

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



TESIS

**“ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE 3 ESPECIES
DE *Pinus*, DURANGO, MÉXICO”**

POR

OSCAR OMAR SANTOS SÁNCHEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

JUNIO 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



TESIS

**“ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE 3 ESPECIES
DE *Pinus*, DURANGO, MÉXICO”**

POR

OSCAR OMAR SANTOS SÁNCHEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO,

JUNIO 2017

**ANÁLISIS TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE 3
ESPECIES DE *Pinus*, DURANGO, MÉXICO**

Aprobación de Tesis

Director: Dr. Ricardo López Aguillón

Codirector: Dr. Marco Aurelio González Tagle

Vocal: Dr. Javier Jiménez Pérez

Vocal: M.C. Santiago Solís González

Junio, 2017

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Oscar Omar Santos Sánchez, estudiante de la carrera Maestro en Ciencias Forestales, con matrícula 1828829 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el Plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance de mi comité de Asesoría está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente tesis, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente mía.

Atentamente

Oscar Omar Santos Sánchez
Tesis de Maestría/UANL

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por darme la oportunidad y el apoyo económico para realizar mis estudios de posgrado en la UANL y los intercambios académicos.

A la UANL por proporcionarme las herramientas para concluir esta etapa tan importante de mi vida y permitirme obtener mi grado académico de Maestro en Ciencias.

Al Dr. Ricardo López Aguilón: por su asesoría, apoyo, tiempo, atención y buena disposición para culminar esta etapa académica de mi vida.

Al Dr. Marco Aurelio González Tagle: por su disposición y apoyo para realizar la culminación de esta etapa de preparación académica.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez: por su disposición y apoyo para hacer posible la realización de este trabajo de tesis profesional.

Al Ing. Santiago Solís González por permitirme trabajar a su lado y por la realización mi tesis profesional para obtener el grado de Ingeniero.

Al Dr. Humberto González Rodríguez: por la oportunidad de realizar mis estudios en la Facultad de Ciencias Forestales, por su disposición y las facilidades para trabajar en las instalaciones de la Facultad.

A mis maestros por enseñarme todo lo que se dé la carrera y por su paciencia.

A mis padres porque nunca permitieron que me diera por vencido y siguiera adelante con mis objetivos.

Al director de la Facultad de Ciencias Forestales el Dr. Humberto González Rodríguez por sus palabras de motivación y por permitirme ser parte de la comunidad estudiantil, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar mi investigación y por su apoyo y disposición.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado todo lo que tengo en esta vida por todas sus bendiciones, darme la oportunidad de ser una herramienta de ayuda en este mundo y por darme la sabiduría para terminar mis estudios.

A mi Madre Juana Sánchez Sandoval por todo lo que me ha enseñado a lo largo de mi vida y su apoyo incondicional, por estar siempre ahí para mí y por esos regaños y esas palabras de aliento cuando me quise rendir , ¡gracias mamá!

A mi Padre Manuel de Jesús Santos Ávila (†) que aunque ya no se encuentra físicamente siempre me está apoyando, me manda su bendición desde donde esta y me brinda todo su apoyo y amor por eso le dedico este trabajo de titulación.

A mi hermano Juan Manuel Santos Sánchez quien me acompaña en la buenas y malas y me hace reír, así como se preocupa por mi, le dedico este trabajo como un ejemplo para que siga estudiando.

A mi Primo Jorge Abel Sánchez Medrano (†) que aunque ya no se encuentra físicamente siempre me brindo todo su apoyo y siempre fue un ejemplo a seguir en esta vida y en la competencia laboral por eso le dedico este trabajo de titulación

A toda la Fam. Santos Ávila Les agradezco por todo si apoyo desde el cielo y por sus oraciones muchas gracias, les dedico mi esfuerzo en este trabajo.

A mis amigos que siempre han estado conmigo y me han impulsado a seguir adelante con mis estudios.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 2.1 Importancia de la semilla | 3 |
| 2.2 Desarrollo y morfología de la semilla | 4 |
| 2.3 Desarrollo de conos y semillas | 5 |
| 2.4 Importancia de la producción de semilla viable..... | 5 |
| 2.5 Análisis de la semilla..... | 6 |
| 2.6 Principales causas de aborto de semillas | 6 |
| 2.7 Reconocimiento de óvulos y semillas abortadas | 7 |
| 2.8 Aborto de óvulos en el primer año de desarrollo..... | 7 |
| 2.9 Aborto de óvulos en el segundo año de desarrollo | 7 |
| 2.10 Principios y fundamentos del análisis de conos..... | 8 |
| 2.11 Plagas de los conos y semillas forestales..... | 9 |
| 2.12 Principales plagas que atacan los conos y semillas forestales | 12 |
| 2.13 Descripción de las especies en estudio | 12 |
| 2.14 Importancia de las especies en estudio | 15 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 15 |
| 5. OBJETIVOS | 16 |
| 5.1 General | 16 |
| 5.2 Específicos..... | 16 |
| CAPÍTULO I. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PARA LAS ESPECIES DE <i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco, <i>Pinus engelmannii</i> Carr. Y <i>Pinus duranguensis</i> Ehren EN LA REGIÓN DE “EL SALTO PEUBLO NUEVO, DURANGO” EN EL AÑO 2015..... | 18 |
| 6.1 Introducción | 22 |
| 6.2 Material y Métodos..... | 22 |
| 6.2.1 Descripción del área de estudio..... | 22 |
| 6.2.3 Clima..... | 23 |
| 6.2.4 Edafología..... | 24 |
| 6.2.5 Geología | 25 |
| 6.2.6 Fisiografía | 25 |

| | |
|--|----|
| 6.2.7 Relieve | 25 |
| 6.2.8 Topografía..... | 25 |
| 6.2.9 Localización del área de estudio | 26 |
| 6.3 Resultados | 30 |
| 6.4 Discusión | 34 |

CAPÍTULO II. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PARA LAS ESPECIES DE *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus engelmannii* Carr. Y *Pinus duranguensis* Ehren EN LA REGIÓN DE “EL SALTO PUEBLO NUEVO, DURANGO” PARA LOS AÑOS 2013-2015 40

| | |
|--|----|
| 6.5 Introducción | 44 |
| 6.6 Material y Métodos..... | 45 |
| 6.6.1 Localización del área de estudio | 45 |
| 6.6.2 Revisión de literatura | 46 |
| 6.6.3 Análisis de la información | 46 |
| 6.6.4 Comparación de medias de la producción de semilla de 2013 vs 2015..... | 46 |
| 6.6.5 Prueba de normalidad y análisis de varianza 2013-2015..... | 48 |
| 6.7 Resultados | 48 |
| 6.8 Discusión | 54 |

CAPÍTULO III. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PARA LAS ESPECIES DE *Pinus cooperi* C.B. Blanco, *Pinus engelmannii* Carr. Y *Pinus duranguensis* Ehren EN LA REGIÓN DE “EL SALTO PUEBLO NUEVO, DURANGO” PARA LOS AÑOS 2008-2015 CONSIDERANDO LAS VARIABLES AMBIENTALES..... 60

| | |
|--|----|
| 6.9 Introducción | 64 |
| 6.10 Material y Métodos..... | 67 |
| 6.10.1 Localización del área de estudio | 67 |
| 6.10.2 Revisión de literatura | 68 |
| 6.10.3 Análisis de la información | 68 |
| 6.10.4 Recolección de los datos de las variables ambientales | 69 |
| 6.10.5 Aplicación de correlaciones | 69 |
| 6.11 Resultados | 69 |
| 6.11.1 Relación Precipitación-Producción de semilla | 69 |
| 6.11.2 Relación Temperatura-Producción de semilla | 74 |
| 6.11.3 Correlación entre Precipitación-Potencial biológico | 78 |
| 6.11.4 Relación Temperatura-Potencial biológico..... | 82 |
| 6.12 Discusión | 86 |

7. CONCLUSIONES..... 91

| | |
|------------------------------|-----------|
| 8. PERSPECTIVAS | 93 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA..... | 94 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Parámetros utilizados en el estudio de disección de escamas de conos..... | 29 |
| Tabla 2. Fórmulas utilizadas en el estudio de conos..... | 30 |
| Tabla 3. Parámetros utilizados en el estudio..... | 30 |
| Tabla 4. Comparación de los diámetros y longitud de los conos de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2015..... | 31 |
| Tabla 5. Comparación del potencial biológico y las semillas desarrolladas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2015..... | 32 |
| Tabla 6. Comparación de las semillas llenas, semillas malformadas, semillas plagadas y semillas vanas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2015..... | 33 |
| Tabla 7. Análisis de varianza de la producción de semilla de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2015..... | 34 |
| Tabla 8. Comparación de la longitud del cono de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 35 |
| Tabla 9. Comparación del Diámetro del cono de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 36 |
| Tabla 10. Comparación del Potencial Biológico de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 37 |
| Tabla 11. Comparación de la producción de semilla de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 37 |
| Tabla 12. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de <i>Pinus cooperi</i> en 2013 vs 2015..... | 47 |
| Tabla 13. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de <i>Pinus duranguensis</i> en 2013 vs 2015..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Tabla 14. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de <i>Pinus engelmannii</i> en 2013 vs 2015..... | 48 |
| Tabla 15. Comparación de las dimensiones de los conos de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en 2013 vs 2015..... | 49 |
| Tabla 16. Comparación del potencial biológico de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2013 vs 2015..... | 50 |
| Tabla 17. Comparación de semilla desarrollada de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2013 vs 2015..... | 51 |
| Tabla 18. Comparación del número de abortos del año 1 y 2 de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en el año 2013 vs 2015..... | 52 |
| Tabla 19. Análisis de varianza de la producción de semilla de <i>Pinus engelmannii</i> 2013 vs 2015..... | 53 |
| Tabla 20. Análisis de varianza de la producción de semilla de <i>Pinus duranguensis</i> 2013 vs 2015..... | 54 |
| Tabla 21. Análisis de varianza de la producción de semilla de <i>Pinus cooperi</i> 2013 vs 2015..... | 54 |
| Tabla 22. Comparación de la longitud de los conos de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en los año 2008, 2010, 2013 y 2015..... | 55 |
| Tabla 23. Comparación del diámetro de los conos de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en los año 2008, 2010, 2013 y 2015..... | 55 |
| Tabla 24. Comparación del número de semillas desarrolladas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en los año 2008, 2010, 2013 y 2015..... | 56 |
| Tabla 25. Comparación del potencial biológico de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> en los año 2008, 2010, 2013 y 2015..... | 57 |
| Tabla 26. Comparación del número de semillas desarrolladas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> y las precipitación ocurrida de 2008 a 2015...73 | 73 |
| Tabla 27. Comparación del número de semillas desarrolladas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> y las temperatura ocurrida de 2008 a 2015....77 | 77 |
| Tabla 28. Comparación del número del potencial biológico de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> y la precipitación ocurrida de 2008 a 2015.....82 | 82 |

| | |
|--|----|
| Tabla 29. Comparación del potencial biológico desarrolladas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> y la temperatura ocurrida de 2008 a 2015..... | 86 |
| Tabla 30. Pruebas de correlación de la producción de semillas de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P. engelmannii</i> y <i>P. duranguensis</i> con las variables ambientales en el año 2015..... | 86 |
| Tabla 31. Comparación del potencial biológico para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 87 |
| Tabla 32. Comparación del número de semillas desarrolladas para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 88 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Semillas desarrolladas, óvulos abortados del año 1 y 2, alas sin semilla..... | 8 |
| Figura 2. La disección de las escamas de un cono, mostrando las escamas infértiles inferiores, escamas fértiles y escamas infértiles superiores (Flores 2010)..... | 9 |
| Figura 3. Localización de área de estudio “El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.”. (Solís, 2013)..... | 26 |
| Figura 4. Comparación de las dimensiones longitud y diámetro de cono para las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> | 31 |
| Figura 5. Comparación del potencial biológico y la producción de semillas en promedio por cono para las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> | 32 |
| Figura 6. Comparación de la cantidad de semillas llenas, semillas malformadas, semillas plagadas, y semillas vanas para las especies <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> | 34 |
| Figura 7. Comparación de la Longitud del cono de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015. _____ | 35 |
| Figura 8. Comparación del Diámetro del cono de las especie de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015. _____ | 36 |
| Figura 9. Comparación del Potencial Biológico de las especie de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 37 |
| Figura 10. Comparación de la producción de semilla de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> de 2008-2015..... | 38 |
| Figura 11. Localización de área de estudio “El Salto, Pueblo Nuevo Dgo.” (Solís, 2013)..... | 45 |
| Figura 12. Comparación de las dimensiones longitud y diámetro para las especies <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2013 y 2015..... | 49 |
| Figura 13. Comparación del potencial biológico para las especies <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2013 y 2015..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 14. Comparación de la semilla desarrollada para las especies <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2013 y 2015..... | 51 |
| Figura 15. Comparación del número de abortos en el año 1 y 2 de desarrollo del cono para las especies <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2013 y 2015..... | 53 |
| Figura 16. Comparación de la longitud promedio de los conos de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2008 a 2015..... | 55 |
| Figura 17. Comparación del diámetro promedio de los conos de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> en los años 2008 a 2015..... | 56 |
| Figura 18. Comparación de la producción de semilla de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> del año 2008 a 2015..... | 57 |
| Figura 19. Comparación del potencial biológico de las especies de <i>Pinus engelmannii</i> , <i>P. cooperi</i> y <i>P. duranguensis</i> del año 2008 a 2015..... | 58 |
| Figura 20. Localización de área de estudio “El Salto Pueblo Nuevo, Dgo.” (Solís, 2013)..... | 67 |
| Figura 21. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> | 71 |
| Figura 22. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de <i>Pinus cooperi</i> | 72 |
| Figura 23. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de <i>Pinus duranguensis</i> | 73 |
| Figura 24. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> | 75 |
| Figura 25. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de <i>Pinus cooperi</i> | 76 |

| | |
|---|----|
| Figura 26. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus duranguensis</i> | 77 |
| Figura 27. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> | 79 |
| Figura 28. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus cooperi</i> | 80 |
| Figura 29. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus duranguensis</i> | 81 |
| Figura 30. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> | 83 |
| Figura 31. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la temperatura en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus cooperi</i> | 84 |
| Figura 32. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la temperatura en los años 2008-20015 para la especie de <i>Pinus duranguensis</i> | 85 |
| Figura 33. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para las especie de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P.duranguensis</i> y <i>P. engelmannii</i> en el año 2008..... | 88 |
| Figura 34. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para las especie de <i>Pinus cooperi</i> , <i>P.duranguensis</i> y <i>P. engelmannii</i> en el año 2008..... | 89 |
| Figura 35. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para la especie de <i>Pinus engelmannii</i> en el año 2010..... | 89 |

RESUMEN

La semilla es el principal medio de reproducción de las plantas coníferas; por lo que es importante conocer su origen y calidad debido a que es la fuente portadora de la información genética que será transmitida a generaciones futuras. Diversos factores influyen en la calidad y cantidad de semilla que se produce, entre ellos destacan las características intrínsecas de la especie, los factores del clima y los agentes bióticos. Normalmente, dichos factores se manifiestan durante la formación y desarrollo de los conos. En el Capítulo I de esta investigación se consideró como objetivo evaluar y comparar el potencial biológico, la eficiencia de la producción de semilla e identificar las causas de la pérdida de ésta en el año 2015, en el Capítulo II se realizó la comparación de la producción de semilla y el potencial biológico de los años 2013 vs 2015, con el objetivo de lograr determinar si existen diferencias significativas en las variables evaluadas de cada una de las especies, en el Capítulo III se consideró como objetivo conocer cuál es el comportamiento de las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi*, *P. duranguensis* en sus variables de producción de semilla, potencial biológico y relación con las variables ambientales precipitación y temperatura desde el año 2008 hasta el año 2015. Los resultados obtenidos permitirán la planeación oportuna de los programas de colecta de conos y la cosecha de semillas para la producción de plantas en viveros y establecimiento de las plantaciones forestales, así como para la evaluación de las condiciones de los arboles superiores en relación a su capacidad de producción de semilla, de esta manera se podrán realizar las modificaciones o ajustes de la selección de los siguientes individuos que será la fuente de propagación de germoplasma con características genéticas superiores.

ABSTRACT

Seed is the main means of reproduction of coniferous plants; So it is important to know its origin and quality because it is the source of the genetic information that will be transmitted to future generations. Several factors influence the quality and quantity of seed produced, among them the intrinsic characteristics of the species, climate factors and biotic agents.

Normally, such factors are manifested during the formation and development of the cones. In Chapter I of this research it was considered as objective to evaluate and compare the biological potential, the efficiency of seed production and to identify the causes of the loss of this one in the year 2015, in Chapter II the comparison of the production was made Of seed and the biological potential of the years 2013 to 2015, in order to determine if there are significant differences in the variables evaluated for each of the species, in Chapter III it was considered as objective to know what the behavior of the species *Pinus engelmannii*, *P. cooperi*, *P. duranguensis* in their seed production variables, biological potential and relation to environmental variables precipitation and temperature from 2008 to 2015.

The results obtained will allow the timely planning of cones collection programs and seed harvesting for nursery plant production and establishment of forest plantations. As well as for the evaluation of the conditions of the superior trees in relation to their capacity of seed production, this way modifications or adjustments of the selection of the following individuals will be able to be the source of propagation of germplasm with genetic characteristics Higher.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques proporcionan múltiples beneficios, servicios ambientales, sociales y económicos, de ahí que contribuyan al desarrollo de la sociedad. Mantener la cubierta forestal en México, al igual que en otros países, constituye un verdadero desafío teniendo en cuenta las necesidades presentes y futuras de una población que suma los 103.9 millones de habitantes (Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2009).

México es un país que ocupa un importante lugar en cuanto a su diversidad biológica de tal manera que se considera uno de los países mega diversos. Actualmente la superficie clasificada como forestal es del 69%, equivalente a 137 millones de hectáreas, con una capacidad de sustentación de muchas especies forestales, sin embargo, de esta área sólo 45 millones corresponden a superficie arbolada, de las que 30 millones se caracterizan como zonas boscosas y 15 millones a selvas y zonas arbustivas. En relación con la distribución geográfica nacional, los estados de Durango, Chihuahua, Jalisco, Oaxaca, Guerrero y Michoacán conjuntan el 61% del total de la superficie arbolada en los bosques (Rodríguez, 1983 citado por Ahuja, 2004).

Durango es el segundo estado del país con una superficie forestal arbolada de 5.48 millones de hectáreas (9.6% de la superficie forestal nacional) y con un volumen de 833,340 m³ (rollo total árbol) de existencias reales; constituyéndose así en la primera reserva nacional forestal (CONAFOR-SEMARNAT, 2003).

La creciente necesidad de contar con semillas forestales, en cantidad y calidad, suficientes para poder palear o revertir los procesos de deforestación que a nivel mundial se dan, obliga a realizar estudio que nos acerquen al conocimiento productivo de semillas de especies forestales de interés, tanto regionales como de posibles introducidas, siendo entre otros, los referentes a la producción de semillas, factor fundamental para la estrategia de restauración y conservación de los recursos.

La renovabilidad de los recursos forestales depende de la eficiencia de la regeneración, ya sea que se efectúe de manera natural o por medio de

métodos artificiales (manejo de bosques naturales o plantaciones). El éxito de la regeneración depende a su vez del cumplimiento de una serie de hechos: una abundante producción de semillas, condiciones favorables para la germinación y condiciones para el desarrollo de la planta. Sin embargo, la mayoría de las especies arbóreas no producen regularmente cantidades suficientes de semillas para asegurar el éxito de la regeneración (Hawley y Smith, 1972).

Por lo anterior, se deben tomar medidas adecuadas en el manejo forestal para evitar retrasos en el establecimiento de la regeneración, ya que si se aplican tratamientos de cortas de regeneración en años de poca producción de semillas, esto puede impactar en los costos de cultivo ya que la vegetación herbácea y arbustiva puede cubrir el suelo en uno o dos años en sitios buenos (Cain and Shelton, 2000).

La producción de semillas forestales es una función primordial en la conservación de los ecosistemas forestales, para la obtención de bienes como la madera y otras materias primas (Grayson *et al.*, 2002; Shelton y Cain, 2002; Alba-Landa *et al.*, 2001; Owens, 1995), en el manejo de los recursos genéticos para un ambiente en constante cambio, es decir, la sustentabilidad forestal (Bazzaz *et al.*, 2000); sin embargo, esta fase del ciclo de vida de las plantas ha sido casi olvidada tanto a nivel técnico como presupuestal, a pesar de que se reconoce su importancia y la necesidad de asegurar la calidad de las semillas forestales (CONAFOR, 2001; SEDARPA-CONAFOR, 2006). Es conocido que los árboles forestales en condiciones naturales no producen semillas regularmente, sino más bien en periodos variables de años (años semilleros) que pueden ser desde uno hasta siete años o más y que esta característica puede estar correlacionada con algunos factores del clima y la madurez del árbol (Cain y Shelton, 2000; Koenig y Knops, 2000; Pederson *et al.*, 1999; Herrera *et al.*, 1998; Pederson *et al.*, 1998; Boyer, 1987; Daniel *et al.*, 1982). Para compensar los años de baja producción y mejorar la calidad de la semilla y de los productos forestales se diseñaron los huertos semilleros (Zobel y Talbert, 1988), que son actualmente las plantaciones con el manejo más intensivo y controlado que podemos encontrar. Sin embargo, en México para abastecer de semilla a los programas de reforestación y de

plantaciones se ha recurrido a colectas intensivas en los años semilleros descuidándose la calidad de los parentales cosechados, pero a pesar de que las políticas forestales han encaminado sus pasos hacia el desarrollo de plantaciones comerciales; no se han establecido las fuentes de abasto de la semilla requerida para tales propósitos de especies locales (Márquez y Alba-Landa, 2003), por lo que debemos avanzar hacia la implementación de un sistema de producción de semillas en dos sentidos, primero de calidad biológica y luego de calidad genética mediante el conocimiento del ciclo reproductivo de las especies y su ubicación en el tiempo, es decir su fenología reproductiva.

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de la semilla

En el género *Pinus*, las semillas se encuentran dentro del fruto, llamado cono y unidas por un funículo, y generalmente dos semillas por escamas, que pueden ser de varias formas, tamaños y colores, de acuerdo a la especie.

La semilla es la unidad de diseminación y reproducción sexual de las plantas vasculares superiores; son el resultado de los procesos de fecundación y el desarrollo de los óvulos en las flores. Están compuestos de un embrión, tejido de reserva nutritivo y unas o varias capas protectoras llamadas testa o cáscara, que se originan a partir de los tegumentos del óvulo (Bernier, 1989).

La semilla, es el óvulo fecundado y desarrollado de las plantas y el medio natural de dispersión, propagación y perpetuación de todas las especies, por lo que la producción de plantas de pino en los viveros es de vital importancia.

Las semillas forestales son importantes por diversos factores, desde el punto de vista silvícola, las semillas constituyen un medio de propagación natural de numerosas especies, ya sea por regeneración natural o artificial, así como la restauración de los bosques que estén bajo aprovechamiento o se encuentren degradados (Niembro, 1983).

2.2 Desarrollo y morfología de la semilla

Las semillas es el óvulo fecundado, transformado y maduro de las plantas fanerógamas. Tienen la función de reproducir y perpetuar la especie, por lo que el mejoramiento genético de los árboles, depende de la semilla. En el caso de los pinos, las semillas se encuentran dentro del fruto llamado cono y unidas por el funículo. Las semillas de pino tienen muchas formas, tamaños y colores, según la especie que se trate. (Niembro, 1983).

En las especies del género *Pinus*, el número de semillas presentes en cada cono es variable, pero puede considerarse un promedio de 120, de las cuales no todas son semillas funcionales, pues alrededor de 35 se consideran infértiles, variando también de acuerdo con la especie que se trate, existiendo pequeñas variaciones en cantidad aun en la misma especie. De las cuales un promedio de 8 semillas se encuentra en la parte superior (en las escamas infértiles superiores) y el resto en la parte inferior (escamas infértiles inferiores). El resto puede llegar a producir óvulos, pero no todas llegan a madurar, pues algunas no se desarrollan o son abortadas debido a condiciones y/o factores adversos; como son: la falta de polen, ataque por insectos u hongos y algunos otros factores bióticos y/o abióticos. En la mayoría de los casos el principal agente vivo que influye en la producción de semilla viable son los insectos.

Los pinos presentan diferentes épocas de floración y fructificación, difieren en tipo y consistencia el fruto; las semillas presentan características diferenciales en su forma estructura y composición, de tal manera que cada especie puede requerir un manejo diferente (Daniel 1982).

En las plantas superiores la reproducción sexual se inicia con la floración, continúa con la polinización, fertilización, embriogénesis y termina con el desarrollo, crecimiento y maduración del fruto (Maheshwari, 1965; Nitsch, 1965; Bhatnagar y Johri, 1972; Krugman y colaboradores 1974, Fechner, 1978; Bhojwani y Bhatnagar, 1979 y Niembro 1983; Niembro, 1988. Citados por Gurrola, 1996).

Después de la germinación las plantas atraviesan por un periodo de crecimiento vegetativo durante el cual no producen flores, a este estado de crecimiento vegetativo se le conoce como periodo de maduración sexual y su duración depende tanto del componente genético de las especies como el de las condiciones ambientales del lugar donde la planta se encuentra vegetando (Matthews, 1963; citado por (Niembro, 1985).

2.3 Desarrollo de conos y semillas

El género *Pinus* produce dos tipos de estróbilos: el estróbilo masculino o el productor del polen y el estróbilo femenino o el conillo. La diferenciación propiamente de los conos femeninos se inicia en verano.

En la primavera siguiente, las flores femeninas emergen en posición erecta de las escamas protectoras, en la punta de las yemas de los brotes nuevos.

Las flores femeninas se componen de muchas escamas suaves y carnosas dispuestas en espiral de ángulos rectos en relación al eje central del cono. Un par de óvulos son formados con pequeñas protuberancias en las bases de las escamas.

No todas las escamas producen óvulos funcionales, solamente aquellas en la región central del cono que tienen el potencial para producir óvulos y eventualmente semillas, estas son llamadas escamas fértiles; las escamas inferiores y superiores del cono son infértiles y por lo tanto nunca pueden producir semillas.(Brammletty Beltcher,1988).

2.4 Importancia de la producción de semilla viable

La producción de semilla, es la fase más importante de un programa de mejoramiento genético forestal si se desea obtener ganancias constantes de igual manera que se utilicen propágulos vegetativos en plantaciones en gran escala, la semilla es necesaria, para el desarrollo de los árboles superiores, a partir de los cuales se pueden obtener dichos propágulos.

En instituciones que contemplan extensos programas de plantaciones, se requieren grandes cantidades de semilla de calidad, por lo tanto, es fundamental establecer con anticipación áreas destinadas a la producción, se requiere determinar la cantidad de semilla y conocer su potencial biológico.

Aunado a la problemática relacionada con la producción de semilla, está la influencia de factores bióticos y abióticos. En los planes o programas de reforestación, se debe considerar un 30% más de la cantidad de semilla que comúnmente se requiere debido a que no toda la semilla es potencialmente viable por factores genéticos que originan malformaciones y abortos (Brammlett *et. al.* 1977).

2.5 Análisis de la semilla

Para el análisis de la semilla se realizan varias pruebas, con la finalidad de conocer la cantidad de semillas viables por cono, en cada uno de los árboles evaluados.

Dentro de las pruebas físicas se realiza el conteo de semillas, escamas y óvulos para determinar el número de semillas por cono y para conocer su estructura interna, se utiliza la técnica de rayos X, que permite conocerla con relativa facilidad, por lo tanto, es de gran utilidad para determinar la viabilidad de la semilla en menor tiempo y sin destruirla, quedando la posibilidad de ser utilizada posteriormente, ya que los tratamientos radiográficos no la afectan.

2.6 Principales causas de aborto de semillas

El desarrollo de los conos del género *Pinus* requiere de tres años, durante este periodo, el cono puede sufrir algunos daños, los cuales impiden su desarrollo completo y normal.

El aborto de óvulos de primer año ocurre en escamas fértiles durante su fase de conillo, aunque el ala de la semilla se desarrolla normalmente, por lo cual se le

llama ala sin semilla, existen dos causas principales que afectan su desarrollo: Por falta de polen y daños por insectos.

2.7 Reconocimiento de óvulos y semillas abortadas

Para entender mejor los detalles del procedimiento de análisis de conos, es necesario distinguir una semilla desarrollada de un óvulo abortado. El aborto de óvulos puede ocurrir durante su primer o segundo año de desarrollo. Estos pueden distinguirse de las semillas normales, por el tamaño que presenta cada semilla. (Brammlett *et al.* 1977).

2.8 Aborto de óvulos en el primer año de desarrollo

Esta clase de aborto ocurre en escamas infértiles durante su fase de conillo, antes de que el crecimiento del cono se inicie en la segunda temporada de crecimiento. El ala de la semilla se desarrolla normalmente, estos óvulos son llamados “alas sin semillas”. Óvulos rudimentarios, no funcionales, pueden desarrollarse alas en algunas de las escamas infértiles más grandes. Estas escamas pueden ser conocidas por sus bases muy delgadas. (Lyons, 1956 citado por Brammlett *et al.* 1977).

2.9 Aborto de óvulos en el segundo año de desarrollo

Los óvulos que abortan durante la segunda temporada de crecimiento son siempre más grandes de aquellos que abortan en el primer año. (Figura 1) Pueden tener una testa desarrollada parcialmente. Estos óvulos son, por lo general, considerablemente más pequeños que las semillas desarrolladas, debido a que abortan en forma temprana durante el segundo año de crecimiento. Esto se da a principios de verano a final de primavera. (Brammlett *et al.* 1977).



Figura 1. Semillas desarrolladas (A), óvulos abortados del año 1 (B) y abortos del año 2 (C), alas sin semilla.

2.10 Principios y fundamentos del análisis de conos

Las semillas desarrolladas presentan testas completas (A), estas se agrupan en distintas clases de acuerdo a su apariencia interna, la cual se determina a través de las radiografías de las semillas.

En el análisis de conos, se puede realizar simultáneamente la extracción, la disección y la clasificación de las semillas. El análisis se centra principalmente al total de semilla producida por el cono.

Al realizar el análisis de los conos todas las semillas sueltas y óvulos abortados son extraídos del cono por medio de procedimientos manuales. Posteriormente, las escamas de los conos se quitan sistemáticamente, (Figura 2) colectando el resto de los óvulos y semillas.

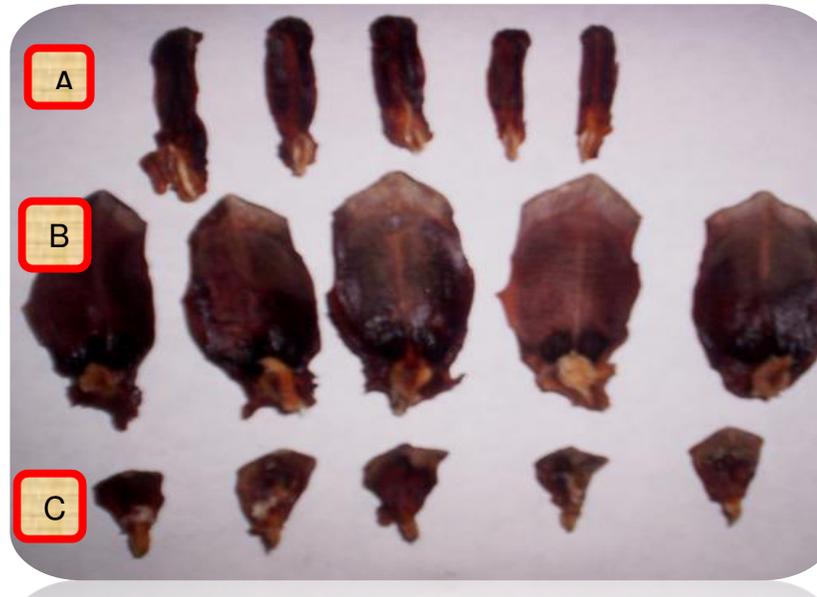


Figura 2. La disección de las escamas de un cono, mostrando las escamas infértiles inferiores ©, escamas fértiles (A) y escamas infértiles superiores (C) (Flores 2010).

Para determinar el potencial biológico del cono, se usan las escamas fértiles, suponiéndose que en cada escama se producen dos semillas, por lo tanto el total de escamas fértiles se multiplica por dos. Los óvulos y semillas disectadas de los conos se clasifican por tipos: semillas llenas, semillas vanas, semillas desarrolladas, óvulos abortados de primer año y óvulos abortados de segundo año.

El número de semillas llenas, representa la eficiencia de la semilla de cada cono, como un porcentaje del potencial biológico, los factores causantes de las pérdidas de semilla pueden identificarse y cuantificarse mediante radiografías.

El grado de pérdidas de semillas por cada uno de los factores indica que deben de tomarse medidas correctivas para reducir la mortalidad de semillas.

2.11 Plagas de los conos y semillas forestales

En el bosque, los insectos que se alimentan de conos y semillas adquieren una gran importancia cuando el número de estos se incrementa ya que afectan en gran proporción la producción potencial de semilla necesaria para la

regeneración natural, también adquiere gran importancia cuando se presentan en áreas semilleras dedicadas a la producción de semilla de calidad (Aguirre, 1985).

Son varios factores que afectan la producción de semillas desde la formación de las yemas reproductivas hasta la maduración de la semilla destacándose los factores fisiológicos, climáticos, edáficos, por depredadores, plagas y enfermedades. (Patiño 1983).

Las técnicas para determinar la eficiencia de la producción de semillas, se utilizaron por primera vez por Lyons en 1956, en el *Pinus resinosa* (pino rojo).

Cibrián *et al.* (1986) al muestrear al azar 40 conos de *Pinus montezumae*, determinaron que el porcentaje de semillas atacadas por una avispa del orden *Hymenoptera* de la familia *Torymidae* fue del 50 %.

A medida que se incrementan las pérdidas reconocidas por chinches semilleras, (*Leptoglossuspp*) también aumenta, por lo general, el número de semillas vanas. (Patiño. 1983).

Mediante la combinación de tablas de vida de la cosecha de conos, en el procedimiento de análisis de conos, podría evaluarse la reducción total de semillas en un huerto semillero. (Macón, 1977 citado por Ahuja, 2004).

En un estudio realizado en San Juan Tetla, estado de Puebla; se utilizaron tablas de vida para evaluar los daños a la semilla de *Pinus montezumae*, se detectó que *Conophthrus ponderosae* fue el principal destructor de conillos, reportándose que destruyó al 41% de los conos muestreados, además de afectar conos maduros (Cibrián *et al.*1986).

En el Estado de Durango, se encontró por primera vez en junio de 1981 una especie de *Conophthrus apachecea*. En los conos atacados, se observaron grumos de resina y entre estos se encontraron larvas maduras y pupas (Cibrián *et al.* 1986).

Los insectos del género *Cecidomya* son pequeñas moscas que causan pequeñas agallas en los conos. Se le ha encontrado en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango en conos de *Pinus durangensis*, *P. cooperi*, y *P. teocote* (Aguirre, 1985).

Díaz en 1996, analizó conos y semillas del género *Pinus* en 4 áreas semilleras de la Región de El Salto P. N. Dgo, obteniendo una capacidad productiva de 199.95 de semillas por cono, pero debido a factores adversos la producción fue solo de 137 semillas desarrolladas, lo cual corresponde al 68.6% y el 31% a óvulos abortados en los dos primeros años de desarrollo de la semillas, solo el 79.9% son de semillas llenas; siendo el 24.3% de semillas dañadas por insectos, el 1.3% malformadas y el 3.2% de semillas vanas no habiendo presencia de hongo en esta especie.

En el estudio que realizó Mena (1996), en cono de *Pinus engelmannii* Carr., en un rodal natural de la UCODEFO 6 de El Salto P. N. Dgo., se obtuvo una capacidad productiva de 252 semillas por cono y de estas solo el 51% se desarrolló, el 39.8% aborto de primer año y en segundo año el 6.3% y viene siendo un total de 46.1 de los dos primeros años respectivamente, del total de semillas desarrolladas, el 72.5% estuvo llenas, el 11.2% dañadas por insectos, el 1.0% malformadas, el .5% dañadas por hongos, sin embargo 14.7% por causa desconocidas.

Se obtuvo una eficiencia de semillas del 39.07% y una eficiencia de extracción del 16.0% lo cual considera baja.

Ahuja (2004), análisis de cono y semillas del género *Pinus* en 5 áreas semilleras de la Región de El Salto P. N. Dgo., se obtuvo una capacidad de producción de 179 semillas por cono, sólo 132.98 semillas se desarrollaron, lo cual corresponden al 74.3% y el resto, 25.7% a óvulos abortados en los dos primeros años de desarrollo de la semilla.

De las 132.98 semillas por cono que se desarrollan, solo 80.08% son de semillas llenas (potencialmente viables); el 1.69% se refiere al porcentaje de semillas dañadas por insectos; el 8.49% de malformaciones y el por ciento de semilla

vana es de 9.73, no habiéndose detectado la presencia de hongos o daños por éstos.

2.12 Principales plagas que atacan los conos y semillas forestales

Las plagas de conos y semillas de las coníferas de México más conocidas pertenecen a 7 órdenes de insectos; que son: *Diptera*, *Hemíptera*, *Homóptera*, *Hymenóptera*, *Lepidóptera*, *Coleóptera* y *Thisanóptera*. (Cibrián *et al.* 1986 y Cibrian 1995).

2.13 Descripción de las especies en estudio

Nombre científico: *Pinus engelmannii* Carr.

Nombres comunes: pino real - Durango, pino apache, pino arizona. Es nativo de México, específicamente de la Sierra Madre Occidental. Su fenología menciona que es un árbol de talla media de 15 a 25 m de altura por 60 a 80 cm de diámetro a la altura del pecho, hojas perennes, flores en invierno, los conos maduran desde finales de octubre hasta mediados de diciembre.

Distribución en México. Asociación vegetal: bosque de *Quercus* y bosque de coníferas. Se localiza en las coordenadas geográficas: de 21°50' a 31°15' latitud norte, y 103° 45' a 110° 35' Longitud oeste. La distribución natural se restringe a los estados de Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Durango y Zacatecas. A una a altitud (msnm): de 1,950 a 2,500; 1,250 a 2,600, prefiere 1,500. Los suelos son probablemente Leptosoles y Regosoles (De acuerdo con la carta de CONABIO). Suelos delgados hasta profundos con textura: areno arcillosa, migajón limosa, arcillosa, pedregosos y bien drenados, con pH moderadamente ácidos, 5.0 a 6.8, pobres de materia orgánica, suele encontrarse en terrenos pobres, pedregosos y con afloramiento rocoso continuo.

Temperatura (°C): media: 11 a 18. La precipitación (mm): la precipitación media varía de 500 a 800; 500 a 1,400, prefiere 600 a 900. El clima dominante es

templado subhúmedo con lluvias en verano, adaptándose también al templado seco. Es resistente a las heladas.

Número de semillas por kilogramo: 22,000 a 28,000

Hojas en fascículos de 3 a 5, con frecuencia predominando uno y otro número, agrupadas en los extremos de las ramillas, de 20 a 43 cm × 1.4 a 2 mm y alrededor de 1 mm de grosor, de color verde pálido o verde amarillento, ásperas, rígidas y erectas o curvado- colgantes conos asimétricos, ovoides a anchamente ovoides de 10 a 16 cm × 6 a 12 cm, ligeramente curvados, café amarillentos, duros, pesados en grupos de 2 a 5 sobre pedúnculos fuertes de 5 a 10 mm × hasta 2 cm, que se ocultan bajo las escamas basales y que permanecen pegados a la rama cuando el cono cae; los conos maduran durante el otoño y permanecen cerrados por algún tiempo; ya abiertos permanecen pegados a las ramillas menos de un año.

Escamas duras, fuertes, redondeadas o agudas en el ápice, con apófisis abultada piramidal, usualmente muy protuberante y refleja, transversalmente aquillada; umbo dorsal gris, prominente, con espina aguda, recta o curvada, persistente o decidua. Semillas de color café oscuro. De 5 a 8 mm de largo, con ala articulada, lanceolada, de 2 a 4 cm de largo y de 7 a 9 mm de ancho.

Nombre científico: *Pinus duranguensis* Ehren

Nombres comunes: Pino blanco - Sierra de Nayarit, Durango; pino real de seis hojas. Es nativo de la sierra madre occidental de México. En su fenología es un Pino de 30-40 metros de altura y 50-80cm de diámetro, Hojas perenes, hojas en fascículos de 6, a veces de 5 o 7, y raramente de 4 u 8 en la misma ramilla, de 14 a 30 cm de largo, delgadas o medianamente gruesas, de 0,6 a 1 mm de ancho, 0,6 a 0,7 mm de grueso. Conos ligeramente curvados, ovoides, de 6 a 10 cm de largo, de color café rojizo, generalmente en grupos de 2 a 3, a veces solitarios, semipersistentes durante varios meses.

Distribución en México, Asociación vegetal: bosque de coníferas y bosque de pino- *Quercus*; coordenadas geográficas de los 19° 35' a los 30° 15' de latitud norte, y de los 102° 00' a los 108° 20' de longitud oeste; se distribuye al noreste

de la sierra madre occidental entre Chihuahua, Sonora y Durango, altitud (msnm) de los 2.500 a 2.700; suelos muy profundos de textura franca, limo-arcillosa de café a café rojizo, con un pH de 6 a 7; materia orgánica de moderados a ricos, 5 a 10%; Fertilidad: ricos en nitrógeno; habita en suelos sílicos-humíferos, permeables y profundos, ricos en calcio y potasio, pero pobres en fósforo; temperatura (°C) de 9 a 17; precipitación (mm) de 600 a 1.200; es una especie de clima templado, presenta resistencia a heladas y no tolera las sequías. (Molinota).

La recolección de semilla puede realizarse desde octubre hasta mediados de Diciembre, aunque en los estados de Durango y Chihuahua se realiza en los meses de enero y febrero.

Número de semillas por kilogramo: 34,455 semillas.

Nombre científico: *Pinus cooperi* C.E. Blanco

Nombres comunes: Albacarrote, balcarrote, ocote, pino amarillo, pino chino. Se conoce únicamente en la sierra madre occidental de México. Su fenología indica que mide de 15 a 35m de altura y de diámetro entre 30 y 80 cm. hojas en fascículos de 3 a 5 predominando las de 5, muy raramente algunos fascículos de 6 de color verde oscuro o verde ceniciento, gruesas.

Conos generalmente asimétricos ovoides a estrechamente ovoides u oblongos, ligeramente curvados de 4 a 9 cm de largo y alrededor de 4 a 6 cm de ancho.

Se encuentra en Durango, centro y sur de Chihuahua y noroeste de Nayarit, en Durango, en Guanaceví, Tepehuanes, Santiago Papasquiario, San Dimas, Pueblo Nuevo, Durango Súchil y Mezquital.

La madera de esta especie se utiliza en cajas para empaque, durmientes, celulosa y leña. El periodo de colecta es de noviembre a diciembre (4,8). Lo más común es recolectar los conos verdes, pero haciendo pruebas de corte para constatar la madurez fisiológica de las semillas.

Número de semillas por kg: De 28,000 semillas/kg a 34,188 semillas/kg.

2.14 Importancia de las especies en estudio

La importancia de las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*, se debe a que son una especie comercial, que se encuentra distribuida en ejidos y comunidades que conforman el Estado de Durango. La distribución de estas especies abarca también el estado de Chihuahua; son especies de suma importancia por su demanda en el mercado de la madera.

3. JUSTIFICACIÓN

Se debe realizar un constante monitoreo y evaluación para saber cuál es la producción de semilla de las especies más comerciales del género *Pinus* para la región de “El Salto P.N. Dgo.”, debido a las constantes variaciones en los gradientes ambientales existe la posibilidad de que haya algunos años en los cuales la producción de semilla sea muy baja o prácticamente nula, es por ello que mediante la investigación se busca poder determinar cuál es la producción y en que años será buena o en qué año será deficiente, de esta manera se pueden realizar las colectas oportunas y abastecer los bancos de semillas al mismo tiempo determinar cuáles son los individuos que tienen mayor producción y que garantizan semilla genéticamente superior al resto de los individuos de las masas forestales. Se definirá cuáles son los mejores años de producción para la colecta oportuna, los mejores individuos para garantizar semillas de calidad, una buena producción de planta en los viveros, y así lograr que perduren las características genéticas para el establecimiento futuro de un huerto semillero.

4. HIPÓTESIS

H0: La producción de semilla en las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* para la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, es diferente en los años 2008-2015.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- Capítulo I.-Evaluar el potencial biológico y la producción de semilla desarrollada por cono, identificar las posibles causas que afectan la producción en arboles superiores de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* en el año 2015 localizados en la región de El Salto P.N., Durango.
- Capítulo II.-Comparar la producción de semilla y potencial biológico en *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* en los años 2013 a 2015.
- Capítulo III.-Evaluar el comportamiento de la producción de semilla y el potencial biológico de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* y su relación con las variables ambientales en los años 2008-2015.

5.2 Específicos

- Capítulo I.-Conocer mediante el análisis de conos, la producción de la semilla así como identificar las causas que afectan el potencial de producción en árboles superiores de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* en el año 2015.
- Capítulo I.-Determinar si existe una diferencia significativa en la producción de semilla entre tres especies de árboles superiores (*Pinus*) en 2015.
- Capítulo I.-Conocer la calidad de la semilla de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* en arboles superiores localizados en la región de El Salto Pueblo Nuevo Dgo en el año 2015.
- Capítulo II.-Compara el desarrollo de los conos, potencial biológico, producción de semilla y número de abortos de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* evaluando los años 2013 vs 2015.
- Capítulo II.-Determinar si existe diferencia significativa de producción de semilla de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* evaluando los años 2013 vs 2015.
- Capítulo III.- Evaluar el comportamiento de la producción de semilla y el potencial biológico de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis*

en relación a las variables ambientales (precipitación y temperatura) en el periodo de 2008 a 2015.

- Capítulo III.-Determinar la correlación de la producción de semilla y el potencial biológico de *Pinus engelmannii*, *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* con las variables ambientales (precipitación y temperatura) en el año 2015.

CAPÍTULO I. EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PARA LAS ESPECIES DE *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus engelmannii* Carr. Y *Pinus duranguensis* Ehren EN LA REGIÓN DE “EL SALTO PEUBLO NUEVO, DURANGO” EN EL AÑO 2015



Fotografía tomada en el Bosque de clima templado frio del a región de “El Salto Pueblo Nuevo, Durango en el ejido la Campana paraje Alto de Latas, Arboles Superiores o Plus de *Pinus cooperi* y *P. duranguensis*.

RESUMEN

Se realizó un análisis para determinar a nivel de cono para determinar la producción de semilla, el potencial biológico y el porcentaje de semillas llenas, vanas, malformadas y dañadas por plagas o enfermedades. Se seleccionaron varios árboles superiores de las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* y se extraerá una muestra representativa de diez conos por árbol. Se aplicará el método de análisis de conos, con la finalidad de determinar la productividad de los individuos para la región del “El Salto Pueblo Nuevo, Dgo” Con la finalidad de lograr determinar la producción de semillas, el potencial biológico y la viabilidad de la semilla de árboles superiores, y definir si existe diferencia significativa entre las especies en cuanto a la producción de semilla, se colectó una muestra de 10 conos de árboles seleccionados como superiores de acuerdo a sus características fenotípicas, dándole continuidad a el trabajo de investigación del 2013 (Santos, 2013), donde se realizó el mismo análisis de los conos, considerando que la especie de estudio son las de mayor valor comercial en la región; dicho análisis muestra que no existe diferencia significativa entre la producción de semilla de las especies mencionadas.

Los resultados de la caracterización de las dimensiones de los conos para cada especie son; con un promedio de 7 cm de longitud y 3 cm de diámetro para *Pinus cooperi*, 7 cm de longitud y 3 de diámetro para *P. duranguensis* y 10 cm de longitud y 4 de diámetro para *P. engelmannii*, con un potencial biológico equivalente a 86 unidades para la especie de *Pinus cooperi*, 86 unidades para *P. duranguensis* y 136 para *P. engelmannii* y al final con una producción de semilla promedio por cono de 37 unidades para *Pinus cooperi*, 30 para *P. duranguensis* y 48 para *P. engelmannii*.

Se realizó el análisis de la viabilidad de las semillas de las tres especies a partir del método de análisis de radiografías identificando semillas llenas, vanas, malformadas y plagadas (General Technical Report SE-13 USDA-Forest Service), con un promedio de semillas llenas de 20 unidades para *Pinus cooperi*, 15 para *P. duranguensis* y 34 para *P. engelmannii*. Se concluye que la producción

de semillas de pinos varía significativamente en condiciones naturales, en el tiempo y el porcentaje de viabilidad de semilla puede variar de una especie a otra.

ABSTRACT

A cone-level analysis was performed to determine seed yield, biological potential, and percentage of full, empty, malformed, and damaged seeds from pests or diseases. Several superior trees of the species *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* and *P. duranguensis* were selected and a representative sample of ten cones per tree will be extracted. The method of cones analysis will be applied, with the purpose of determining the productivity of individuals for the region of "El Salto Pueblo Nuevo, Dgo"

In order to determine the seed production, the biological potential and the viability of the seed of superior trees, and to determine if there is a significant difference between the species in terms of seed production, a sample of 10 tree cones Selected as superior according to their phenotypic characteristics, giving continuity to the research work of 2013 (Santos, 2013), where the same analysis of the cones was made, considering that the species of study are the ones with the highest commercial value in the region ; This analysis shows that there is no significant difference between the seed production of the species mentioned.

The results of the characterization of the dimensions of the cones for each species are; With a mean of 7 cm in length and 3 cm in diameter for *Pinus cooperi*, 7 cm in length and 3 in diameter for *P. duranguensis* and 10 cm in length and 4 in diameter for *P. engelmannii*, with a biological potential equivalent to 86 Units for the species *Pinus cooperi*, 86 units for *P. duranguensis* and 136 for *P. engelmannii* and at the end with a production of average cone seed of 37 units for *Pinus cooperi*, 30 for *P. duranguensis* and 48 for *P. engelmannii*.

The seed viability analysis of the three species was performed using the X-ray analysis method, identifying full, empty, malformed and plagued seeds (General Tecnnical Report SE-13 USDA-Forest Service), with an average of full seeds Of 20 units for *Pinus cooperi*, 15 for *P. duranguensis* and 34 for *P. engelmannii*. It is concluded that the production of pines seeds varies significantly in natural conditions, over time and the percentage of seed viability can vary from one species to another.

6.1 Introducción

México es un centro de diversificación de los pinos, y es el hábitat de más de la mitad de las especies conocidas de este género en el mundo (Martínez, 1948; Perry, 1991; Styles, 1993). Sin embargo, en las últimas décadas la deforestación de áreas naturales de distribución del género *Pinus* se ha convertido en un grave problema (Maser *et al.*, 1992; Sáenz-Romero *et al.*, 2003). Los programas de reforestación constituyen la principal forma utilizada para contrarrestar los efectos de la deforestación y establecer plantaciones comerciales (Sáenz-Romero y Lindig-Cisneros, 2004).

La producción de semilla de pino es afectada en gran medida por insectos, enfermedades y hongos, aunque esto sólo se conoce a nivel general, ya que no se han hecho suficientes estudios para determinar en forma clara y precisa, cuales son los demás factores que también la afectan, por lo tanto, la técnica del análisis de conos es muy importante ya que ayuda a determinar con anticipación el plan de cosecha de semillas que se puede coleccionar y durante que época, principalmente para la producción de planta en los viveros (González, 1984).

Otro problema de que el abasto de semilla sea insuficiente y se vea afectada la producción de tal, es principalmente que no se realizan los estudios previos para estimar la producción de semilla viable por cono, que haga posible determinar de una manera más aproximada el número de conos que deben ser coleccionados para lograr las metas establecidas, en este caso 20 millones de plántulas para el estado de Durango.

Este estudio comparativo da a conocer el potencial biológico y la eficiencia de semillas por cono, de árboles superiores e identifica las causas que afectan la producción de semilla de forma natural.

6.2 Material y Métodos

6.2.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en la región de El Salto P.N. Dgo. En donde se encuentran presentes las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P.*

duranguensis. Los predios donde se realizó la colecta de conos son: Ejido El Brillante y Ejido La Victoria en los parajes de Puenteceillas 1 y 2, en el ejido La Campana paraje Alto de Latas, Ejido Adolfo Ruiz Cortines.

En estos lugares se encuentran presentes las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*, como unas de las especies de mayor abundancia, las cuales presentan mayor calidad, vigorosidad y fenotipos deseables que permiten realizar un estudio comparativo.

Para realizar el presente trabajo, se tomaron las respectivas muestras para su análisis mediante la localización y selección de los árboles superiores, que se desarrollan en los bosques naturales de ejidos, comunidades y pequeñas propiedades forestales del Estado de Durango. Mientras que los trabajos del análisis de los conos se realizaron en el laboratorio de botánica del Plantel (ITES).

6.2.3 Clima

Según datos recabados del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI 1985), el clima que prevalece en el área de estudio es semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Tiene un clima serrano y templado con zonas consideradas semifríos bajando las temperaturas hasta -15°C , sus largos inviernos vienen acompañados de numerosas heladas que, acompañadas de la humedad procedente del pacífico, crean finas capas de hielo en la superficie y cubren los pastos y el bosque de un blanco resplandor. El aguanieve es constante cada año y en ocasiones también cae nieve. Los veranos son templados siendo la temperatura media de 19°C con lluvias desde junio a septiembre. Sin embargo en la actualidad debido a los cambios climáticos existen variaciones donde en los últimos años el comportamiento climatológico se compone de varios climas, destacándose los siguientes: cálido subhúmedo, cálido semifrío; la temperatura media del mes más frío es de 3°C a 18°C y la del mes más caliente de 6.5°C a 22°C . Presenta una precipitación media anual de 1,300 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de junio, julio agosto y septiembre, presentándose las primeras heladas en octubre y la última en junio.

6.2.4 Edafología

Según la clasificación del sistema FAO/UNESCO (2015) modificado por la Dirección General de Geografía. En esta clasificación se indica la textura o cantidad de arena, limo y arcilla de la parte superficial del suelo; la presencia de fases químicas como salinidad y sodicidad; y la presencia de fases físicas como roca o estratos cementados cercanos a la parte superficial del suelo o fragmentos de ellos en la superficie del mismo. El material rocoso es el tipo de rocas ígneas extrusivas ácidas principales y en menor proporción, riolitas; existe también un área muy reducida de basalto, los suelos utilizados en agricultura se catalogan como residuales y aluviales.

Los tipos de suelos que hay son: regosol, fluvisol y cambisol; son suelos someros y pedregosos, se encuentran en cualquier clima y tipo de vegetación; algunos se forman con materiales acarreados por agua.

Los tipos de suelos más comunes son los característicos de regiones templadas húmedas, con predominancia de litosoles y regosoles de tipo eútrico, de textura media y composición limosa y una fase física lítica.

Los suelos clasificados como litosol son de distribución muy amplia, encontrándose en suelos en desarrollo con profundidades menores de 10cm. y tienen características muy variables según el material que los forma. Están conformados con un manto de material suelto que reposa sobre la roca subyacente con acumulaciones de materia orgánica en el horizonte "A", color café grisáceo oscuro, correspondientes a la unidad regosoleútrico (Re). Tiene una textura media en general aunque en la unidad regosol se encuentran también texturas gruesas.

El regosoleútrico se caracteriza por no presentar capas distintas, son claros y se parecen a la roca que les dio origen, se puede presentar en muy diferentes climas y con diversos tipos de vegetación. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en que se encuentren.

El cambisoleútrico es un suelo joven, poco desarrollado, se presenta en cualquier tipo de clima, excepto en zonas áridas, con cualquier tipo de vegetación, en el suelo tiene una capa con terrenos que presentan un cambio con respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla, calcio, etc., su susceptibilidades a la erosión es de moderada a alta.

6.2.5 Geología

La información derivada de los estudios geomorfológicos de la Sierra Madre Occidental, manifiesta que las rocas pertenecen al período cuaternario, las cuales se han calificado como rocas ígneas extrusivas ácidas (ígneas) y cuya formación ha sido producto de la solidificación de la lava candente (magma). En dichas rocas han operado factores bióticos y abióticos logrando de esta manera la descomposición de ellas y por ende la formación de suelos.

6.2.6 Fisiografía

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, en las Sub-Provincias Gran Meseta y Cañones Duranguenses y cañones del sur.

6.2.7 Relieve

El sistema de topoformas es considerado como meseta asociado con algunas cañadas poco profundas, por esta razón, los rodales y subrodales donde se encuentra la especie en estudio puede considerarse como plana o con pendientes poco pronunciadas.

6.2.8 Topografía

La mayor parte del área de estudio tiene una pendiente baja, la cual se puede considerar plana. Sin embargo, algunos lugares llegan a tener pendientes que

pueden llegar hasta el 20%. La altura sobre el nivel medio del mar se ubica en el rango de 2,492 a 2,644 m.

La exposición más común es la cenital, principalmente en el área sembrera; en el rodal natural y en los lugares donde se localizan los árboles superiores esta es noreste (NE) y norte (N) regularmente.

6.2.9 Localización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo, se localiza en la Sierra Madre Occidental en la porción sur oeste del estado de Durango, al norte del municipio de Pueblo Nuevo. Tiene acceso por la carretera Durango-Mazatlán en el kilómetro 100 a una altura de 2538 msnm, en los paralelos 23°05'10", 24°11'12" y los meridianos 105°11'19", 105°55'50" latitud norte y longitud oeste. Las actividades económicas de la región están dedicadas al cultivo, extracción y comercialización de los productos forestales. (Perez.,Gomez, 1989).

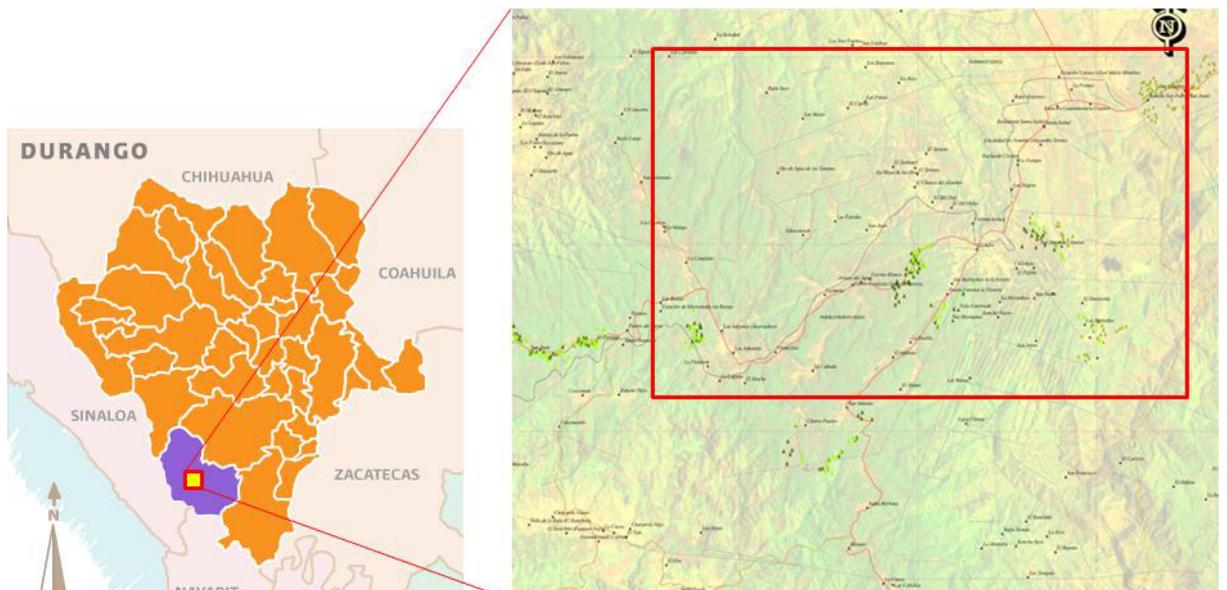


Figura 3. Localización de área de estudio “El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.”. (Solís, 2013).

Para realizar el presente estudio comparativo de la producción de semilla de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*., en la región de El Salto Pueblo

nuevo, Durango, la metodología empleada consistió en los siguientes pasos que se detallan a continuación:

Selección de árboles. Los árboles seleccionados que se emplearon en el estudio, poseen las mejores características fenotípico - morfológico de diámetro, altura, rectitud del fuste, forma y tamaño de la copa. Estos fueron seleccionados previamente durante la realización del programa de mejoramiento genético en el Estado.

Colecta de los conos. Los trabajos de colecta de los conos de los árboles superiores se realizaron mediante el método de escalado directo con espuelas. La muestra de conos tomados consistió en diez conos por árbol, que fueran representativos de las diferentes partes y caras de la copa para después realizar su respectivo análisis.

Análisis de Conos. Para realizar el análisis de conos y semillas se desarrollaron las siguientes actividades:

- Cada uno de los conos colectados se colocaron por separado en una bolsa de papel estraza, en la cual se anotaron los siguientes datos: nombre del área, especie, número del árbol y número de cono, esto se hace con la finalidad de garantizar que la información sea la correcta y evitar mezcla de información.
- Los conos fueron transportados al Laboratorio de Botánica del Instituto Tecnológico de El Salto.
- Posteriormente los conos se sacaron de las bolsas de nylon mismos que fueron colocados en bolsas de papel estraza anotando los datos de identificación; para luego introducirlos a la estufa de secado a una temperatura de 40° C, con la finalidad de bajar el contenido de humedad, durante un tiempo máximo de 72 horas.
- Una vez secados los conos, se extrajeron las semillas y óvulos abortados de cada bolsa de papel correspondiente a cada cono; posteriormente se golpearon los conos sobre la mesa con la finalidad de obtener las semillas que se hayan

quedado dentro del cono, separándose así para su clasificación las semillas desarrolladas de los óvulos abortados.

- Se contaron y anotaron las cantidades de semillas desarrolladas extraídas, mismas que fueron colocadas en sus respectivos sobres etiquetados con los datos correspondientes a cada cono, colocando una cinta de plástico adherida a cada sobre con los datos impresos, para obtener las radiografías de las semillas.
- Una vez realizado el conteo y registro de las semillas desarrolladas, se procedió a separar los óvulos abortados del primer año, los óvulos abortados de segundo año y las semillas desarrolladas.
- Antes de realizar la disección, primeramente los conos fueron remojados dentro de las bolsas de nylon, conteniendo dentro de cada bolsa una etiqueta con los datos del área, número de árbol y número de cono para poder conservar la información.
- Este proceso duro aproximadamente 24 horas, con la finalidad de lograr que las escamas de los conos se aflojaran y así de esta forma facilitar la disección y evitar daños mecánicos a la semilla extraída.
- Se midió la longitud y el diámetro del cono con un vernier digital en milímetros.
- La disección del cono se inició por la base de cono, removiendo las escamas inferiores con la punta de la navaja, hasta llegar a la punta del cono, esta actividad se realizó utilizando broca y taladro debido a que el eje del cono está muy duro.
- Las escamas obtenidas de los conos se separaron de la siguiente manera:
 - a). Escamas infértiles inferiores, presentes en la base del cono.
 - b). Escamas fértiles, presentes en aproximadamente $2/3$ de la parte central del cono, las cuales se caracterizan por tener dos óvulos funcionales o semillas desarrolladas.
 - c) Escamas infértiles superiores, presentes en el ápice del cono, sin capacidad de producir semilla.

- Las semillas obtenidas mediante la disección del cono se contaron y registraron en el formato de datos, luego se agregaron a las semillas extraídas que se colocaron previamente en el respectivo sobre.
- Posteriormente, se contaron los óvulos abortados de segundo año y se anotaron en su respectivo sobre y en el formato adicionando este número al de abortos extraídos después del secado que fue previamente registrado.
- Para determinar el número de óvulos abortados de primer año se hizo mediante la siguiente operación: 2 x escamas fértiles menos (-) el total de segundo año más (+) el total de semillas desarrolladas (Flores 2010).

Los parámetros y las formulas correspondientes a considerar en el presente estudio se muestran en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Parámetros utilizados en el estudio de disección de escamas de conos.

| Parámetros | Abreviaturas |
|------------------------------------|---------------------|
| Escamas inferiores infértiles | (EII) |
| Escamas superiores infértiles | (ESI) |
| Escamas fértiles | (EF) |
| Potencial de semilla/cono | (PS) |
| Óvulos abortados en el primer año | (A1) |
| Semillas llenas | (SL) |
| Óvulos abortados en el segundo año | (A2) |
| Semilla desarrollada | (SD) |

Tabla 2. Fórmulas utilizadas en el estudio de conos.

| Parámetros | Formulas |
|---|---------------------------|
| Potencial de semilla | $PS = EF \cdot 2$ |
| Total de semilla desarrollada | $TSD = CS + GS + HG + AS$ |
| Porcentaje de Óvulos abortados en el primer año | $PA1 = A1 / PS \cdot 100$ |
| Porcentaje de Óvulos abortados en segundo año | $PA2 = A2 / PS \cdot 100$ |
| Porcentaje de semilla desarrolladas | $PS = TS / PS \cdot 100$ |

Los parámetros y sus abreviaturas que se buscaron determinar en el presente estudio, expresados en porcentaje se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros utilizados en el estudio.

| Parámetros | Abreviaturas |
|---|---------------------|
| Potencial de semilla | PBS |
| Total de semillas desarrolladas | TSD |
| Porcentaje de semilla desarrollada | PSD |
| Total de semilla desarrollada | TSD |
| Porcentaje de óvulos abortados en el primer año. | PA1 |
| Óvulos abortados en el primer año | A1 |
| Porcentaje de óvulos abortados en el segundo año. | PA2 |
| Óvulos abortados en el segundo año | A2 |

6.3 Resultados

- Para las especies de estudio, *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en el año 2015 existe una relación de 2 a 1 en las dimensiones del cono,

considerando que las tres especies son diferentes no es posible realizar una comparación de sus dimensiones entre las mismas, sin embargo existe una buena relación diámetro-longitud donde para la especie *Pinus engelmannii* es de 10 cm de longitud con 4 cm de diámetro en promedio para los individuos de esta especie, en el caso de *P. cooperi* y *P. duranguensis* su longitud es de 7 cm con 3 cm de diámetro (Figura 5), es decir que tienen una tamaño normal y cuentan con un potencial biológico o número de escamas fértiles promedio con capacidad para desarrollar una cantidad de semillas en aceptable por cono para el caso de cada especie en comparación con trabajos y antecedentes de investigaciones similares como es el caso de la investigación de Parra en 2008.

Tabla 4. Comparación de los diámetros y longitud de los conos de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2015.

| Especie | Longitud (cm) | Diámetro (cm) |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Pinus cooperi</i> | 7 | 3 |
| <i>Pinus duranguensis</i> | 7 | 3 |
| <i>Pinus engelmannii</i> | 10 | 4 |

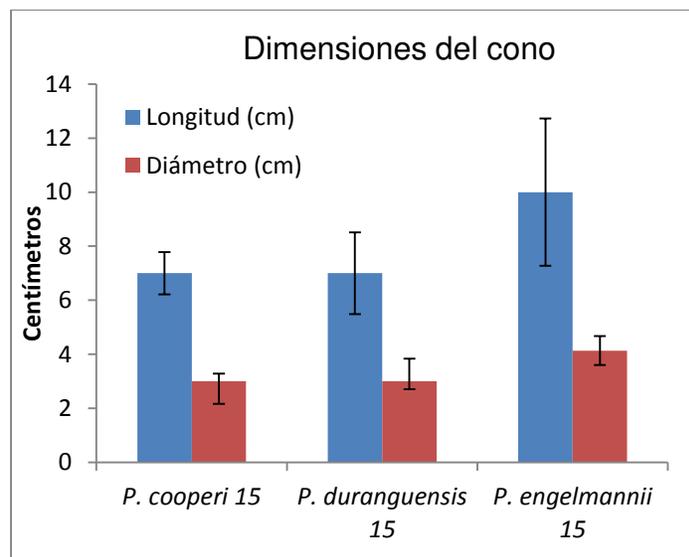


Figura 4. Comparación de las dimensiones longitud y diámetro de cono para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*.

- Se registró la especie *Pinus engelmannii* con el Potencial Biológico más alto, con capacidad para desarrollar 138 semillas, las especies de *P. cooperi* y *P. duranguensis* con valores similares tienen capacidad para desarrollar 86 semillas por cono (Figura 6).
- Se observó un decremento mayor al 50 % en las tres especies en 2015 en relación a el potencial biológico es decir el número de semillas que tienen capacidad para desarrollar en contraste con el número de semillas desarrolladas que se registró, en primer lugar aparece *P. engelmannii* con 48 semillas desarrolladas por cono, seguida por *Pinus cooperi* con 37 semillas y el valor más bajo es *P. duranguensis* con 36 semillas desarrolladas (Figura 6).

Tabla 5. Comparación del potencial biológico y las semillas desarrolladas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2015.

| Especie | Semilla Desarrollada | Potencial Biológico |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <i>P. cooperi</i> | 37 | 86 |
| <i>P. duranguensis</i> | 30 | 86 |
| <i>P. engelmannii</i> | 48 | 136 |

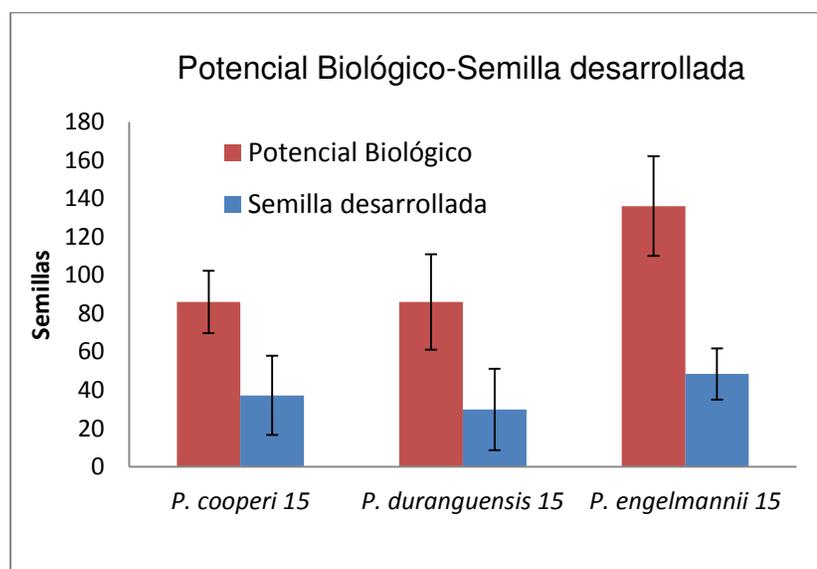


Figura 5. Comparación del potencial biológico y la producción de semillas en promedio por cono para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*.

- Se determinó que la especie con mayor número de semillas llenas fue *Pinus engelmannii* con 34 semillas llenas por cono, seguida por *P. cooperi* con 19

semillas y al final con el valor más bajo la *P. duranguensis* con 15 semillas llenas (Figura 7).

- Se obtuvo el mayor valor en la variable de semilla malformada para la especie de *Pinus engelmannii* con 7 semillas por cono, en segundo lugar *P. cooperi* con 3 semillas malformadas y el valor más bajo *P. duranguensis* con 2 semillas malformadas (Figura 7).
- El valor promedio para las 3 especies de estudio, para la variable de semillas plagadas es de 1 semilla plagada por cono (Figura 7).
- El mayor valor para la variable de semillas vanas es para la especie de *Pinus cooperi* con 13 semillas vanas por cono, enseguida *P. duranguensis* con 12 semillas vanas y el valor más bajo es para *P. engelmannii* con 6 semillas vanas por cono (Figura 7).
- El principal factor que afecto la producción de semilla para el año 2015 para el caso de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* fue la variable de semillas vanas lo cual se atribuye al vigor, capacidad de reproducción de los individuos y la polinización, con el valor más alto de semillas vanas se encuentra la especie de *Pinus cooperi* con 13 semillas vanas por cono en promedio, la especie de *P. duranguensis* registro 12 semillas vanas en promedio por cono y la especie de *P. engelmannii* obtuvo la menor cantidad de semillas vanas con 6 unidades por cono en promedio (Figura 7).

Tabla 6. Comparación de las semillas llenas, semillas malformadas, semillas plagadas y semillas vanas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2015.

| Especie | Semilla Llena | Semilla Malformada | Semilla Pagada | Semilla Vana |
|------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>P. cooperi</i> | 19.94 | 3.72 | 0.50 | 13.00 |
| <i>P. duranguensis</i> | 15.17 | 2.33 | 0.20 | 12.13 |
| <i>P. engelmannii</i> | 34.07 | 7.70 | 0.57 | 6.03 |

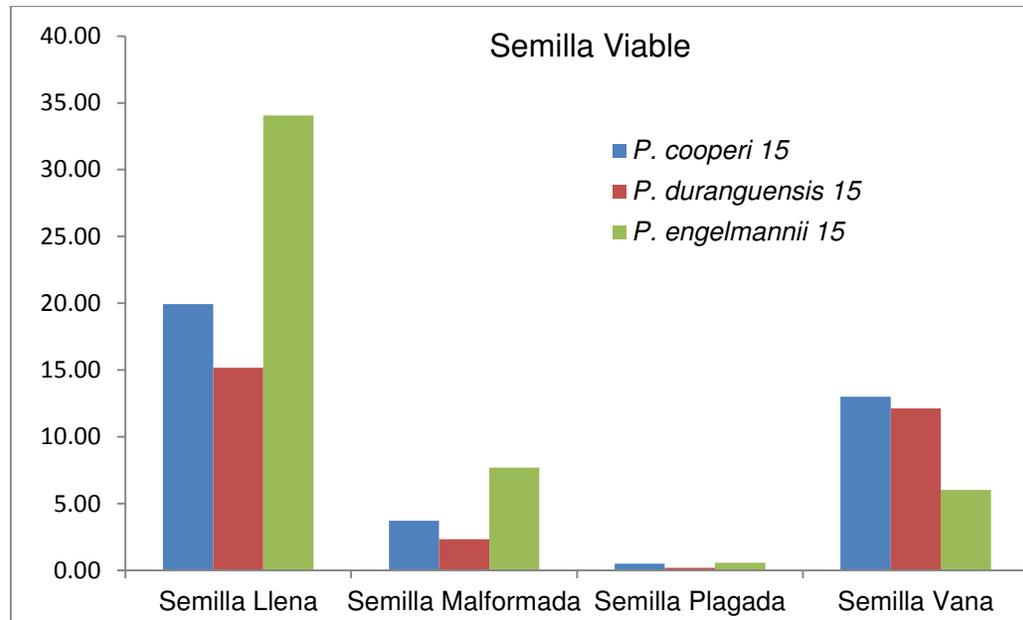


Figura 6. Comparación de la cantidad de semillas llenas, semillas malformadas, semillas plagadas, y semillas vanas para las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*.

Mediante un análisis de varianza con ayuda del paquete estadístico SPSS se determinó que no existe una diferencia significativa en la producción de semillas de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* con un valor de *P value* < .468 como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de varianza de la producción de semilla de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2015.

| Análisis de varianza | Especie | N | Rango promedio | Chi-cuadrado | G | Sig. Asintótica |
|------------------------|---------------------------|----|----------------|--------------|---|-----------------|
| Producción de semillas | <i>Pinus cooperi</i> | 41 | 55.29 | 1.517 | 2 | 0.468 |
| | <i>Pinus duranguensis</i> | 37 | 51.86 | | | |
| | <i>Pinus engelmannii</i> | 26 | 49 | | | |

6.4 Discusión

- La especie con mayor desarrollo en la variable longitud es *Pinus engelmannii* coincidiendo con los resultados de las investigaciones de los autores Parra (2008), y Santos (2013) concluyendo que es la especie con la mayor longitud

esto debido a las características intrínsecas de la especie, misma que se caracteriza por desarrollar conos de dimensiones considerables.

Tabla 8. Comparación de la longitud del cono de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | longitud <i>P. engelmannii</i> | longitud <i>P. cooperi</i> | longitud <i>P. duranguensis</i> |
|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 2008 | 15.4 | 7.6 | 8 |
| 2010 | 16 | - | - |
| 2013 | 11 | 8 | 8 |
| 2015 | 10 | 7 | 9 |

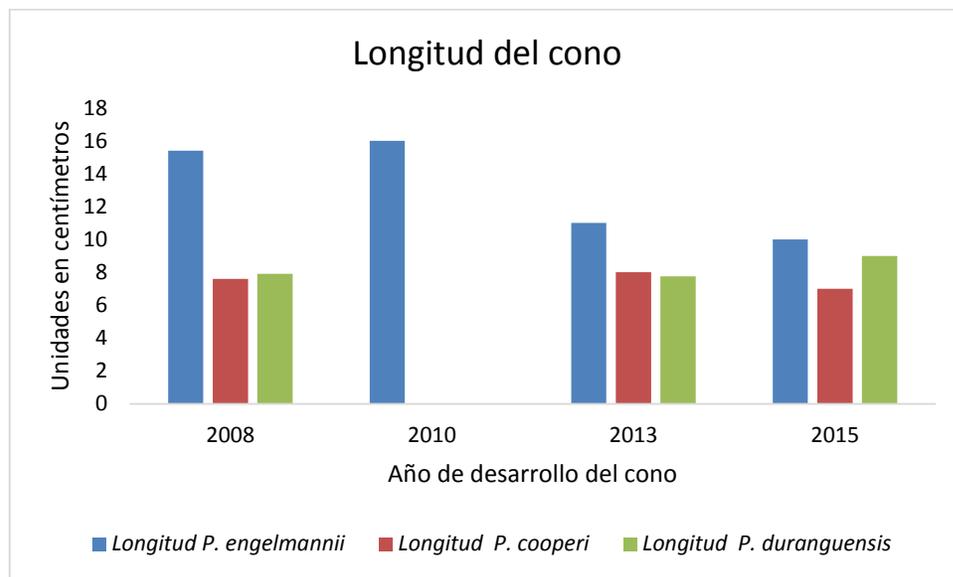


Figura 7. Comparación de la Longitud del cono de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

- La especie con mayor desarrollo en la variable Diámetro es *Pinus engelmannii* coincidiendo con los resultados de las investigaciones de los autores Parra (2008), y Santos (2013) concluyendo que es la especie con la mayor diámetro, esto debido a la especie misma que se diferencia de algunas especies por desarrollar conos de dimensiones considerables.

Tabla 9. Comparación del Diámetro del cono de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | Diámetro <i>P. engelmannii</i> | Diámetro <i>P. cooperi</i> | Diámetro <i>P. duranguensis</i> |
|------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 2008 | 5.6 | 3.8 | 3.8 |
| 2010 | 5 | | |
| 2013 | 4 | 4 | 4 |
| 2015 | 4 | 3 | 3 |

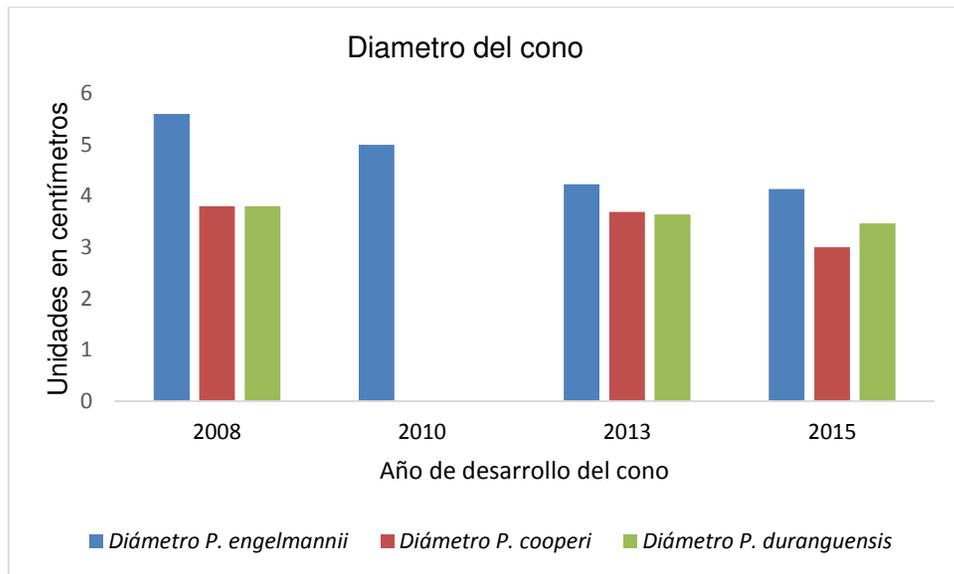


Figura 8. Comparación del Diámetro del cono de las especie de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

- Considerando las investigaciones realizadas en los años más recientes se ha identificado que la especie con el Potencial biológico más elevado en la región de El Salto P.N. Dgo en el año 2015 es *Pinus engelmannii* con una capacidad para desarrollar mayor cantidad de semillas por cono en promedio como lo describen los autores Parra (2008), Flores (2010) y Santos (2013) a comparación de las otras especies de este estudio (*Pinus cooperi* y *P. duranguensis*).

Tabla 10. Comparación del Potencial Biológico de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | Potencial Biológico <i>P. engelmannii</i> | Potencial Biológico <i>P. cooperi</i> | Potencial Biológico <i>P. duranguensis</i> |
|------------|--|--|---|
| 2008 | 163 | 69.7 | 114 |
| 2010 | 188 | | |
| 2013 | 135 | 66 | 118 |
| 2015 | 137 | 30 | 86 |

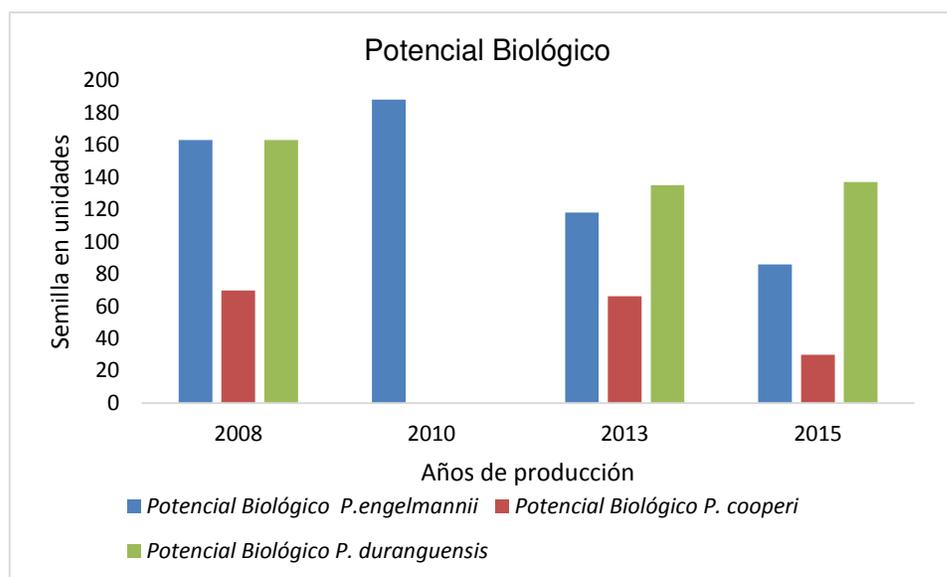


Figura 9. Comparación del Potencial Biológico de las especie de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

- La especie con mayor número de semillas desarrolladas es la especie de *Pinus duranguensis* coincidiendo con los resultados que describen diversos autores, Parra (2008), y Santos (2013) concluyendo que es la especie con mayor capacidad de producción de semilla en los años 2008-2015.

Tabla 11. Comparación de la producción de semilla de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | Semilla <i>P. engelmannii</i> | Semilla <i>P. cooperi</i> | Semilla <i>P. duranguensis</i> |
|------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 2008 | 108.5 | 58.6 | 113 |
| 2010 | 136 | - | - |
| 2013 | 48 | 61 | 115 |
| 2015 | 48 | 37 | 86 |

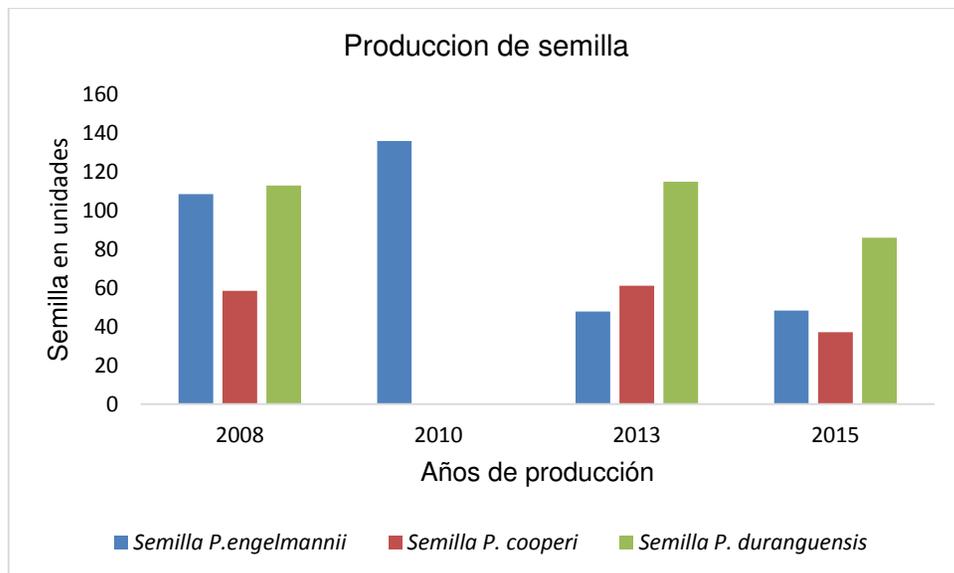


Figura 10. Comparación de la producción de semilla de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

La especie de *Pinus engelmannii* es la que tiene un mayor desarrollo en sus dimensiones debido a sus características fenológicas, también mostro ser una especie con mayor capacidad de producción de semilla y con potencial biológico más alto, las posibles causas de que esta especie sea mejor en producción de semilla y desarrollo de dimensiones puede estar relacionado con sus características genéticas y fenológicas dado que las especies se encuentran en la misma zona con las mismas condiciones ambientales, por lo cual se podría descartar la influencia de variables ambientales en esas diferencias.

El análisis de datos identifica al número de semillas como una característica inherente al cono, y a la viabilidad de ellas como una variable independiente e impredecible a partir del aspecto del cono, el análisis de las radiografías mostro que de las misma manera *Pinus engelmannii* resulto ser la especies con mayor número de semillas viables en este caso el proceso de la fertilización juega un papel muy importante. En las especies de *Pinus cooperi* y *Pinus duranguensis* su pobre producción de semilla y su baja viabilidad podría ser una característica relacionada con su corta distribución aunque su origen es incierto y se ha asociado con causas que incluyen tanto procedimientos incorrectos de recolección, manejo de conos y semillas, irregularidades genéticas, adversidades

ambientales, infertilidad de polen, daño entomológico (Franklin, 1974; Schopmeyer, 1974; Bramlett *et al.*, 1977), así como la endogamia y eventos precigóticos (Bramlett *et al.*, 1977).

**CAPÍTULO II. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA
PARA LAS ESPECIES DE *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus
engelmannii* Carr. Y *Pinus duranguensis* Ehren EN LA REGIÓN
DE “EL SALTO PUEBLO NUEVO, DURANGO” PARA LOS AÑOS
2013-2015**



Fotografía tomada en el Bosque de clima templado frio del a región de “El Salto Pueblo Nuevo, Durango en el ejido la Campana, Arboles Superiores o Plus de *Pinus cooperi* y *P. duranguensis*.

RESUMEN

Este estudio comparativo da a conocer el potencial biológico y la eficiencia de semillas por cono, de árboles superiores, permite identificar las causas que afectan la producción de semilla de forma natural y compara dos años de producción para saber cuál fue el comportamiento de la producción de semilla en los años 2013 y 2015.

Se utilizaron los datos recabados de la investigación “Análisis de la producción de semilla por cono de árboles superiores de *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii* en la región de El Salto P.N., Dgo” (Santos, 2013) donde se analizó la producción de semilla y las posibles causas que afectan la viabilidad de la semilla para las especies *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii*, de este trabajo se tomaron las variables longitud y diámetro del cono, número de abortos del primer y segundo año, la producción de semilla y potencial biológico para comparar los resultados con los obtenidos en el trabajo de investigación del año 2015 mencionados en el capítulo I.

El comportamiento en la caracterización de las dimensiones de los conos de las especies de estudio en el caso de *Pinus engelmannii* fue un decremento en la longitud con valores de 11 cm en el año 2013 y 10 cm para el 2015, en el diámetro se mantuvo con 4 cm en ambos años, para *P. duranguensis* se registró un decremento en ambas dimensiones con una longitud de 8 cm en 2013 y 7 cm en 2015 y en cuanto a el diámetro se observan valores de 4 cm en 2013 y 3 cm en 2015, y para *P. cooperi* se observó un incremento en su longitud de 8 cm en 2013 a 9 cm en 2015 y un decremento en su diámetro con valores de 4 cm en 2013 y 3 cm en 2015.

El comportamiento en la variable potencial biológico de *Pinus engelmannii* registro un incremento con capacidad para desarrollar 135 semillas en 2013 y 137 en 2015, en el caso de *P. cooperi* se observó un incremento con un potencial biológico de 115 en el año 2013 y 86 en el año 2015 y para *P. duranguensis* de la misma manera se registró un decremento con un potencial biológico de 118 unidades en 2013 y 86 en 2015.

El comportamiento en la variable semilla desarrollada de *Pinus engelmannii* se mantuvo, con en el mismo número de semillas desarrolladas en 2013 y 2015, es decir que logro desarrollar 48 semillas por cono en promedio en ambos años, en el caso de *P. cooperi* se observó un decremento en el número de semillas desarrolladas de 61 en el año 2013 a 37 en el año 2015 y para *P. duranguensis* se registró un decremento en el número de semillas desarrolladas de 66 unidades en 2013 a 30 en 2015.

ABSTRACT

This comparative study reveals the biological potential and efficiency of seeds per cone of higher trees, allows the identification of the causes that affect seed production naturally and compares two years of production to know the behavior of seed production. Seed in the years 2013 and 2015.

Data were collected from the research "Analysis of the production of cone-seed by upper cone of *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* and *Pinus engelmannii* in the region of El Salto PN, Dgo" (Santos, 2013), where the production of Seed and possible causes that affect seed vulnerability for the species *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* and *Pinus engelmannii*, we used the variables length and diameter of the cone, number of first and second year abortions, seed production And biological potential to compare the results with those obtained in the research work of the year 2015 mentioned in Chapter I.

The behavior in the characterization of the dimensions of the cones of the study species in the case of *Pinus engelmannii* was a decrease in length with values of 11 cm in the year 2013 and 10 cm by 2015, in the diameter remained with 4 cm in both years, for *P. duranguensis* there was a decrease in both dimensions with a length of 8 cm in 2013 and 7 cm in 2015 and in terms of diameter values of 4 cm in 2013 and 3 cm in 2015, And for *P. cooperi* an increase in its length from 8 cm in 2013 to 9 cm in 2015 and a decrease in its diameter with values of 4 cm in 2013 and 3 cm in 2015 was observed.

The behavior in the biological potential variable of *Pinus engelmannii* recorded an increase with capacity to develop 135 seeds in 2013 and 137 in 2015, in the case of *P. cooperi* an increase was observed with a biological potential of 115 in the year 2013 and 86 in The year 2015 and for *P. duranguensis* the same way was registered a decrease with a biological potential of 118 units in 2013 and 86 in 2015.

The behavior in the seed variable developed from *Pinus engelmannii* was maintained, with the same number of seeds developed in 2013 and 2015, that is to say that managed to develop 48 seeds per cone in average in both years, in the case of *P. cooperi* was observed A decrease in the number of seeds

developed from 61 in 2013 to 37 in 2015 and for *P. duranguensis* there was a decrease in the number of seeds developed from 66 units in 2013 to 30 in 2015.

6.5 Introducción

En México, el abasto de semilla para los programas de producción de planta se hace principalmente de rodales naturales y en menor escala en áreas semilleras. Los rodales semilleros carecen de manejo para aumentar la ganancia genética de la semilla. En las áreas semilleras se eliminan los árboles mal conformados para dejar los que posiblemente tengan mejor calidad genética (Prieto y Martínez, 2006). La semilla es la principal forma de reproducción de las especies forestales maderables (reproducción sexual). Los análisis de conos y semillas permiten evaluar las características físicas y biológicas de un lote para asignarle un valor (Bonner, 1993), herramienta útil para determinar la cantidad y calidad de semilla producida en una área determinada; esto contribuye a estimar la productividad de las áreas utilizadas como fuentes productoras de semilla, para los programas de producción de planta forestal.

Debido a que la demanda nacional de semilla forestal aumenta año con año, es necesario incrementar la producción de germoplasma de calidad, a través del establecimiento de áreas semilleras y de huertos semilleros. Esto permite contar con fuentes permanentes de abastecimiento de germoplasma, las cuales tienen un incremento en la ganancia genética del 5 al 50%, dependiendo de la estrategia de mejoramiento genético utilizada. Normalmente los programas de mejoramiento genético forestal se desarrollan a través de varias estrategias, lo que permite que a futuro se tengan plantaciones más productivas, con respecto a las obtenidas con germoplasma colectado de rodales semilleros. En el caso de los huertos semilleros, los materiales a propagar, ya sea semilla o yemas, se obtienen de árboles superiores, ya sean plus o elite. De manera general, los huertos semilleros se generan de la selección de 40 a 60 árboles (Droppelmann, 2012).

Para seleccionar árboles superiores se utilizan varias técnicas y su elección depende de varios factores entre los cuales destacan: a) Características de

crecimiento de la especie, b). Situación actual de manejo del bosque, y c) Variabilidad y patrón hereditario de las características importantes, según los objetivos del programa de mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert, 1988). Por otro lado, los sitios donde se seleccionan los árboles superiores son de dos tipos y cada uno de ellos requiere diferentes sistemas de selección en la primera generación, según Zobel y Talbert (1988):

6.6 Material y Métodos

6.6.1 Localización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la región de El Salto, P.N. Durango que se localiza en la Sierra Madre Occidental en la porción sur oeste del estado de Durango, al norte del municipio de Pueblo Nuevo. Tiene acceso por la carretera Durango-Mazatlán en el kilómetro 100 a una altura de 2538 msnm.

En los paralelos $23^{\circ}05'10''$, $24^{\circ}11'12''$ y los meridianos $105^{\circ}11'19''$, $105^{\circ}55'50''$ latitud norte y longitud oeste. Las actividades económicas de la región están dedicadas al cultivo extracción y comercialización de los productos forestales. (Perez.Gomez, 1989).

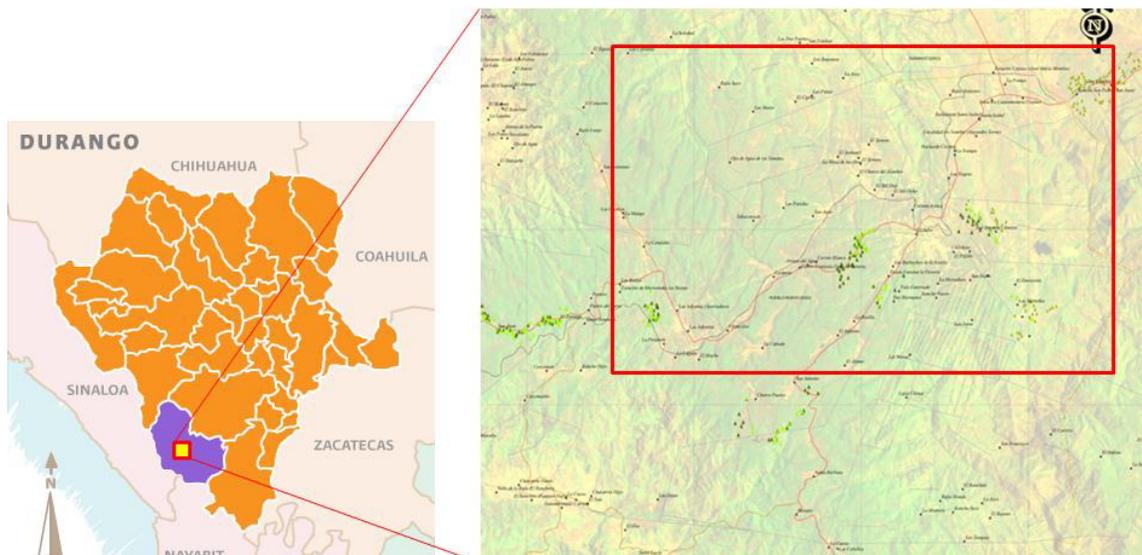


Figura 11. Localización de área de estudio “El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.” (Solís, 2013).

6.6.2 Revisión de literatura

Para este capítulo se realizó la revisión de literatura en artículos científicos publicados en revistas como la de Scielo (Scientific Electronic Library Online) y en la biblioteca del Instituto Tecnológico de El Salto se revisaron algunos trabajos de los cuales se utilizó solamente la tesis titulada “Análisis de la producción de semilla por cono de árboles superiores de *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii* en la región de El Salto P.N., Dgo” en el año 2013 elaborada por Oscar Santos (2013) donde se analizó la producción de semilla y posibles causas que afectan la viabilidad de la semilla para las especies *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii*, de este trabajo se tomaron las variables longitud y diámetro del cono, número de abortos del primer y segundo año, la producción de semilla y potencial biológico para comparar los resultados con los obtenidos en el trabajo de investigación del año 2015, se trabajó la misma metodología, se seleccionaron los mismos arboles superiores y las mismas áreas de prueba para realizar la comparación más confiable de los datos.

6.6.3 Análisis de la información

Se tomaron las tablas con los promedios y los resultados totales para cada una de las variables de comparación en los trabajos de investigación de 2013 y 2015 mismas que son producción de semilla, potencial biológico, dimensiones del cono (longitud y diámetro) y abortos del año 1 y año 2. Se consideraron los valores de las medias para hacer una comparación y determinar las diferencias que pueden existir de un año semillero a otro en las mismas áreas de producción y con las mismas especies de estudio e incluso los mismos individuos en la región de “El Salto Pueblo Nuevo Durango”.

6.6.4 Comparación de medias de la producción de semilla de 2013 vs 2015

En el caso de la especie *Pinus cooperi* para el año 2013 solo se encontraron 10 individuos con producción de conos y en 2015 se registraron 18 individuos en la región de “El Salto Pueblo Nuevo Durango”.

Tabla 12. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de *Pinus cooperi* en 2013 vs 2015.

| Especie | Variable | N | Media | D.E. | Min | Max |
|-----------------------|----------------------|----------|--------------|-------------|------------|------------|
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Longitud (cm) | 10 | 7.79 | 1.65 | 3.7 | 9.86 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Longitud (cm) | 18 | 7.83 | 0.79 | 7 | 10 |
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Diámetro (cm) | 10 | 3.59 | 0.41 | 3.09 | 4.41 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Diámetro (cm) | 18 | 3.72 | 0.46 | 3 | 4 |
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Semilla Desarrollada | 10 | 37.16 | 14.1 | 14.1 | 60.9 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Semilla Desarrollada | 18 | 57.94 | 20.7 | 17 | 90 |
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Aborto A1 | 10 | 33.52 | 17.4 | 4 | 59.6 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Aborto A1 | 18 | 28.72 | 21 | 7 | 95 |
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Aborto A2 | 10 | 12.78 | 6.7 | 2.1 | 23 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Aborto A2 | 18 | 22.61 | 10.5 | 8 | 45 |
| <i>P.cooperi</i> 2013 | Potencial Biológico | 10 | 85.78 | 29.6 | 55.2 | 148 |
| <i>P.cooperi</i> 2015 | Potencial Biológico | 18 | 109.28 | 16.3 | 72 | 145 |

En el caso de la especie *Pinus duranguensis* para el año 2013 solo se encontraron 7 individuos con producción de conos y en 2015 se registraron 16 individuos en la región de “El Salto Pueblo Nuevo Durango”.

Tabla 13. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de *Pinus duranguensis* en 2013 vs 2015.

| Especie | Variable | N | Media | D.E. | Min | Max |
|-----------------------------|----------------------|----------|--------------|-------------|------------|------------|
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Longitud (cm) | 7 | 7.83 | 1.51 | 5.24 | 9.49 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Longitud (cm) | 16 | 7.63 | 1.31 | 4 | 9 |
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Diámetro (cm) | 7 | 3.46 | 0.83 | 2.38 | 4.62 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Diámetro (cm) | 16 | 3.69 | 0.48 | 3 | 4 |
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Semilla Desarrollada | 7 | 29.83 | 21.3 | 13.9 | 65.9 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Semilla Desarrollada | 16 | 62.13 | 25.9 | 4 | 108 |
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Aborto A1 | 7 | 17.7 | 12.3 | 7.2 | 44.1 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Aborto A1 | 16 | 20.69 | 10.5 | 6 | 47 |
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Aborto A2 | 7 | 16.27 | 8.05 | 1.6 | 23.6 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Aborto A2 | 16 | 20.69 | 10.5 | 6 | 47 |
| <i>P. duranguensis</i> 2013 | Potencial Biológico | 7 | 86.6 | 24.9 | 59.2 | 127 |
| <i>P. duranguensis</i> 2015 | Potencial Biológico | 16 | 113.56 | 19.8 | 68 | 136 |

En el caso de la especie *Pinus engelmannii* para el año 2013 solo se encontraron 3 individuos con producción de conos y en 2015 se registraron 3 individuos en la región de “El Salto Pueblo Nuevo Durango”.

Tabla 14. Comparación de medias de las variables longitud, diámetro, semilla desarrollada, abortos del año 1 y 2 y el potencial biológico de *Pinus engelmannii* en 2013 vs 2015.

| Especie | Variable | N | Media | D.E. | Min | Max |
|----------------------------|----------------------|----------|--------------|-------------|------------|------------|
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Longitud (cm) | 3 | 11.16 | 2.85 | 8.47 | 14.1 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Longitud (cm) | 3 | 11.33 | 2.52 | 9 | 14 |
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Diámetro (cm) | 3 | 4.14 | 0.68 | 3.52 | 4.86 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Diámetro (cm) | 3 | 4.33 | 0.58 | 4 | 5 |
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Semilla Desarrollada | 3 | 48.37 | 10.7 | 38 | 59.3 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Semilla Desarrollada | 3 | 48 | 13.5 | 35 | 62 |
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Aborto A1 | 3 | 87.17 | 63.5 | 16.3 | 140 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Aborto A1 | 3 | 84.67 | 63.1 | 15 | 138 |
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Aborto A2 | 3 | 22.27 | 13 | 7.3 | 29.9 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Aborto A2 | 3 | 21.67 | 12.7 | 7 | 30 |
| <i>P. engelmannii</i> 2013 | Potencial Biológico | 3 | 136.87 | 27.8 | 105 | 157 |
| <i>P. engelmannii</i> 2015 | Potencial Biológico | 3 | 135.67 | 26.3 | 106 | 156 |

6.6.5 Prueba de normalidad y análisis de varianza 2013-2015

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si existe normalidad en los datos de producción de semilla de *Pinus cooperi*, *Pinus engelmannii* y *Pinus duranguensis*, de acuerdo a los datos se realizaron las pruebas correspondientes ya sean paramétricas o no paramétricas para cada caso y determinar si existe diferencia significativa entre cada especie en su producción de semilla de ambos años.

6.7 Resultados

- La comparación de los valores referentes a las dimensiones de los conos en los años 2013-2015 muestran un decremento de un centímetro en la longitud en promedio y en el diámetro se observa una valor similar en ambos años para la especie *Pinus engelmannii*, en *P. cooperi* se registró un decremento de un centímetro en la longitud y de la misma manera se comporta en el

diámetro con un decremento de un centímetro y para *P. duranguensis* se observa un incremento de un centímetro en la longitud y un decremento igual de un centímetro en el diámetro (Figura 8).

Tabla 15. Comparación de las dimensiones de los conos de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en 2013 vs 2015.

| Especies | Longitud (cm) | Diámetro (cm) |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Pinus engelmannii</i> 2013 | 11 | 4 |
| <i>Pinus engelmannii</i> 2015 | 10 | 4 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2013 | 8 | 4 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2015 | 7 | 3 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2013 | 8 | 4 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2015 | 9 | 3 |

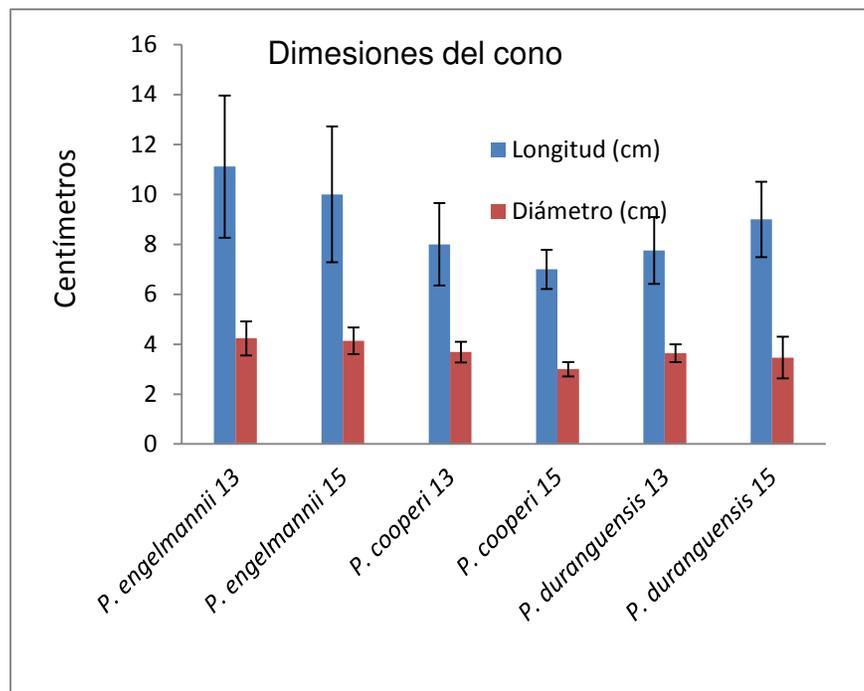


Figura 12. Comparación de las dimensiones longitud y diámetro para las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2013 y 2015.

- En la variable potencial biológico se observa un incremento de 2 unidades para la especie *Pinus engelmannii* en los años 2013-2015, para el año 2013 se registró un capacidad de desarrollo de semillas promedio de 135 y para 2015 es 137, en la comparación de *P. cooperi* existe un decremento de 29 unidades en promedio por cono del año 2013-2015, donde 2013 tiene un

potencial biológico de 115 y para 2015 es de 86 semillas por cono en promedio, y en *P. duranguensis* se registró un decremento de 32 unidades del año 2013-2015, donde en el año 2013 se observó un potencial biológico de 118 unidades y en 2015 se redujo a 86 unidades por cono en promedio (Figura 9).

Tabla 16. Comparación del potencial biológico de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2013 vs 2015.

| Especie | Potencial Biológico |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>Pinus engelmannii</i> 2013 | 135 |
| <i>Pinus engelmannii</i> 2015 | 137 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2013 | 115 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2015 | 86 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2013 | 118 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2015 | 86 |

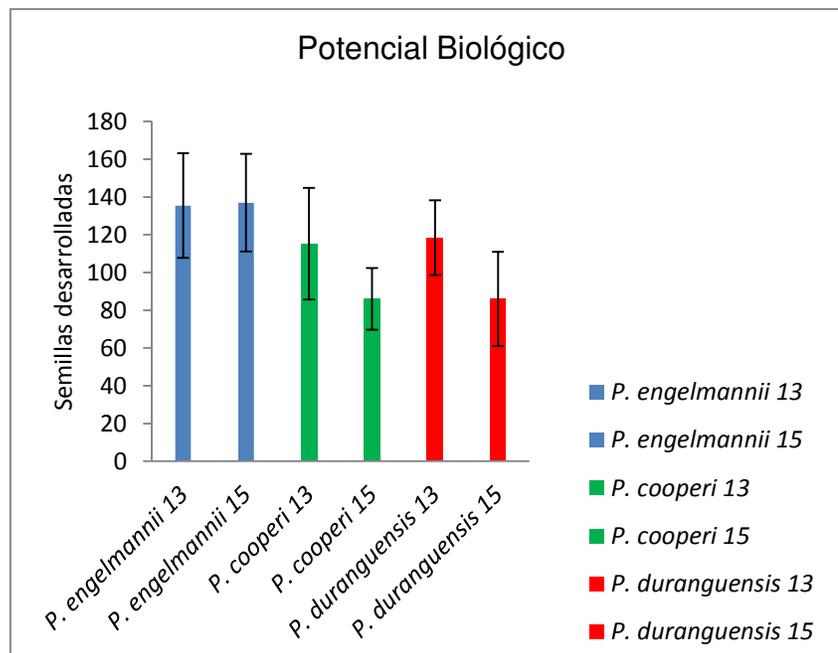


Figura 13. Comparación del potencial biológico para las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2013 y 2015.

- Los valores para la variable semilla desarrollada muestra una similitud en la especie de *Pinus engelmannii* para los años de producción de semilla 2013-2015, donde tanto se registró un número de 48 unidades en ambos años, con

P. cooperi se observa un decremento de 24 unidades del año 2013 a el año 2015, donde en el año 2013 se registraron 61 unidades y en 2015 se obtuvo 37 unidades por cono, y para *P. duranguensis* se observa un decremento de 36 unidades en los años 2013-2015, donde en el año 2013 se obtuvo un valor de 66 unidades y para el año 2015 se registró 30 unidades por cono en promedio.

Tabla 17. Comparación de semilla desarrollada de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2013 vs 2015.

| Especie | Semilla Desarrollada |
|--------------------------------|-----------------------------|
| <i>Pinus engelmannii</i> 2013 | 48 |
| <i>Pinus engelmannii</i> 2015 | 48 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2013 | 61 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2015 | 37 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2013 | 66 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2015 | 30 |

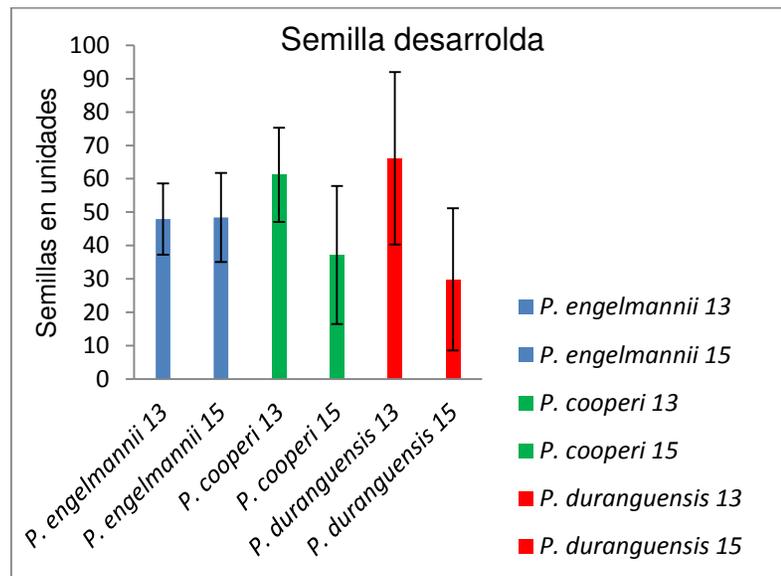


Figura 14. Comparación de la semilla desarrollada para las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2013 y 2015.

- En la comparación de los promedios de los porcentajes de abortos de cada año siendo clasificados como abortos del año 1 y el año 2 respectivamente para cada año sea 2013 y 2015, la especie *Pinus engelmannii* registró una similitud entre los abortos del año 1 de 2013 con 58.25 % y para el 2015 se

observó 58.42 %, en el caso de los abortos del año 2 se obtuvo para el 2013 un 17.68 % y para el año 2015 un 17.95 %, en la comparación de *P. cooperi* existe un incremento en el número de abortos del año 1 con 8.06 % y para los abortos del año dos se observa un decremento de 2.28 % en los años 2013-2015, donde los abortos del año 1 fueron en 2013 de 32.77 % y en el año 2015 se obtuvo un 40.3 %, en el caso de los abortos de año 2 para el año 2013 se registró un 18.78 % y para el año 2015 se obtuvo un 16.50 %, en el último caso con *P. duranguensis* para los abortos del año 1 se observó un decremento del 1.49 % y para los abortos del año 2 se registró un incremento de 1.93 % para los años 2013-2015, donde los abortos de año 1 en 2013 fueron de un 25.88 % y para el año 2015 se observó 24.39 % de abortos, en el caso de los abortos de año 2 se registró 19.11 % para el año 2013 y 21.04 % de abortos para el año 2015 en promedio por cono.

Tabla 18. Comparación del número de abortos del año 1 y 2 de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en el año 2013 vs 2015.

| Especie | % Abortos del año 1 | % Abortos del año 2 |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Pinus engelmannii</i> 2013 | 58.25 | 17.68 |
| <i>Pinus engelmannii</i> 2015 | 58.42 | 17.95 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2013 | 32.77 | 18.78 |
| <i>Pinus cooperi</i> 2015 | 40.83 | 16.50 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2013 | 25.88 | 19.11 |
| <i>Pinus duranguensis</i> 2015 | 24.39 | 21.04 |

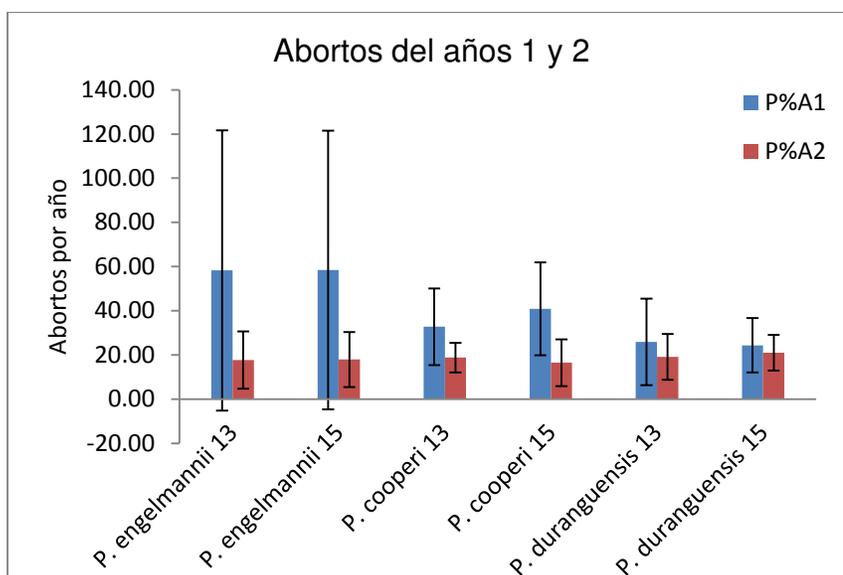


Figura 15. Comparación del número de abortos en el año 1 y 2 de desarrollo del cono para las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2013 y 2015.

- La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov mostro que si existe normalidad para *Pinus engelmannii* con un valor de $P = .2$, de la misma manera para *Pinus duranguensis* con un valor de $P = .2$ y para *Pinus cooperi* con un valor de $P = .169$ por lo que se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en la producción de semilla de las especies en ambos años 2013 y 2015.
- Para el caso de *Pinus engelmannii* no existe diferencia significativa en la producción de semilla en 2013 vs 2015 con un valor de $P = .972$ mirar Tabla 19.

Tabla 19. Análisis de varianza de la producción de semilla de *Pinus engelmannii* 2013 vs 2015

| <i>Pinus engelmannii</i> | Suma de cuadrados | Gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| Entre grupos | 0.202 | 1 | 0.202 | 0.001 | 0.972 |
| Dentro de grupos | 593.327 | 4 | 148.332 | | |
| Total | 593.528 | 5 | | | |

- Para el caso de *Pinus duranguensis* si existe diferencia significativa en la producción de semilla en 2013 vs 2015 con un valor de $P = .009$ mirar Tabla 20.

Tabla 20. Análisis de varianza de la producción de semilla de *Pinus duranguensis* 2013 vs 2015

| <i>Pinus duranguensis</i> | Suma de cuadrados | GI | Media cuadrática | F | Sig. |
|---------------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| Entre grupos | 5079.245 | 1 | 5079.245 | 8.323 | 0.009 |
| Dentro de grupos | 12816.324 | 21 | 610.301 | | |
| Total | 17895.570 | 22 | | | |

- Para el caso de *Pinus cooperi* si existe diferencia significativa en la producción de semilla en 2013 vs 2015 con un valor de P = .009 mirar Tabla 21.

Tabla 21. Análisis de varianza de la producción de semilla de *Pinus cooperi* 2013 vs 2015

| <i>Pinus cooperi</i> | Suma de cuadrados | GI | Media cuadrática | F | Sig. |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| Entre grupos | 2777.099 | 1 | 2777.099 | 7.951 | 0.009 |
| Dentro de grupos | 9081.268 | 26 | 349.280 | | |
| Total | 11858.367 | 27 | | | |

6.8 Discusión

- En la región de “El Salto P.N. Dgo.” se han realizado diferentes investigaciones para determinar la producción de semilla de diferentes especies, sin embargo una área de oportunidad para saber el comportamiento de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en cuanto a la producción de semilla es la comparación de los distintos años de producción, de esta manera se puede conocer si existen diferencias significativas entre un año y otro, determinar si existen factores que influyen en esa variación entre cada periodo de producción de semilla, para el caso de la comparación de la producción de 2013 vs 2015, la especie con mayor desarrollo en sus dimensiones fue *Pinus engelmannii* con mayores dimensiones de longitud y diámetro en 2013 misma que coincide con lo descrito por Parra (2008), *Pinus engelmannii* se caracteriza por tener un

mayor tamaño en su longitud y diámetro entre las especies del genero *Pinus* que se encuentran en la región de “EL Salto P.N. Dgo.”

Tabla 22. Comparación de la longitud de los conos de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en los años 2008, 2010, 2013 y 2015.

| Año | longitud <i>P. engelmannii</i> | longitud <i>P. cooperi</i> | longitud <i>P. duranguensis</i> |
|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 2008 | 15.4 | 7.6 | 8 |
| 2010 | 16 | | |
| 2013 | 11 | 8 | 8 |
| 2015 | 10 | 7 | 9 |

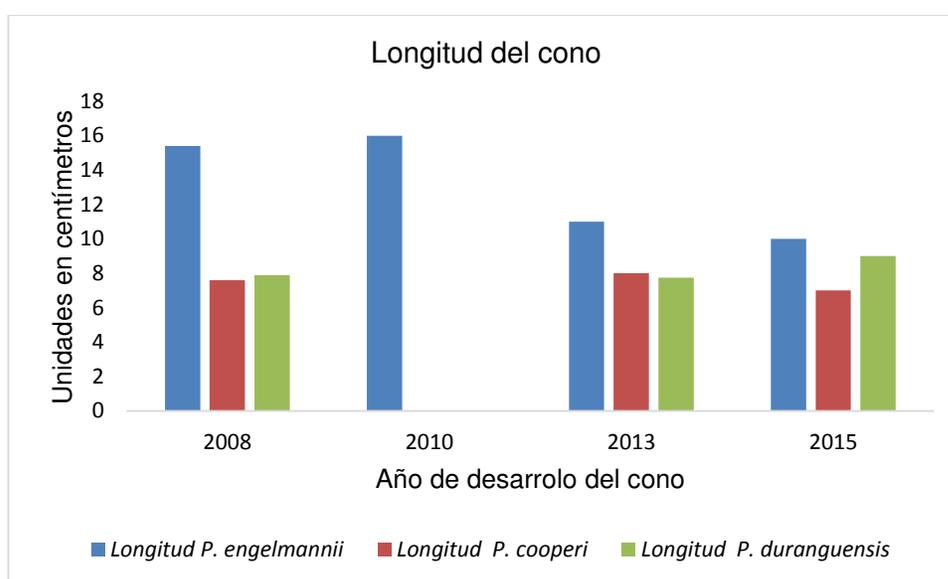


Figura 16. Comparación de la longitud promedio de los conos de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2008 a 2015.

Tabla 23. Comparación del diámetro de los conos de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en los años 2008, 2010, 2013 y 2015.

| Año | Diámetro <i>P. engelmannii</i> | Diámetro <i>P. cooperi</i> | Diámetro <i>P. duranguensis</i> |
|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 2008 | 5.6 | 3.8 | 3.8 |
| 2010 | 5 | | |
| 2013 | 4 | 4 | 4 |
| 2015 | 4 | 3 | 3 |

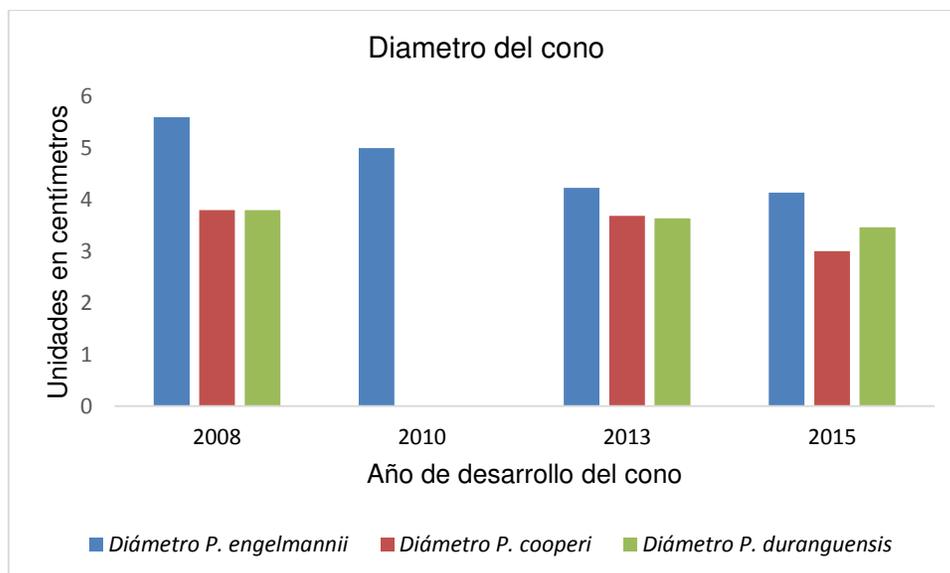


Figura 17. Comparación del diámetro promedio de los conos de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2008 a 2015.

- Se realizó la comparación de los años 2013 vs 2015 para la producción de semillas de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* donde la especie con mayor número de semillas desarrolladas en promedio por cono fue *Pinus duranguensis* en el año 2013, mismos datos coinciden con lo descrito por Parra (2008) siendo *P. Duranguensis* la especie que tienen una mayor capacidad de producción de semilla para la región de “EL Salto P.N. Dgo.”, sin embargo en 2010 se registró una mayor producción de semilla para *P. engelmannii* (Flores, 2010), esto difiere con los resultados de los años 2008, 2013 y 2015 donde *P. duranguensis* es la especie con mejor producción de semillas.

Tabla 24. Comparación del número de semillas desarrolladas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en los años 2008, 2010, 2013 y 2015

| Año | Semilla <i>P. engelmannii</i> | Semilla <i>P. cooperi</i> | Semilla <i>P. duranguensis</i> |
|------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 2008 | 108.5 | 58.6 | 113 |
| 2010 | 136 | | |
| 2013 | 48 | 61 | 115 |
| 2015 | 48 | 37 | 86 |

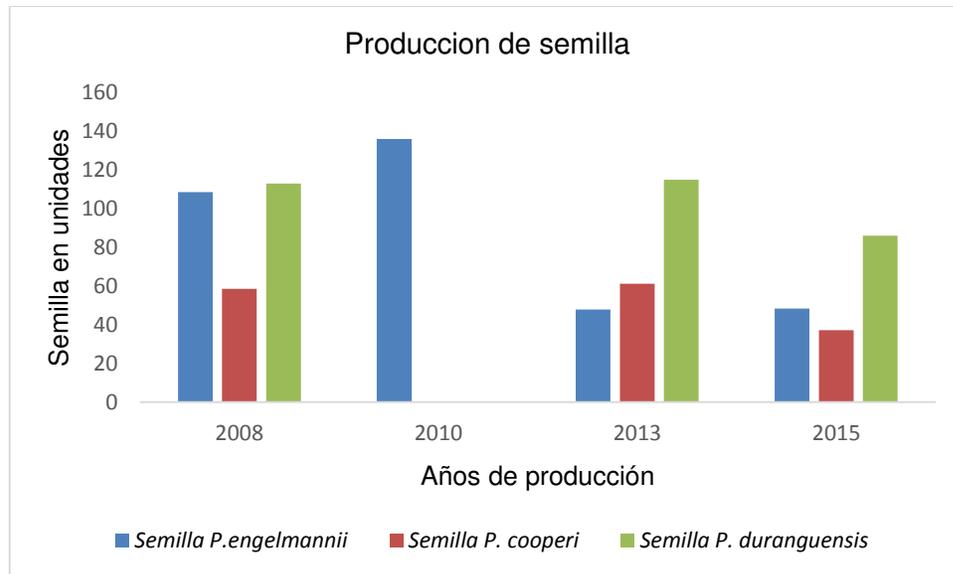


Figura 18. Comparación de la producción de semilla de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* del año 2008 a 2015.

- Los resultados en la comparación del potencial biológico para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2013 vs 2015 muestran a *Pinus engelmannii* como la especie con mayor potencial biológico mismos datos que coinciden con lo descrito por Parra (2008) y Flores (2010), con esto se determina que la especie con mayor capacidad de almacenamiento de semillas dentro de su cono es *Pinus engelmannii* puesto que a través de la comparación de algunas investigaciones para la región de en diferentes años se ha identificado la similitud de los resultados para esta variable.

Tabla 25. Comparación del potencial biológico de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* en los año 2008, 2010, 2013 y 2015.

| Año | Potencial Biológico <i>P. engelmannii</i> | Potencial Biológico <i>P. cooperi</i> | Potencial Biológico <i>P. duranguensis</i> |
|------|---|---------------------------------------|--|
| 2008 | 163 | 69.7 | 114 |
| 2010 | 188 | | |
| 2013 | 135 | 66 | 118 |
| 2015 | 137 | 30 | 186 |

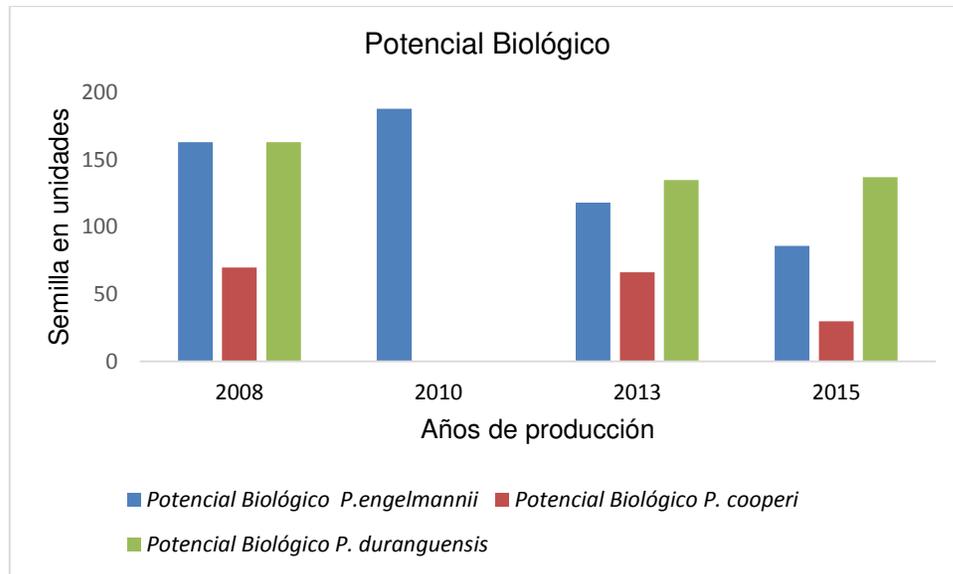


Figura 19. Comparación del potencial biológico de las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* del año 2008 a 2015.

Para el caso de las variables de dimensiones del cono, número de abortos, producción de semilla y potencial biológico se ha determinado que la especie de *Pinus engelmannii* es la mejor adaptada a los cambios, sin embargo pueden existir diferencias en el comportamiento de estas variables de un año otro, entre especies e incluso entre regiones o en lo más específico entre individuos esto apoyado por las diversas investigaciones de algunas otras especies del genero *Pinus*.

Para el caso del potencial de semilla, Bramlett (1977) menciona que éste varía poco dentro de clones específicos en huertos semilleros pero que puede diferir del promedio de la especie, incluso López-Upton y Donahue (1995) encuentran diferencias significativas entre sitios para el potencial de semilla de *Pinus greggii* Engelm. De México, para el caso específico de *Pinus oaxacana* Mirov, Alba *et al.* (2000) no encontraron diferencias significativas entre tres sitios del Valle de Perote, sin embargo, en el presente estudio se encontró que el potencial de semilla puede variar también de manera significativa anualmente en los mismos árboles; Boyer (1987) encontró que la producción de semilla de *Pinus palustris* Mill. Varía considerablemente de año a año y de localidad a localidad.

Esto es congruente con lo afirmado por Spurr y Barnes (1982) que dicen que las características de las semillas de una misma especie pueden variar de manera significativa dependiendo de las condiciones en que habiten. Así las diferencias pueden ser producto de las condiciones ambientales de cada sitio y genéticas de cada especie.

Por lo tanto dado que las especies se encuentran en una región con las mismas características ambientales y topográficas, se podría atribuir el comportamiento de *Pinus engelmannii* en todas las variables como la especie más sobresaliente a su amplia distribución en casi toda la sierra madre occidental dicha especie la podemos encontrar desde el estado de Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chihuahua hasta el estado de Sonora, situación que no presentan las otras especies sujetas de estudio con una distribución más específica, si bien esto favorece la adaptación de la especie de *Pinus engelmannii* por su amplio rango de distribución y por consecuencia mayor tolerancia a la modificación de los distintos factores que afectan o favorecen la producción de semilla como lo pueden ser, la humedad, temperatura, precipitación, relación de nutrientes en los suelos y la polinización.

**CAPÍTULO III. COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA
PARA LAS ESPECIES DE *Pinus cooperi* C.B. Blanco, *Pinus
engelmannii* Carr. Y *Pinus duranguensis* Ehren EN LA REGIÓN
DE “EL SALTO PUEBLO NUEVO, DURANGO” PARA LOS AÑOS
2008-2015 CONSIDERANDO LAS VARIABLES AMBIENTALES**



Fotografía tomada en el Bosque de clima templado frio del a región de “El Salto Pueblo Nuevo, Durango en el ejido la Campana, Arboles Superiores o Plus de *Pinus cooperi* y *P. duranguensis*.

RESUMEN

Este estudio comparativo permite conocer el comportamiento del potencial biológico y la eficiencia en la producción de semillas de árboles superiores en los años 2008-2015 y su relación con las variables ambientales precipitación y temperatura.

Se utilizaron los datos recabados de las investigaciones realizadas por Parra 2008, Flores 2010 y Santos 2013 donde se analizó la producción de semilla y el potencial biológico de las especies *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii*, para comparar los resultados con los obtenidos en el trabajo de investigación del año 2015 mencionados en el capítulo I.

El comportamiento de la producción de semilla en relación con la precipitación y temperatura para *Pinus engelmannii* refleja una tendencia a un decremento en la producción de semilla iniciando con una producción de semillas de 108 unidades para el año 2008, sin embargo en relación con las bajas precipitaciones y aumentos y bajas de temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde la producción de semilla para 2010 fue de 136 unidades y para los años 2013 y 2015 es de 48 unidades para ambos casos, es evidente dicho decremento y la posible influencia de las fluctuaciones de precipitación y temperatura, reflejando resultados menores en los años consecutivos.

El comportamiento de la producción de semilla en relación con la precipitación y temperatura para *Pinus cooperi* refleja una tendencia a un decremento en la producción de semilla donde para el año 2008 inicia con una producción de semilla de 58 unidades en relación con las variaciones a la baja de precipitación y baja y altas en la temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde la producción de semilla para para 2013 fue de 61 unidades y para el 2015 se registró un decremento que podrían ser ocasionados por las fluctuaciones de precipitación y temperatura, mostrando una producción de 37 unidades.

El comportamiento de la producción de semilla en relación con la precipitación y temperatura para *Pinus duranguensis* refleja una tendencia a un decremento en la producción de semilla iniciando con 69 unidades para el año 2008, sin embargo

en relación con las bajas precipitaciones y las bajas y altas de temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde la producción de semilla para para 2013 fue de 66 unidades y para el 2015 se registró un decremento que podrían ser ocasionados por las fluctuaciones de precipitación y temperatura, mostrando una producción de 30 unidades.

El comportamiento del potencial biológico con la precipitación y temperatura para *Pinus engelmannii* refleja una tendencia a un decremento en el potencial biológico iniciando con una capacidad para desarrollar 163 unidades para el año 2008, sin embargo en relación con las bajas precipitaciones y aumentos y bajas de temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde el potencial biológico para 2010 fue de 188 unidades y para los años 2013 fue de 135 y 2015 es de 137 unidades, es evidente un decremento y la posible influencia de las fluctuaciones de precipitación y temperatura, reflejando resultados menores en los años consecutivos.

El comportamiento del potencial biológico en relación con la precipitación y temperatura para *Pinus cooperi* refleja una tendencia a un decremento en la capacidad de desarrollo de unidades, donde para el año 2008 inicia con una capacidad de potencial biológico de 113 unidades, en relación con las variaciones a la baja de precipitación y baja y altas en la temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde el potencial biológico para 2013 fue de 115 unidades y para el 2015 se registró un decremento que podrían ser ocasionados por las fluctuaciones de precipitación y temperatura, mostrando un potencial biológico de 86 unidades.

El comportamiento de la potencial biológico en relación con la precipitación y temperatura para *Pinus duranguensis* refleja una tendencia a un decremento en la capacidad de desarrollo de semillas iniciando con 114 unidades para el año 2008, sin embargo en relación con las bajas precipitaciones y las bajas y altas de temperatura en los años 2010, 2011 y 2012 donde el potencial biológico para para 2013 fue de 118 unidades y para el 2015 se registró un decremento que podrían ser ocasionados por las fluctuaciones de precipitación y temperatura, mostrando una producción de 86 unidades.

ABSTRACT

This comparative study allows to know the behavior of the biological potential and the efficiency in the production of seeds of superior trees in the years 2008-2015 and its relation with the environmental variables precipitation and temperature.

The data collected from the research carried out by Parra 2008, Flores 2010 and Santos 2013 were used to analyze the seed production and the biological potential of *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* and *Pinus engelmannii* species, in order to compare the results with those obtained in the Research work of the year 2015 mentioned in Chapter I.

The behavior of seed production in relation to precipitation and temperature for *Pinus engelmannii* reflects a tendency to a decrease in seed production starting with a seed production of 108 units for the year 2008, however in relation to the low rainfall And increases and decreases in temperature in the years 2010, 2011 and 2012 where seed production for 2010 was 136 units and for the years 2013 and 2015 is 48 units for both cases, it is evident this decrease and the possible influence of the Fluctuations in precipitation and temperature, reflecting lower results in consecutive years.

The behavior of seed production in relation to precipitation and temperature for *Pinus cooperi* reflects a tendency to a decrease in the production of seed where for the year 2008 begins with a production of seed of 58 units in relation to the variations to the low Precipitation and low and high temperatures in the years 2010, 2011 and 2012 where the production of seed for 2013 was 61 units and by 2015 there was a decrease that could be caused by fluctuations in precipitation and temperature, showing A production of 37 units.

The behavior of seed production in relation to precipitation and temperature for *Pinus duranguensis* reflects a tendency to a decrease in seed production starting with 69 units for the year 2008, however in relation to low rainfall and low and high Of temperature in the years 2010, 2011 and 2012 where the production of seed for 2013 was 66 units and by 2015 there was a decrease that could be caused by fluctuations in precipitation and temperature, showing a production of 30 units.

The behavior of the biological potential with precipitation and temperature for *Pinus engelmannii* reflects a tendency to a decrease in the biological potential starting with a capacity to develop 163 units for the year 2008, however in relation to the low precipitations and increases and low temperatures In the years 2010, 2011 and 2012 where the biological potential for 2010 was 188 units and for the years 2013 was 135 and 2015 is 137 units, it is evident a decrease and the possible influence of fluctuations of precipitation and temperature, reflecting Results in consecutive years.

The behavior of the biological potential in relation to the precipitation and temperature for *Pinus cooperi* reflects a tendency to a decrease in the capacity of development of units, where for the year 2008 begins with a capacity of biological potential of 113 units, in relation to the variations To the low of precipitation and low and high in the temperature in the years 2010, 2011 and 2012 where the biological potential for 2013 was of 115 units and for the year 2015 a decrease was registered that could be caused by the fluctuations of precipitation and temperature, Showing a biological potential of 86 units.

The behavior of the biological potential in relation to the precipitation and temperature for *Pinus duranguensis* reflects a tendency to a decrease in the capacity of development of seeds starting with 114 units for the year 2008, however in relation to the low precipitations and the low and High temperatures in the years 2010, 2011 and 2012 where the biological potential for 2013 was 118 units and by 2015 there was a decrease that could be caused by fluctuations in precipitation and temperature, showing a production of 86 units.

6.9 Introducción

Durante los últimos 400000 años el clima en la Tierra se ha caracterizado por tener fluctuaciones muy marcadas en ciclos de ~100000 años. Estos ciclos se manifiestan con la alternancia de etapas más frías que el clima actual (en promedio, 8 °C menos), conocidas como glaciales, y etapas en las que el clima

es similar o un poco más cálido (2 ° a 3 °C mayor) que el presente, conocidas como interglaciales. Durante los periodos glaciales, los grandes casquetes de hielo del planeta se expanden hacia posiciones mucho más ecuatoriales que las actuales y, en consecuencia, desciende el nivel del mar.

La mayoría de los estudios en México a propósito del cambio climático y su relación con los ecosistemas forestales y áreas naturales protegidas, están más bien dirigidos hacia el papel que juegan los ecosistemas como fuentes de emisión o captación de carbono. Tal es de los trabajos realizados por Bellón *et al.*, (1994) y Masera *et al.*, (1992 y 1995). Sin duda la vulnerabilidad que presentan los ecosistemas forestales Mexicanos ante el cambio climático global, es un tópico relativamente poco explorado. Trabajos a nivel internacional sobre la dinámica forestal (Shugart *et al.*, 1984), se han aplicado actualmente para poder modelar las respuesta potenciales de la vegetación al cambio climático global (Smith *et al.*, 1929).

La evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre los ecosistemas forestales depende en gran medida de los métodos utilizados y de la información disponible para su aplicación. Los estudios de respuesta de los bosques frente a los cambios ambientales van desde los particulares como los de las respuestas fisiológicas (Austin, 1992, Sukumar *et al.*, 1995), hasta los cambios a gran escala, como lo es el trazado de mapas de zonas ecoclimáticas de la vegetación y del impacto que recibirán por una duplicación de CO₂ (Emanuel *et al.*, 1985).

Actualmente los estudios fenológicos han tomado una mayor importancia debido al proceso de calentamiento global, se ha observado que los procesos biológicos de supervivencia y éxito reproductivo expresados en función de la fenología pueden mejorar la precisión de los modelos de predicción de la distribución futura de las especies (Chuine y Beaubien, 2001)

Se sabe que la producción de semillas de árboles es variable entre las especies, las regiones y los años, pero las causas de estas variaciones están, en general,

poco entendidas probablemente debido a que son muchas y variadas y a que pueden actuar en diferentes estadios del ciclo reproductivo; el éxito reproductivo es usualmente ponderado en función del número de frutos o semillas producidas al final del ciclo pero sería más informativo determinar el éxito reproductivo en función de su potencial y usando las tasas (eficiencias) de flores a frutos y semillas a óvulos lo que ayudaría a identificar y solucionar la problemática de la producción de semillas (Owens, 1995).

Las especies forestales, sus poblaciones y familias están constituidas por un conjunto de individuos que comparten características generales pero que, a su vez, difieren totalmente en sus genotipos, de tal manera que aquellas cualidades que las agrupan junto con las invisibles medias de interacción genética, les dan identidades generales a cada una de las expresiones iniciales (especies, poblaciones y familias) operan su existencia en sitios, mediante una red de interacciones múltiples de factores limitantes tanto físicos como químicos y en muchos casos la interdependencia funcional; estos factores y sus efectos son los responsables de la fenología global de las especies y sus poblaciones (Wright, 1962; 1976). Por lo mencionado anteriormente, las pruebas genéticas (especies, procedencias, progenies, clones o sus diferentes combinaciones) y huertos semilleros son sitios propicios para la observación y monitoreo de la fenología de la reproducción de distintas especies, en principio como fuente de información para el manejo de la producción de semillas (El-Kassaby *et al.*, 1984) y luego para evaluar los efectos del cambio climático en dicha producción. En el ciclo reproductivo de las coníferas se han identificado seis factores que contribuyen a inducir la floración: a) la presencia de hormonas inductoras de floración, b) la relación adecuada de nutrientes, c) la humedad del suelo, d) la calidad de la luz solar y el fotoperiodismo, e) la temperatura y f) estado fisiológico (Márquez, 2007); tres de estos factores están directamente relacionados con el clima (c, d y e), por lo que el cambio climático modifica la temporalidad de dicho ciclo.(Márquez *et al.*, 2010).

En los últimos años se han registrados algunas alteraciones en los factores ambientales que podrían tener relación con el comportamiento de la producción

de semilla de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* de manera más específica se analizó la relación de la producción de semilla de estas tres especies en los años 2008-2015 en relación a las variaciones en la precipitación y la temperatura.

6.10 Material y Métodos

6.10.1 Localización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la región de El Salto, P.N. se localiza en la Sierra Madre Occidental en la porción sur oeste del estado de Durango, al norte del municipio de Pueblo Nuevo. Tiene acceso por la carretera Durango-Mazatlán en el kilómetro 100 a una altura de 2538 msnm.

En los paralelos 23°05'10", 24°11'12" y los meridianos 105°11'19", 105°55'50" latitud norte y longitud oeste. Las actividades económicas de la región están dedicadas al cultivo extracción y comercialización de los productos forestales. (Perez.,Gomez, 1989).

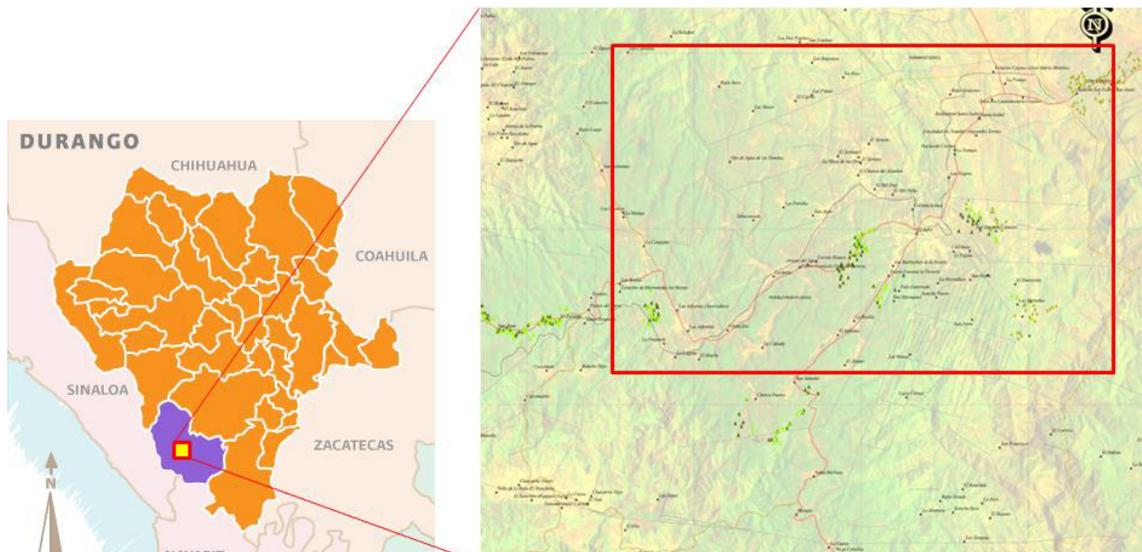


Figura 20. Localización de área de estudio “El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo.” (Solís, 2013).

6.10.2 Revisión de literatura

Para este capítulo se realizó la revisión de literatura en artículos científicos publicados en revistas como la del SciELO (Scientific Electronic Library Online) y en la biblioteca del Instituto Tecnológico de El Salto, se revisaron algunos de trabajos de los cuales se utilizaron las tesis tituladas “Evaluación de la producción de semilla a través del análisis de conos en arboles superiores de tres especies de pino en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango” en el año 2008 elaborada por Rigoberto Parra (2008), “Estudio comparativo de la producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr. en tres fuentes productoras de semilla en el Estado de Durango” en el año 2010 elaborada por Liliana Flores (2010), “Análisis de la producción de semilla por cono de árboles superiores de *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii* en la región de El Salto P.N., Dgo” en el año 2013 elaborada por Oscar Santos (2013), mismas en las que se analizó la producción de semilla y potencial biológico de las especies *Pinus cooperi*, *Pinus duranguensis* y *Pinus engelmannii*, de estos trabajos se tomaron las variables longitud y diámetro del cono, número de abortos del primer y segundo año, la producción de semilla y potencial biológico para comparar los resultados con los obtenidos en la investigación actual descrita en el Capítulo I para el año 2015.

6.10.3 Análisis de la información

Se tomaron datos de las tablas con los promedios y los resultados totales para cada una de las variables de comparación en los trabajos de investigación de 2008, 2010, 2013 y 2015 mismas que son producción de semilla y potencial biológico. Se consideraron los valores de las medias para hacer una comparación y determinar la diferencias que pueden existir de un año semillero a otro en las mismas áreas de producción y con las mismas especies de estudio, se representó gráficamente el comportamiento de la producción de semilla y potencial biológico para en relación a las variables ambientales de temperatura y precipitación para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2008 hasta 2015.

6.10.4 Recolección de los datos de las variables ambientales

Se recopiló información de la estación meteorológica de la comisión nacional del agua (CONAGUA), se solicitó a el Departamento de Meteorología e Hidrología el historial de las variables de precipitación, temperatura, humedad, heladas y nevadas para la región de El Salto P.N. Dgo de los últimos años iniciando en el año 2000 hasta el 2015 mismas que sirvieron para observar en las gráficas el comportamiento de los datos de las variables de producción de semilla y el potencial biológico para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* en los años 2008 hasta 2015 y saber cuáles son las variaciones de precipitación y temperatura de un año a otro y como afecta el cambio climático la producción de semilla de los bosques de la región.

6.10.5 Aplicación de correlaciones

Se realizó una prueba de correlaciones para las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* para determinar cuál es la relación entre los factores ambientales y las variables de producción de semilla para el año 2015, de esta manera es más sencillo saber cuál de las variables ambientales nos puede describir o explicar más clara y exactamente el comportamiento de las de la producción de semilla de las especies de estudio a través de los años para poder predecir comportamientos futuros en las variables de estudio en relación a las variables ambientales.

6.11 Resultados

6.11.1 Relación Precipitación-Producción de semilla

- Se observó la relación Precipitación-Producción de semilla para la especie *Pinus engelmannii*, donde en los años con mayor precipitación tenemos una mayor producción de semilla. Como se muestra en la figura 11 la tendencia de la producción de semilla va relacionada estrechamente con la precipitación, se observa en la gráfica como en los años 2008 y 2009 la tendencia de la

precipitación fue a la alza donde se observa una producción de semilla para el 2008 de 108 unidades, sin embargo en los años 2010, 2011, aparece una fluctuación que tiende a un decremento en la precipitación la cual sale del rango promedio de precipitación anual de la región, donde se registró para el año 2010 un incremento en la producción de semilla con 136 unidades para este caso, debido a los decrementos en la precipitación se refleja una afectación en la producción de semilla en los años 2011-2015 con una producción baja.

La tendencia de la precipitación muestra incremento a partir de 2011-2015, sin embargo es hasta el año 2014 donde vuelve la precipitación a el rango promedio de precipitación anual de la región, como consecuencia existe una baja producción de semilla en los años 2013 y 2015 con 48 unidades en ambos casos, donde la curva de precipitación aún no se normaliza, los resultados indican que en 2014 se normalizo la curva de precipitación y dado que el proceso reproductivo de la especie es de 2 años 8 meses, los resultados de las precipitaciones de 2014 y 2015 se verán reflejadas claramente en el años 2016 y de la misma manera en 2017 (Figura 11).

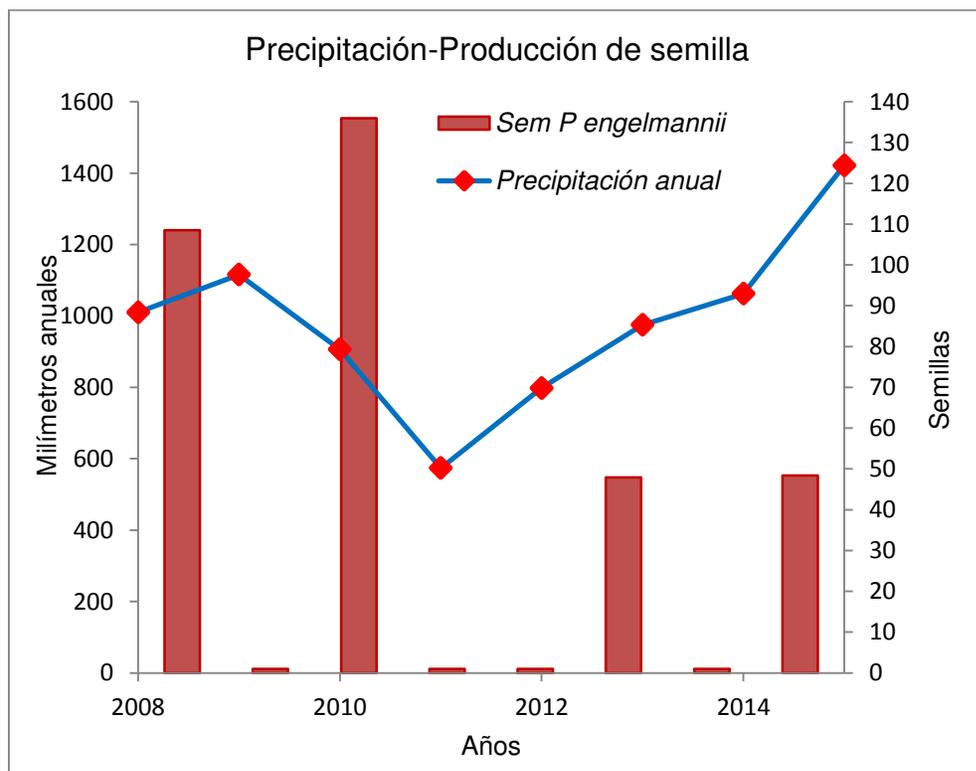


Figura 21. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus engelmannii*.

- La relación Precipitación-Producción de semilla para la especie de *Pinus cooperi* muestra que en el año 2006 se registró una producción de semilla 58 unidades por cono en promedio donde se tiene una precipitación dentro del rango promedio anual, sin embargo en los años 2009-2012 se observó un decremento en la precipitación, lo cual afectó la producción de semilla de los años 2009-2012, fue hasta el año 2013 donde comenzó a normalizarse la curva de la precipitación y se observa cómo se acerca al rango promedio de la precipitación anual de la región donde se registró una producción de semilla de 61 unidades por cono en el año 2013, en el siguiente año muestreado que fue 2015 la tendencia de la precipitación fue a la alza y contrario a eso se registró un decremento en la producción de semilla, lo cual se podría atribuir a el periodo de estrés causado por la sequía y bajas precipitaciones de los años 2009-2012 lo cual afectó la producción de semilla en los años 2013 y 2015, afectando más la producción en el año 2015 con 37 unidades por cono en promedio debido al esfuerzo de reproducción y producción de semilla en el año 2013 (Figura 12). Sin embargo para poder determinar si el factor limitante para la producción de semilla de esta especie es la precipitación o saber si es el déficit en la capacidad de reproducción de los individuos se recomienda realizar el monitoreo de los años 2016 y 2017.

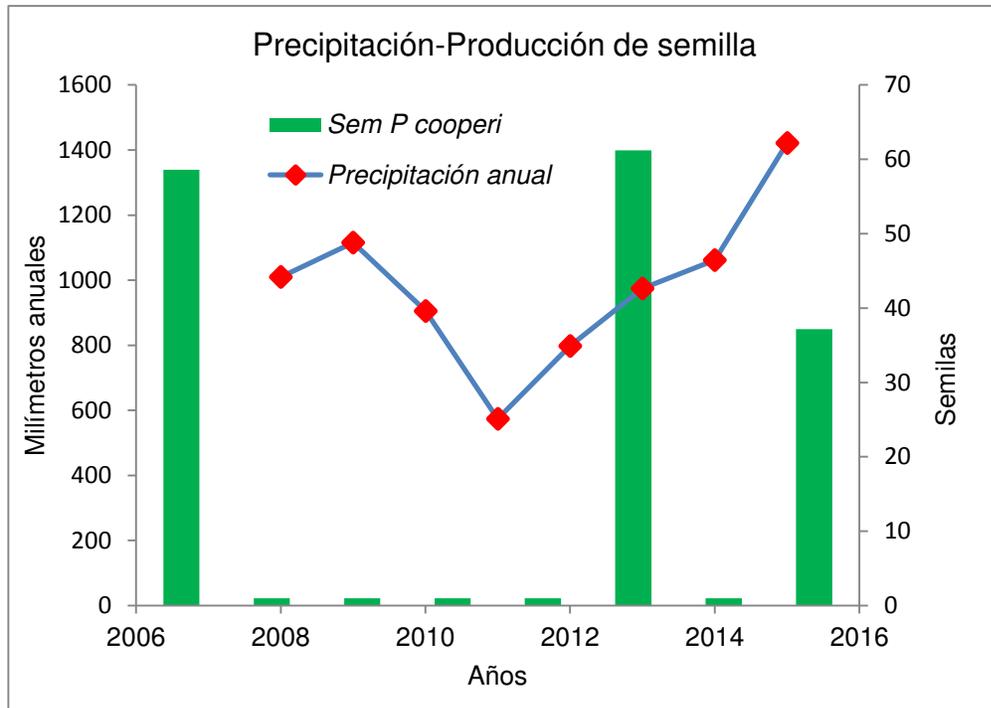


Figura 22. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus cooperi*.

- La relación Precipitación-Producción de semilla para la especie de *Pinus duranguensis* muestra que en el año 2006 se registró una producción de semilla 70 unidades por cono en promedio donde se tiene una precipitación dentro del rango promedio anual, sin embargo en los años 2009-2012 se observó un decremento en la precipitación, lo cual afectó la producción de semilla de los años 2009-2012, fue hasta el año 2013 donde comenzó a normalizarse la curva de la precipitación y se observa cómo se acerca al rango promedio de la precipitación anual a de la región de "El Salto P.N. Dgo." donde se registró una producción de semilla de 66 unidades por cono en el año 2013, en el siguiente año muestreado que fue 2015 la tendencia de la precipitación fue a la alza y contrario a eso se registró un decremento en la producción de semilla, lo cual se podría atribuir a el periodo de estrés causado por la sequía y bajas precipitaciones de los años 2009-2012, lo cual afectó la producción de semilla en los años 2013 y 2015, afectando más la producción en el año 2015 con 30 unidades por cono en promedio, esto debido al esfuerzo de reproducción y producción de semilla en el año 2013 (Figura 13).

Para poder determinar si el factor limitante para la producción de semilla de esta especie es la precipitación o saber si es el déficit en la capacidad de reproducción de los individuos se recomienda realizar el monitoreo de los años 2016 y 2017.

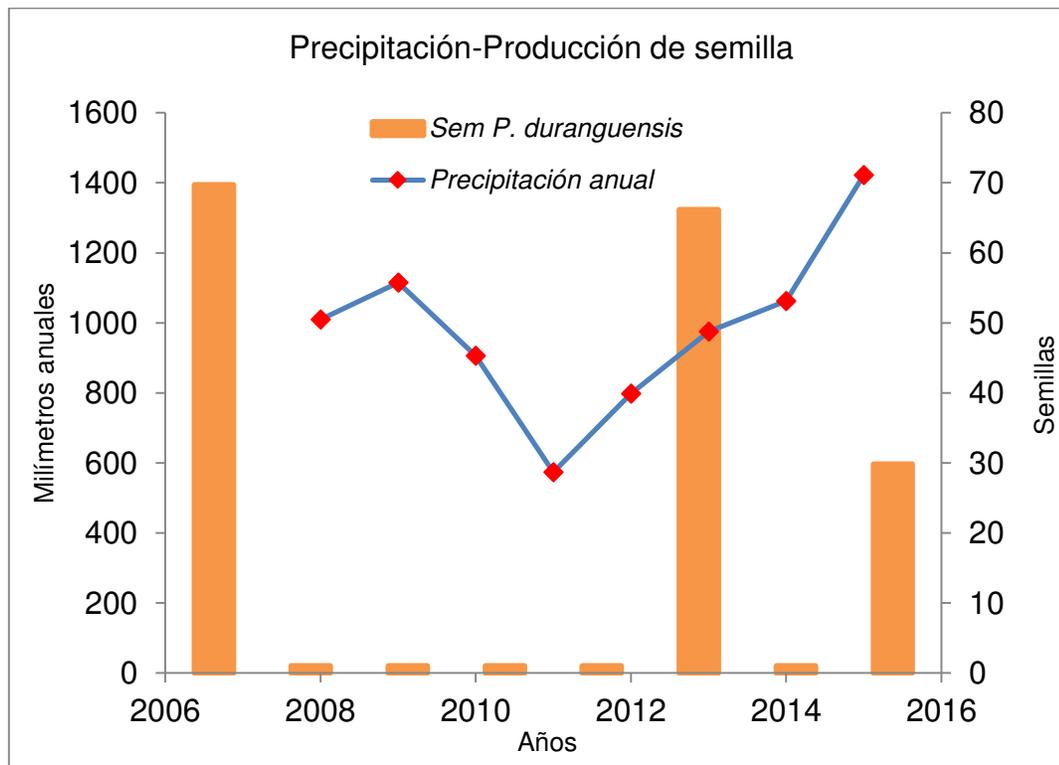


Figura 23. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus duranguensis*.

Tabla 26. Comparación del número de semillas desarrolladas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* y las precipitación ocurrida de 2008 a 2015.

| Año | Precipitación anual mm | Semilla | | |
|------|------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | Semilla <i>P. engelmannii</i> | <i>P. cooperi</i> | Semilla <i>P. duranguensis</i> |
| 2008 | 1010 | 108.5 | 58.6 | 69.7 |
| 2009 | 1115.5 | 1 | 1 | 1 |
| 2010 | 906.1 | 136 | 1 | 1 |
| 2011 | 573.9 | 1 | 1 | 1 |
| 2012 | 798 | 1 | 1 | 1 |
| 2013 | 974.9 | 48 | 61 | 66 |
| 2014 | 1062 | 1 | 1 | 1 |
| 2015 | 1421.9 | 48 | 37 | 30 |

6.11.2 Relación Temperatura-Producción de semilla

- Se observó la relación Temperatura-Producción de semilla para la especie *Pinus engelmannii*, en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró una producción de semilla de 108 unidades por cono en promedio, para el año 2009 no se registró producción de semilla y se atribuye como uno de los factores que influyeron fue el aumento de temperatura, para el año 2010 con una temperatura promedio de 28°C se registró una producción de 136 unidades por cono en promedio, para los años 2011-2012 no se registró producción de semilla, fue hasta el año 2013 que se obtuvo una producción de 48 unidades por cono en promedio con una temperatura de 30°C que se encuentra dentro del rango promedio anual, en el año 2014 no se registró producción de semilla y en el año 2015 se registró una producción de semilla similar a la del año 2013 con 48 unidades por cono en promedio y una temperatura de 27°C dicha temperatura que se encuentra por debajo del rango de temperatura promedio que oscila entre los 30°C y los 27°C misma curva promedio nos indica que la relación entre la producción de semilla en los distintos años se encuentra relacionada con la temperatura de manera que cuando se presentan temperaturas menores se podría determinar que será un factor que nos indicara que habrá una mejor y mayor producción de semilla, esta suposición considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción (Figura 14).

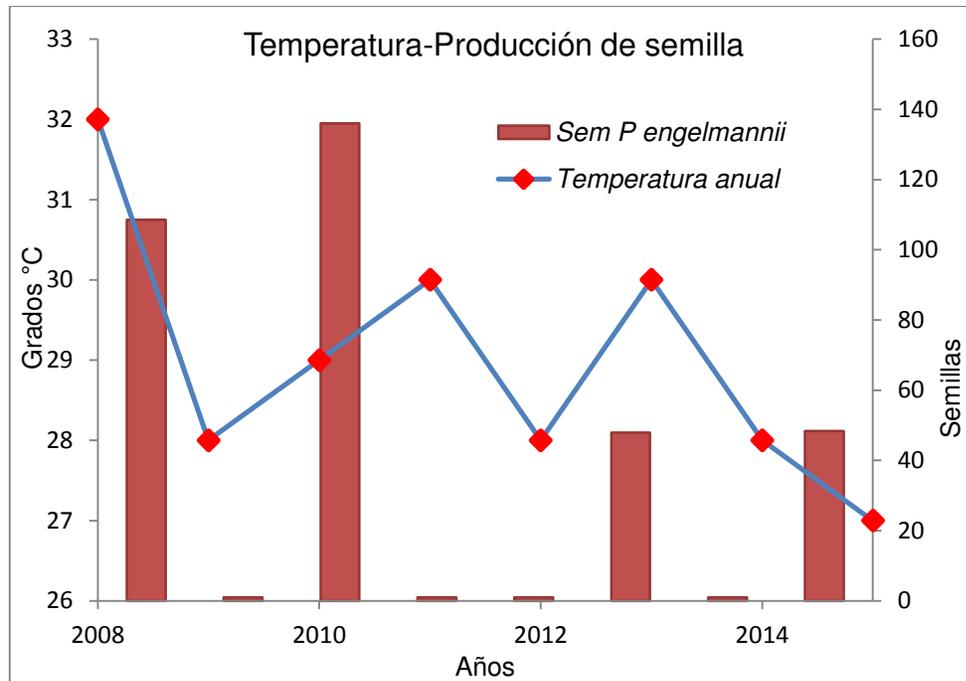


Figura 24. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus engelmannii*.

- Se observó la relación Temperatura-Producción de semilla para la especie *Pinus cooperi*, en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró una producción de semilla de 58 unidades por cono en promedio, para el año 2009-2012 no se registró producción de semilla y se atribuye que uno de los factores que influyeron fue el aumento de temperatura, para el año 2013 con una temperatura promedio de 30°C se registró una producción de 61 unidades por cono en promedio, para el año 2014 no se registró producción de semilla, fue hasta el año 2015 que se obtuvo una producción de 37 unidades por cono en promedio con una temperatura de 27°C que se encuentra dentro del rango promedio anual que oscila entre los 30°C y los 27°C misma curva promedio nos indica que la relación entre la producción de semilla en los distintos años se encuentra relacionada con la temperatura de manera que cuando se presentan temperaturas menores a podremos determinar que será un factor que nos indicara que habrá una mejor y mayor producción de semilla, esta suposición

considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción Figura 15.

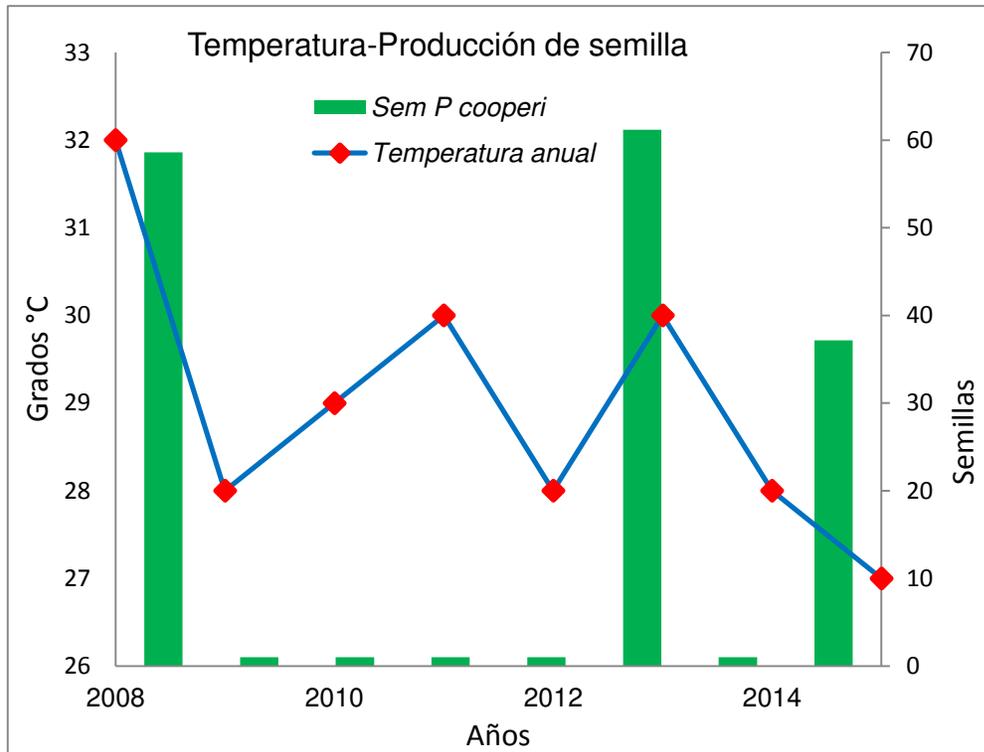


Figura 25. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus cooperi*.

- Se observó la relación Temperatura-Producción de semilla para la especie *Pinus duranguensis* en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró una producción de semilla de 70 unidades por cono en promedio, para el año 2009-2012 no se registró producción de semilla y se atribuye que uno de los factores que influyeron fue el aumento de temperatura, para el año 2013 con una temperatura promedio de 30°C se registró una producción de 66 unidades por cono en promedio, para el año 2014 no se registró producción de semilla, fue hasta el año 2015 que se obtuvo una producción de 30 unidades por cono en promedio con una temperatura de 27°C que se encuentra dentro del rango promedio anual que oscila entre los 30°C y los 27°C misma curva promedio nos indica que la relación entre la producción de semilla en los distintos años se

encuentra relacionada con la temperatura de manera que cuando se presentan temperaturas menores a podremos determinar que será un factor que nos indicara que habrá una mejor y mayor producción de semilla, esta suposición considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción Figura 16.

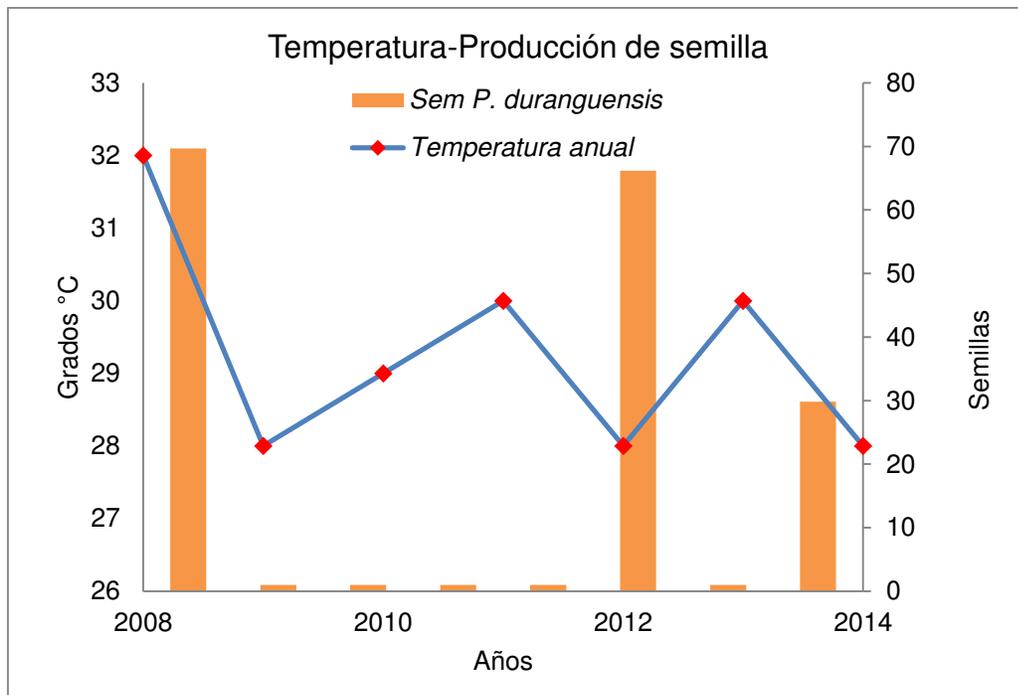


Figura 26. Comparación y análisis del comportamiento de la producción de semilla en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus duranguensis*.

Tabla 27. Comparación del número de semillas desarrolladas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* y las temperatura ocurrida de 2008 a 2015.

| Año | Temperatura anual °C | Semilla <i>P. engelmannii</i> | Semilla <i>P. cooperi</i> | Semilla <i>P. duranguensis</i> |
|------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 2008 | 32 | 108.5 | 58.6 | 69.7 |
| 2009 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2010 | 29 | 136 | 1 | 1 |
| 2011 | 30 | 1 | 1 | 1 |
| 2012 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2013 | 30 | 48 | 61 | 66 |
| 2014 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2015 | 27 | 48 | 37 | 30 |

6.11.3 Correlación entre Precipitación-Potencial biológico

- Se observó la relación Precipitación-Potencial biológico para la especie *Pinus engelmannii*, donde en los años con mayor precipitación tenemos una mayor Potencial biológico. Como se muestra en la figura 17, la tendencia del potencial biológico va relacionada estrechamente con la precipitación, se observa en la gráfica como en el año 2008 se registró un potencial biológico de 163 unidades por cono en promedio, sin embargo en el año 2009 no se registró un Potencial biológico debido a el decremento de la precipitaciones según la curva sin embargo en el año 2010 la tendencia de la precipitación fue a la alza y aunque en el año 2008 se registró un potencial biológico nulo en el año 2009 se observa un potencial biológico de 188 unidades por cono en promedio, sin embargo en los años 2010-2012, aparece una fluctuación que tiende a un decremento en la precipitación, la cual sale del rango promedio de precipitación anual de la región, lo cual afecta el potencial biológico en los años 2010-2012 con una Potencial biológico muy bajo o prácticamente nulo.

La tendencia de la precipitación muestra incremento a partir de 2011-2015, sin embargo es hasta el año 2014 donde vuelve la precipitación a el rango promedio de precipitación anual de la región es por ello que en el año 2014 no se registró un potencial biológico, como consecuencia de las bajas precipitaciones existe un menor desarrollo del cono y por tanto el potencial biológico es bajo para los años 2013 con 135 unidades y 2015 con 137 unidades, los resultados nos indican que en 2014 se normalizo la curva de precipitación y dado que el proceso reproductivo y desarrollo del cono de la especie es de 2 años 8 meses, los resultados de las precipitaciones de 2014 y 2015 se verán reflejadas claramente en el años 2016 y de la misma manera en 2017 Figura 18.

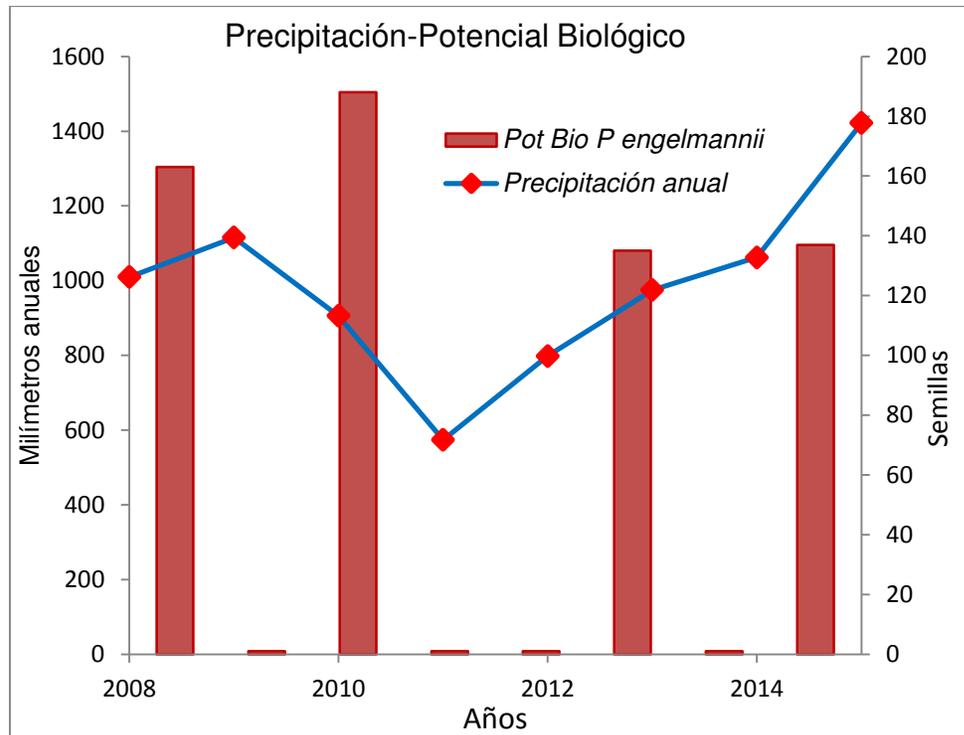


Figura 27. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus engelmannii*.

- La relación Precipitación-Potencial biológico para la especie de *Pinus cooperi* muestra que en el año 2008 se registró un potencial biológico de 113 unidades por cono en promedio donde se tiene una precipitación dentro del rango promedio anual, sin embargo en los años 2009-2012 se observó un decremento en de la precipitación, lo cual afecto el potencial biológico de los años 2009-2012, fue hasta el año 2013 donde comenzó a normalizarse la curva de la precipitación y se observa cómo se acerca al rango promedio de la precipitación anual de la región donde se registró un potencial biológico de 115 unidades por cono en el año 2013, en el siguiente año muestreado que fue 2015 la tendencia de la precipitación fue a la alza y contrario a eso se registró un decremento en el potencial biológico, lo cual se puede atribuir a el periodo de estrés causado por la sequía y bajas precipitaciones de los años 2009-2012 los cual afecto el desarrollo del cono y por tanto el potencial biológico en los años 2013 y 2015, afectando más el potencial biológico en el año 2015 con 86 unidades por cono

en promedio debido al esfuerzo de reproducción y producción de semilla en el año 2013 (Figura 19).

Para poder determinar si el factor limitante para la producción de semilla de esta especie es la precipitación o saber si es el déficit en la capacidad de reproducción de los individuos se recomienda realizar el monitoreo de los años 2016 y 2017.

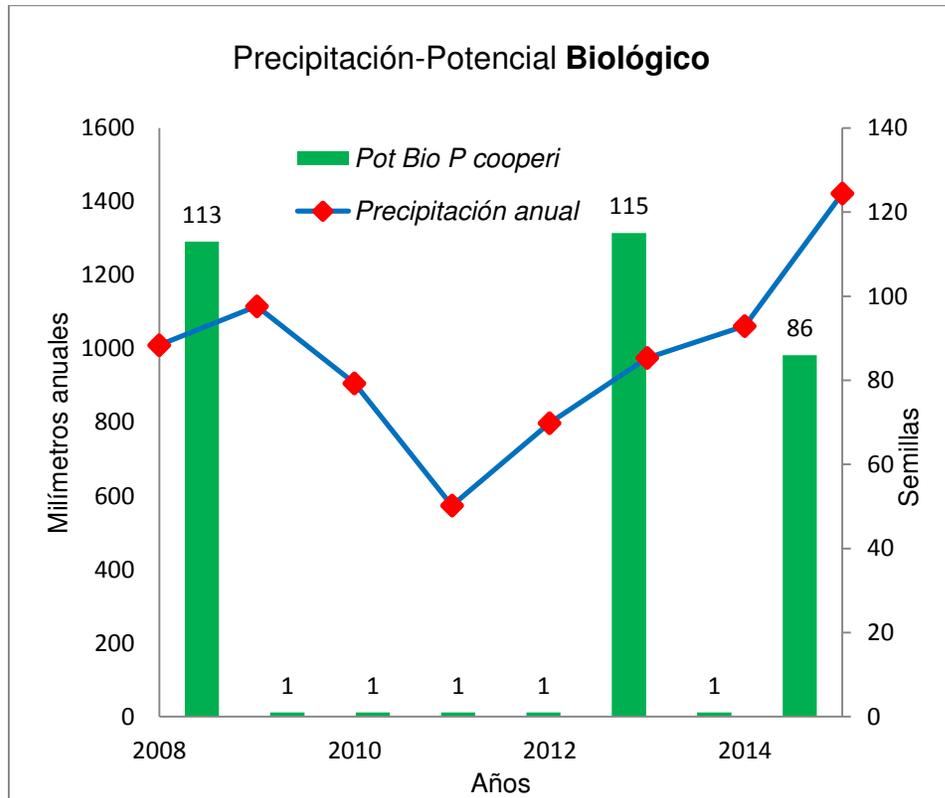


Figura 28. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus cooperi*.

- La relación Precipitación-Potencial biológico para la especie de *Pinus duranguensis* muestra en el año 2008 se registró un potencial biológico de 114 unidades por cono en promedio donde se tiene una precipitación dentro del rango promedio anual, sin embargo en los años 2009-2012 se observó un decremento en de la precipitación, lo cual afecto el desarrollo del cono y por consecuencia el desarrollo del cono fue menor dando como resultado un potencial biológico nulo para los años 2009-2012, fue hasta el año 2013 que se registró un aumento en

la precipitación anual lo que permitió un potencial biológico de 118 unidades por cono en promedio para este año, para el año 2014 la curva de precipitación ya se encontraba normalizada en el rango promedio de precipitación anual para la región de “El Salto P.N. Dgo.” donde se registró una un potencial biológico nulo pues no era año semillero sin embargo para el año 2015 se registró un potencial biológico de 86 unidades por cono en promedio esto debido a que los arboles superiores se encontraron aun en la etapa de recuperación del estrés causado por la sequía y variación en los factores ambientales Figura 20.

Para poder determinar si el factor limitante para la producción de semilla de esta especie es la precipitación o saber si es el déficit en la capacidad de reproducción de los individuos se recomienda realizar el monitoreo de los años 2016 y 2017.

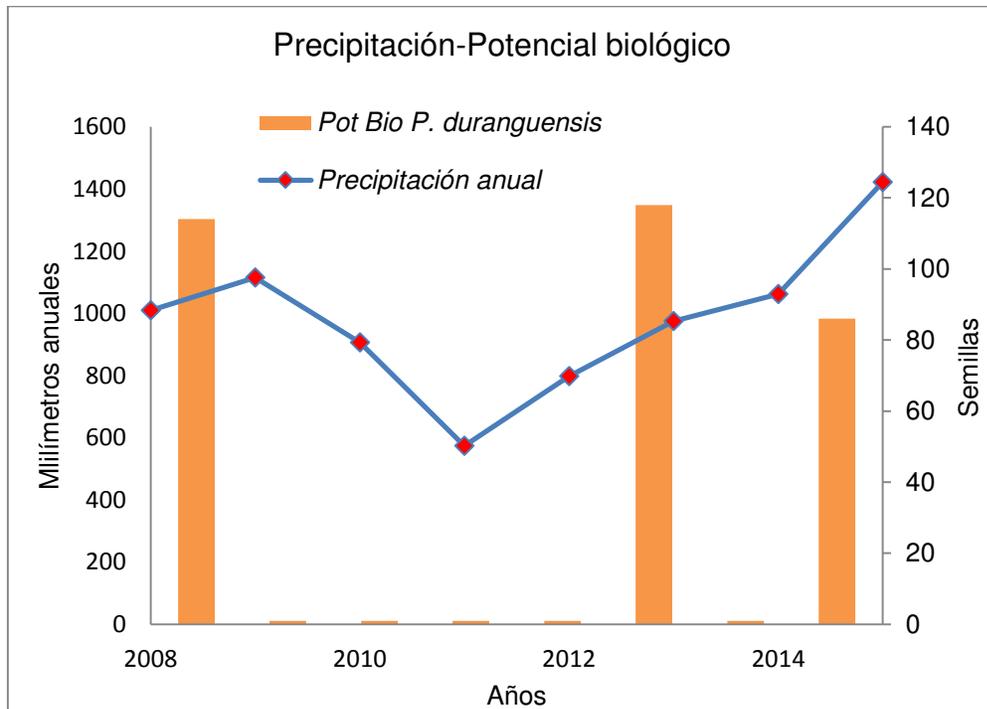


Figura 29. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus duranguensis*.

Tabla 28. Comparación del número del potencial biológico de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* y la precipitación ocurrida de 2008 a 2015.

| Año | Precipitación anual | Potencial biológico <i>P. engelmannii</i> | Potencial Bilógico <i>P. cooperi</i> | Potencial Biológico <i>P. duranguensis</i> |
|------------|----------------------------|--|---|---|
| 2008 | 1010 | 163 | 113 | 114 |
| 2009 | 1115.5 | 1 | 1 | 1 |
| 2010 | 906.1 | 188 | 1 | 1 |
| 2011 | 573.9 | 1 | 1 | 1 |
| 2012 | 798 | 1 | 1 | 1 |
| 2013 | 974.9 | 135 | 115 | 118 |
| 2014 | 1062 | 1 | 1 | 1 |
| 2015 | 1421.9 | 137 | 86 | 86 |

6.11.4 Relación Temperatura-Potencial biológico

Se observó la relación Temperatura-Potencial biológico para la especie *Pinus engelmannii*, en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró un Potencial biológico de 163 unidades por cono en promedio, para el año 2009 no se registró desarrollo de conos por consiguiente no se registró un potencial biológico y se atribuye como uno de los factores que influyeron en esta alteración de la producción de semilla de los individuos al aumento de temperatura, para el año 2010 con una temperatura promedio de 28°C se registró un potencial biológico de 188 unidades por cono en promedio, para los años 2011-2012 no se registró un potencial biológico , fue hasta el año 2013 que se obtuvo un potencial biológico de 135 unidades por cono en promedio, con una temperatura de 30°C que se encuentra dentro del rango promedio anual, en el año 2014 no se registró producción de semilla y en el año 2015 se registró un Potencial biológico similar a la del año 2013 con 137 unidades en promedio por cono en promedio y una temperatura de 27°C dicha temperatura que se encuentra por debajo del rango de temperatura promedio que oscila entre los 30°C y los 27°C misma curva promedio nos indica que el potencial biológico en los distintos años se encuentra relacionado con la temperatura de manera que cuando se presentan temperaturas menores al promedio anual podremos

determinar que será un indicador de que habrá un mejor y mayor potencial biológico, esta suposición considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción estén en sincronía de manera positiva Figura 21.

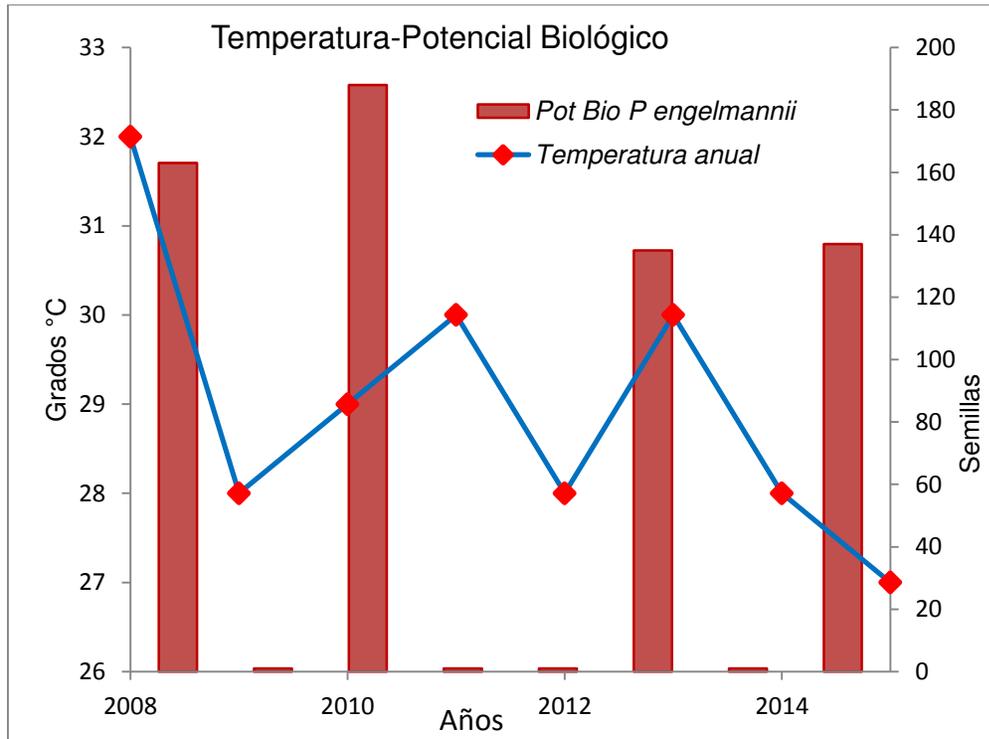


Figura 30. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la precipitación en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus engelmannii*

- Se observó la relación Temperatura-Potencial biológico a para la especie *Pinus cooperi*, en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró un potencial biológico de 113 unidades por cono en promedio, para los años 2009-2012 no se registró producción de conos por lo que no se tiene un potencial biológico para este periodo y se atribuye que uno de los factores que influyeron fue el aumento de temperatura, para el año 2013 con una temperatura promedio de 30°C se registró un potencial biológico de unidades por cono en promedio, para el año 2014 no se registró producción de conos y por consecuencia no se registró un potencial biológico para este año, fue hasta el año 2015 que se obtuvo una potencial biológico de 86 unidades por cono en promedio con una

temperatura de 27°C que se encuentra bajo el rango promedio anual que oscila entre los 30°C y los 28°C misma curva promedio es un indicador que nos describe que el potencial biológico en los distintos años se encuentra relacionada con la temperatura, de manera que cuando se presentan temperaturas menores a podremos determinar que será un factor que influye para que haya un mejor y mayor potencial biológico, esta suposición considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción estén en sincronía de manera positiva Figura 22.

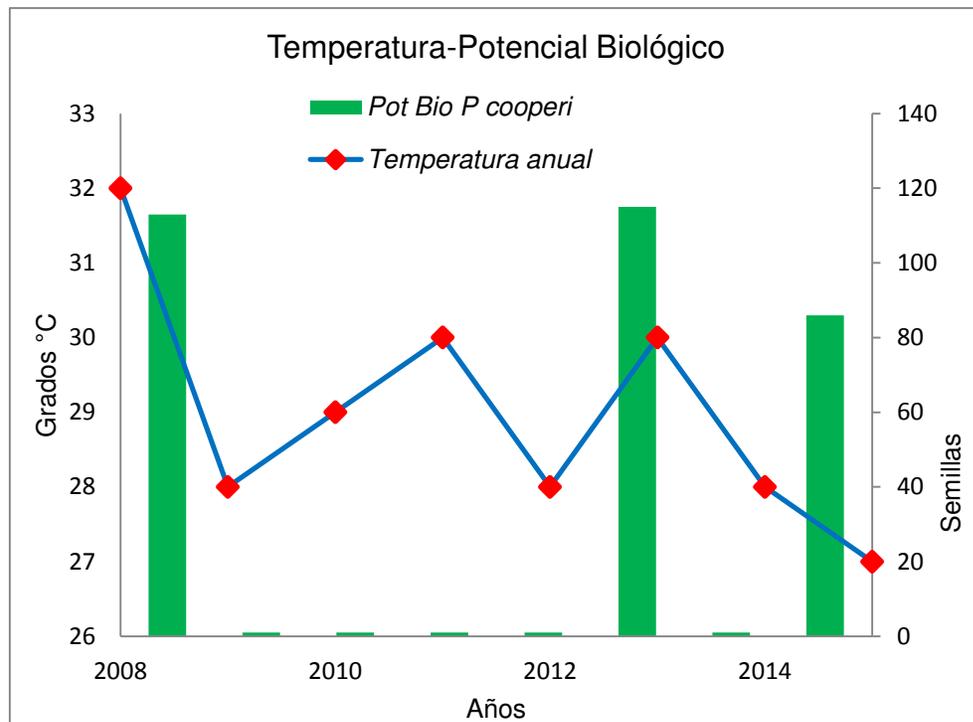


Figura 31. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus cooperi*.

- Se observó la relación Temperatura-Potencial biológico para la especie *Pinus duranguensis* en el año 2008 se registró una temperatura elevada de 32 °C la cual se separó del rango de temperatura de la región el cual es de 29 °C donde se registró un potencial biológico de 114 unidades por cono en promedio, para los años 2009-2012 no se registró producción de conos lo cual ocasiono que no exista un potencial biológico para estos años y se atribuye como uno de los factores que influyeron en la ausencia de producción de conos en estos años es

el aumento de temperatura, para el año 2013 con una temperatura promedio de 30°C se registró una producción de 118 unidades por cono en promedio, para el año 2014 no se registró el potencial biológico por la ausencia de producción de conos, fue hasta el año 2015 que se obtuvo un potencial biológico de 86 unidades por cono en promedio con una temperatura de 27°C que se encuentra bajo del rango promedio anual que oscila entre los 30°C y los 28°C misma curva promedio nos indica que el potencial biológico y la temperatura en los distintos años se encuentre relacionada, de manera que cuando se presentan temperaturas menores al promedio anual podremos determinar que es un indicador de que habrá un mejor y mayor potencial biológico, esta suposición considerando también el resto de los factores como precipitación, la polinización y el vigor o juventud del árbol adjunto a la capacidad de reproducción se encuentren sincronizados de manera positiva Figura 23.

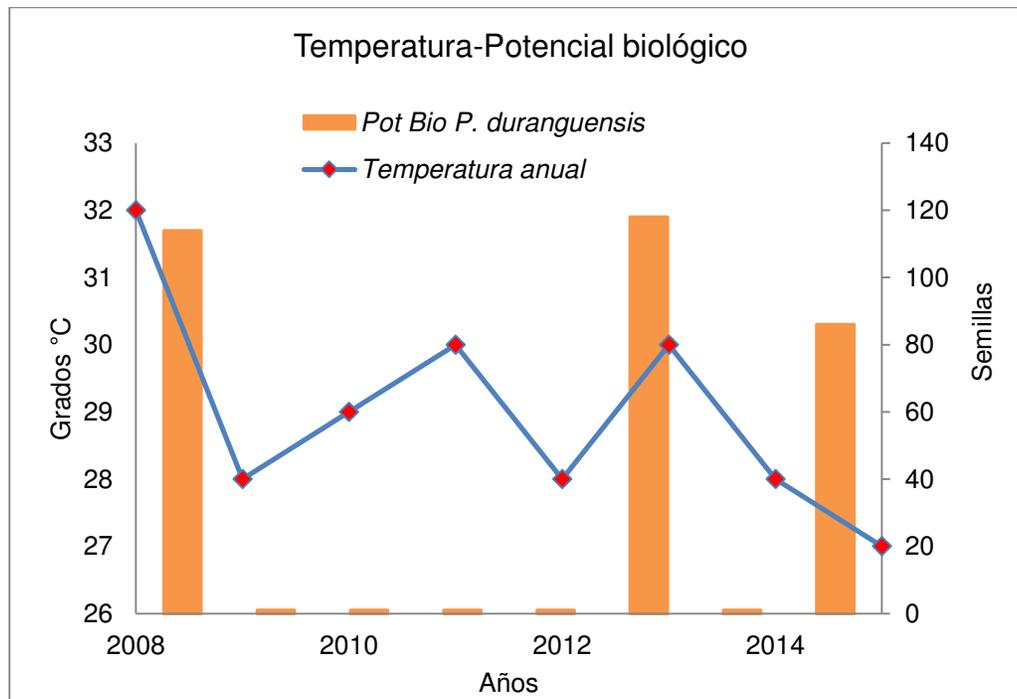


Figura 32. Comparación y análisis del comportamiento del potencial biológico en relación a la temperatura en los años 2008-2015 para la especie de *Pinus duranguensis*.

Tabla 29. Comparación del potencial biológico desarrolladas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* y la temperatura ocurrida de 2008 a 2015.

| Año | Temperatura anual | Potencial biológico <i>P. engelmannii</i> | Potencial Bilógico <i>P. cooperi</i> | Potencial Biológico <i>P. duranguensis</i> |
|------------|--------------------------|--|---|---|
| 2008 | 32 | 163 | 113 | 114 |
| 2009 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2010 | 29 | 188 | 1 | 1 |
| 2011 | 30 | 1 | 1 | 1 |
| 2012 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2013 | 30 | 135 | 115 | 118 |
| 2014 | 28 | 1 | 1 | 1 |
| 2015 | 27 | 137 | 86 | 86 |

- La prueba de correlación mostro que no existe una buena relación entre las variables ambientales de precipitación y temperatura con la producción de semilla de las especies de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* con valores de correlación mayores a .05 lo que indica que nos es significativo el porcentaje en el que nuestras variables de temperatura y precipitación explican el comportamiento de la producción de semilla tabla 26.

Tabla 30. Pruebas de correlación de la producción de semillas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* con las variables ambientales en el año 2015.

| Especie | P-value | Correlación Precipitación | P-value | Correlación Temperatura |
|---------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|--------------------------------|
| <i>Pinus duranguensis</i> | 0.4953 | -0.284 | 0.5088 | 0.2755 |
| <i>Pinus engelmannii</i> | 0.4108 | 0.4169 | 0.5055 | -0.3431 |
| <i>Pinus cooperi</i> | 0.9409 | -0.0315 | 0.3091 | -0.413 |

6.12 Discusión

- Se consideró el desarrollo de los conos para determinar la variable potencial biológico de las especies *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis*, en la figura 9 del capítulo I se observa como la especie *Pinus engelmannii* tiene un potencial biológico mayor en relación a las otras especies de estudio, mismos resultados se ven descritos en los distintos capítulos de la investigación y coinciden con lo que describe Parra (2008) y Flores (2010), sin embargo del 2008 al año 2015 acontecieron algunas variaciones en los factores ambientales como el decremento en la precipitación y el aumento de

la temperatura, dichas irregularidades podrían influir en el desarrollo de los conos, minimizando el potencial biológico como lo describe Santos (2013), en la figura 10 se muestra la comparación del comportamiento de las especies de estudio donde la especie de *Pinus engelmannii* tuvo su más alta producción de semillas en 2010 y la más baja en el año 2013, misma que coincide con los resultados actuales de 2015 según la tabla 5 y 26 donde *P. engelmannii* tiene un potencial biológico más alto que *P. cooperi* y *P. duranguensis*.

Tabla 31. Comparación del potencial biológico para la especie de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | Potencial Biológico <i>P. engelmannii</i> | Potencial Biológico <i>P. cooperi</i> | Potencial Biológico <i>P. duranguensis</i> |
|------------|--|--|---|
| 2008 | 163 | 69.7 | 114 |
| 2010 | 188 | | |
| 2013 | 135 | 66 | 118 |
| 2015 | 137 | 30 | 186 |

- La especie con mayor producción de semilla en esta investigación para el año 2015 fue *Pinus duranguensis*, mismos datos que coinciden con lo que ocurrió en el año 2013 y 2008 como lo describen Parra(2008) y Santos (2013), de la misma manera las variaciones en los factores ambientales precipitación y temperatura influyeron en la producción de semilla de las especies de estudio, mismo que se vio reflejado en un decremento para las tres especies comparando los años 2008, 2013 y 2015, la especie *Pinus duranguensis* fue la que mejor se adaptó a los cambios climáticos de este periodo resultando la que logro desarrollar más semillas, misma teoría se ve apoyada por los resultados de Parra(2008) y Santos(2013).

Tabla 32. Comparación del número de semillas desarrolladas para la especie de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* de 2008-2015.

| Año | Semilla <i>P. engelmannii</i> | Semilla <i>P. cooperi</i> | Semilla <i>P. duranguensis</i> |
|------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 2008 | 108.5 | 58.6 | 113 |
| 2010 | 136 | | |
| 2013 | 48 | 61 | 115 |
| 2015 | 48 | 37 | 86 |

- Para el caso de la investigación del año 2015 la causa que más afecta el número de semillas viables es la variable de semillas vanas, estos resultados podrían ser ocasionados por estrés o deficiencia en la fecundación, mismos resultados coinciden con lo descrito por Parra(2008) (Figura 33 y 34), sin embargo para la especie de *Pinus engelmannii* en el año 2010 la variable que más afecto el número total de semillas viables fue la variable de semillas malformadas como lo describe Flores (2010) (Figura 35).

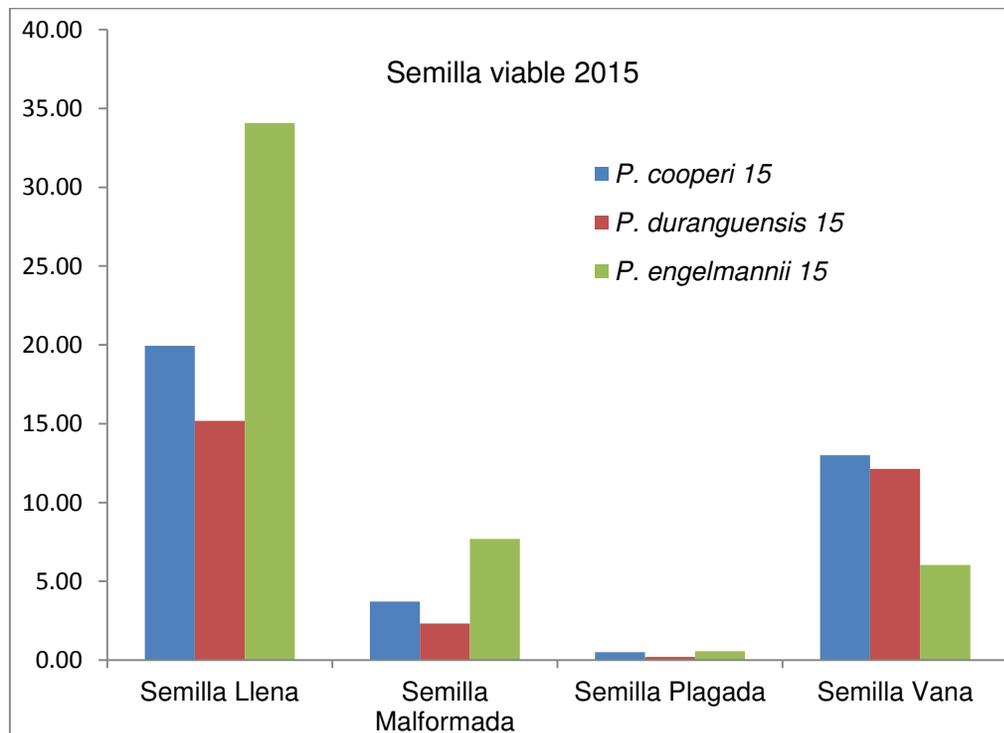


Figura 33. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para las especie de *Pinus cooperi*, *P.duranguensis* y *P. engelmannii* en el año 2008.

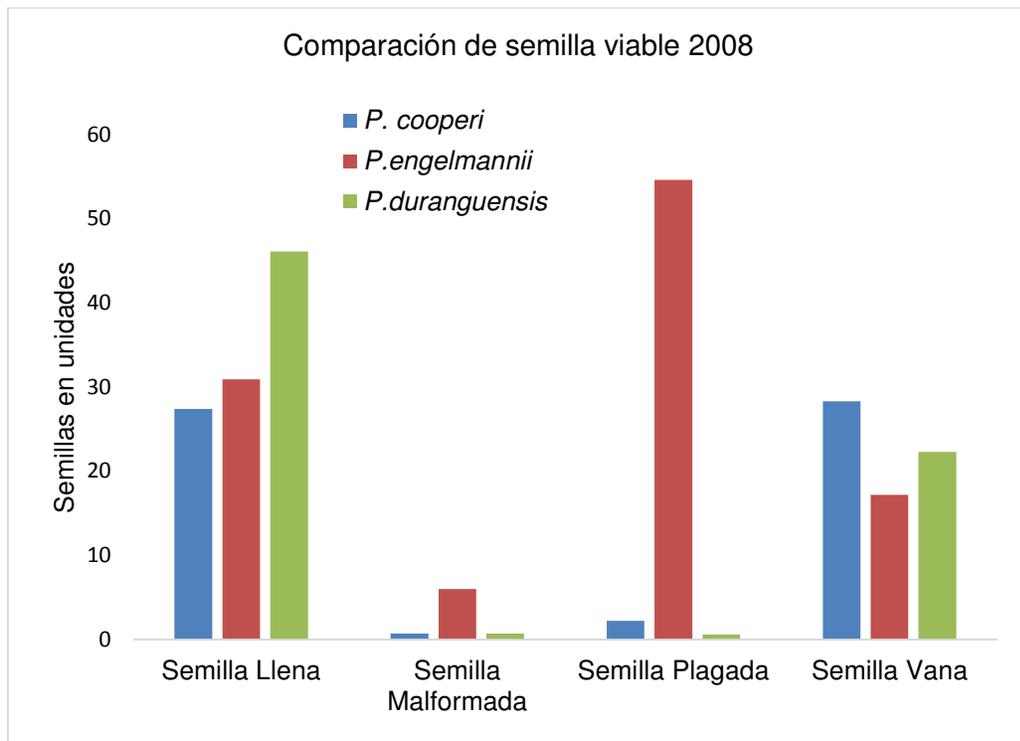


Figura 34. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para las especie de *Pinus cooperi*, *P.duranguensis* y *P. engelmannii* en el año 2008.

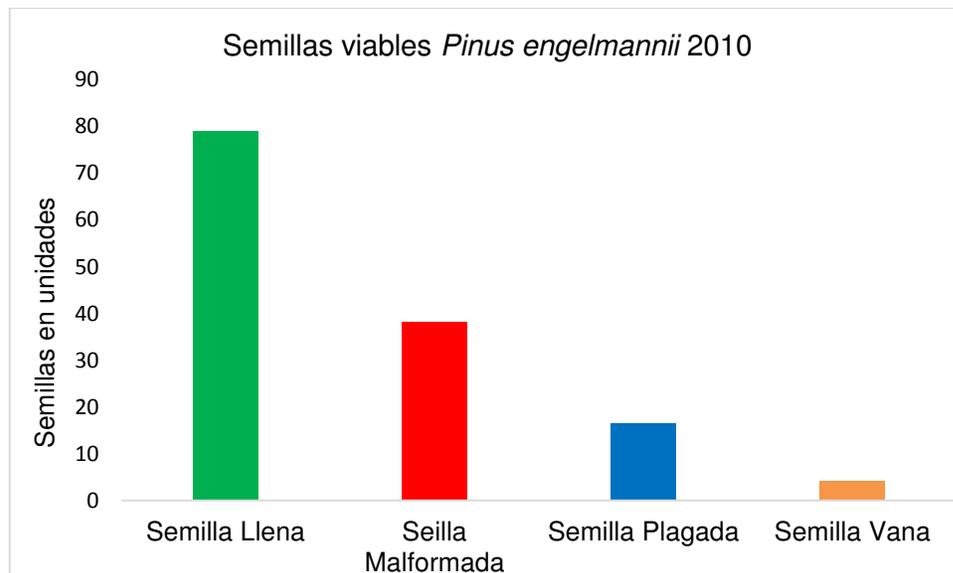


Figura 35. Comparación de la producción de semilla viable y los principales factores que afectan la producción para la especie de *Pinus engelmannii* en el año 2010.

La producción de semilla de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis* se ve influenciada por las variables ambientales, sin embargo existen diferentes factores que determinan la producción de semilla y el potencial biológico de cada especie en cada año, sin embargo se puede atribuir más a las variables fenológicas y las características genéticas de la especie puesto que las variables ambientales de temperatura y precipitación no describen de manera significativa la producción y potencial biológico.

La producción de semilla de las especies del genero *Pinus* pueden variar de un año a otro, incluso de un árbol a otro y de una especie a otra como lo menciona (Mencionar el Autor de la tesis) el potencial de producción de semilla de *Pinus oaxacana* Mirov de Los Molinos presenta variación entre años de producción, entre árboles y además, cada árbol puede responder de manera diferenciada a las condiciones ambientales de cada año, en los ocho años que se ha estado observando la producción de semillas en este sitio y especie no se ha repetido un año de alta producción como el de 1999, la variación en la producción anual de semillas de especies forestales se ha estudiado ampliamente y desde diferentes enfoques, Kantorowicz (2000) reporta el registro de 50 años de producción de semilla de las seis especies más importantes de Polonia, observando periodos irregulares en la aparición de los años semilleros.

Se ha intentado también establecer patrones de producción anual de semillas de especie arbóreas en escalas regionales (Greene y Johnson 2004; Koenig *et al.*, 2003; Koenig y Knops, 2000; Herrera, 1998; Herrera *et al.*, 1998) ya que esto tiene una gran importancia en el comportamiento demográfico de poblaciones de especies animales sin embargo, para el caso específico del manejo forestal la escala estudiada no permite identificar las procedencias y fuentes semilleras adecuadas para sitios específicos (Alba-Landa *et al.*, 2004). La variación en el PPS entre árboles como se encontró aquí para *Pinus oaxacana*, ha sido encontrada en poblaciones naturales de México en *Pinus nelsonii* (Sánchez *et al.*, 1991), *P. hartwegii* (Alba-Landa *et al.*, 2003), *P. cembroides* ssp *orizabensis* (Sánchez, 2002; Sánchez *et al.*, 2005), *Pinus cembroides* (González-Ávalos *et*

al., 2006), *P. greggii* (López-Upton y Donahue 1995; Alba-Landa *et al.*, 2005 y Bárcenas, 2006), *P. johannis* (Flores *et al.*, 2003) y entre clones de *Pinus monticola* (Owens y Fernando, 2007) y *Pinus contorta* var *latifolia* (Owens *et al.*, 2005) en Canadá.

7. CONCLUSIONES

- En la producción de semilla para el año 2008 se determinó que si existe diferencia significativa en entre las especies de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. duranguensis*, en el año 2013 se registró que si existen diferencias significativas entre las especies y en el año 2015 se observó que no existe diferencia significativa con un valor de $P = .468$, puesto a los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula donde H_0 : La producción de semilla en las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* para la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, es diferente en los años 2008-2015. Y se acepta la hipótesis alterna donde H_A : La producción de semilla en las especies de *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* para la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, no es diferente en los años 2008-2015
- El déficit en la producción de semilla puede estar relacionado a diversos factores, para el año 2015 la especie con mayor producción de semilla y a la vez con un mayor potencial biológico fue *Pinus engelmannii*.
- La mayor pérdida de la semilla viable en *Pinus duranguensis* y *P. cooperi* se atribuye a el numero semillas vanas es decir que no se desarrolló un embrión dentro de la testa y por tanto no desarrollo una semilla esta se puede relacionar con el proceso deficiente de producción de las especie o las condiciones durante la fecundación, y para *Pinus engelmannii* se atribuye al número semillas malformadas en este caso se la posible explicación es la genética de los individuos involucrados en la reproducción y sus características genéticas.
- En la producción de semilla no existe diferencia significativa entre las 3 especies de estudio para el caso del año 2015, es decir que tienen un

promedio de producción de semilla similar, esto quizá relacionado a que se ubican en la misma región con las mismas características fisiográficas y climatológicas.

- *Pinus engelmannii* en 2013 tuvo la misma producción de semilla que en el año 2015 es posible que los individuos muestreados o la especie en general tienen un promedio de producción de semilla y se mantiene ahí es decir que es una especie constante, se observó mediante un análisis de varianza que no existen diferencias significativas en la producción de semilla.
- *Pinus duranguensis* tuvo una mejor producción de semilla en el año 2015 es decir que es una especie que se puede ver afectada por diversos factores que influyen en el aumento o reducción de la producción de semilla es decir que es una especie más sensible a las variaciones en los factores ambientales de un año a otro, se observó mediante un análisis de varianza que existe una diferencia significativa en la producción de semilla para esta especie.
- *Pinus cooperi* tuvo una mejor producción de semilla en el año 2015 es decir que es una especie que se puede ver afectada por diversos factores que influyen en el aumento o reducción de la producción de semilla es decir que es una especie más vulnerable a las variaciones en los factores ambientales de un año a otro, se observó mediante un análisis de varianza que existe una diferencia significativa en la producción de semilla para esta especie.
- El comportamiento de la producción de semilla atiende el patrón de comportamiento de las variables ambientales precipitación y temperatura, sin embargo dichas variables no se encuentran estrechamente relacionadas con la producción de semilla de las especies de estudio, es decir que no existe una buena correlación que explique su comportamiento, y que existen factores que influyen en mayor porcentaje y que podrían explicar mejor el comportamiento de la producción de semilla para *Pinus engelmannii*, *P. cooperi* y *P. duranguensis* para la región de El Salto Pueblo Nuevo Dgo.

8. PERSPECTIVAS

- Se recomienda involucrar más variables ambientales, fenotípicas y genotípicas para lograr determinar de manera más acertada cuál de las variables es la que influye de manera más directamente y en mayor proporción en la producción de semillas y el potencial biológico de las especies de estudio.
- Es importante realizar un monitoreo cada año y la evaluación de las condiciones de los individuos elegidos como árboles superiores, de la misma manera los cambios climáticos y seguir de cerca los ciclos de producción de semilla para poder realizar las colectas en los años y meses adecuados.
- Realizar las colectas oportunas y homogenizar los rodales para facilitar los registros y monitoreos de la producción de semilla de cada especie según su ciclo reproductivo.
- Es importante realizar los prudentes ensayos de procedencia y la evaluación de la producción de semillas y las condiciones de los individuos seleccionados como árboles superiores para la propagación.
- Se recomienda ampliamente comenzar con los trabajos de Zobel para dar inicio a la formación de un huerto semillero y darle seguimiento hasta lograr una producción de semilla de generación avanzada.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, B. A., 1985. Reconocimiento de las principales plagas que dañan al género *Pinus* en el estado de Durango. Tesis de licenciatura; Universidad Autónoma de Chapingo; Texcoco, Estado de México: 189 p.
- Ahuja N. E., 2004, Tesis Profesional. "Análisis de conos y semillas del género *Pinus* en 5 áreas semilleras de la región de El Salto P. N., Dgo. Instituto Tecnológico de El Salto.
- Alba-Landa, J., Aparicio-Rentería, A., & Márquez-Ramírez, J. (2003). Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*, 5(1), 25-28.
- Alba-Landa, J.; Mendizábal-Hernández L. DEL C. y Márquez, R.J. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3(1):35-38.
- Bazzaz, F.A.; Ackerly, D.D. and Reekie, E.G. 2000. Reproductive allocation in plants. In: Fenner, M. Ed. *Seeds the ecology of regeneration in plants communities*. 2 nd Edition. CABI Publishing. New Cork USA. 1-30.
- Bernier R. F. 1989. *Semillas Biología y Tecnología*. Ediciones Mundi-Prensa, España, 637.pp.
- Boyer, W.D. 1987. Annual and geographic variations in cone production by longleaf pine. in: *Proceedings fourth biennial southern silvicultural research conference*. 1986. November 4-6. Asheville NC. Gen. Tech. Rep. SE-42 Atlanta GA:US Department of Agriculture. Forest Service: 73-76
- Bramlett D. L.; Belcher E. W.; DeBarr, G. L.; Hertel, G.D.; y Yates 111, H.O. 1977. *Manual de Análisis de Conos* . Traducido por J Flores L.; Reporte General Técnico Se-13, USDA, Servicio Forestal-USA.
- Brammlett y Beltcher., 1988. *Manual de análisis de conos*. U.A.N.L, . Linares, Nvo. León, CONAFOR. 2003. Curso Taller Regional de Entomología y

Patología Forestal. Comisión Nacional Forestal. Gerencia Regional III Pacífico Norte. Durango, Durango. 9 pp

- Bustamante-García, V., Prieto-Ruíz, J. Á., Merlín-Bermudes, E., Álvarez-Zagoya, R., Carrillo-Parra, A., & Hernández-Díaz, J. C. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y bosques*, 18(3), 7-21.
- Bustamante-García, V., Prieto-Ruíz, J. Á., Merlín-Bermudes, E., Álvarez-Zagoya, R., Carrillo-Parra, A., & Hernández-Díaz, J. C. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus engelmannii* Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México. *Madera y bosques*, 18(3), 7-21.
- Caballero, M., Lozano-García, S., Vázquez-Selem, L., & Ortega, B. (2010). Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 359-377.
- CAIN, M.D. and SHELTON, M.G. 2000. Revisiting the relationship between common weather variables and loblolly-shortleaf pine seed crops in natural stands. *New Forests* 19: 187-204.
- Cain, M.D. and Shelton, M.G. 2000. Revisiting the relationship between common weather variables and loblolly-shortleaf pine seed crops in natural stands. *New Forests* 19: 187-204.
- Cain, M.D. and SHELTON, M.G. 2000. Revisiting the relationship between common weather variables and loblolly-shortleaf pine seed crops in natural stands. *New Forests* 19: 187-204.
- Calvarro, B. P. L. L. M., & Garay, A. G. Embriogénesis del polen (embriogénesis gamética).
- Castro-Félix, P., Navarro, C. R., de la Rosa, J. A. P., Amado, G. V., & Villalobos-Arámbula, A. R. (2006). Diversidad genética de *Pinus ayacahuite* utilizando marcadores RAPDs en genoma diploide y haploide. *REVISTA CIENTÍFICA*, 193.
- Chuine, I. and BEAUBIEN, E.G. 2001. Phenology is a major determinant of tree species range. *Ecology Letters* 4:500-510.

- Cibrián T. D. *et al.*, 1995. Insectos forestales de México Universidad Autónoma Chapingo. 453 pp.
- Cibrián T. D. Tulio M. J. y R.C.B.1986. Insectos de conos y semillas de las coníferas de México. U.A.CH, S.A.R.H. y R.M.H.México.
- Clark, P.U., Dyke, A.S., Shakun, J.D., Carlson, A.E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J.X., Hostetler, S.W., McCabe, A.M., 2009, The Last Glacial Maximum: Science, 325, 710–714.
- CONAFOR-SEMARNAT., 2003. Entomología y parasitología Forestal. Memoria del Curso.- Taller sobre Entomología y Parasitología Forestal. En Octubre de 2003.; ISIMA-Durango.
- Daniel P. W. M. Helms, V. E. y Baker, F. S. 1982, Principios de Silvicultura, Mc Graw Hill. México. 492 pp.
- Daniel, P.W.; HELMS, U.E. y BAKER, F.S. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México, D. F. 492 p.
- Díaz V. H. X., 1996. Análisis de Conos y Semillas del Genero *Pinus* en 4 áreas Semilleras de la Región de El Salto, P.N., Dgo., Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Forestal No 1. El Salto P.N., Dgo.
- Droppelmann, F. 2012. Inicio de un programa de mejoramiento genético forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 20 p.
- El-Kassaby, Y.A.; Fashler, A.M.K. and Sziklai, O. 1984. Reproductive phenology and its impact on genetically improved seed production in a Douglas-fir seed orchard. *Silvae Genetica* 33 (4-5):120-125.
- Flores L., 2010. Estudio comparativo de la producción de semilla *Pinus engelmannii* Carr en tres fuentes productoras de semilla en el estado de Durango. Tesis, Lic., Instituto Tecnológico de El Salto. 60 pp.
- González V., 1984. Problemas de plagas y enfermedades en *Pinus radiata* en la ciudad de México y áreas colindantes. *Revista Ciencia Forestal* No. 49.

- Grayson, K.J.; Wittwer, R.F. and Shelton, M.G. 2002. Cone characteristics and seed quality 10 years after an uneven-age regeneration cut in shortleaf pine stands. In: Outcalt, K. W. ed. Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Ashville, NC: U. S. Department of Agriculture. Foreste Service, Southern Research Station. pp. 310- 314.
- Gurrola G. R., 1996. Análisis de conos y semillas del genero *Pinus* en el área semillera El Brillante de la Región de El Salto, P. N., Dgo. Tesis, Ingeniero Forestal en Sistemas de Producción. Instituto Tecnológico Forestal N° 1. El Salto, P. N., Dgo.
- Hawley, R.C. y Smith, D.M. 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hernández Carmona, O., Ramírez García, E. O., & Mendizábal Hernández, L. (2003). Variación en semillas de cinco procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. *Foresta Veracruzana*, 5(2).
- Herrera J., 1989. Control de calidad en el aserrío de madera de pino en la región de El Salto. P.N. Dgo. Tesis, Lic., Instituto Tecnológico Forestal No. 1. México.
- Herrera, C.M.; Jordano, J.; Guitián, J. and Traveset, A. 1998. Annual variability in seed production by woody plants and the masting concept: reassessment of principles and relationship to pollination and seed dispersal. *The American Naturalist* 152(4):576-594.
- INEGI. 1985. Carta de uso de suelo.
- Kantorowicz, W. (2000). Half a century of seed years in major tree species of Poland. *Silvae genetica*, 49(6), 245-249.
- Koenig, W.D. and Knops, J.D.H. 2000. Patterns of annual seed production by northern hemisphere trees: a global perspective. *The American Naturalist* 155(1): 59-69.
- López, B. P., Calvarro, L. M., & Garay, A. G. (2014). Embriogénesis del polen (embriogénesis gamética). *REDUCA (Biología)*, 7(2).

- Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Ramírez-García, E. O., & Cruz-Jiménez, H. (2010). La fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. *Foresta Veracruzana*, 12(2).
- Márquez, R. J. (2007). *Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del manejo de Pinus oaxacana Mirov* (Doctoral dissertation, Tesis Doctorado en Recursos Genéticos Forestales. Universidad Veracruzana. Xalapa).
- Márquez, R.J. 2007. Potencial y eficiencia de producción de semillas como indicadores del manejo de *Pinus oaxacana* Mirov. Tesis Doctorado en Recursos Genéticos Forestales. Instituto de Genética Forestal Universidad Veracruzana. 99 p.
- Márquez, R.J. y Alba-Landa, J. 2003. Importancia del análisis de conos en la actividad silvícola. Memorias del 3er Simposio Internacional Sobre Recursos Naturales BosqueSuelo Atmósfera. Noviembre 17-19. Tlaxcala, Tlaxcala. pp. 43.
- Martínez M (1948) Los Pinos de México. Ed. Botas. México, D.F. 361 p.
- Masera C O, M J Ordoñez, R Dirzo M (1992) Carbon emission from deforestation in Mexico: current situation and long-term scenarios. In: Carbon Emissions and Sequestration in Forest: Case Studies from Seven Developing Countries. W Makundi, J Santhaye (eds). Energy and Environment Division. Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley, CA, USA. 49 p.
- Mena V. J. I., 1996 Análisis de conos de *Pinus engelmannii* Carr., en un Rodal Natural de la UCODEFO. 6 de El Salto, P.N. Dgo. Tesis, Lic., Instituto Tecnológico Forestal No. 1. México.
- Munive Martínez, E., Vázquez Cuecuecha, O., Zamora-Campos, E. M., Fernández Pedraza, E., & García Gallegos, E. (2008). Variación de conos y semillas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw de dos procedencias del Estado de Tlaxcala. *Foresta Veracruzana*, 10(1).
- Muñoz Flores, J., Prieto Ruíz, J. Á., Flores García, A., Alarcón Bustamante, M., & Sáenz Reyes, T. (2013). Selección de árboles superiores del género *Pinus*.

- Niembro R. A., 1985. Árboles y Arbustos útiles de México, Ed., Limusa.
- Niembro R. A., 1989. Colecta y manejo de semillas forestales. Curso de mejoramiento genético. Centro de genética Forestal. México.
- Owens, J.N. 1995. Constraints to seed production: temperate and tropical trees. *Tree Physiology* 15: 477-484.
- Patiño V. 1983. Guía para recolección y manejo de semillas de especies forestales. S.A.R.H., I.N.I.F. México. D.F. *Pinus* en el Estado de Durango. Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo.
- Pederson, N.; KUSH, J.S. and MELDAHL, R.S. 1998. Correlating climate and longleaf pine cone crops: is there a connection? Proceedings of the second Longleaf Alliance Conference. November 17-19. Charleston SC.
- Pederson, N.; KUSH, J.S.; Meldahl, R.S. and Boyer, W.D. 1999. Longleaf pine cone crops and climate: a possible link. Proceedings of the Tenth biennial Southern Silvicultural Research Conference, Shreveport, LA. February 16-18. pp. 255-258.
- Perry P J (1991) The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Ramírez, J. M. (2007). POTENCIAL Y EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS COMO INDICADORES DEL MANEJO DE *Pinus oaxacana* MIROV. Tesis de Doctorado P(117).
- Sáenz-Romero C, A Snively, R Lindig-Cisneros (2003) Conservation and restoration of pine forest genetic resources in México. *Silvae Gen.* 52 (5-6):233-237.
- Sáenz-Romero C, R Lindig-Cisneros (2004) Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 37:107-122.
- Sanguinetti, Javier. (2014). Producción de semillas de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch durante 15 años en diferentes poblaciones del Parque Nacional Lanín (Neuquén-Argentina). *Ecología austral*, 24(3), 265-275. Recuperado en 02 de abril de 2017, de

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2014000300001&lng=es&tlng=es.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Anuario estadístico de la producción forestal 2009. México D.F. 2009 234 pp.

SEDARPA-CONAFOR. 2006. Plan Sectorial Forestal Estatal. Actualización (2006-2028). Dirección General de Desarrollo Forestal Gerencia Regional X Golfo-Centro. URL: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/GE/EDARPA1INICIO/TRANSPARENCIA/PROG RAMAS%20SECTORIALES/PLANSEC%202006-2028%20.PDF>

Shelton, M.G. and Cain, M.D. 2002. Do cones in tops of harvested shortleaf pines contribute to the stand's seed supply? in Outcalt, K.W. ed. Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Ashville, NC: U. S. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Research Station. pp. 315-319.

Styles B T (1993) Genus Pinus: a Mexican Overview. In: Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution. T P Ramamoorthy, R Bye, A Lot, J Fa (eds). Oxford University Press, New York. 812 p.

Villers-Ruiz, L. O. U. R. D. E. S., & Trejo-Vázquez, I. R. M. A. (1998). Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia*, 23(1), 10-19.

Viveros-Viveros, H., Sáenz-Romero, C., Vargas-Hernández, J. J., & López-Upton, J. (2006). Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2), 121-126.

Wright, J.W. 1962. Genetics of forest tree improvement. FAO. Rome Italy. 399 p.

Wright, J.W. 1976. Introduction to forest genetics. Academic Press. New York, USA. 463 p.

Zobel B J, J T Talbert (1992) Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Ed. Limusa. México, D.F. 545 p.

Zobel B., J. y T. Talbert J. 1988. Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Editorial Limusa. México. pp. 199-244.

Citas virtuales:

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/cartas/climatol.cfm>

Última fecha de acceso: 22 de mayo de 2016

http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/basicos/datos_basicos/edafologia. Última fecha de acceso: 22 de mayo de 2016

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/dgo/geolo.cfm>.

Última fecha de acceso: 27 de mayo de 2016

<http://edafologia.ugr.es/CARTO/tema01/faogene.htm>

Última fecha de acceso: 14 de mayo de 2016

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/10/10023.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ad232s02.htm>

Ultima fecha de acceso 15 de mayo de 2017