greggii</i>	78	79 NS
<i>Pinus montezumae</i>	89	85 NS
<i>Schinus molle</i>	24	78 *

Notas: Con excepción de *Dodonaea viscosa* que se le aplicó inmersión en agua a 75°C por 6 minutos, en todas las demás, las semillas se remojaron un día y se secaron al siguiente. * Diferencia significativa, 0.05 ns. Diferencia no significativa.

Germinación en suelo, siembras directas en envase.

La germinación emergencia de 1,3 y 5 semillas en siembras directas en envase proporcionó los resultados que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro3.-Número de plántulas de cinco especies forestales obtenidas en envases sembrados con 1, 3 y 5 semillas.

ESPECIES	NO. DE SEMILLAS SEMBRADAS	Número de plántulas obtenidas					
		0	1	2	3	4	5
<i>Dodonaea viscosa</i>	1	20	55	—	—	—	—
	3	15	12	28	20	—	—
	5	17	2	8	12	23	13
<i>Eysenhardtia plystachya</i>	1	57	18	0	0	0	0
	3	41	20	13	1	0	0
	5	52	13	8	1	0	1
<i>Pinus greggii</i>	1	63	12	0	0	0	0
	3	19	31	23	2	0	0
	5	11	20	18	17	6	3
<i>Pinus montezumae</i>	1	27	48	0	0	0	0
	3	10	5	20	40	0	0
	5	3	1	8	13	33	17
<i>Schinus molle</i>	1	36	39	0	0	0	0
	3	8	17	24	26	0	0
	5	5	5	12	15	22	16

La comparación de los porcentajes de germinación obtenidos en el laboratorio con los alcanzados en las siembras realizadas en envase (Cuadro 4), evidencia que este último fue menor; especialmente en *Eysenhardtia polystachya* y en *Pinus greggii*.

De acuerdo con Biesdale (1979) las condiciones de germinación en suelo, son buenas cuando se tiene una relación de germinación-emergencia de 0.8 (80%) y malas cuando es 0.4 (40%).

Con base a lo anterior la relación de germinación-emergencia fue buena para *Pinus montezumae* al igual que para *Schinus molle*. En el caso de *Pinus greggii* las condiciones fueron malas, para *Dodonaea viscosa* fueron buenas con una semilla y malas tanto con 3 como con 5 semillas; para *Eysenhardtia polystachya* las condiciones de germinación en suelo fueron pésimas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentajes de emergencia obtenidos en relación con el número de semillas sembradas por envase en especies forestales.

Especie	Semillas por envase	Porcentaje de emergencia	Emergencia respecto a la germinación
<i>Dodonaea viscosa</i>	1	73.33	74.82
	3	56.89	58.05
	5	56.27	57.41
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1	24.0	29.26
	3	21.8	26.58
	5	9.9	12.07
<i>Pinus greggii</i>	1	16.0	20.25
	3	36.9	49.24
	5	38.9	49.24
<i>Pinus montezumae</i>	1	64.0	75.29
	3	73.3	86.23
	5	72.8	85.64
<i>Schinus molle</i>	1	52.0	66.66
	3	63.6	81.53
	5	64.5	82.69

En el experimento realizado en suelo, de acuerdo con los análisis de las proporciones y sus arcos senos, el porcentaje de germinación fue constante e independiente del número de semillas sembradas por envase en todas las especies (Cuadro 5 y 6) lo cual es distinto de lo que ocurre en las siembras densas de almácigo, en las que el porcentaje de germinación disminuye al incrementar la cantidad de semillas sembradas, especialmente cuando hay dormición química, como ocurre en *Eysenhardtia polystachya* y *Schinus molle* (Camacho, 1992).

En los dos análisis de varianza realizados, las varianzas fueron homogéneas, es decir hubo homocedasticidad, y el coeficiente de variación fue menor de 20% por lo que los resultados obtenidos son confiables, especialmente cuando se analizó el porcentaje de germinación. (Cuadro 5)

Cuadro 5. Significancia observada para el efecto del número de semillas sembradas por envase en cinco especies forestales sobre el porcentaje de germinación en envases.

Fuentes de variación	Probabilidad de obtener un valor mayor o igual al estadístico observado ^a	
	Porcentaje	Arco seno
Especies	< 0.0001*	< 0.0001*
Semillas por envase	0.4423	0.5192
Interacción	0.0620	0.0538
X ² Bartlett	0.8430	0.8802
Coefficiente de Var.	13.65	16.16

^a El estadístico es F en los tres primeros renglones y es X² en el penúltimo.

*Significativo al 0.05.

De acuerdo con la prueba de medias realizada, la emergencia obtenida por *Eysenhardtia polystachya* y *Pinus greggii* fue estadísticamente igual e inferior a la obtenida por el resto de las especies, entre las cuales no hubo diferencias significativas (Cuadro 6).

Los promedios de emergencia obtenidos en relación con el número de semillas por envase, fueron estadísticamente iguales y numéricamente semejantes.

Cuadro 6. Efecto del número de semillas sembradas por envase sobre el porcentaje de germinación obtenido en las especies forestales trabajadas.

ESPECIE	SEMILLAS SEMBRADAS POR ENVASE			PROMEDIO
	1	3	5	
<i>Dodonaea viscosa</i>	73.33	56.89	56.27	62.16a
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	24.0	21.8	9.9	18.6 b
<i>Pinus greggii</i>	16.0	36.9	38.9	30.6 b
<i>Pinus montezumae</i>	64.0	73.3	72.8	70.0a
<i>Schinus molle</i>	52.0	63.6	64.5	63.0a
PROMEDIO	39.0a	49.7a	43.4a	

En la última hilera y en la última columna, las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, Tukey 0.05.

Los porcentajes estimados mediante iteraciones o aproximaciones sucesivas, se consideraron como los que mejor ajuste a la distribución binomial podían tener del resto de los métodos utilizados para estimar el porcentaje de germinación.

Los más cercanos a estos fueron los obtenidos mediante la relación germinadas-sembradas. De los porcentajes obtenidos mediante despeje se tuvieron desviaciones importantes en muchos de los casos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimación de los porcentajes de germinación de las siembras en envases relacionados con la especie y semillas sembradas.

Especies	Semillas por envase	Sembradas/ germinadas.	Iteraciones para la mínima desviación máxima	Despeje a partir de los envases con todas germinadas	Despeje a partir de la nula
<i>Dodonaea viscosa</i>	3	0.5689	0.5455	0.6437	0.4152
	5	0.5627	0.5591	0.7043	0.2568
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	3	0.2178	0.2166	0.2371	0.1823
	5	0.0987	0.0893	0.4217	0.0706
<i>Pinus Greggii</i>	3	0.3689	0.3700	0.2988	0.3673
	5	0.3893	0.3835	0.5253	0.3188
<i>Pinus montezumae</i>	3	0.7333	0.7467	0.8110	0.4891
	5	0.7280	0.7455	0.7432	0.4747
<i>Schinus Molle</i>	3	0.6356	0.6555	0.7025	0.5257
	5	0.6453	0.6623	0.7342	0.4182

Utilizando los porcentajes estimados mediante iteraciones y por la relación germinadas/sembradas, con excepción de *Dodonaea viscosa*, con la siembra de 5 semillas, la distribución binomial fue un buen modelo para estimar la probabilidad de obtener un número dado de plantas por envase; las desviaciones respecto a la distribución teórica no fueron significativas (Cuadro 8)

Cuadro 8. Desviación máxima de la frecuencia observada de envases con plantas, respecto a la distribución binomial relacionado con la especie, las semillas sembradas por envase y el método usado para estimar la probabilidad de éxito.

Especies	Semillas por envase	Relacion es sembradas germinadas. (P)	Despeje a partir del número de envases con todas las semillas germinadas (LI)	Despeje a partir del número de envases sin plantas (V)	Aproximacion es sucesivas para lograr la mínima desviación (AS)
<i>Dodonaea viscosa</i>	3	0.1199	0.1500	0.2700*	0.1076
	5	0.2041*	0.2200*	0.5224*	0.2099*
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	3	0.0685	0.1000	0.1100	0.0696
	5	0.0985	0.6205*	0.0834	0.0669
<i>Pinus greggii</i>	3	0.0254	0.1134	0.0278	0.0240
	5	0.0617	0.2633*	0.1579	0.0576
<i>Pinus montezumae</i>	3	0.1389	0.1233	0.4165*	0.1171
	5	0.0799	0.0667	0.5094*	0.0578
<i>Schinus Molle</i>	3	0.0897	0.1133	0.1967*	0.0658
	5	0.1012	0.1633	0.4067*	0.0860

* Indica una desviación significativa de acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (0.05=0.1570)

Análisis gráfico

De cada especie trabajada, se elaboraron gráficas de barras. La figura 6 muestra que el mejor modelo del ajuste a la distribución binomial ocurrió en *Pinus greggii* cuando se sembraron 3 semillas, lo que se nota claramente en las barras de lo observado y las de los demás modelos teóricos; no ocurrió lo mismo en el caso de *Dodonaea viscosa* para 5 semillas ya que se aprecia discordancia entre todos los modelos (Figura 7); sin embargo las otras especies como *Eysenhardtia polystachya* en el caso de la siembra de 5 semillas se puede apreciar cierta concordancia entre lo observado y los demás modelos, dicha concordancia es especialmente notoria al hacer la comparación con el modelo de aproximaciones sucesivas, lo que era de esperarse ya que esa estimación se considera la más exacta (Figura 8 y 9); dicha situación prevalece en la mayoría de las especies trabajadas.

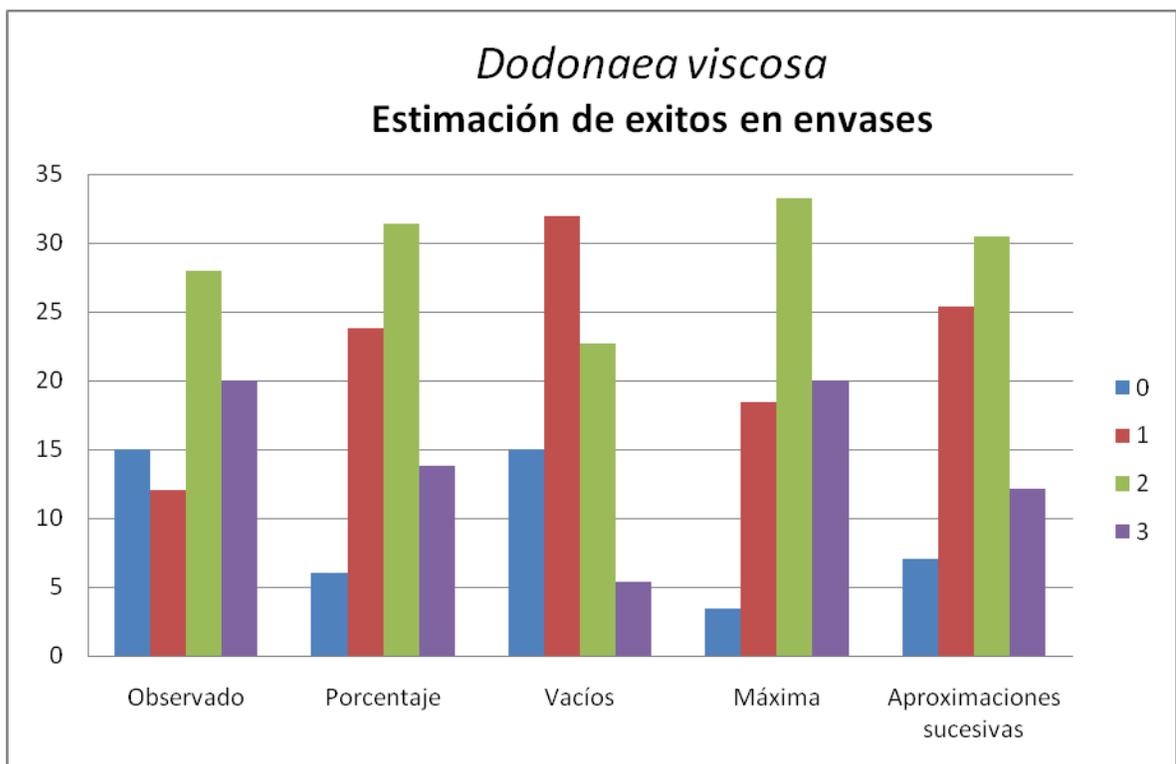


Figura 6. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p , al sembrar 3 semillas por envase en *Dodonaea viscosa*.

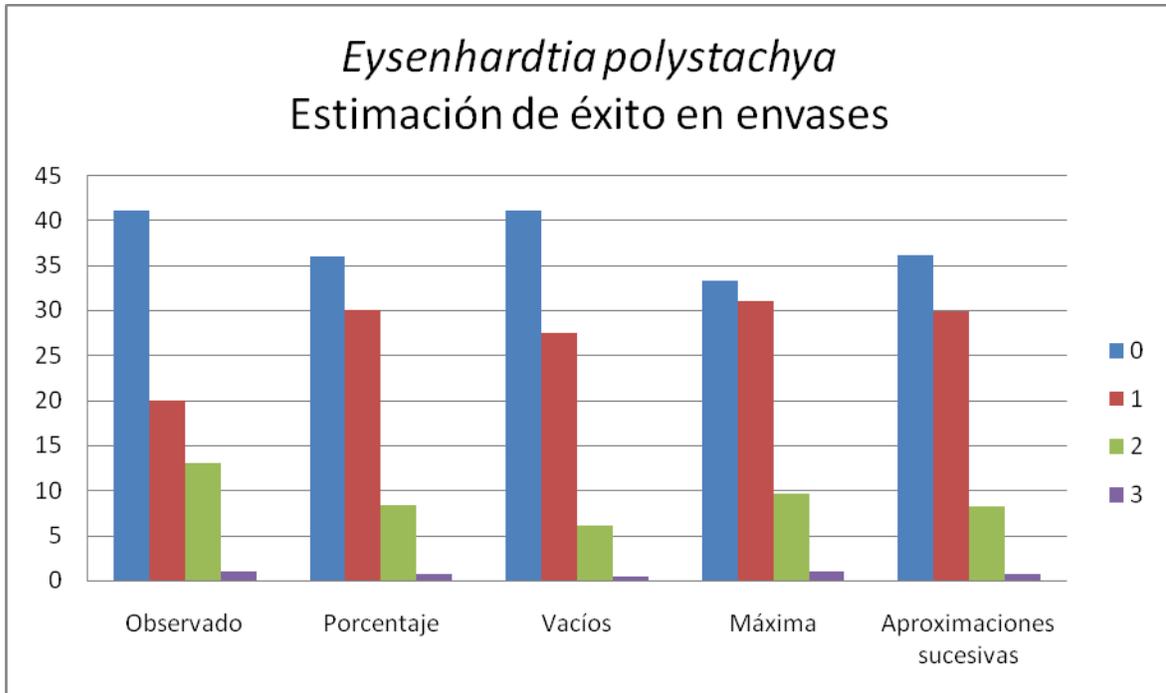


Figura 7. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 3 semillas por envase en *Eysenhardtia polystachya*

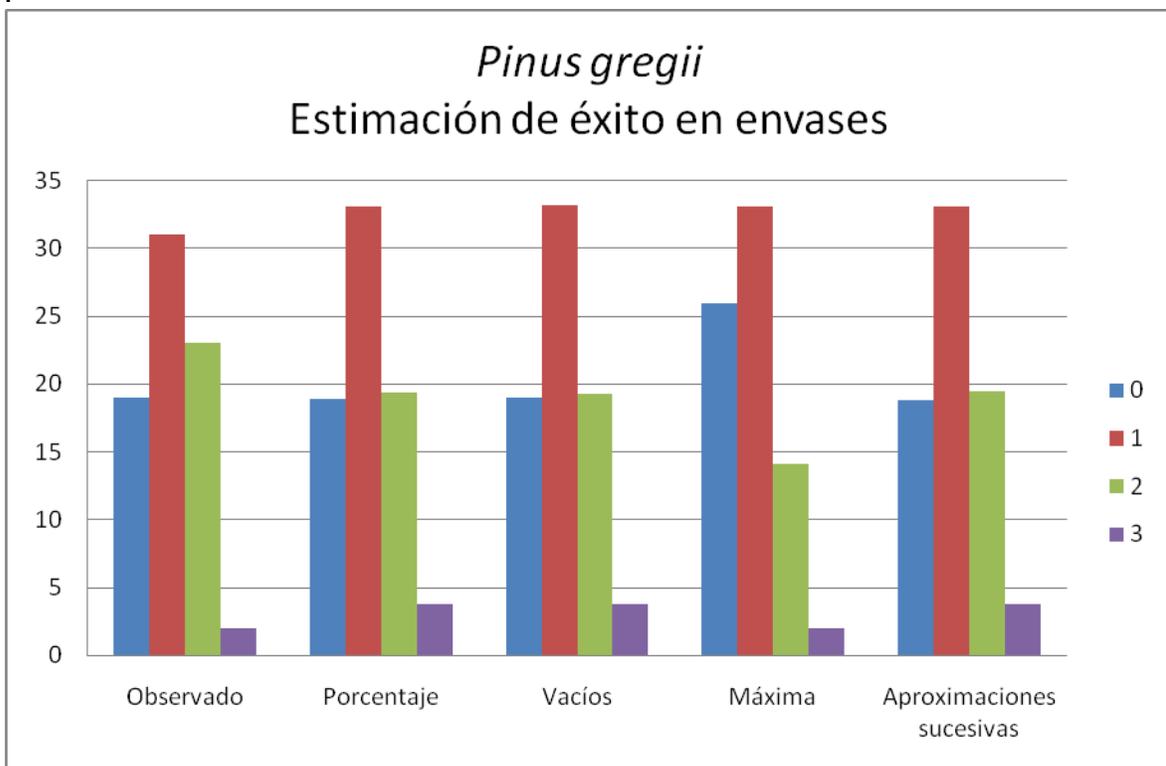


Figura 8. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 3 semillas por envase en *Pinus greggii*.

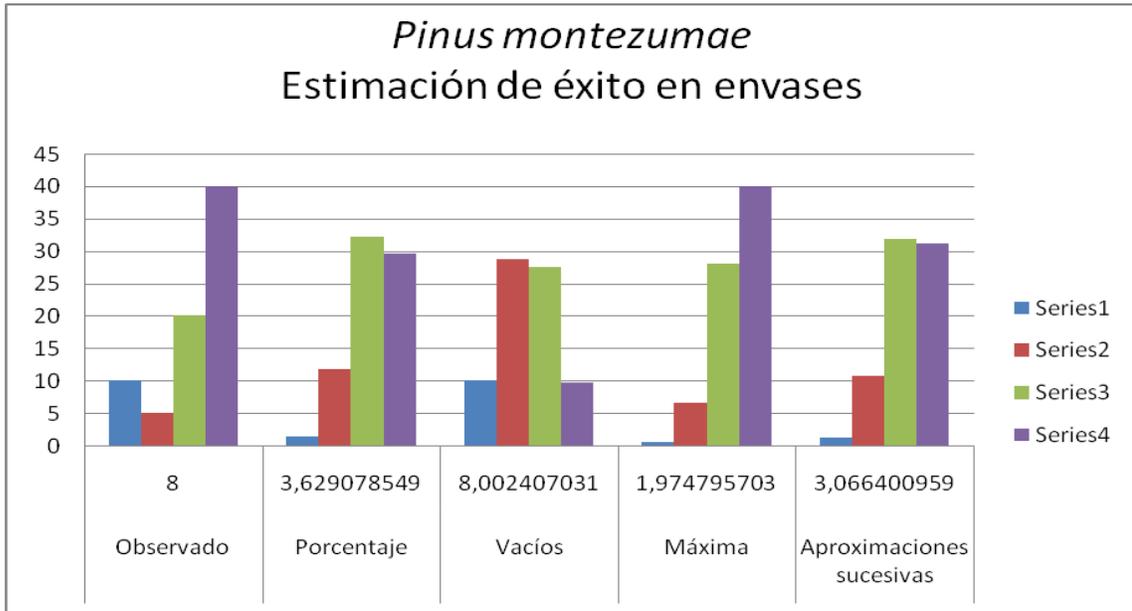


Figura 9. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 3 semillas por envase en *Pinus montezumae*.

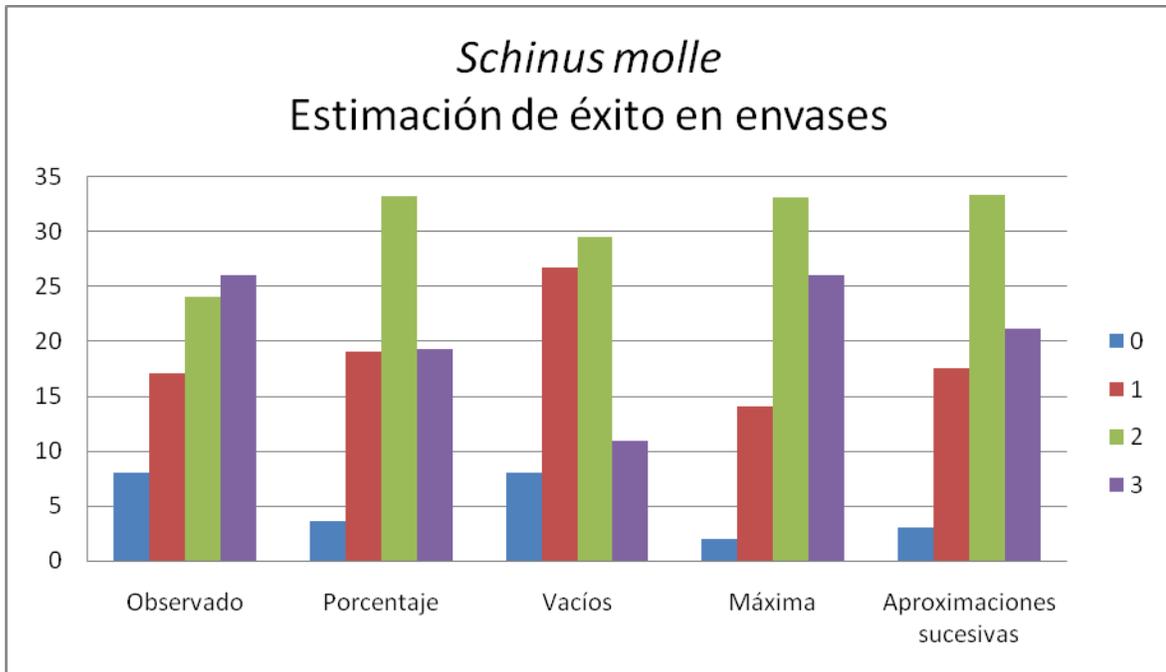


Figura 10. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 3 semillas por envase en *Schinus molle*.

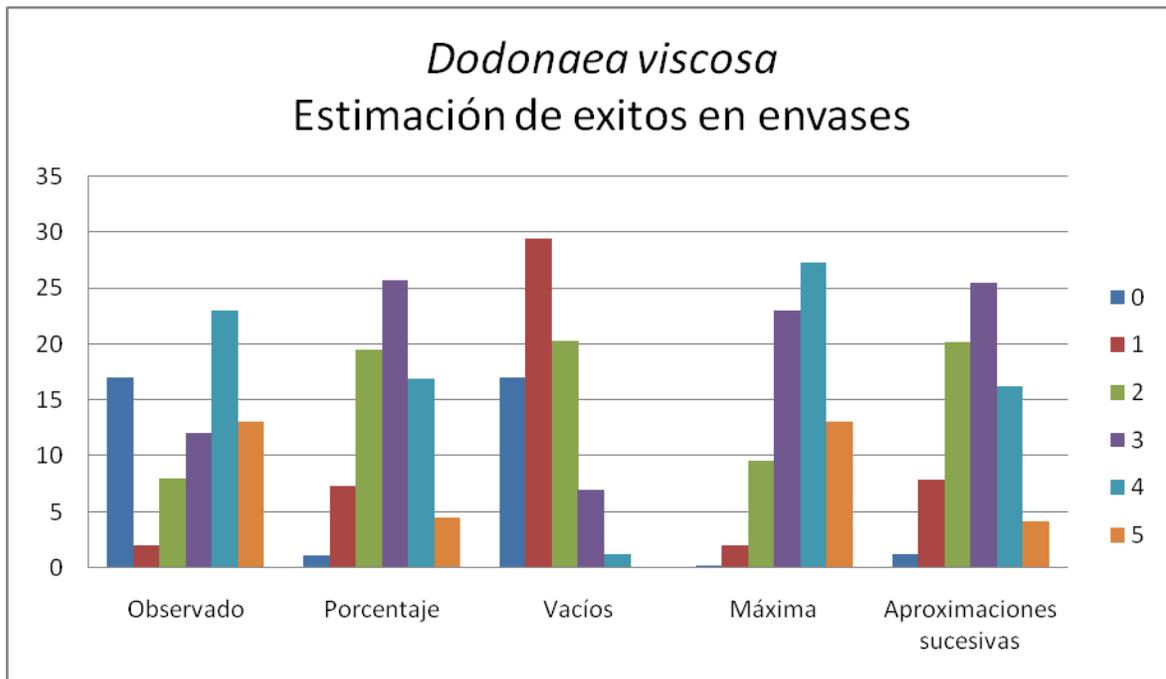


Figura 11. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 5 semillas por envase en *Dodonaea viscosa*.

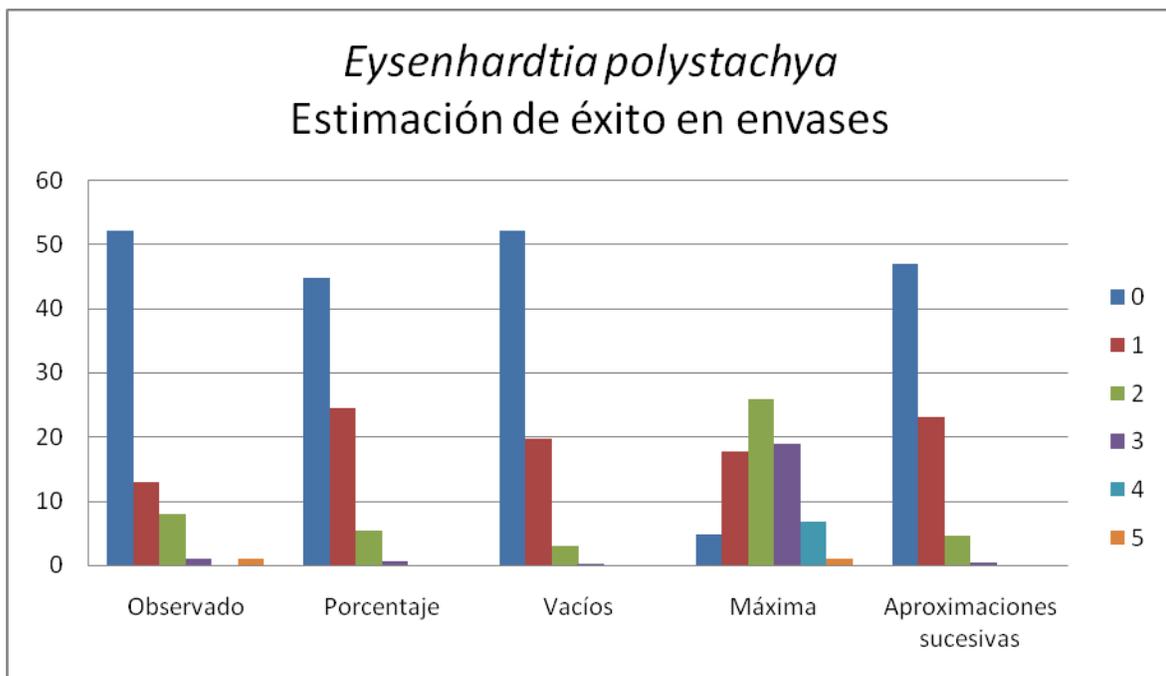


Figura 12. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 5 semillas por envase en *Eysenhardtia polystachya*.

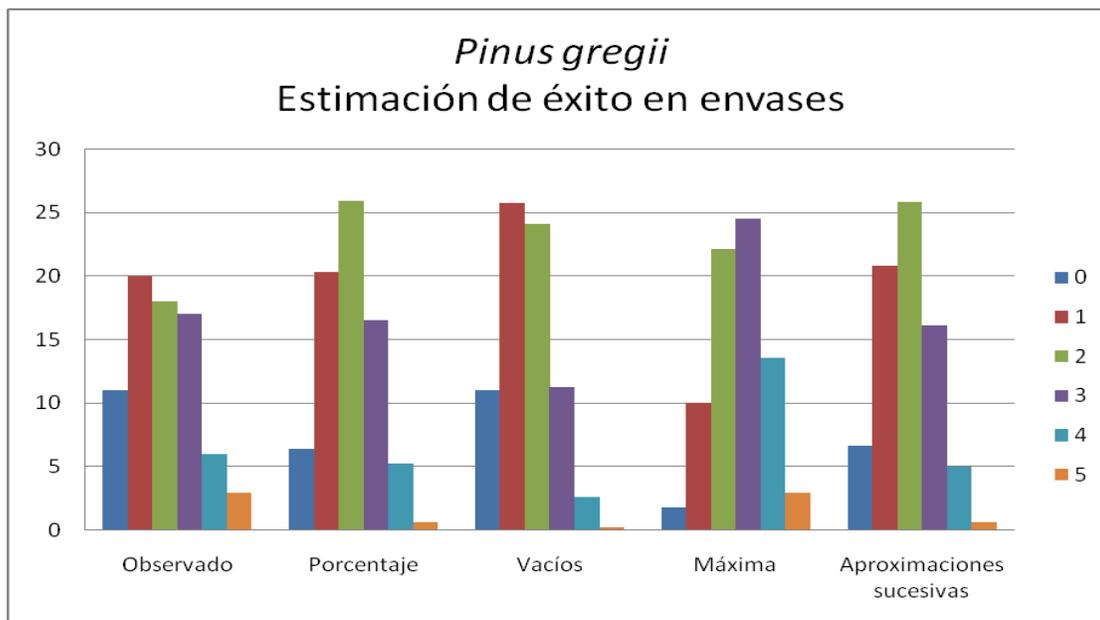


Figura 13. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 5 semillas por envase en *Pinus gregii*

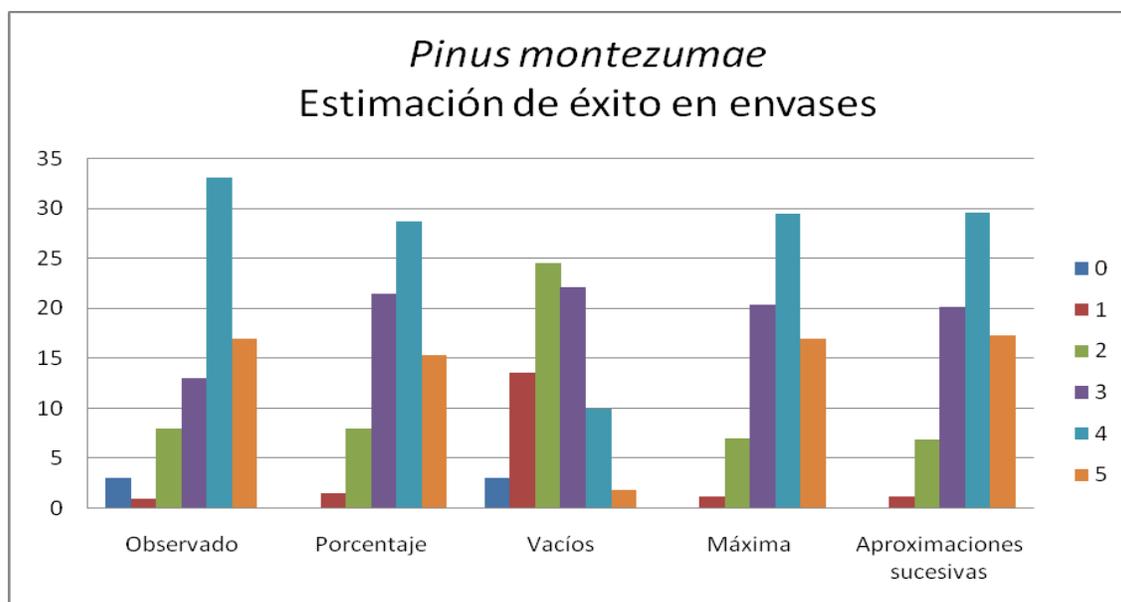


Figura 14. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 5 semillas por envase en *Pinus montezumae*

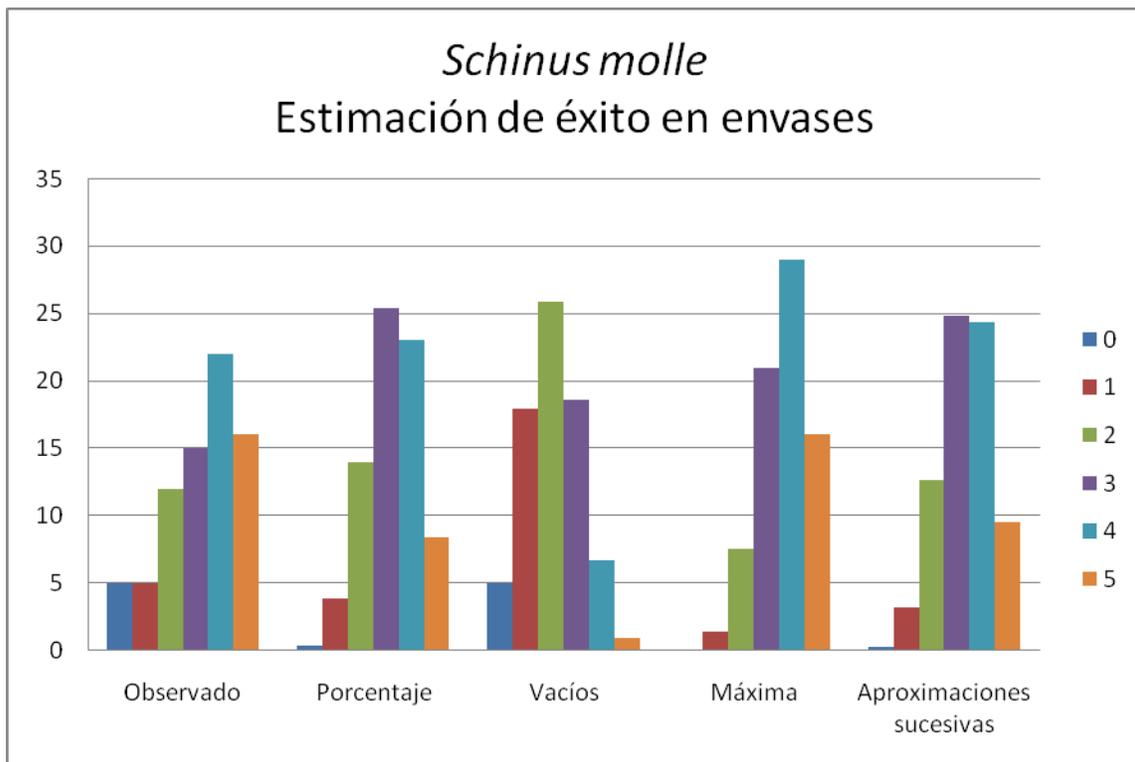


Figura 15. Ajuste de la distribución binomial al número de plántulas obtenidas por envase de acuerdo con la estimación de p al sembrar 5 semillas por envase en *Schinus molle*.

CONCLUSIONES

Aún en especies con dormición química, las siembras directas en envase cumplen con los supuestos matemáticos requeridos, para aplicar la distribución binomial de probabilidades en el cálculo de las necesidades de semillas para siembra.

Es necesario aplicar tratamientos pregerminativos de remojo y secado en las especies que presentan dormición química, dependiendo de las condiciones de siembra.

En siembras sobre papel filtro el tratamiento pregerminativo (remojo-secado) es altamente necesario para estimular la germinación en *Schinus molle*, en *Eysenhardtia polystachya* no es determinante para la germinación y en el caso de *Pinus montezumae* y *Pinus greggii* en que no es necesario aplicar dicho tratamiento. *Dodonaea viscosa* debe tratarse para eliminar la impermeabilidad de las semillas o dormición física.

Respecto a la dormición química, ésta es manifiesta en *Schinus molle*, es débil en *Eysenhardtia polystachya*, en el caso de *Pinus greggii* y *Pinus montezumae* no se presenta dicha característica, *Dodonaea viscosa* presentó una dormición física muy manifiesta.

En siembras directas en envase la relación germinación-emergencia fue buena para *Pinus montezumae* y *Schinus molle*, para *Dodonaea viscosa* fue buena en el caso de la siembra de una semilla por envase y mala para *Pinus greggii* y *Eysenhardtia polystachya*.

Los porcentajes de germinación-emergencia obtenidos en laboratorio, comparados con los alcanzados en suelo muestran dicho porcentaje menor en las especies *Eysenhardtia polystachya* y *Pinus greggii* que en las otras plantas trabajadas, independientemente de las condiciones de siembra. Así mismo, se observó que la germinación de todas las especies fue mayor en laboratorio que en suelo.

El número de semillas sembradas por envase en ninguna de las especies evaluadas afectó el porcentaje de germinación a diferencia de lo que ocurre en siembras densas de almácigo en las que el porcentaje de germinación disminuye en especies como *Eysenhardtia polystachya* y *Schinus molle* que presentan dormición química.

Las desviaciones respecto a la distribución teórica no fueron significativas, a excepción de *Dodonaea viscosa* cuando se sembraron 5 semillas por envase; los porcentajes obtenidos del despeje presentan muchos casos de desviaciones importantes, todo esto en relación con la especie y el número de semillas sembradas.

El método que presentó un valor más cercano a aproximaciones sucesivas fue el del porcentaje; en el caso de los métodos de todos los envases vacíos y todas las semillas germinadas en el envase se produjeron frecuencias distintas muy alejadas de lo observado y de las aproximaciones sucesivas.

REFERENCIAS

- Bleasdale, J. K. A. 1979. Plant physiology in relation to horticulture. Avi Publ. Comp.USA. pp. 1-22.
- Bonner, F.T. 1984 Testing for seed quairty in Southern Oaks. Reseech Notes. Southern Forest Experiment Station. pp. 77-8
- Bonner, F.T. 1987. Evaluation of seed vigor in longleaf, short-leaf, Virginia and eastern white pines. Proccedings of the Fourth Biennial Southern Silvicultural Research Conf. USDA Forest Serv. Gral. Techn, Rep. pp. 77-80.
- Bonner, F.T. and Vozzo J.A. 1982. Measuring southern pines seed quality with a conduciivty meter does it work* South, Nursery Conf. USDA Forest Service. USA. pp.97-105
- Boyd, C. W. 1969. A better estimation of nursery survival used in the sowing formula. Tree Plant. Not. 20(3): pp. 21-25.
- Camacho M, F. 1987. Germinación de semillas de palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega Sarg.) en siembras densas. Rev. Ciencia Forestal. México. 12(62): pp. 3-14.
- Camacho, M. F. 1989. Fórmulas para reducir los requerimientos de semillas en siembras directas en viveros forestales. I Congr. Forestal Méx. Acad. Nal. De Ciencia Forestal. México. Tomo II. pp. 959-961.
- Camacho, M. P. 1990. Deducción de una función de rendimiento para siembras mateadas agrícolas. Mem. del IV Foro de Estadística. Soc. Mex. de Estadística. UNAM. México, pp. 59-70
- Camacho M, F. 1992. Cálculo de necesidades de propágulos en vivero. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México, p. 278
- Camacho M., F. 1992. Manifestación de la dormición química en siembras de vivero. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México, pp. 298-309.
- Camacho M.F. 1994. Dormición de semillas, causas y tratamientos. Ed. Trillas, México, p. 125.

Camacho M.F. 2000. Cálculo de las necesidades de semillas para la producción de plantas forestales. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal (5) pp. 41-49.

Camacho M.F. 2001. Optimización del cálculo de necesidades de semillas para la producción de plantas forestales. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal (6) pp. 31-43.

Camacho, M. F. y Ramírez, P. M. 1987. Dormición química de semillas de pirú (*Schinus molle* L.) en tres tipos de siembra. Rev. Ciencia Forestal. México. 12(62): pp.15-31.

Camacho M, F., González K, V y Mancera O, A. 1994. Guía Tecnológica para el cultivo del Chapulixtle (*Dodonaea viscosa* L. Jacq.); arbusto útil para producción de tutores hortícolas, control de erosión y setos urbanos. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales Guía Tecnológica No. 1. INIFAP. SARH. México. p. 35

Cuevas R, R. A. 1985. Situación actual de los viveros de algunos estados de la República Mexicana. Tercera Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. SARH. Public. Esp. No 48. México., D.F. SARH. pp. 320-337.

Galloway, G. y G. Borgo, 1983. Manual de viveros forestales de la Sierra Peruana. Proy. FAO. Holanda/INFOR. Perú. p. 39

González Kladiano, V.; Camacho M, F. y Carrillo S, J. 1992. Propagación y crecimiento en vivero de arbustos útiles para control de erosión. Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. SARH. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CECOY. México, pp. 247-256.

González K, V. y Camacho M, F. 1994. Avances en la propagación de cuatro especies presentes en el Pedregal de San Ángel, D. F. En: Rojo, A. (Ed.) Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel; Ecología, Historia Natural y Manejo. UNAM. México, pp. 403-410.

Hartmann, H. T. y Kester D. E. 1971. Propagación de plantas; principios y prácticas, Trad. Marino A.A. CECOSA. México. p. 809

Infante, G. 5. y Zarate, G. 1984 Métodos estadísticos; un enfoque interdisciplinario. Trillas. México, pp. 250-264.

Maguire J., D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science pp. 176-177.

Morales V. G. y Camacho M. F. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Publicación

Especial No. 48. pp. 23-138.

Moreno Ernesto. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. UNAM. Instituto de Biología, pp. 167-221.

Naylor R.E.L. 1981. An evaluation of various germination índices for predicting differences in seed vigour in Italian Ryegrass. School of Agrivulture, Aberdenn, Scotland. U.K. pp. 593-600.

Nielsen, E. T. and Muller, W. H. 1980. A Comparison of the relative naturalization ability of two *Schinus* species in the Souther California. I. Seed Germination. Bolletin of The Torrey Botanical Club. 107 (1) pp. 51-56

Nikolaeva, G. M. 1969. Physiology of deed dormancy in seeds Trad. Shapiro S. IPST. Press. Israel. p. 220

Nikolaeva, M. G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattem. En: Khan, A. A. (ED) Physiology and Biochemistry the seed dormancy and Germination . Elsevier / North Holland Biomedical Press. Holanda pp. 50-73

Oliviera Toro. M, A. M. 1989. Efecto de diversos tratamientos de presiembra sobre la latencia de semillas de *Dodonaea viscosa*, y posibles mecanismos implicados en ésta. Tesis Prof. Biólogo. Fac. Ciencias. UNAM. México. p. 57

Oliviera Toro M, A. M. y Camacho M, F. 1990. Tratamientos para estimular la germinación de chapulixtle *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq) Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI y Univ. Aut. de Chiapas. México, p. 448.

Padilla M.S. 1983. Manual del Viverista. CICAFOR. No. 32. p. 63

Ramírez G., M. E. y Quito L., T. 1993 .Métodos estadísticos no paramétricos. Univ. Aut. De Chapingo. México, pp

Ramírez, O. G. y Camacho, M. F. 1987 Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica. Biología 16 (1-4): pp. 36-42

Siegel, S. 1970. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Td. Aguilar, V. J. Trillas. México. pp. 233-245

Snedecor, G. y Cochran, G. 1964. Métodos estadísticos. Td. Reinoso, F. J. CECSA. México, pp. 257.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1979. Biometria; principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Td. Lahoz. L, M. Blume. España, pp. 405-438.

Little, T. M. y Hills, F. J.. 1985. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México pp. 180-181

Terrazas P, R. 1990. Determinación de constantes para calcular necesidades de semillas para siembra de *Pinus engelmanni* Carr., *P. oocarpa* Schiede y *P. pseudostrobus* Lind. Tesis Profesional de Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México. p. 76

Tinus, R. W. and McDonald, S. E. 1979. How grow tree seedling in containers in greenhouses. USDA Forest Serv. Gral. Tech. Rep. RM-60. USA. pp. 142-148.
Van Haeff J. N. M. y Berlijn D. J. 1982. Horticultura. Manuales para educación agropecuaria; producción vegetal-SEP/Trillas. México pp. 68-70.

Vidal J. J. 1962. El Pino. Ed. UTHEA. México, pp.49-53.

Vilchis N, R. y Camacho M, F. 1989. Efecto del remojo y la densidad de siembra en la germinación de *Pinus montezumae* Lamb. Mem. I Congr. Forestal Mexicano. Gob. Edo. Méx.; ANCF y CfAM. México. Tomo II. pp. 896-96-900.

Wakeley C. P. 1954. Planting the Souther Fines. Foresst Service Agricultura Monograph. No. 18. Departament of Agricultura pp. 15.

PÁGINAS WEB

http://bochica.udea.edu.co/~bcalderon/6_pruebasbondadajuste.html

http://es.wikipedia.org/wiki/Dodonaea_viscosa

www.esacademic.com/pictures/eswiki/68/Dodonea

http://es.wikipedia.org/wiki/Dodonaea_viscosa

museum2.utep.edu/chih/plantimage/eysenpoly1.gif

www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/image

<http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus>

en.wikipedia.org/wiki/File:Pinus_greggii_

farm1.static.flickr.com/102/308144282_be176fa...

www.deeprooot.co.uk/.../p/Pinus%20montezumae.jpg

farm3.static.flickr.com/2551/4110778153_49e05

wikanda.cordobapedia.es/imagenes/Schinus_mo

plantasyjardin.com/wp-content/uploads/2010/12...

http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_mont