

**ANÁLISIS COMPARATIVO – DESCRIPTIVO DE CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS EN CONÍFERAS DE LA  
SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA**

**NEFTALÍ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

***INGENIERO FORESTAL***



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Departamento Forestal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**DICIEMBRE DE 2003**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO – DESCRIPTIVO DE CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS EN CONÍFERAS DE LA  
SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**NEFTALÍ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
aprobada como requisito parcial para obtener el título de:**

***INGENIERO FORESTAL***

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor Principal:** \_\_\_\_\_  
**Dr. José Luis Oviedo Ruiz**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**MC. José Armando Nájera Castro**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Ing. Sergio Braham Sabag**

**Coordinador  
de la División  
de Agronomía:** \_\_\_\_\_  
**M.C. Arnoldo Oyervides García**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**  
**Diciembre de 2003**

## **DEDICATORIA**

### **AL UNICO DIOS.**

Porque en cada etapa y a cada paso de mi carrera tu presencia nunca se apartó de mí. Tu vida misma la diste para salvar la mía. El hombre sin ti solo es materia.

### **A MIS PADRES: Victórico y Elena.**

Ustedes se despojaron para vestirme y darme caminos para realizar mis sueños. Tantos años fuera de casa me han enseñado el valor imprescindible de tenerlos apoyándome. Gracias por vivir para nosotros.

### **A MIS HERMANAS: Orfa Evelia, Delia Saraí, Bety y Melina.**

En testimonio de amor, ejemplo y apoyo de y hacia ustedes. Realmente les amo y espero mucho de las señoritas.

### **A MIS AMIGOS.**

No acabaría de mencionarlos uno por uno; de los que ya no están, de los que hoy están aquí, y de los que me han de admitir, de manera especial (CAVIPA) Y VIDA ESTUDIANTIL. Les aprecio bastante.

A ese ser que aún no conozco como tal y que esfuerza mi vida para esperarle.

## AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme la oportunidad de formarme académica y humanamente para superarme en el campo profesional de la ciencia.
- Al **Dr. José Luis Oviedo Ruiz** por la oportunidad de trabajar bajo su asesoría, dándome las facilidades que se requirieron y sobre todo por brindarme su amistad.
- Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo** por su confianza, dirección profesional y sabios consejos en mi beneficio para sacar adelante este trabajo, incluso, para orientarme en otros aspectos de mi vida.
- Al **MC. José Armando Nájera Castro** quien dispuso todo lo necesario en tiempo y esfuerzo a la parte estadística, y por las aportaciones realizadas en beneficio del rigor científico del presente trabajo.
- Al **Ing. Sergio Braham Sabag** y todo el personal del **Invernadero Forestal de Alta Tecnología** por su ayuda desinteresada en la etapa de recolección y beneficio del germoplasma.
- Al personal del Laboratorio de Ensayos del Centro de Capacitación en Tecnología de Semillas (**Q.F.B. Alejandra Torres Tapia** y **TLQ. Sandra Luz García Valdés**), quienes amablemente me asesoraron en la etapa de procedimientos.
- Al **Ing. Jose Luis Sanchez Montesinos** del ECOAH, quien amablemente participó en la elaboración del mapa de sitios.
- A la **MSc. Leticia Bustamante García** por sus sabios consejos y oraciones a nuestro favor.
- **A todo este país** que con sus contribuciones hace posible la existencia de la Universidad Publica como ente pensante.

Habla a la tierra, y ella te enseñará.  
JOB 12:8

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS. ....	xii
INDICE DE FIGURAS. ....	xiii
INTRODUCCION. ....	1
Objetivos. ....	4
Hipótesis. ....	5
REVISIÓN DE LITERATURA. ....	6
Concepto de semilla. ....	6
Semilla ortodoxa. ....	6
Semilla recalcitrante. ....	7
Semilla forestal. ....	9
Calidad y supervivencia de las semillas. ....	10
Importancia de los ensayos para caracterización física y fisiológica. ....	14
Descripción de las coníferas analizadas. ....	17
<i>Pseudotsuga flahaulti</i> . ....	19
<i>Abies vejari</i> . ....	22
<i>Pinus greggii</i> . ....	25
Pruebas rutinarias de laboratorio para el ensayo de semillas. ....	28
MATERIALES Y METODOS. ....	38
Localización del área de estudio. ....	38
Etapa de campo. ....	40

Etapa de beneficio de conos. . . . .	42
Etapa de laboratorio . . . . .	43
Prueba de pureza. . . . .	43
Prueba de peso de 1000 semillas. . . . .	45
Prueba de contenido de humedad. . . . .	46
Prueba de viabilidad . . . . .	48
Prueba de germinación. . . . .	49
Procesamiento estadístico. . . . .	52
RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	53
Análisis de pureza . . . . .	53
Peso de 1000 semillas . . . . .	55
Contenido de humedad. . . . .	57
Viabilidad . . . . .	59
Porcentaje de germinación . . . . .	60
Tipos de germinación. . . . .	63
CONCLUSIONES. . . . .	64
RECOMENDACIONES. . . . .	66
LITERATURA CITADA . . . . .	67
APENDICE. . . . .	71



## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
4.1	Datos del análisis de pureza física en las muestras estudiadas. . . .	54
4.2	Datos del análisis de peso de 1000 semillas de las muestras estudiadas. . . . .	55
4.3	Datos del análisis de contenido de humedad de las muestras estudiadas. . . . .	57
4.4	Datos del análisis de viabilidad de las muestras estudiadas. . . . .	59
4.5	Datos del análisis de germinación en <i>Abies vejari</i> . . . . .	61
4.6	Datos del análisis de germinación en <i>Pseudotsuga flahaulti</i> . . . . .	61
4.7	Datos del análisis de germinación en <i>Pinus greggii</i> . . . . .	62

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1.	Partes importantes de una semilla en las especies de coníferas. . .	10
2.2	Evolución reproductiva de <i>Abies vejari</i> . Indicador que marca la pauta en la calidad genotípica y fenotípica de la especie. . . . .	12
2.3	El laboratorio de ensayo de semillas como centro de las actividades de control de calidad. . . . .	16
2.4	Fisonomía de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> en la Sierra de Arteaga, Coah. . . . .	20
2.5	Fisonomía de <i>Abies vejari</i> en la Sierra de Arteaga, Coah. . . . .	23
2.6	Fisonomía de <i>Pinus greggii</i> en la Sierra de Arteaga, Coah. . . . .	26
3.1	Localización del área de estudio. . . . .	39
3.2	Colecta de conos utilizando gancho con tijeras. . . . .	41
3.3	Bolsas de polietileno conteniendo conos en proceso de secado. . .	42
3.4	Invernadero de alta tecnología. Espacio ideal para la desecación de conos en condiciones de clima controlado. . . . .	43
3.5	Separador neumático y balanza analítica de barra. Instrumentos de laboratorio básicos para llevar a cabo eficientemente la prueba de pureza. . . . .	45
3.6	Balanza digital con alta sensibilidad utilizada para la lectura del peso de 1000 semillas. . . . .	46
3.7	Horno con temperatura controlada para la disminución del contenido de humedad en las semillas. . . . .	47
3.8	Muestra radiográfica de <i>Abies vejari</i> . . . . .	48
3.9	Muestras radiográficas de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> y <i>Pinus greggii</i> , respectivamente. . . . .	49

3.10	Muestras de la germinación en los primeros siete días con temperaturas alternas para <i>Abies vejari</i> (Ab ve), <i>Pseudotsuga flahaulti</i> (Ps fl), y <i>Pinus greggii</i> (Pi gr), respectivamente. . . . .	51
3.11	Cámara de germinación utilizada para la obtención de resultados óptimos en el ensayo realizado. . . . .	52
4.1	Porcentaje de diversos componentes en las muestras de las especies sometidas al análisis de pureza física. . . . .	54
4.2	Peso de 1000 semillas (en gramos) de las muestras estudiadas. .	56
4.3	Porcentaje del contenido de humedad de las muestras estudiadas. . . . .	58
4.4	Porcentaje de viabilidad de las muestras estudiadas. . . . .	60
4.5	Comparación de porcentajes de semillas germinadas respecto a las no germinadas en las muestras estudiadas. . . . .	62
4.6	Comportamiento de los coeficientes de germinación al tiempo de las evaluaciones semanales a las muestras estudiadas. . . . .	63

# INTRODUCCION

## **Antecedentes e importancia de las semillas**

En la actualidad la disminución de superficies forestales es una situación cada vez más seria, puesto que según Paré y Madrid (1998), cerca de 500,000 hectáreas anualmente de bosques templados y tropicales se deforestan, contribuyendo con esto al crecimiento de problemas ambientales como la degradación edáfica, pérdida de recursos genéticos vegetales, disminución del nivel de los mantos acuíferos y la interrupción de las interrelaciones ecosistémicas.

Desde el punto de vista económico y silvícola, las coníferas de nuestro país constituyen la fuente principal de maderas blandas, proporcionando materia prima a la industria de celulosa para la fabricación de papel y de fibras sintéticas, así como de resina para la fabricación de aguarrás y de un gran número de derivados. Las semillas de estas especies se usan como alimento para la fauna silvestre y constituyen la materia prima en los programas de producción de plantas destinadas para reforestación y plantaciones comerciales de alto rendimiento (Niembro, 1986).

Zobel y Talbert (1988) señalaron la importancia de la fuente de semilla en los rodales forestales naturales, recomendando obtener semilla a partir de

lugares cercanos a las futuras áreas de plantación, siendo el uso de una adecuada fuente de semilla la base importante para el desarrollo de programas importantes de mejoramiento genético forestal.

La conservación de los recursos forestales, dentro del concepto de la sostenibilidad, pretende mantener la diversidad natural de la distribución de especies en todos los niveles de riesgo. Particularmente, la Sierra de Arteaga forma parte de la distribución natural (en la Sierra Madre Oriental) de especies maderables nativas para el Noreste del país, tales como *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus greggii* y *Abies vejari*, entre otras (Rzedowsky, 1983). Aun con ello, los rodales y áreas semilleras de esta región no cuentan con una producción segura anual de semilla en las diversas especies que conviven, incluso, la escasa producción no está canalizada a programas de mejoramiento genético con fines de reforestación regional.

### **Problemática y justificación**

**En la Sierra de Arteaga, Coahuila, los incendios que ocurren han sido el principal efecto de perturbación, que junto con otros factores, ponen en riesgo la permanencia de las especies nativas y endémicas, además de la constante necesidad en los suelos de la zona por ser cubiertos de especies adecuadas para rehabilitar el hábitat, siendo pues impostergable la implementación de grandes programas de producción**

**masiva de semilla forestal de alta calidad en los componentes físico, fisiológico, genético y sanitario, provenientes de especies regionales con importancia ecológica y económica.**

**Por su parte, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), dentro de sus programas de reforestación (PRONARE) y de plantaciones (PRODEPLAN), realiza un esfuerzo histórico pero aun no suficiente para cubrir la demanda de semilla forestal que se requiere para cada región en específico, dentro de los estándares recomendables, a la par de un mejoramiento constante de los genotipos disponibles. Aunado a esto, en México existe un vacío considerable, en experiencia escrita, por parte de los manipuladores de germoplasma forestal quienes manejan la información mas básica en cada región con sus particulares características. En el Noreste del país, el vivero e invernadero forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pertenece a la Red Mexicana de Bancos de Germoplasma, que realiza con sus propios mecanismos un esfuerzo por satisfacer la demanda de semilla y planta para los programas regionales de reforestación por parte de las dependencias gubernamentales correspondientes u otro tipo de usuarios.**

**La utilidad de lo publicado por los centros de investigación será la base para una visión sistemática y actualizada de los principios de caracterización y manipulación de semillas de arboles forestales y su aplicación a problemas específicos (Willan, 1991).**

En este trabajo solo se abordarán aspectos básicos de caracterización física y fisiológica de tres especies comunes en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* de la Sierra de Arteaga, Coahuila, en el entendido de que se podrían encontrar diferencias en cuanto a los parámetros a determinar y relacionar en este trabajo. Es importante enfatizar la utilidad de este estudio para investigaciones posteriores en torno a la influencia de las características de las semillas forestales para la distribución y dominancia interespecífica en las diferentes áreas y situaciones de la región.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Crear un marco de referencia bibliografica que facilite conocer las condiciones optimas de colecta, manejo, almacenamiento e investigación de semilla forestal de la region con importancia económica y ecológica.

### **Objetivos específicos**

- a) Determinar y comparar las características físicas (pureza física, peso de 1000 semillas y contenido de humedad) de semilla forestal de *Pseudotsuga flahaulti*, *pinus greggii* y *Abies vejari*.
- b) Determinar y comparar las características fisiológicas (viabilidad, coeficiente de germinación) de semilla forestal de *Pseudotsuga flahaulti*, *pinus greggii* y *Abies vejari*.
- c) **Establecer relaciones de algunas variables de colecta (peso, numero, longitud y diámetro de conos), con niveles de semilla producida.**

### **Hipótesis**

Ho<sub>1</sub>: No existen diferencias en los coeficientes determinados de características físicas entre las especies bajo estudio.

Ho<sub>2</sub>: No existen diferencias estadísticas en los coeficientes determinados de características fisiológicas reflejadas en la prueba de germinación para las especies bajo estudio.



# REVISION DE LITERATURA

## Concepto de semilla

Willan (1991) especificó que una semilla es una unidad reproductiva que se desarrolla a partir de un óvulo, por lo general una vez fecundado éste. Tienen óvulos tanto las angiospermas (las auténticas plantas con flores) como las gimnospermas (que comprenden las coníferas).

Boswell (1980) mencionó entre varios conceptos, que la semilla asegura la continuidad de la vida de las especies, siendo el albergue de las plantas en embrión y los futuros gérmenes de una nueva generación.

**Carballo (2001) aclaró que una semilla usualmente consta de un embrión, tejido nutritivo y cubierta seminal y que la forma, el tamaño, la estructura, la consistencia y el color de estas partes son variables entre las especies, variedades y aún entre lotes de la misma especie y variedad.**

## Semilla ortodoxa

Willan (1991) describe a las semilla ortodoxa como aquella semilla común que puede desecarse hasta que tiene un contenido de humedad (CH) de alrededor del 5% como mínimo para poder almacenarse satisfactoriamente durante largos periodos a temperaturas bajas o inferiores a 0°C.

Por ser la semilla un material higroscópico, y una vez separada de su progenitor, pierde o gana humedad respecto a la atmósfera circundante, sin duda la semilla ortodoxa posee naturalmente la capacidad de mantener su viabilidad durante muchos años sin afectar sustantivamente el coeficiente de germinación con la condicionante de una meticulosa manipulación en su nivel óptimo del contenido de humedad para el almacenamiento.

Hartmann y Kester (1988) afirmaron que la mayoría de las semillas de vida larga y media son tolerantes a la desecación; Por lo tanto, son ortodoxas y deben secarse hasta un 4 a 6 % para almacenarse por periodos prolongados. La reducción del contenido de humedad puede iniciarse colocando las semillas en un ambiente que tenga una humedad relativa (HR) del 15 al 20 % durante un periodo lo bastante prolongado para que las semillas puedan alcanzar un CH en equilibrio con la HR.

### **Semilla recalcitrante**

Willan (1991) conceptualizó de manera específica a la semilla recalcitrante como aquella incapaz de sobrevivir si se le seca mas allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 %, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos periodos.

Durante el tiempo necesario entre la recolección de los frutos y el procesamiento de las semillas de especies recalcitrantes, deben mantenerse frescos y húmedos los frutos para que sus semillas no pierdan la viabilidad por

lo que se ha recomendado utilizar como recipientes las bolsas de polietileno, quienes impiden que los frutos se sequen (Stein, *et al.*, 1974).

**Entre las semillas recalcitrantes figuran algunas de gran tamaño; es interesante que las especies recalcitrantes que mencionan algunos autores como King y Roberts (1979) sean, en su mayoría, de especies de plantas leñosas y pobladoras de las zonas húmedas y bosques tropicales.**

Por tanto, dependiendo de la especie y su condición, el almacenamiento forzosamente tendrá una etapa de humedecimiento previo a la semilla para ajustar el nivel óptimo de contenido de humedad que garantice la viabilidad en la mayor parte del lote que se maneja.

Willan (1991) señaló que la pérdida de viabilidad en semillas recalcitrantes y ortodoxas es un fenómeno que está regido en gran parte por la tasa de respiración, aunque en las semillas recalcitrantes, los niveles seguros de oxígeno, contenido de humedad y temperatura, y por consiguiente la respiración, son todos considerablemente más altos que los aplicables a las semillas ortodoxas. Ello hace posible prolongarse la longevidad, manteniendo las semillas lo más cerca posible de los mínimos a fin de evitar una tasa de respiración elevada.

### **Semilla forestal**

Al tratar de separar las angiospermas de las gimnospermas en su concepto de semilla, siendo estas últimas el grupo donde se encuentran las

semillas del orden de las coniferales, donde Willan (1991) especificó que: En las gimnospermas, los óvulos son “desnudos”, y típicamente aparecen en pares en la superficie exterior y cerca de la base de cada escama de los conos femeninos.

Por su parte, Niembro (1986) desde un punto de vista económico y silvícola define a las semillas de especies de pinos y coníferas de bosque como un alimento principal para la fauna y la materia prima en los programas de producción de plantas destinadas a labores de reforestación y forestación, así como para el establecimiento de plantaciones comerciales de alto rendimiento.

Para aclarar la adición del término “forestal” al concepto de semilla es necesario mencionar que la única variante es la fuente o procedencia del material que abarca toda clase de bosques (naturales o forestados y de clima templado o cálido) con vegetación arbórea y arbustiva. La estructura de las semillas de angiospermas o gimnospermas según el caso, es invariable, provengan o no de un bosque en forma.

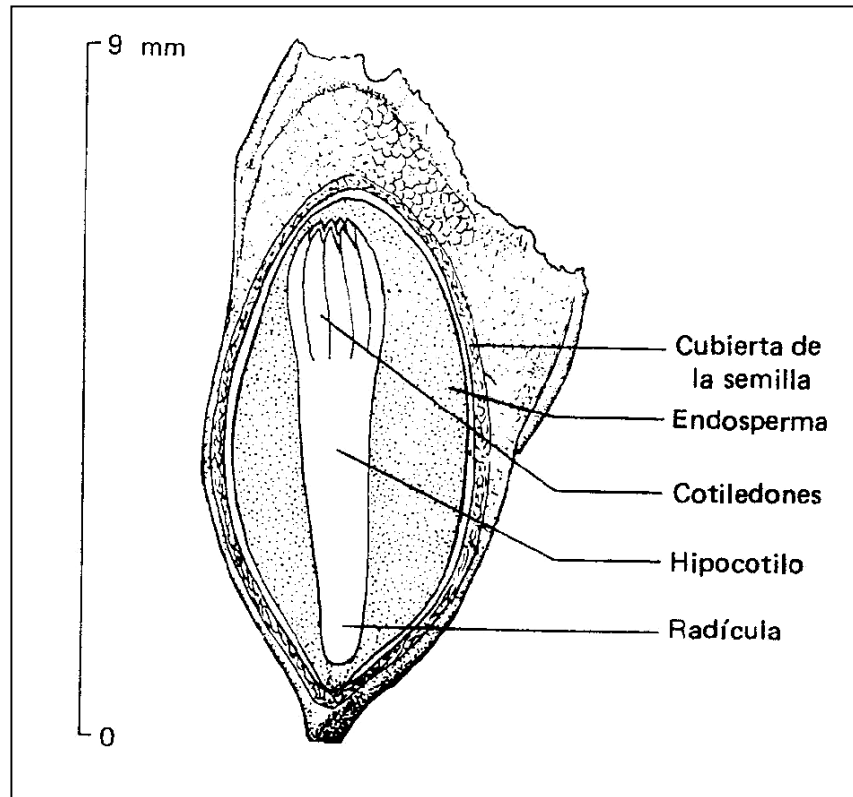


Figura 2.1. Partes importantes de una semilla en las especies de coníferas.

### Calidad y supervivencia de las semillas forestales

Sarukhan (1984) escribió acerca del éxito de la producción de granos y forrajes que se basa en gran medida en el uso de semillas de alta calidad. Para esto, la investigación agrícola del país ha generado semillas mejoradas que permiten cosechar mayor cantidad de alimentos por unidad de superficie, siendo necesario el uso de diversas técnicas y metodologías especializadas, entre las que se encuentran el análisis de las características de las semillas, que permita evaluar su calidad y potencial.

Según Feistritz (1979), la calidad de las semillas constituye la suma de múltiples atributos, a saber: fidelidad con el cultivar (pureza genética), daños mecánicos, capacidad y vigor de germinación, infecciones debidas a enfermedades, daños provocados por los insectos, tratamiento, tamaño,

contenido de humedad y frecuencia de contaminantes (semillas de malas hierbas comunes y nocivas, semillas de otros cultivos, materia inerte). El éxito de la “Revolución Verde” de la década de 1960, se debió principalmente a la utilización de semillas de calidad de cultivares mejorados en los países en desarrollo. Las buenas semillas aumentan los rendimientos y la flexibilidad de las estrategias de cultivo, especialmente en las zonas con precipitaciones bajas o irregulares.

El ideal de la alta calidad y la aplicación de medidas de control de calidad que conlleven a la supervivencia de las especies, tienen que ser un elemento permanente de todo programa de semillas. La preocupación por la calidad y las actividades consiguientes empiezan con la selección de semillas con fines de multiplicación, pasan por su producción, cosecha, secado, procesamiento, almacenamiento y distribución, y terminan con la obtención de resultados satisfactorios en los campos.

Para el caso específico de las coníferas, Willan (1991) describe que el éxito para la obtención de semillas con alta calidad, radica en la buena



**Figura 2.2. Evolución reproductiva de *Abies vejari*. Indicador que marca la pauta en la calidad genotípica y fenotípica de la especie.**

manipulación y planificación del proceso que incluye desde una buena elección de la época de colecta para obtener semilla madura que posee mayor energía germinativa y longevidad para el almacenamiento, hasta el establecimiento de los métodos para determinar con precisión la calidad de las muestras de semilla y su capacidad para producir plantas sanas, vigorosas y adecuadas para la plantación en el campo.

Serrato (1995) resumió de manera sencilla la sumatoria de los componentes de la calidad de la semilla, expresando la integral de tres componentes y las características físicas.

$$\text{Calidad} = G + F + S + CF$$

G = Componente genético

F = Componente fisiológico

S = Componente sanitario

CF = Características físicas

Estos mismos componentes los definió de la siguiente manera:

### **Componente genético**

Viene determinado por el genotipo de la variedad o híbrido. Se refiere a un material de características sobresalientes. Una semilla de un material que es altamente rendidora, de gran aceptación y adaptación, siendo de poco valor si esa semilla no se encuentra sana, viva y capaz de producir plantulas normales y vigorosas.

### **Componente fisiológico**

Se refiere a las características de que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de germinación y vigor. Siendo la semilla una unidad biológica y de reproducción, es importante su viabilidad o capacidad de reproducir un nuevo individuo. La calidad fisiológica depende de muchos factores y puede ser muy fácilmente dañada en cualquiera de las siguientes etapas: maduración, cosecha, trillado, secado, desgrane, acondicionamiento, almacenamiento, distribución y siembra en el suelo mismo.



## **Componente sanitario**

Se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de microorganismos, hongos, bacterias y virus; éstos se pueden encontrar en las semillas como contaminantes o asociados superficial o internamente.

## **Características físicas**

Algunas características son atributos o indicadores de la calidad de un lote de semillas como la pureza analítica (indica el grado de contaminación física); el peso de la semilla y el contenido de humedad.

## **Importancia de los ensayos para caracterización física y fisiológica**

Moreno (1996) consideró que para evaluar la calidad y potencial de las semillas, el principal atributo a tomar en cuenta es la capacidad de germinación y producción de plántula normal; sin embargo por sus demás características biológicas y físicas que repercuten en su valor comercial, resulta indispensable considerar otros aspectos importantes relacionados con su calidad, manejo y comercialización. Entre estos aspectos están la pureza física y varietal, el vigor, así como el contenido de humedad de las simientes.

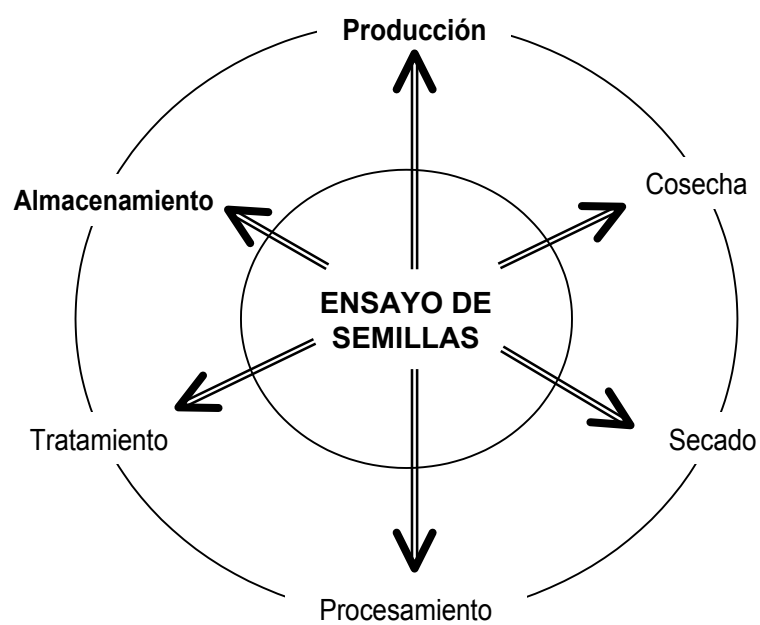
Por su parte, la International Seed Testing Association (ISTA, 1996) mencionó que una semilla, por ser un producto biológico, su comportamiento no

puede preverse con la misma exactitud que caracteriza los ensayos sobre productos de naturaleza no biológica. Por lo tanto, el ensayo de semillas ha sido ideado y perfeccionado para ayuda de la agricultura, evitando los riesgos inherentes a las cosechas al suministrar información necesaria sobre el valor de las semillas a usar para fines de siembra.

Feistritzer (1979) describió que los análisis de semillas normales consisten en una serie específica de pruebas que determinan la pureza física y biológica, la frecuencia de semillas nocivas de malas hierbas, el porcentaje de germinación y el contenido de humedad. También la determinación de la pureza varietal en el análisis de pureza, en la medida de lo posible se suele efectuar de un modo habitual.

En un programa completo de control de calidad se hacen otras pruebas y análisis: densidad de semillas, fidelidad al cultivar, frecuencia y características de las enfermedades y características transmitidas por las semillas, eficacia del tratamiento, vigor, homogeneidad (para lograr la uniformidad de los lotes), frecuencia del daño mecánico, ensayos bioquímicos para evaluar viabilidad, y otros.

El laboratorio de análisis de semillas es el centro de las actividades de control de calidad. Puede consistir simplemente en una pequeña mesa con el material pertinente, a cargo del productor de semillas o de uno de sus especialistas, o en un laboratorio de análisis oficial, grande y bien dotado de personal y de material.



**Figura 2.3. El laboratorio de ensayo de semillas como centro de las actividades de control de calidad.**

Sin embargo, las actividades de control de las semillas no se limitan en modo alguno a ese lugar concreto, sino que abarcan todas las operaciones que se efectúan con ellas.

Turnbull (1975) explicó que la esencia de un buen ensayo de semillas es la aplicación de métodos de examen que sean normalizados y fiables, de manera que los resultados que se obtengan sean uniformes y reproducibles. Esta normalización según Willan (1991), se ha facilitado considerablemente desde que diversos países adoptaron las Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas, formuladas por la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA). La ISTA se fundó en 1921, elaboró su primera serie de Reglas en 1931 y las revisó a fondo en 1953, 1966 y 1976. En los primeros tiempos, la ISTA se ocupó sobre todo de las semillas agrícolas, pero los árboles y los arbustos han ido cobrando poco a poco más importancia, y así en las Reglas de 1976 (ISTA, 1976), se ofrecen “prescripciones” (firmes) o “sugerencias” (más provisionales) en cuanto a los métodos de ensayo que están indicados para 61 géneros diferentes de árboles y arbustos, frente a las 26 que había en las Reglas de 1953. Las reglas se publican en inglés, francés y alemán.

Finalmente, Serrato (1995) definió a las pruebas físicas como aquellas que toman en cuenta alguna característica física de las semillas (color, peso, pureza, etc.); y a las pruebas fisiológicas como aquellas relacionadas con características que reflejaran el crecimiento de las plántulas (viabilidad, germinación, vigor, etc.)

### **Descripción de las coníferas analizadas**

Para una parte de la Sierra de Arteaga, Coah., Cornejo (1987) describió un bosque de *Pseudotsuga* – *Pinus* – *Abies* que ocurre en diferentes pendientes, exposiciones topográficas y se encuentra en laderas bajas, medias y altas. Reconoce para la estructura del bosque, un estrato arbóreo de coníferas con una altura promedio de 11.47 m y que esta compuesto por: *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejari* var. *Macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera*.

Los aspectos comunes que se analizan acerca de estas coníferas que forman parte del grupo de las gimnospermas, son en primer término, el hecho de que pertenecen a las plantas leñosas, poseen un crecimiento lento, presentan un sistema radicular ramificado, semejante al de las dicotiledoneas leñosas y los tallos presentan una ramificación monopódica y ramas laterales. La anatomía del tallo tiene una corteza y médula, con un cilindro vascular definido y formación de anillos anuales de crecimiento.

La variación en la morfología de la hoja es grande, sobresalen las hojas en forma de abanico, más anchas que largas y con nervación dicotómica; otras gimnospermas tienen hojas lanceoladas, planas, alternas y dispuestas en dos líneas longitudinales en las ramas.

Por otra parte, para el manipulador de semillas curioso e inquisitivo son evidentes las ventajas de saber no solamente que debe hacer, sino también el por qué; siendo que hace falta un conjunto de conocimientos necesarios para formular unas prescripciones de manipulación normalizadas, es posible que el

manipulador de semillas tenga que efectuar su propia investigación para determinar cuales son los mejores métodos en las condiciones locales, al mismo tiempo de caracterizar las especies a examinar, y para ello se beneficiará del acceso a una bibliografía en la que podrá encontrar una amplia gama de experiencias con otras especies (Willan, 1991).

Debido a la amplia distribución de cada especie en toda el área de la Sierra de Arteaga, y a la falta de información en el aspecto de las semillas, el presente estudio esta dirigido a tres especies típicas.

### **Descripción y clasificación botánica, taxonómica y reproductiva de**

#### ***Pseudotsuga flahaulti***

Villarreal (1993) realizó una clasificación básica y moderna para las especies de la región, basándose en la propuesta de clasificación para Gymnospermas hecha por Cronquist (1981), además de la caracterización botánica de otros estudiosos de la vegetación como Martínez (1948, 1953), Rzedowsky (1983), Perry (1991) y Niembro (1986). Con relación a *Pseudotsuga flahaulti*, podemos obtener la siguiente descripción:

### **Clasificación taxonómica**

Reino: Metaphyta

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Genero: *Pseudotsuga*

Especie: *flahaulti*



Figura 2.4. Fisonomía de *Pseudotsuga flahaultii* en la Sierra de Arteaga, Coah.

### Descripción botánica

Arboles de 15 a 30 m de alto, con tallos monopódicos y ramificación verticilada; hoja lanceolada, solitaria de 1.5 a 3 cm de largo y de 1 a 3 mm de ancho. Su color es verde azulado, con yemas cubiertas por bracteas (escamas); conos oblongos y colgantes, de color café amarillento o café rojizo; las escamas son casi circulares con bracteas ariscadas y excertas. Sus semillas son aladas y generalmente se disponen en pares por escama del cono.

### Descripción reproductiva



En las especies forestales, el ciclo completo de su reproducción sexual comprende las etapas siguientes: floración, polinización, fertilización, embriogénesis, maduración del cono y las semillas, dispersión, germinación, desarrollo y establecimiento de plántulas. En el caso particular de *Pseudotsuga*, la fertilización toma lugar en la misma estación de crecimiento después de la polinización. Esto hace posible el encontrar en casi todos los años semilla disponible en los rodales naturales, puesto que todo su ciclo puede ser completado en menor tiempo en comparación a los árboles del género *Pinus* que requieren de 12 a 14 meses para que tome lugar la fertilización de la oosfera en el arquegonio después de la polinización.

El comportamiento ecológico de *Pseudotsuga flahaulti* se asemeja mucho al de otras especies de *Picea* spp. y *Abies* spp., ya que ocupan hábitats análogos formando masas mixtas debido al alto grado de diseminación de sus semillas y los radios que pueden cubrir con la ayuda de otros factores como el viento. Las comunidades de *Pseudotsuga* se presentan principalmente en Norteamérica y las regiones montañosas del Norte de Europa; y para México se reportan a lo largo de la Sierra Madre Occidental, desde Sonora y Chihuahua hasta Zacatecas y diferentes localidades montañosas de Coahuila y Nuevo León. Para el Listado de especies de plantas y hongos que se encuentran en la Norma Oficial Mexicana (NOM – ECOL – 059 – 94), *Pseudotsuga flahaulti* esta considerada como “rara”; es decir, que el área total que cubren sus bosques mixtos en toda la República, no rebasan los 250 Km<sup>2</sup>.

## Descripción y clasificación botánica, taxonómica y reproductiva de *Abies vejari*

Para el caso específico de la Sierra de Arteaga, Cornejo (1987) reportó una variedad macrocarpa dentro de la especie de *Abies vejari*, y para esos mismos sitios del Sur de Coahuila y zonas adyacentes a Nuevo León Rzedowsky (1983) la mencionó como especie a *Abies mexicana*, anteriormente señalada como variedad para esta parte del país. En la clasificación realizada por Villareal (1993), describe taxonómicamente a la especie de la manera siguiente:

### Clasificación taxonómica

Reino: Metaphyta

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Genero: *Abies*

Especie: *vejari*



**Figura 2.5. Fisonomía de *Abies vejari* en la Sierra de Arteaga, Coah.**

### **Descripción botánica**

Los *Abies*, son llamados vulgarmente oyameles, abetos o pinabetes, dependiendo de la región, son árboles corpulentos, siempre verdes, resinosos, de copa simétrica y aguda. Sus hojas lineares y persistentes. El tronco es erguido normalmente de 30 a 40 metros, pero hay ejemplares de hasta 60 metros. Su diámetro va desde los 40 centímetros hasta 1.50 metros. Tiene ramas que comienzan a poca altura y son horizontales o algo elevadas. Normalmente tiene dos canales resiníferos, protegidos por células muy pequeñas que protegen a las células secretoras. Produce conos oblongos,

erguidos, solitarios y subsésiles, de color violáceo muy oscuro al principio y amarillento después; muy resinoso, de 6 a 8 cm de largo por hasta 4.5 cm de ancho o diámetro, escamas cóncavas, casi triangulares, ápice redondeado y brácteas exertas. Las semillas también son aladas, de color café y café rojizo, y miden hasta 1.4 cm de largo y hasta 5 mm de ancho.

### **Descripción reproductiva**

Los conos de *Abies vejari* poseen una gran facilidad para diseminar sus semillas, porque a las pocas semanas de madurar el cono, ya es capaz de abrir y desintegrarse. Las alas son desprendibles generalmente durante el tiempo previo al beneficiado de los propios conos. La época más común para su germinación es en la primavera, siendo notablemente de tipo epigea.

Se ha señalado que un buen número de elementos de los bosques mexicanos de *Abies* tuvo su origen a partir de una biota que arribó por el lado norte, probablemente en épocas en que el clima favorecía su expansión y migración. El bosque de *Abies* prácticamente no interrumpe sus actividades de fotosíntesis, absorción y transpiración, si acaso sufre una disminución durante los periodos más fríos y más secos del año.

La distribución geográfica de los bosques de *Abies* en México ocurren en mayor extensión en las serranías cercanas al valle de México y en otras montañas sobresalientes del eje neovolcánico transversal. Para el caso de la

Sierra de Arteaga y Sur de Nuevo León , se reportan entre otras especies comunidades pequeñas de *Abies vejari* generalmente combinadas con bosques en diferentes rangos de altitud de *Picea* y *Pseudotsuga*. Para México, dentro del Listado de la Norma Oficial Mexicana (NOM – ECOL – 059 – 94), esta especie esta considerada como “amenazada”.

### **Descripción y clasificación botánica, taxonómica y reproductiva de**

#### ***Pinus greggii*.**

Algunos autores como Martinez (1948) y Shaw (1909) reportan para el área cercana a Saltillo esta especie, comparada con otras especies como *Pinus patula* por sus similitudes en cuanto al fenotipo y forma de reproducción. Velasco (2001) reportó el estudio mas reciente de variación genética para esta especie, siendo la base más útil para esta descripción.

#### **Clasificación taxonómica**

Reino: Metaphyta

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Genero: *Pinus*

Especie: *greggii*



Figura 2.6. Fisonomía de *Pinus greggii* en la Sierra de Arteaga, Coah.

### Descripción botánica

Es un árbol de 10 a 15 metros de altura, con la corteza lisa y grisácea cuando joven, y obscura y áspera después: ramillas flexibles, de color rojizo, con tinte grisáceo. El follaje es erguido y suele vestir toda la ramilla. Las hojas se presentan en grupos de tres, excepcionalmente en algunos fascículos, la mayoría de 7 a 14.5 cm. Son ásperas y derechas, anchamente triangulares, de color verde claro brillante. Tienen dos haces vasculares aproximados, pero distintos, y sus conductos resiníferos son medios y en número de dos a cuatro. Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongos y

oblicuos, algo encorvados, de color ocre, lustrosos, colocados por pares o en grupos de 5 a 8.

La semilla es oval, obscura, de 6 a 7 mm con ala de unos 20 mm de largo por 7 mm de ancho, engrosada en la base en una faja oblicua.

### **Descripción Reproductiva**

Los conos y semillas de *Pinus greggii* poseen una amplia variación racial, pero en general sobresalen dos grupos para el Norte y Centro del país. Los sitios del sur tienen mayor producción de semillas abortivas y vanas, indicando la posibilidad de una endogamia o impedimento de la polinización por exceso de la humedad ambiental, sin embargo, los conos son mas largos. Los árboles de *Pinus greggii* tienen un amplio potencial de semillas por cono, aún en condiciones de suelo pobre y tienen la ventaja de poder diseminar sus semillas en cualquier época del año con altas temperaturas o con registros de incendios, por poseer conos sésiles. Sin embargo; como estas condiciones se presentan generalmente en la primavera, será entonces la época mas usual para la diseminación.

Por ser una especie importante para plantaciones forestales con fines de protección, *Pinus greggii* tiene en la actualidad una gran demanda de semillas para el establecimiento de ensayos en áreas erosionadas. Se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo. Se presenta en altitudes de 1200 a 2800 msnm, y específicamente en el Norte del

país se distribuyen entre 1900 a 2800 msnm. Esta especie se asocia con *P. Teocote*, *P. Ayacahuite* var. *Brachiptera* Shaw., *P. Rudis* Endl y *Abies vejari* matz.

### **Pruebas rutinarias de laboratorio para el ensayo de semillas**

Para este apartado únicamente se mencionan la importancia, metodologías y muestras para cada prueba. La aplicación utilizada para este trabajo, así como el procedimiento específico y materiales necesarios se describen en el capítulo de Materiales y Métodos.

### **Pureza física**

Según Willan (1991), el análisis de pureza tiene por finalidad determinar la composición en peso de la muestra en las partes que la componen. Las muestras de semilla de árboles pueden contener impurezas como semillas de malas hierbas, semillas de otras especies arbóreas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y otros materiales; Por tanto, el análisis de pureza es el primer ensayo que debe realizarse, pues los ensayos siguientes se efectúan únicamente sobre el componente de semillas pura.

Moreno (1996) mencionó que la materia inerte deberá incluir semillas dañadas, estructuras semejantes a semillas, tanto de cultivos como de hierbas, así como otro material extraño que no sea semilla. Con la expresión de semilla



pura se hace referencia a la semilla de la especie de que se trate, y además de las semillas maduras y sin daños se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas, inmaduras y germinadas. Las semillas de coníferas que han perdido por completo la cubierta se consideran materia inerte.

La CONAFOR ha establecido en México lineamientos para el registro de información en materia de germoplasma forestal desde el 2001, especificando que para la prueba de pureza física, el objetivo es conocer mediante un método sistemático, el grado o porcentajes de las partes que integran un lote de semillas.

Para llevar a cabo el análisis de pureza, Moreno (1996) también mencionó que se pueden utilizar diferentes medios tales como: examinación visual con la ayuda de lupas y microscopios de disección; uso de luz transmitida y el uso de separadores neumáticos (sopladores), para separar el material liviano, como basura, semillas vanas, y de otro material de mayor densidad. La ISTA señala que los sopladores que dan resultados más precisos son los que se emplean para muestras pequeñas hasta de 5 gramos. Sin embargo, hay sopladores en los que se pueden trabajar muestras de 50 gramos e incluso mayores con buenos resultados.

Las reglas de ISTA (1996), establecen que la muestra de trabajo deberá estar integrada por lo menos de 2,500 semillas; pero que dependiendo del tamaño de éstas, se pueden integrar y enviar al laboratorio desde 0.5 gr. para semillas pequeñas (Eucalyptus, Alnus, Betula, etc.), y 1000 gr. para semillas

grandes (*Prunus*, *Taxodiun*, *Pinus*, *Tectona*, etc.). La sugerencia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos es de utilizar muestras de 25 a 30 gramos para el caso de las coníferas, aunado a esto, se tiene la necesidad de obtener mayor precisión en los resultados que ofrece la utilización del soplador neumático, mismo que tiene la capacidad máxima de trabajar con 50 gramos solamente.

**Por ultimo, Moreno (1996) señala que para el registro de resultados de un análisis de pureza, éstos se darán con una cifra decimal y los porcentajes de todos los componentes deberán dar un total de 100 % de la muestra. Para las semillas forestales se tendrá una tolerancia del 1%, la cual se utilizará como referencia para la determinación porcentual de la misma (CONAFOR, 2001). Los componentes en porcentajes menores de 0.05 se reportarán como “vestigios”, además habrá que registrar los nombres científicos de las especies puras y de semillas de otros cultivos.**

#### Peso de 1000 semillas

**El objetivo de esta prueba es sencillamente obtener el peso de 1000 semillas de una muestra. Para ello, Moreno (1996) mencionó que el principio es contar el numero de semillas en un determinado peso de semilla pura, para posteriormente calcular el peso de 1000 semillas. En el primer caso se cuenta la totalidad de la semilla pura y se pesa en gramos, con el mismo número de cifras decimales que en el análisis de pureza. Para el segundo caso, de la semilla pura obtenida en el análisis de pureza, se toman al azar ocho repeticiones de 100 semillas cada una, con las que se puede calcular la desviación típica o estándar y el coeficiente de variación, así como la media.**

$$\text{Varianza} = \frac{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{S}{X} \times 100$$

En donde:

X = peso en gramos en cada repetición

n = número de repeticiones

$\Sigma$  = suma de

$S$  = Desviación típica

$X$  = media del peso de cien semillas

**Esto refleja según Willan (1991), que la utilización de varias muestras más pequeñas permite al analista estimar la variación que existe dentro de la muestra. La cifra resultante es muy fácil de convertir a número de semillas puras por gramo o kilogramo, según se requiera.**

**Si al procesar los resultados se obtiene un coeficiente de variación menor a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior se prescriben otras ocho réplicas, se calcula una nueva desviación típica, ahora respecto de las 16 réplicas, y antes de calcular la media final de la muestra se descartan las réplicas que se alejen de la media en un valor superior al doble de la desviación típica.**

**El conteo de las semillas puede efectuarse de forma manual o con ayuda de tableros de recuento o contadores por aspiración o electrónicos. Moreno (1996) recomendó que en caso de que el conteo se realice con un contador de semillas, se calculará el peso de las semillas en base al peso total de la muestra. Si el conteo se ha llevado a cabo en las ocho repeticiones, se calculará el peso promedio de mil semillas a partir de las ocho (o más) repeticiones de 100 semillas (ej.  $10 \times \bar{X}$ ).**

#### Contenido de humedad

**Al puntualizar la relevancia de la humedad en el manejo de las semillas, Moreno (1996) señaló al contenido de humedad como el factor más importante en la conservación de las semillas, favoreciendo el desarrollo de insectos y hongos, así como por su efecto sobre los procesos fisiológicos de las semillas, de los que dependen la pérdida de vigor y viabilidad. Al mismo tiempo clasificó al agua contenida en las semillas en tres categorías: a) agua de absorción, que se encuentra en los espacios intragranulares y en los poros del tejido vegetal, mantenida por fuerzas capilares; b) agua de adsorción, que se encuentra ligada al material por atracción molecular y por lo tanto más estrechamente unida que el agua de absorción, y por último c) el agua de composición, que está químicamente unida a los elementos constitutivos de las semillas.**

**Así que, el contenido de humedad se ha definido como la cantidad de agua que contienen las semillas, expresándose en porcentaje. Este puede calcularse según Moreno (1996) con base al peso húmedo seco de la muestra. En el comercio de granos y semillas, normalmente se usa el calculado con**

**base en el peso húmedo y en investigación frecuentemente se usa el contenido con base en el peso seco.**

**Willan (1991) mencionó una clasificación de métodos para determinar el contenido de humedad de las semillas forestales en los dos tipos siguientes: a) Métodos básicos, en los que la humedad se extrae de las semillas mediante calor y se mide mediante la pérdida de peso del material original o mediante el peso o volumen de la humedad condensada, y b) Métodos prácticos, indicados para el trabajo rápido de rutina y normalizados con respecto a uno o más de los métodos básicos. La ISTA prescribe el método más usual aplicable a semillas de árboles forestales que es el secado en estufa durante 17 horas a una temperatura de 103 °C, el llamado “método de secado en estufas temperatura baja y constante”.**

**El método de secado en estufa a 103°C, de acuerdo con Moreno (1996) se recomienda para especies con bajos porcentajes de humedad y que no requieren ser molidas para determinar su contenido de humedad. En este caso, para las coníferas y de acuerdo a la ISTA, la muestra deberá ser por duplicado, de 4 a 5 gramos de semilla. Se recomienda que la humedad relativa del laboratorio no sea superior al 70%, para que los resultados no se vean alterados al ganar humedad las muestras durante la determinación. El procedimiento aplicado y los materiales utilizados se dan a conocer en la sección posterior de materiales y métodos.**

### **Viabilidad**

**En la silvicultura practica, el método más indicado para evaluar el potencial de germinación de un lote de semilla, consiste en germinar efectivamente una muestra de ese lote; Sin embargo, estos procedimientos requieren tiempo y en algunos casos tratamientos previos, según la especie a ensayar. Debido a ello se ha investigado acerca de otros métodos para estimar la viabilidad con precisión y en menor tiempo.**

**Willan (1991) definió a la semilla viable como aquella que puede germinar en condiciones favorables, siempre que se interrumpa la latencia que pueda existir. Los ensayos rápidos de viabilidad persiguen dos objetivos principales: 1) Determinar la viabilidad de semillas de especies que normalmente germinan con lentitud o muestran latencia cuando se le aplican los métodos de germinación normal, y 2) Determinar la viabilidad de muestras que al término del ensayo de germinación presentan un elevado porcentaje de semillas frescas pero no germinadas o duras.**

**Hasta hace poco tiempo, la ISTA solamente aceptaba dos métodos, el ensayo bioquímico de tetrazolio y el ensayo de excisión del embrión, como métodos oficiales para algunos tipos de semillas. Recientemente Willan**

(1991), mencionó que la ISTA ha aceptado el método de rayos X como alternativa válida al ensayo de corte para detectar semillas vacías y dañadas por insectos, y evaluar la viabilidad de la semilla cuando se combina con un agente de contraste. El método de contraste con rayos X se basa en un principio de semipermeabilidad usando agua no tóxica como agente de contraste para tratar las semillas, es posible ver como sus tejidos vivos son capaces de evitar la entrada de este agente debido a su semipermeabilidad, mientras que los tejidos muertos se impregnan de él. Los tejidos impregnados absorben los rayos X de una manera más intensa que los no impregnados, y por lo tanto aparecen en la película con un color más claro que estos. Es aquí donde según Kamra (1964), el contraste permite localizar en la semilla los tejidos que están vivos y los que están muertos, así como estimar su viabilidad.

Bino, *et al.*, (1993) aseguró que el método radiográfico es simple, rápido y no destructivo para el análisis morfológico de embriones, al estudiar el efecto de los rayos X en la condición genética y posibilidades de germinación de *Arabidopsis thaliana*. En el caso de algunas coníferas de la zona templada se ha podido obtener una buena correlación entre la clase de desarrollo del embrión de la semilla y su germinabilidad. La ISTA también ha ofrecido resultados muy prometedores como medio de distinguir, entre las “semillas llenas”, las que son viables de las que no lo son.

## **Germinación**

La germinación como fenómeno, según Niembro (1986) consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su desarrollo en una plántula independiente. Con la germinación toma lugar el primero de una serie de eventos destinados a convertir al pequeño embrión en un árbol de gran tamaño. Este fenómeno toma lugar al poco tiempo después de que la semilla ha absorbido agua a través del micrópilo. El primer indicio de la germinación se manifiesta con la ruptura de la testa cerca del extremo micropilar. Esta ruptura es causada en primer lugar por la presión de imbibición de agua y

posteriormente por el crecimiento del embrión, seguido de la emergencia de la radícula.

Para los pinos, Kozlowsky (1971) afirmó que la germinación es epigea, es decir, los cotiledones se desarrollan sobre la superficie del suelo debido a la elongación del hipocótilo. Los factores ambientales que mayor influencia ejercen en la germinación bajo condiciones naturales son la humedad, la temperatura, la luz, el oxígeno y las características del suelo donde se encuentra la semilla.

Moreno (1996) definió que el objetivo de las pruebas de germinación, es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Además, estas pruebas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre los diferentes lotes de semillas de la misma especie. Comparó que normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie.

De todas las mediciones de la calidad de un lote de semilla, ninguna tiene tanta importancia como la que sirve para determinar la germinación potencial de las semillas (Bonner, 1974). Para las especies forestales, Willan (1991) mencionó que los ensayos de germinación que se efectúan en

laboratorio, tienen por finalidad principal estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas. La utilización de condiciones ideales normalizadas en el laboratorio (substrato, humedad, aireación, luz, temperatura y periodos normales de tiempo), como las que prescribe la ISTA, garantiza que los resultados obtenidos con un determinado lote en un laboratorio sean idénticos con los obtenidos en cualquier otro laboratorio de ese mismo u otro país. Esto trasciende para las semillas que se mueven por el circuito del comercio internacional, que es muy útil disponer de una norma común para evaluar el potencial de germinación.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en la Sierra Madre Oriental, en la porción Sureste del

**Estado de Coahuila, en el municipio de Arteaga, específicamente en las áreas de los Ejidos Mesa de las Tablas y Los Lirios. La región esta delimitada por los paralelos 25° 09' y 25° 16' de Latitud Norte y los meridianos 100° 20' y 100° 35' de Longitud Oeste.**

La Sierra de Arteaga presenta una altitud máxima de 3,600 y mínima de 2,300 msnm. La geología superficial de la Sierra la constituyen rocas de origen sedimentario, siendo las calizas las de mayor importancia y distribución; en menor porcentaje se encuentran las lutitas y areniscas. Los suelos predominantes son litosoles y rendzinas con texturas medias (CETENAL, 1977).

El clima corresponde a las formulas climáticas ( $Bs_1$  y  $C(w_1)$ ) de acuerdo a los registros de las estaciones de Arteaga y San Antonio de las Alazanas, Coah., respectivamente, y con base en la clasificación de Koppen. La precipitación media de 523.8 y 633.7 mm. El régimen de lluvias es de verano (Mayo a Octubre).





## Etapa de campo

### *Localización de fuentes semilleras*

Al revisar detalladamente los lugares de amplia distribución de cada especie dentro del área de la Sierra de Arteaga, se procedió a realizar recorridos, registrando la información en formatos de etiquetas prediseñadas por la CONAFOR para las fuentes de recolección de germoplasma (sin manejo), a los individuos fenotípicamente superiores mediante la comparación de sus dimensiones y la valoración de sus características genéticas. En particular, los datos que presentan las etiquetas son:

- 1. Número de control.**
- 2. Fecha de recolección.**
- 3. Especie.**
- 4. Nombre común.**
- 5. Localidad**
- 6. UPGF (Unidad Productora de Germoplasma Forestal)**
- 7. Altitud.**

#### **Ejemplo:**

Fecha de recolección:	14-10-01	No. de control:	001/00	
Fuente semillera:	FRSM El Coahuilón	Altitud:	2500	msnm
Especie:	<i>Abies vejari</i>			
Nombre común:	Oyamel			
Localidad:	Ejido Mesa de las Tablas, Arteaga Coah.			

### *Colecta de semilla y transportación*

En función de las fases fenológicas de las especies estudiadas, se realizó la colecta de semilla durante la época de mayor producción en los lugares localizados. El equipo y herramienta tradicional utilizados fueron: cinturones de seguridad, arneses para escalar, cuerdas, tijeras podadoras y todo material necesario y propio para la recolección de frutos de los arboles. Los conos colectados se empaclaron en costales y bolsas de tela, con suficiente ventilación y protección, facilitando así su transportación inmediata para su



*Figura 3.2. Colecta de conos utilizando gancho con tijeras, podadoras.*

posterior secado y beneficiado.

### ***Toma de datos a conos***

Para registrar dimensiones de los frutos, se tomaron datos de longitud, diámetro, peso y número de semillas por cono y por especie (Ver Cuadro A.5 en apéndice).

### **Etapas de beneficio de conos**

## ***Secado de frutos***

Una vez colectados y transportados los frutos a los patios del Vivero e Invernadero Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, estos fueron sometidos a un proceso de secado, depositándose cuidadosamente sobre una lona extendida en el piso, en bolsas de polietileno abiertas y expuestas al sol y sobre camas de secado dentro del invernadero. Los frutos fueron cubiertos para su protección contra la luz y los agentes bióticos, por una malla semiobscura (similar a la que protege los manzanos o las camas semilleras en vivero) y expuestos a la radiación solar entre 15 a 25 días aproximadamente o hasta que los conos “abrieran”, permitiendo la liberación de la semilla. En el caso de conos de *Pinus gregii* se utilizó el proceso de secado en hornos con una temperatura de entre 35 y 45 °C, y con un remojado previo, ya que se trata de conos sésiles que solo liberan las semillas en condiciones extremas de calor.



**Figura 3.3. Bolsas de polietileno conteniendo conos en proceso de secado.**

## *Obtención de semilla*

La semilla se obtuvo a partir de los conos abiertos y desecados, recogiéndola de la lona donde la mayoría cayó al ser expuesta y se envasó en recipientes y bolsas de plástico. Los conos que no liberaron semillas en el periodo de exposición, permanecieron mas tiempo en el proceso de desecación, debido a que la obtención de semilla fue un proceso recurrente durante dos meses, aproximadamente, según la reacción de cada especie.



**Figura 3.4.** Invernadero de alta tecnología. Espacio ideal para la desecación de conos bajo condiciones de clima controlado.

## **Etapa de laboratorio**

### *Prueba de pureza*

**En las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ubicado dentro del área de la UAAAN, una vez obtenida la semilla de los conos desecados, se integraron las muestras de 25 y 30 gramos según la especie y de acuerdo a lo**

**recomendado para el caso de las semillas forestales en el listado del ISTA (1996). Cada muestra se clasificó en tres componentes: Semilla pura, otras semillas y materia inerte; Sin embargo, cabe señalar que se presentó una tendencia manipulada a no encontrar semillas de otras especies dentro de las muestras, ya que al realizar el beneficio de conos, se manejaron por separado la desecación y extracción de semillas de cada especie.**

**La suma de los tres componentes representó el 100% de la muestra (con una tolerancia del 1%), la cual se utilizó como referencia para la determinación porcentual de la misma. Para efectuar esta prueba, se utilizó un separador neumático (soplador) para separar el material liviano o inerte de las semillas puras. Este soplador consta de una cámara de compresión y un ventilador impulsado por un motor de velocidad uniforme, suficiente para mantener un flujo de aire en un tubo de 80 cm de largo con un diámetro de 15 cm aproximadamente, además de una válvula graduada que ajusta la presión de aire, donde se manejó una abertura máxima de hasta 5 mm durante 3 minutos. Otros materiales útiles también fueron charolas, frascos de vidrio para guardar muestras, balanzas de barra y analíticas.**

Después de pesar las semillas de otras especies y materia inerte considerada basura para asignar sus porcentajes respectivos, también se calculó el porcentaje de semilla pura sobre la base del peso original de la muestra.

$$P = \frac{PSP}{PTM} \times 100$$

Donde:

P= Pureza (%).

PSP= Peso de la semilla pura.

PTM= Peso del tamaño de la muestra.



**Figura 3.5. Separador neumático y balanza analítica de barra. Instrumentos de laboratorio básicos para llevar a cabo eficientemente la prueba de pureza.**

### **Peso de 1000 semillas**

Para esta prueba se pesaron individualmente ocho muestras de 100 semillas (contadas manualmente) y se obtuvo el promedio de peso. Posteriormente se multiplicó este dato por 10 para determinar el peso de mil semillas, y mediante una regla de tres simple se calculó el peso por kilogramo de semilla para cada especie (ISTA, 1996).

Es importante señalar que el resultado de esta prueba se pudo relacionar con el porcentaje de semilla pura de todo el lote para tener un dato exacto, mismo que servirá para las pruebas posteriores.

Para mayor precisión de la prueba, fue importante utilizar una balanza analítica con un mecanismo rápido de pesado y una sensibilidad de 0.001 g.



**Figura 3.6. Balanza digital con alta sensibilidad utilizada para la lectura del peso de 1000 semillas.**

### ***Prueba de contenido de humedad***

Con base en las reglas internacionales aceptadas (ISTA, 1996), se determinó el contenido de humedad de la semilla para cada especie de la siguiente manera: se tomaron tres muestras de 5 gramos por especie y en cajas



de aluminio, previamente pesadas, con tres cifras decimales. Una vez pesadas las cajas con semillas, se destaparon para meterse a una estufa calibrada a 103 °C durante 17 horas. Transcurrido el tiempo de secado, las cajas se retiraron de la estufa y se taparon mientras se enfriaban, para inmediatamente tomar la lectura del peso actual de las muestras y por diferencia de peso fresco con peso seco, obtener la proporción del contenido de humedad de la semilla (ISTA, 1996).

**Para el cálculo del contenido de humedad se utiliza la siguiente formula:**

$$\frac{p_2 - p_3}{p_2 - p_1} \times 100 = \% \text{ de humedad (con base en peso húmedo)}$$

En donde:

$P_1$  = Peso en gramos de la caja y su tapa.

$P_2$  = Peso en gramos de la caja, tapa y semilla.

$P_3$  = Peso en gramos de la caja, tapa y semilla después del secado en la estufa.

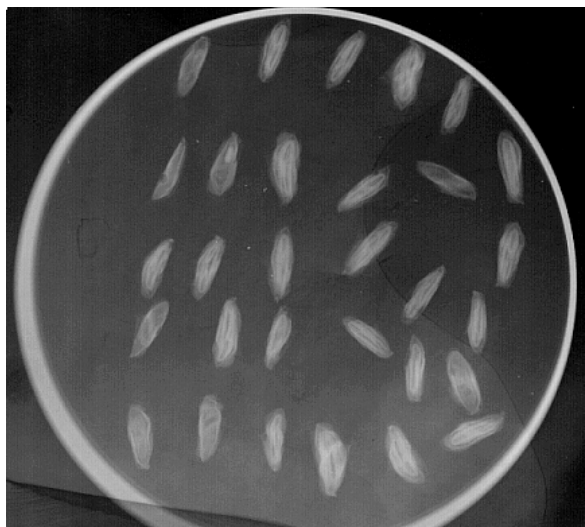


**Figura 3.7. Horno con temperatura controlada para la disminución del contenido de humedad en las semillas.**

### ***Prueba de viabilidad***

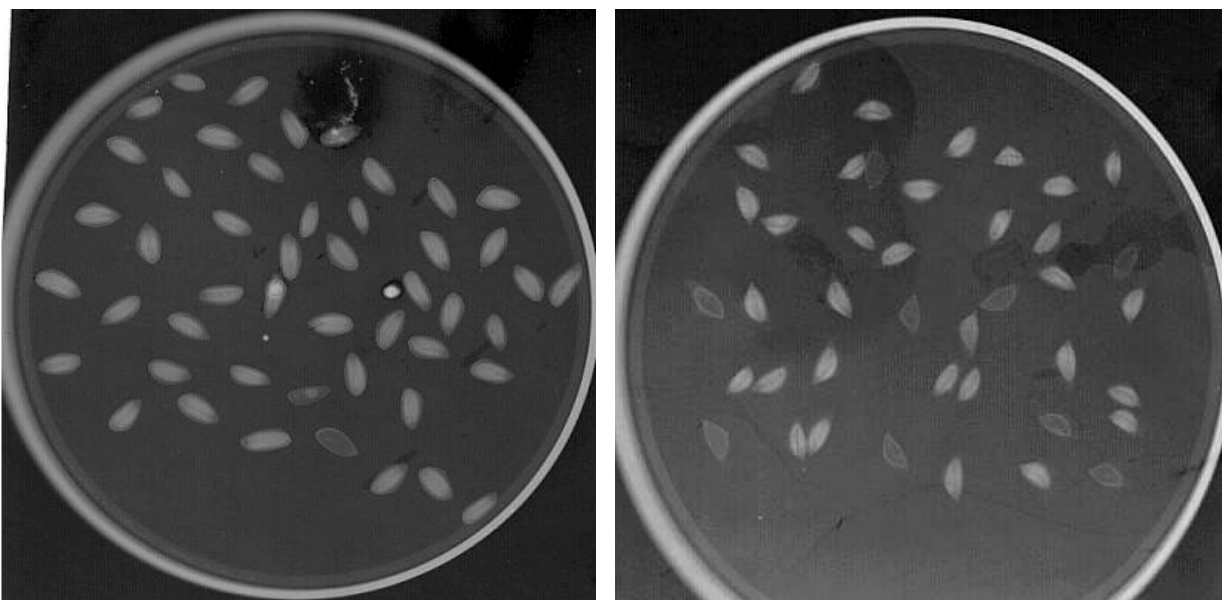
Esta prueba se realizó a partir de la semilla pura, utilizando el método radiométrico, el cual considera el uso de los rayos X para determinar la viabilidad de la semilla. Para efectuar la prueba, fue indispensable la utilización de equipo especializado ( Hewlett Packard, modelo 43855 A ), disponible únicamente en la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. Se sometieron cuatro muestras por especie (en áreas de 30 a 50 semillas), según el tamaño de la semilla y con un previo remojo en agua destilada para obtener mayor contraste en la interpretación de los resultados.

Después de exponer las muestras a la radiación y obtener las placas correspondientes, se procedió a observar las imágenes y determinar el número de semillas con embriones vivos y que absorbieron la radiación, y aquellas que mostraron mortandad al aparecer con una tonalidad más oscura. Con estas bases, se determinó mediante la regla de tres simple el porcentaje de semilla



**Figura 3.8. Muestra radiográfica de *Abies vejari*.**

viable para cada especie.



**Figura 3.9.** Muestras radiográficas de *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*, respectivamente.

### **Prueba de germinación**

Esta prueba se realizó de acuerdo a las reglas del ISTA (1996), utilizándose cuatro repeticiones de 100 semillas para un total de 400 sembradas para cada especie de semilla. Estas muestras se depositaron ordenadamente sobre papel germinador humedecido, y se enrollaron para formar “tacos”, y posteriormente ser colocados por separado en la cámara de germinación y en un refrigerador a temperaturas alternantes de aproximadamente 24 y 6 °C, respectivamente, durante 12 horas cada una.

La iluminación que se proporcionó a las semillas durante el periodo que permanecían en la cámara de germinación fue a través de lamparas

fluorescentes de luz blanca fría. En lo que concierne a la humedad de las condiciones de germinación, se vigiló constantemente que la alternancia de temperaturas no afectara sustancialmente a la humedad del papel germinador, practicando la adición de agua (riego), dependiendo de la evaporación que se presentara, por lo menos cada tres días en la cámara de germinación.

La evaluación de esta prueba se basó en mediciones a los 7, 14, 21 y 28 días (ISTA, 1996). Al final se obtuvo el total de plántulas normales germinadas, y el total de semillas muertas como base para obtener los coeficientes de germinación para las cuatro submuestras y determinar a su vez un coeficiente por especie expresado en porcentaje.

**La prueba de germinación se llevó a cabo con la fracción de la muestra considerada como semilla pura y los cálculos respectivos recomendados por la CONAFOR (2001), fueron realizados con la siguiente fórmula para reportar en porcentaje el coeficiente de germinación para cada especie.**

$$G = \frac{\sum PN (SM)}{NSM}$$

$$G = \frac{\sum PN (1 - 4)}{4}$$

Donde:

G= Germinación (%)  
 $\Sigma$  = Sumatoria de  
 PN= Plántulas Normales  
 PN(1-4)= Plántulas Normales de las 4 submuestras  
 SM = Sumbmuestras  
 NSM = Numero de Submuestras



(Ab ve)



(Ps fl)



(Pi gr)

**Figura 3.10. Muestras de la germinación en los primeros siete días con temperaturas alternas para *Abies vejari* (Ab ve), *Pseudotsuga flahaultii* (Ps fl), y *Pinus greggii* (Pi gr) respectivamente.**



**Figura 3.11. Cámara de germinación utilizada para la obtención de resultados óptimos en el ensayo realizado.**

### **Procesamiento estadístico**

Una vez obtenidos y concentrados los datos por especie de cada prueba de laboratorio, para las primeras variables a comparar se utilizaron procedimientos definidos legalmente por la ISTA y consecuentemente se reportaron los resultados. Para el caso de los coeficientes de germinación, además de una comparación de medias por el Método Tukey, mediante el programa SAS se capturó, procesó y analizó a través de un análisis de varianza con arreglo completamente al azar para buscar diferencias significativas.

Lo anterior llevó a la discusión de resultados del experimento para fines de rechazo o aceptación de las hipótesis planteadas y posibles recomendaciones para realización de trabajos afines.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Tomando en cuenta que el presente análisis caracterizó semillas de tres diferentes especies de coníferas; *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*, con localidades ubicadas en el bosque de la Sierra de Arteaga y algunas zonas aledañas (Figura 3.1), los resultados que a continuación se desglosan están contenidos en cuadros, según el tipo de ensayo realizado en laboratorio, y con propósitos de comparación se han mantenido las tres especies en una sola presentación, exceptuando los correspondientes a la prueba de germinación que, por la importancia de sus datos, se ha procurado no omitir ninguno. Se incluyen además, interpretaciones gráficas de cada prueba, resultados de análisis de varianza para la prueba de germinación que define la calidad de las semillas colectadas y finalmente, una discusión generalizada de cada uno de los resultados.

### **Análisis de pureza**

A continuación se presenta el Cuadro 4.1 con resultados de la prueba realizada para obtener los porcentajes de pureza en las tres especies analizadas, conteniendo las cantidades utilizadas para cada muestra, al igual que los porcentajes obtenidos de cada componente.

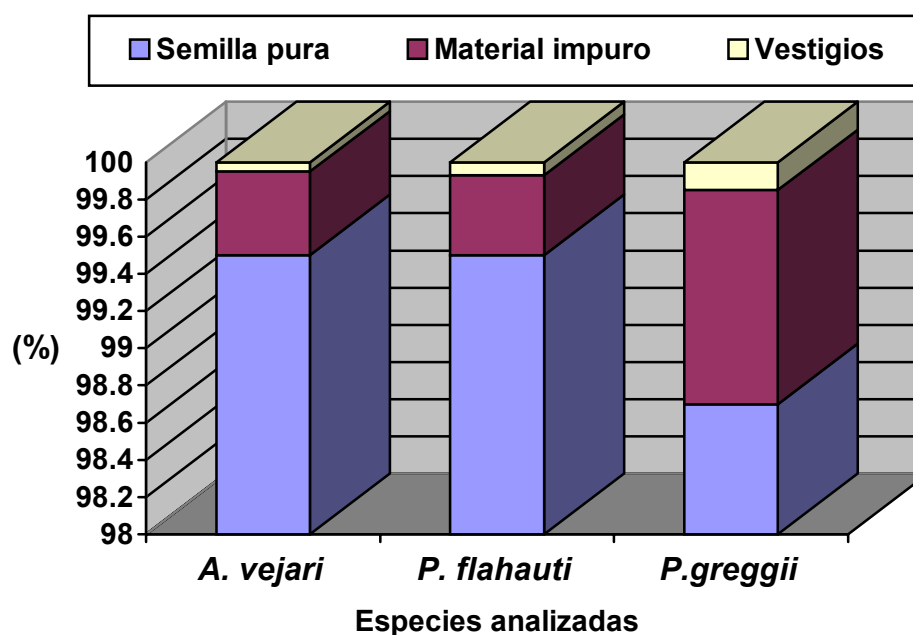
**Cuadro 4.1. Datos del análisis de pureza física en las muestras estudiadas.**

Especie	Cantidad utilizada	Material inerte (%)	Semilla pura (%)	Vestigios* (%)
<i>Abies vejari</i>	20 gr	0.45	99.5	0.05
<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	30 gr.	0.43	99.5	0.07
<i>Pinus greggii</i>	30 gr.	1.15	98.7	0.15

gr = Cantidad en gramos; (%) Cantidad en porcentaje.

\* Los vestigios indican componentes menores no registrados, pero que son parte del total de la muestra.

#### Interpretación gráfica



**Figura 4.1. Porcentaje de diversos componentes en las muestras de las especies sometidas al análisis de pureza física.**

La poca variación de los porcentajes obtenidos en los componentes para las tres especies representó la influencia de haber realizado exactamente de la misma manera el cuidado de los procedimientos de colecta, secado y beneficio de conos, puesto que aún directamente los porcentajes de semilla pura son



elevados definiendo entonces que existió una manipulación no prevista en el excesivo cuidado del manejo y traslado de cada material, puesto que los fines de la colecta fueron de investigación y no precisamente para producción masiva de plantas que generalmente recurre a procedimientos poco minuciosos por las grandes cantidades de semilla a utilizar, lo que posibilita la tendencia a encontrar porcentajes de pureza con mayor variación.

### Peso de 1000 semillas

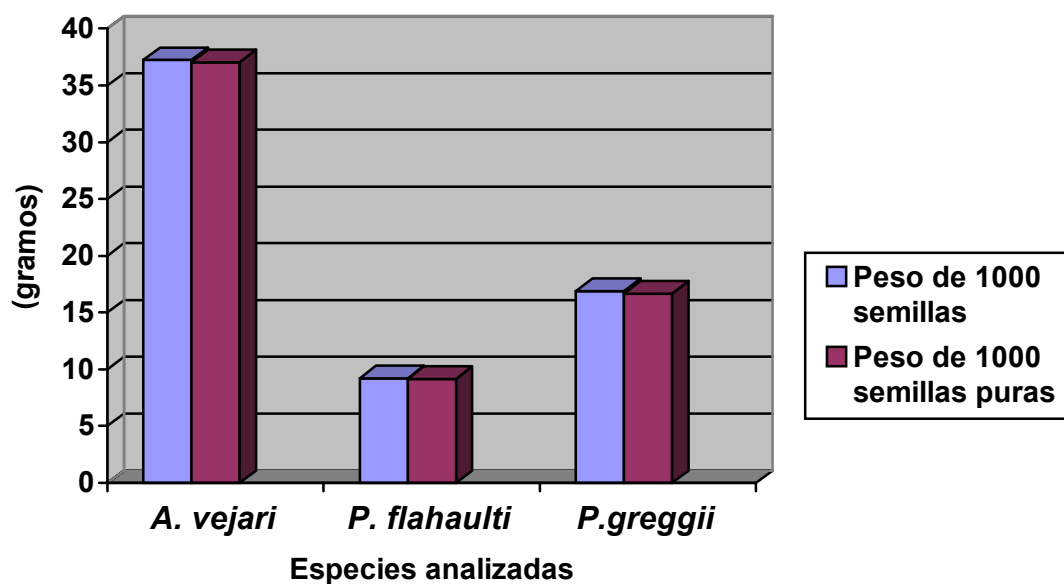
El cuadro 4.2 contiene resultados obtenidos de la prueba de peso de 1000 semillas, con todos los datos indispensables para los cálculos respectivos.

**Cuadro 4.2. Datos del análisis de peso de 1000 semillas de las muestras estudiadas.**

# Muestra / Spp.	<i>Abies vejari</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus greggii</i>
1	3.6430	0.9131	1.6319
2	3.4630	0.8912	1.6832
3	3.5048	0.9209	1.7365
4	3.4967	0.9610	1.5436
5	3.3170	0.9271	1.6838
6	3.1626	0.8925	1.6891
7	3.6772	0.9291	1.6438
8	3.3523	0.9139	1.6813
<b>Peso promedio</b>	<b>3.724</b>	<b>0.921</b>	<b>1.690</b>
<b>Peso de 1000 semillas</b>	<b>37.241 gr.</b>	<b>9.213 gr.</b>	<b>16.903 gr.</b>
<b>** Peso de 1000 semillas puras</b>	<b>37.054 gr.</b>	<b>9.166 gr.</b>	<b>16.680 gr.</b>

\*\* La cantidad inicial de semillas puras ha sido multiplicada por el porcentaje de pureza.

Interpretación gráfica



**Figura 4.2. Peso de 1000 semillas (en gramos) de las muestras estudiadas.**

La ISTA considera importante utilizar las cifras resultantes del análisis de pureza para que a partir de ellas pueda estimarse el peso de 1000 semillas puras para cada especie. Esto permite al analista tener una estimación más exacta de la condición de limpieza para cada lote de las especies sometidas a prueba. Así mismo, las pruebas subsecuentes contaron con estos datos, puesto que se procuró utilizar únicamente las semillas del mismo lote para todo el ensayo.

Considerando una misma condición de humedad para cada lote y los procedimientos estandarizados al beneficiar las semillas analizadas, es razonable encontrar estos resultados que básicamente describen la condición física y una variación interespecífica del peso natural en las semillas.

## Contenido de humedad

Los resultados referentes a la humedad prevaleciente en cada especie sometida a la etapa de desecación en horno con temperatura controlada, se plasman detalladamente en el Cuadro 4.3, que incluye puntualmente lo recomendado por las reglas de la (ISTA), en cuanto a número y peso de muestras, así como el instrumental necesario para obtener las cifras que se muestran a continuación.

**Cuadro 4.3. Datos del análisis de contenido de humedad de las muestras estudiadas.**

# Caja	Especie	P <sub>1</sub> = Peso de La Caja (gr)	P <sub>2</sub> = Peso de la Caja + Semilla natural (gr)	P <sub>3</sub> = Peso de la Caja + Semilla seca (gr)	Contenido de humedad (%)
1	<i>A. vejari</i>	14.230	15.870	15.700	10.360
2	<i>A. vejari</i>	13.910	15.350	15.300	3.470
3	<i>A. vejari</i>	14.500	15.970	15.800	11.560
4	<i>P. flahaulti</i>	13.950	14.990	14.900	8.650
5	<i>P. flahaulti</i>	13.640	14.660	14.500	15.680
6	<i>P. flahaulti</i>	13.250	14.260	14.200	5.940
7	<i>P. greggii</i>	14..030	15.730	15.400	19.400
8	<i>P. greggii</i>	13.390	15.180	15.100	4.460
9	<i>P. greggii</i>	12.840	14.580	14.500	4.590

**Promedio de contenido de humedad por especie.**

<i>Abies vejari</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus greggii</i>
8.46 %	10.09 %	9.48 %

### Interpretación gráfica

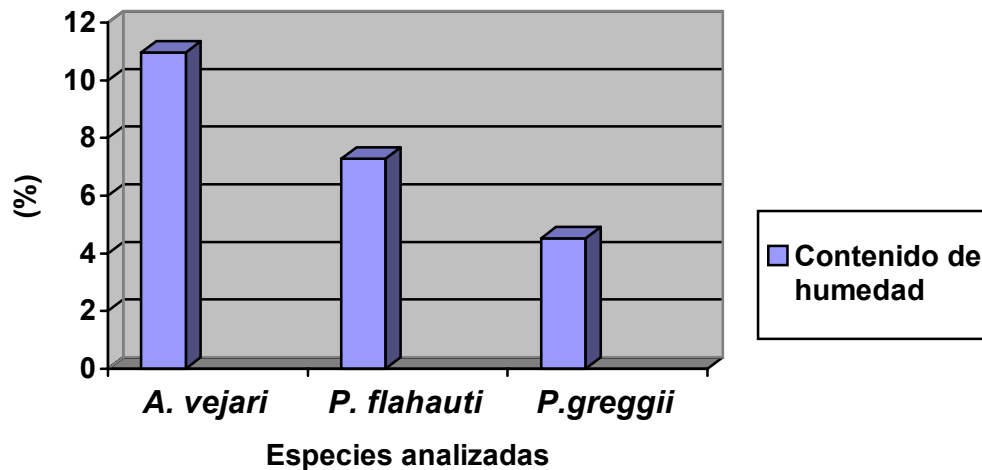


Figura 4.3. Porcentaje del contenido de humedad de las muestras estudiadas.

Al observar la variación de los resultados entre las especies, se puede reconocer como normales los niveles de contenido de humedad, puesto que como coníferas corresponden a poseer semillas ortodoxas con niveles mínimos de 5% de humedad. En el caso específico de las semillas de *Pinus greggii* que mostraron un contenido de humedad de 9.48%, se puede tomar en cuenta que para efectuar la extracción de las semillas se tuvo que recurrir al secado de conos en hornos con una temperatura de entre 35 y 45 °C; Por tanto, seguramente las semillas se vieron afectadas al recibir calor dentro de los conos y nuevamente ser sometidas a la prueba que mide el contenido de humedad y que emplea normalmente una temperatura de 103 °C.

Respecto a los resultados porcentuales del contenido de humedad para semillas de *Abies vejari* y *Pseudotsuga flahaulti*, es importante señalar que son los resultados que se esperaban, a pesar de las variaciones que hubo entre

muestras sometidas al secado, de las cuales, se tomó un promedio para representar cada especie. En caso de obtener alguna cifra disparada en los resultados, pudiera ser recomendable tomar los datos mas coincidentes para homogeneizarlos, sobre todo si se maneja una gran cantidad de datos.

### **Viabilidad determinada por el método radiográfico**

La presentación de los resultados siguientes no requiere explicaciones tediosas, debido a que el procedimiento para determinar estos porcentajes son únicamente de identificación, y los colores por los cuales se determina el potencial de viabilidad de cada muestra son obvios y practicamente definitivos. El Cuadro 4.4 proyecta para cada especie que se manejó, una idea de las posibilidades de germinación que tendrán las semillas al someterse a tal prueba. Lo anterior no significa restar importancia a una prueba tan trascendente como el análisis de viabilidad, respecto a la prueba de germinación, sino señalar que ambas se complementan en la información que debe caracterizar a un lote de semillas.

**Cuadro 4.4 Datos del análisis de viabilidad de las muestras estudiadas.**

<b>Especie</b>	<b>No. de Semillas utilizadas</b>	<b>No. de Semillas identificadas como viables</b>	<b>% Viabilidad</b>
<b><i>Abies vejari</i></b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>73.33</b>
<b><i>Pseudotsuga flahaulti</i></b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>87.50</b>
<b><i>Pinus greggii</i></b>	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>78.04</b>

### Interpretación gráfica

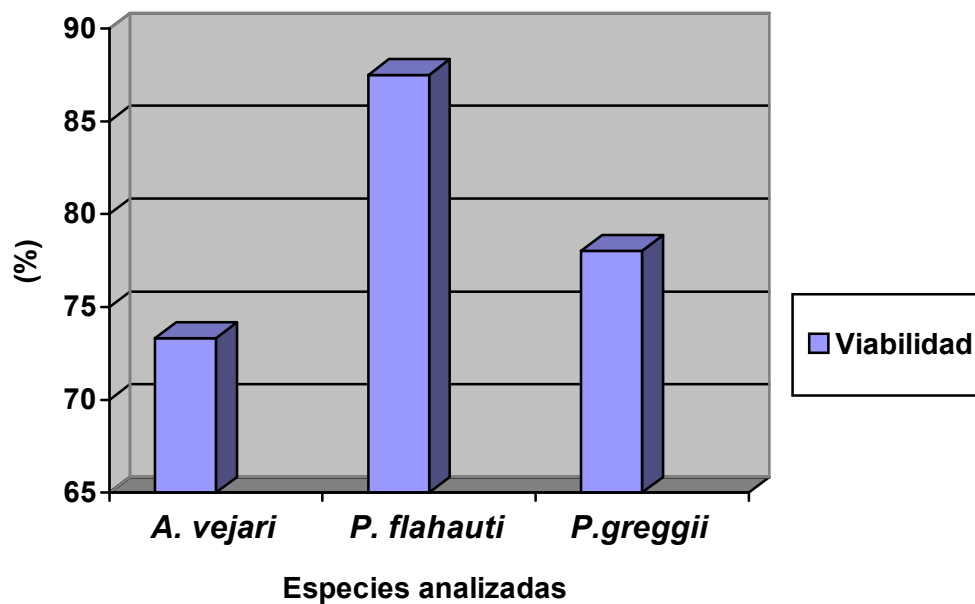


Figura 4.4. Porcentaje de viabilidad de las muestras estudiadas.

### *Porcentaje de germinación*

A continuación se presentan todos los datos resultantes de la prueba de germinación que muestran el comportamiento de las especies analizadas en la prueba final y más importante dentro del ensayo de semillas. Los datos incluyen cuadros de registro puntual de todas las muestras durante la totalidad de mediciones realizadas en el periodo de la prueba, además de un análisis de varianza que complementa, por sus resultados a la explicación gráfica que expone la tendencia germinativa.

El Cuadro 4.5 comienza mostrando los datos resultantes de *Abies vejari*, concluyendo con un porcentaje final de germinación para la especie.

**Cuadro 4.5 Datos del análisis de germinación de *Abies vejari*.**

No. Sub-muestra	No. Semillas	Semillas germinadas				* Total de semillas germinadas	** Total de semillas no germinadas
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28		
1	50	0	12	15	2	29	21
2	50	0	17	17	0	34	16
3	50	0	10	23	4	37	13
4	50	0	9	21	15	45	5
5	50	0	15	25	1	41	9
6	50	0	20	19	4	43	7
7	50	0	17	14	0	31	19
8	50	0	18	18	1	37	13
% Germinación		0	29.5	38.0	6.75	74.25	25.75

**Cuadro 4.6 Datos del análisis de germinación de *Pseudotsuga flahaulti*.**

No. Sub-muestra	No. Semillas	Semillas germinadas				* Total de semillas germinadas	** Total de semillas no germinadas
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28		
1	50	0	16	16	1	33	17
2	50	0	16	20	1	37	13
3	50	0	12	24	1	37	13
4	50	0	15	22	3	40	10
5	50	0	13	20	5	38	12
6	50	0	22	20	0	42	8
7	50	0	19	22	2	43	7
8	50	0	20	16	2	38	12
% Germinación		0	33.25	40.00	3.75	77.00 %	23.00%

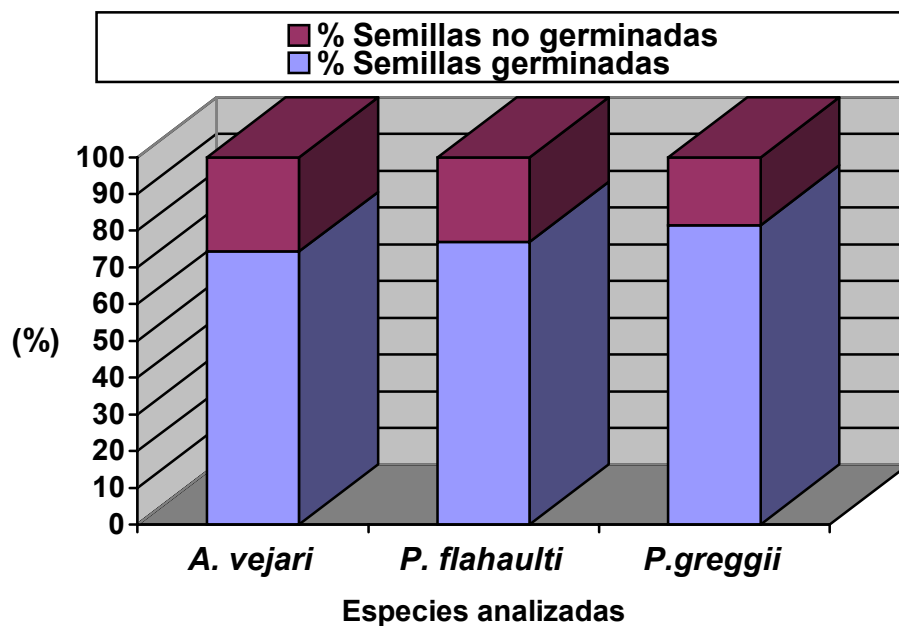
**Cuadro 4.7 Datos del análisis de germinación de *Pinus greggii*.**

No. Sub-muestra	No. semillas	Semillas germinadas				* Total de semillas germinadas	** Total de semillas no germinadas
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28		
1	50	0	19	22	2	43	7
2	50	0	16	22	2	40	10
3	50	0	20	16	2	38	12
4	50	0	11	25	1	37	13
5	50	0	22	19	1	42	8
6	50	0	20	19	4	43	7
7	50	0	15	15	10	40	10
8	50	0	17	18	8	43	7
<i>% Germinación</i>		0	35.00	39.00	7.5	81.50 %	18.50%

\* El total de semillas germinadas expresa de la misma manera el total de plántulas normales.

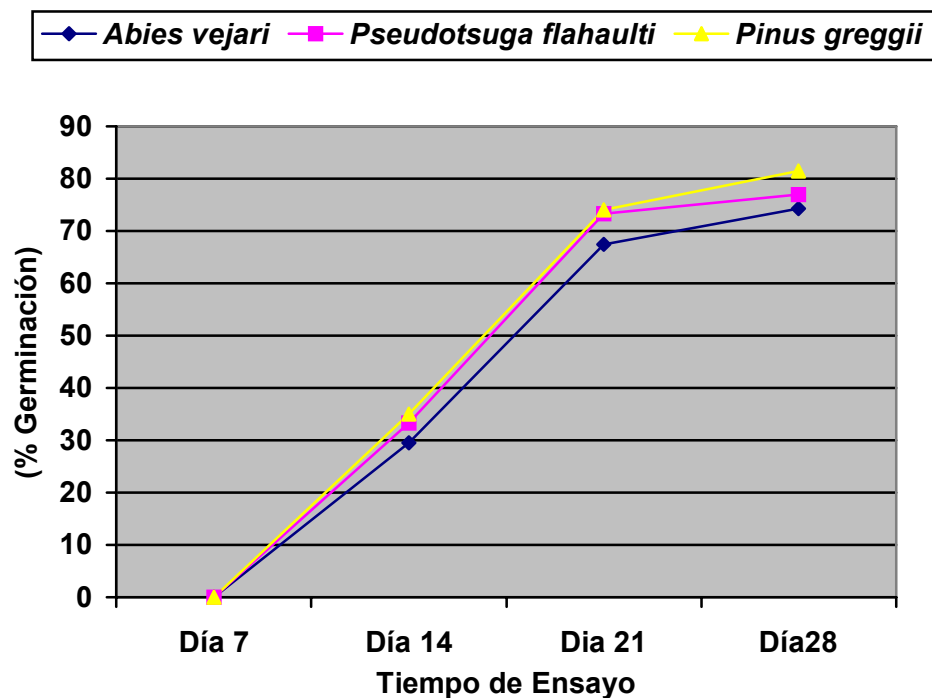
\*\* El termino “total de semillas no germinadas” incluye las plántulas anormales y semillas vanas .

**Interpretación gráfica**



**Figura 4.5 Comparación de porcentajes de semillas germinadas respecto a las no germinadas en las muestras estudiadas.**





**Figura 4.6** Comportamiento de los coeficientes de germinación al tiempo de las evaluaciones semanales a las muestras estudiadas.

La contundencia de los resultados mostrados abre ampliamente la visión acerca de las similitudes en el potencial de germinación; es decir, ninguna de las muestras de semillas pertenecientes a las especies analizadas presentó un resultado menor al 70 % de su germinación. Aunado a esto, el rango de diferencia en los porcentajes de comparación interespecífica, tan solo llegan al 7.25% desde la evaluación de *Abies vejari* con un 74.25%, hasta la de *Pinus greggii* con 81.5%, mostrando además los resultados con menor variación para *Pseudotsuga flahaulti* quien mostró hasta un 77% en su germinación respectiva. El análisis de varianza termina por confirmar lo ilustrado en la Figura 4.6,

referente al comportamiento común de la germinación en un mismo tiempo para todas las especies que, probablemente por cohabitar en una misma región, genotípicamente se han adaptado a ritmos similares de reproducción.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados descritos y la discusión que los interpreta se establecen las siguientes conclusiones:

El porcentaje de pureza en un lote manejado cuidadosamente para fines de investigación tiende a presentar altos niveles. Las personas que manejan grandes cantidades de semilla tienen mayores posibilidades de encontrar resultados de pureza mas apegados al estado real del lote, al medir submuestras representativas.

Aún con ello, comparativamente las semillas de *Pinus greggii* fueron las que en este experimento resultaron considerablemente con menor nivel de pureza respecto a las demás especies medidas.

Para el caso del peso de 1000 semillas, que se considera junto con el porcentaje de pureza y el contenido de humedad, como características físicas, se obtuvieron resultados variados que describen la propia condición de tamaño y densidad de cada tipo de semilla, relacionados directamente al peso promedio de todas las muestras.

Al someter las semillas a la medición de su contenido de humedad, se encontraron diferencias interespecíficas poco trascendentes, debido a que el promedio mas bajo correspondió a *Abies vejari* con 8.46 % y el promedio mas

alto a *Pseudotsuga flahaulti* con 10.09 % de contenido de humedad. Las diferencias intraespecíficas fueron mas notorias en las tres especies, llegando hasta un 14.94 % entre las muestras de *Pinus greggii*. Conforme al planteamiento de los resultados de las tres pruebas ya mencionadas, es obvio rechazar la primera hipótesis que supone la inexistencia de diferencias en las características físicas de las especies analizadas.

Respecto a los caracteres fisiológicos que ilustran tentativamente el potencial de vida de una especie, es importante señalar que el método radiográfico se ha ratificado como aceptable para medir la viabilidad, mostrando para este caso, la misma tendencia en resultados respecto al contenido de humedad de las especies; es decir, el porcentaje mas bajo de viabilidad correspondió también a *Abies vejari* con 73.33 %, al mismo tiempo que *Pseudotsuga flahaulti* presentó el mas alto nivel con un 87.50 %.

Finalmente, la prueba más contundente reflejó a las semillas de *Pinus greggii* como las poseedoras de mayor capacidad de germinación respecto a las que correspondieron a *Abies vejari*, quien mostró un 74.25 %, confirmándose así como la especie con semillas de menor posibilidad germinativa. Aún con ello, estadísticamente procesadas, las diferencias son inexistentes.

Por lo anterior, se puede concluir que se acepta la segunda hipótesis planteada que se refiere a los resultados estadísticos de caracterización fisiológica, mediante la prueba de germinación para las semillas analizadas. La

producción y manejo de lotes pertenecientes a estas especies no tendrán mayores diferencias al germinar.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante someter a prueba el porcentaje de germinación respecto a una disminución gradual del contenido de humedad en condiciones de temperatura controlada para lotes de las especies bajo análisis. Con ello será posible conocer las condiciones extremas de almacenamiento y por ende la capacidad de las semillas para mantener su viabilidad en un nivel aceptable.

Para evaluar condiciones de peso y pureza, así como obtener resultados apegados al estado real de un lote manejado, se deben obtener las muestras a partir de colectas de mayor escala, para así otorgar mayor variabilidad cuantitativa en los componentes que se consideren.

Finalmente, trabajos de investigación y descripción como el presente, deberán constituir un apoyo en la búsqueda de la caracterización básica para las diversas especies de coníferas existentes en el Sureste de Coahuila y en cualquier otra zona forestal, posibilitando la inclusión de otras variables que se consideren de interés, logrando con ello enriquecer el marco de referencia bibliográfica que coadyuve a racionalizar resultados de experimentos afines a las especies analizadas.

## LITERATURA CITADA

- Association of Official Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook, Assn. Offic. Seed Anal. Hdbk. New York. pp. 2-35.
- Bino, R. J., Aartse, J. W. and Van der Burg, W. J. 1993. Non destructive X ray analysis of arabidopsis embryo mutants. Seed Science Research. C.A.B. International London. Vol. 3.
- Bonner, F. T. 1974. Seed Testing . En seeds of woody plants in the United States, Agriculture Handbook No. Forest service, USDA, Washington D.C. No. 450.
- Boswell, R. V. 1980. La Importancia de las Semillas. Anuario de Agricultura. 1<sup>a</sup>. Edic., 7<sup>a</sup>. Reimpresión. Compañía Editorial Continental. México D.F. pp.19 - 36.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas. Ed. Trillas. México. pp. 13 - 20.
- Carballo, C. A. B. 2001. Reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica de semillas en cultivos básicos. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista Saltillo Coah., México. 117 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) 1977 a. Carta Topográfica G 14 C45, San Rafael, Escala 1: 50 000. S.P.P. México.
- Cornejo, O. E. H. 1987. Aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de Pseudotsuga - Pinus - Abies en la Sierra la Marta, Arteaga Coah., Tesis de Licenciatura. UAAAN. México. 196 p.
- Cronquist, A. A. 1981. An integrated system of classification of flowering. Columbia University. New york. 1262 p.

- Fenwick, K. A. y W. P. Feistritzer. 1979. Mejoramiento de la producción de semillas. Ed. FAO. Roma, Italia. 165 p.
- Hartmann, H. y D. E. Kester. 1988. Propagación de plantas: Principios y prácticas. CECSA, O. México. 760 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rule for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. & Technol. ZÜRICH, Switzerland. 24: 1-333
- Kamra, S. K. 1964. Determination of seed quality by X - rays. Adv. Frontiers of plant Sci. 9. Suecia. pp.119 - 130.
- Khan, A. A. 1977. Fisiología y Bioquímica de Semillas. Dormancia y Germinación. North - Holland Biomedical Press. Amsterdam. 447p.
- King, M. W., & Roberts, E. H. 1979. The Storage of recalcitrant seeds achievements and possible approaches. International Board for Plant Genetic Resources. Roma. AGP. IBPGR/ 79/44.
- Kozlowsky, T. T. 1971. Growth and development of trees. Academic Press., Nueva York and Londres.. (2 vols.)
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. 2ª. Edición. Ed. Botas. México. 361 p.
- Martínez, M. 1953. Las Pináceas de México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 362 p.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México. 393 p.

- Najera, C. J. A. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en Arteaga Coah., México. Tesis de Maestría. UAAAN, Saltillo, Coah., México. pp.100 - 173.
- Niembro, R. A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. México. 130 p.
- Niembro, R. A. 1989. Semillas de plantas leñosas. Morfología comparada. Ed. Limusa. México. 224 p.
- Oviedo, R. J. L. 2000. Evaluación del efecto de prácticas silvoculturales en la producción y calidad de semilla de *Pinus cembroides Zucc.* y *Pinus halepensis Mill.* Tesis de Doctorado. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 117 p.
- Paré, L. y S. Madrid. 1998. Bosques y plantaciones forestales. Cuadernos agrarios nueva época. CCMSS, SEMARNAP, FRIEDRICH EBERT STIFTUNG Y FAL MC Arthur. Federación Ed. Mexicana S. A de C. V. México. pp. 7-10.
- Perry Jr., J. P. 1991. The Pines of México and Central América. Timber press. Portland, Oregon, USA. 231 p.
- Rzedowsky, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Serrato, C. V. M. 1995. Curso de capacitación en tecnología de semillas a extensionistas; Consultoría en Tecnología de Semillas. Ministerio de Agricultura. San Salvador. 28 Apartados.



- Shaw, R. G. 1909. Los Pinos de México. The Arnold Arboretum. Boston, Massachusetts. USA. 21 p.
- Stein, W. I., Slabaugh, P. E. & Plummer, A. P. 1974. Harvesting, processing, and storage of fruits and seeds. In seeds of woody plants in the United States. Agricultural Handbook. Forest Service, USDA. Washington D.C. No. 450
- Turnbull, J. W. 1975. Forest tree seed testing. In report on FAO/DANIDA Training course on forest seed collection and Handling, FAO, Roma. Vol. 2.
- Vallejo, M. G. E. 1997. Asociación de variables dasonómicas a diferentes niveles de producción de conos en *Pinus cembroides* Zucc. en el Sur de Nuevo León, México. Tesis de Maestría. UANL. Linares, N.L. México. 119 p.
- Velasco, G. M. V. 2001. Ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* Engelm. En dos localidades de la Mixteca alta, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 75 p.
- Villareal, Q. J. A. 1993. Introducción a la botánica forestal. UAAAN. Ed. Trillas. Mexico. 151 p.
- Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales; Centro de semillas forestales de DANIDA, FAO. Roma Italia. 501 p.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa-Noriega eds. México 545 p.

**Sitios en Internet:**

[www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)

[www.conabio.mx](http://www.conabio.mx)

[www.forestsERVICE.us](http://www.forestsERVICE.us)

## APENDICE

**Cuadro A. 1. Base de datos (capturados en el programa de cómputo Statistic Analisis System) para los análisis de varianza de acuerdo a resultados obtenidos de la prueba de germinación.**

Espece	No. Muestra	Germinación 7 días	Germinación 14 días	Germinación 21 días	Germinación 28 días	Germinación Acumulada
Abve	1	0	29	32	2	63
Abve	2	0	19	44	19	82
Abve	3	0	35	44	5	84
Abve	4	0	35	32	1	68
Psfl	1	0	32	36	2	70
Psfl	2	0	27	46	4	77
Psfl	3	0	35	40	5	80
Psfl	4	0	39	38	4	81
Pigr	1	0	35	44	4	83
Pigr	2	0	31	41	3	75
Pigr	3	0	42	38	5	85
Pigr	4	0	32	33	18	83

**Abve = *Abies vejari*, Psfl = *Pseudotsuga flahaulti*, Pigr = *Pinus greggii*.**

**Cuadro A. 2. Programación y descripción de procedimientos realizados a partir de la Base de datos anterior por el programa SAS (Statistic Analisis System)**

```
options nodate ps=60;
data germinac;
infile'a:germ.dat';
input espec$ muestra germ7 germ14 germ21 germ28 germacum;
gertra7=sqrt(germ7);
gertra14=sqrt(germ14);
gertra21=sqrt(germ21);
gertra28=sqrt(germ28);
gertracu=sqrt(germacum);
proc glm;
classes espec;
model gertra7 gertra14 gertra21 gertra28 gertracu=espec espec*espec;
means espec/tukey;
run;
```

**Este cuadro muestra la entrada de la base de datos que contiene los resultados de germinación de las 3 especies consideradas "Tratamientos", especificando a cada muestra como una "repetición".**

**Cuadro A. 3. Resultados del análisis de varianza para la prueba de germinación**

Especies: *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*

Variable dependiente: Germinación a los 7 días

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	Pr > F
Modelo	2	0	0	99999.99	0.0
Error	9	0	0		
Total Corregido	11	0			

R Cuadrada	C.V	Raíz del CME	Media de Germ. 7 días
0.000000	9999.99	0	0

Especies: *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*

Variable dependiente: Germinación a los 14 días

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	Pr > F
Modelo	2	0.55160266	0.27580133	0.92	0.4346
Error	9	2.71152982	0.30128109		
Total Corregido	11	3.26313248			

R Cuadrada	C.V	Raíz del CME	Media de Germ. 14 días
0.169041	9.656239	0.548891	5.68431224

Especies: *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*

Variable dependiente: Germinación a los 21 días

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	Pr > F
Modelo	2	0.05976496	0.27580133	0.16	0.8580
Error	9	1.72607820	0.30128109		
Total Corregido	11	1.78584316			

R Cuadrada	C.V	Raíz del CME	Media de Germ. 21 días
0.033466	7.025979	0.437934	6.23307145

Especies: *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*

Variable dependiente: Germinación a los 28 días

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	Pr > F
Modelo	2	0.82053714	0.27580133	0.34	0.7237
Error	9	11.01206259	0.30128109		
Total Corregido	11	11.83259973			

R Cuadrada	C.V	Raíz del CME	Media de Germ. 28 días
0.069345	49.39956	1.106148	2.23918512

Especies: *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus greggii*

Variable dependiente: Germinación Acumulada

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	Pr > F
Modelo	2	0.36445378	0.18222689	1.08	0.3807
Error	9	1.52266956	0.16918551		
Total Corregido	11	1.88712334			

R Cuadrada	C.V	Raíz del CME	Media de Germ. Acum.
0.193127	4.674530	0.411322	8.79920866

Cuadro A. 4. Prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable germinación acumulada de las especies analizadas

Grupo Tukey	Media	No. de repeticiones	Tratamientos
A	9.025	4	<i>Pinus greggii</i>
A	8.771	4	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>
A	8.601	4	<i>Abies vejari</i>

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro A. 5 Variables manejadas en los procedimientos de colecta para los conos de las especies analizadas en este caso.

<b>VARIABLE/ESPECIE</b>	<b><i>Abies vejari</i></b>	<b><i>Pseudotsuga flahaulti</i></b>	<b><i>Pinus greggii</i></b>
<b>Longitud del cono* (Cm)</b>	<b>17.5</b>	<b>9.5</b>	<b>10.4</b>
<b>Diámetro del Cono* (Cm)</b>	<b>4.4</b>	<b>3.5</b>	<b>3.7</b>
<b>Peso individual del cono** ( gr)</b>	<b>61.2</b>	<b>35.5</b>	<b>74.0</b>
<b>Numero de conos en 1 Kg.*</b>	<b>16.33</b>	<b>28.16</b>	<b>13.51</b>
<b>Numero de semillas en 1 cono*</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>18</b>
<b>Peso de 1000 semillas ( gr)</b>	<b>37.241</b>	<b>9.213</b>	<b>16.903</b>
<b>Numero de semillas en 1 Kg*</b>	<b>26,852</b>	<b>108,542</b>	<b>59,161</b>

\* Los resultados obtenidos para el caso de estas variables son un promedio del rango que abarcan en términos reales.

\*\* Es necesario especificar que el peso individual promedio para conos de las especies analizadas fue tomado a partir de una lectura inmediatamente posterior al tiempo de la colecta, por lo que se consideró como peso de cono verde.





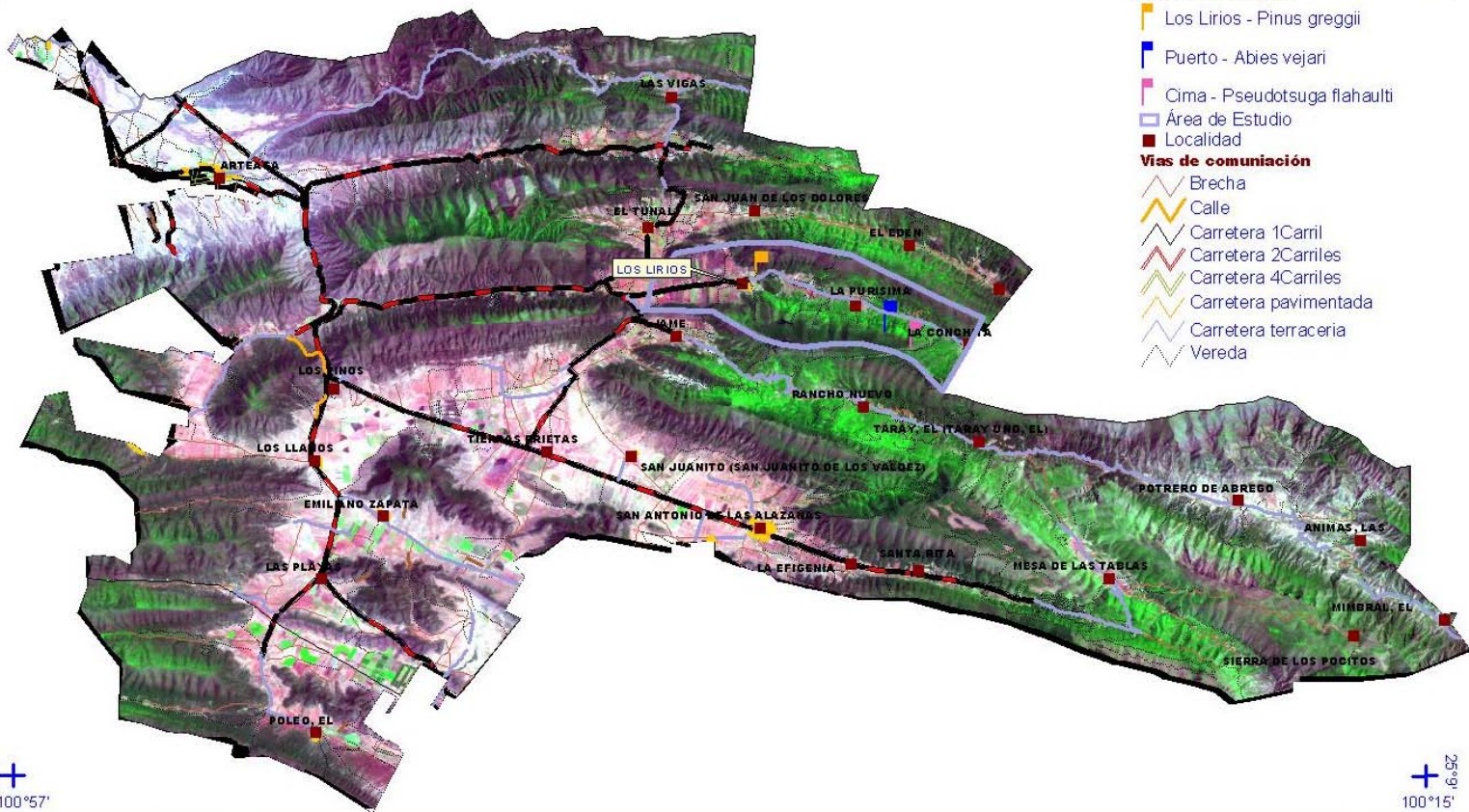
**Localización del área de estudio**

**Arteaga, Coahuila**



25°33' +  
100°57'

100°15' +  
25°39'



**SIMBOLOGÍA**

**Sitios de muestreo**

- Los Lirios - *Pinus greggii*
- Puerto - *Abies vejari*
- Cima - *Pseudotsuga flahaulti*
- Área de Estudio
- Localidad

**Vías de comunicación**

- Brecha
- Calle
- Carretera 1Carril
- Carretera 2Carriles
- Carretera 4Carriles
- Carretera pavimentada
- Carretera terracería
- Vereda

25°39' +  
100°57'

25°39' +  
100°15'

Esteroide ..... Clarke 1886  
 Proyección ..... Geográfica  
 Autoridad ..... Instituto Coahuilense de Ecología  
 Fecha de elaboración ..... Noviembre 2003  
 Fuente de información Cartografía ..... INEGI

ESCALA  
1:350,000

