



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

|  |   |                            |  |                      |                        |
|--|---|----------------------------|--|----------------------|------------------------|
| Unidad:                                  | Saltillo  | División:                  | Agronomía  | Departamento:        | Forestal               |
| Tema estratégico (ANA/PEP):              | Producción y multiplicación de semillas mejoradas, Recursos Genéticos Forestales  |                            |  |                      |                        |
| Línea de investigación:                  | Mejoramiento Genético y Conservación de Recursos Forestales   |                            |  |                      |                        |
| Título del proyecto:                     | Producción de semilla e indicadores reproductivos de Pináceas y Agaváceas del Norte de México   |                            |  |                      |                        |
| Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000) | \$ 65,000   | El proyecto es:            | Nuevo  | Continuación         | X                      |
| Tipo de investigación:                   | Básica  | Aplicada                   | X  | Tecnológica          | e-mail del responsable |
| Vinculación:                             | Si  | X                          | No   | Fondos concurrentes: | \$ 35,000.00           |
| Cooperante(s):                           | Dr. Jesús Vargas Hernández, Colegio de Postgraduados, Estado de México.   |                            |  |                      |                        |
| Entidad (es):                            | Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Baja California Norte   | Municipio (s):             | Concepción del Oro, Zac.; Juchipila, Zac.; Arteaga, Saltillo, Ramos Arizpe, Coah.; Galeana, Nuevo León; Miquihuana, Tamaulipas; Ensenada, B.C.N. |                      |                        |
| Localidades:                             | Sierra de Concepción del Oro, Sierra de Juchipila, Sierra plegada-Sierra de Arteaga, Sierra la Paila, Sierra de Miquihuana, Sierra San Pedro Mártir y Sierra de Juárez. |                            |  |                      |                        |
| A realizar durante el(los) año(s):       | 2018  |                            |  |                      |                        |
| Participantes                            |   | Adscripción (Clave Depto.) | Expediente No.   | Firma                |                        |
| Responsable                              | Dr. Celestino Flores López  | 3613                       | 3126   |                      |                        |
| Colaborador:                             | Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo   |                            | 3268   |                      |                        |
| Colaborador:                             | M.C. Salvador Valencia Manzo  | 3613                       | 3080   |                      |                        |
| Colaborador:                             |   |                            |  |                      |                        |
|  |   | Grado por obtener          | Matrícula  | Firma                |                        |
| Tesista:                                 | Ana Bertha Meza Cota  | Doctorado                  | 61950139   |                      |                        |
| Programa Docente:                        | Recursos Fitogenéticos para Zonas Áridas  |                            |  |                      |                        |
| Tesista:                                 | Jesús Pérez Díaz  | Licenciatura               | 41137084   |                      |                        |
| Programa Docente:                        | Ingeniero Forestal  |                            |  |                      |                        |
| Tesista:                                 |   |                            |  |                      |                        |
| Programa Docente:                        | Ingeniero Forestal  |                            |  |                      |                        |
|  | Vo. Bo.   |                            | Autoriza   |                      |                        |
| Firma y sello                            |   |                            |  |                      |                        |
| Nombre                                   | M.C. Salvador Valencia Manzo<br>Jefe de Departamento  |                            | Dr. Armando Robledo Olivo<br>Subdirector de Programación y Evaluación  |                      |                        |

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Título del proyecto

Presupuesto solicitado:

|   |              |
|---|--------------|
| Producción de semilla e indicadores reproductivos de Pináceas y Agaváceas del Norte de México | \$ 65,000.00 |
|---|--------------|

2.- Introducción

Los pinos tienen un alto grado de endemismo en México. Existen taxa endémicas, algunas con distribución muy restringida, como la de *P. culminicola* Andresen y Beaman y *P. maximartinezii* Rzedowski. Sin embargo, también existen especies con distribución muy amplia, como el *P. cembroides* Zucc., y no tan amplia, como *P. pinceana* Gordon y *P. nelsonii* Shaw (Eguiluz, 1987).

En zonas áridas Las especies que se han destacado por su uso son nopal (*Opuntia spp.*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), palma (*Yucca spp.*), y candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), esto debido tanto al volumen e intensidad con las que son explotadas, así como por constituir la principal fuente de recursos económicos (Marroquín *et al.*, 1964; González-Medrano, 2012). De entre estas plantas, las especies del género *Yucca*, han sido ampliamente utilizadas, éstas se destacan por ser especies dominantes en las zonas áridas (Matuda y Piña, 1980; Rzedowski, 2006).

En este sentido algunos trabajos ya realizados por Mosseler *et al.* (2000), Flores *et al.* (2005), López (2007) y Hernández (2006), han encontrado un alto índice de endogamia en coníferas, con valores reproductivos bajos. Por lo tanto, será interesante integrar especies y sus poblaciones en riesgo para evaluar la producción de semillas así como valores reproductivos que nos sirvan como indicadores en el manejo de estas especies.

Objetivos

1. Estimar la variación de indicadores reproductivos de cápsulas y semillas (longitud y peso, número de semillas llenas, eficiencia de semillas, proporción de semillas llenas, vanas y abortadas, y eficiencia reproductiva) dentro y entre poblaciones de agaváceas: *Yucca filifera*, *Yucca treculeana*, *Yucca endlichiana* y *Agave lecheguilla*.
2. Estimar la variación de indicadores reproductivos de conos y semillas (longitud y peso de cono, número de semillas llenas por cono, eficiencia de semillas, proporción de semillas llenas, vanas y abortadas por cono, y eficiencia reproductiva) dentro y entre poblaciones de Pináceas: *Pinus arizonica* var. *stormiae*, *P. culminicola* Andresen y Beaman, *P. nelsonii* Shaw, *Pinus johannis* M.-F- Robert, *Pinus coulteri* D. Don, *Pinus maximartinezii* Rzedowski; así como de poblaciones de en el norte de México.

Hipótesis

Si se estima los indicadores reproductivos de conos, cápsulas y semillas de las poblaciones de Pináceas y Agaváceas, entonces podemos conocer los efectos de factores externos (plagas, enfermedades, clima) e internos (endogamia) como efecto de poblaciones pequeñas y así poder apoyar a un plan estratégico de conservación de estas especies al norte de México.

3.-Revisión de Literatura

México es un país privilegiado al poseer 72 taxa del género *Pinus* de un total aproximado de 100 existentes en el planeta. En nuestro país se pueden encontrar diferentes especies, desde el nivel del mar hasta cerca de cuatro mil metros de altitud, lo mismo en ambientes húmedos que en zonas semiáridas (Fonseca, 2003).

Sin embargo, algunas especies endémicas y de distribución restringida están severamente amenazadas y en peligro de extinción: *Pinus coulteri* D. Don, *P. culminicola*, *P. maximartinezii*, *P. pinceana*, *P. johannis*, *P. lagunae*, *P. nelsonii* (Eguiluz, 1987; Perry, 1991).

*Pinus johannis* es una especie de distribución restringida y sus poblaciones están limitadas al extremo norte de Zacatecas, Oeste de Coahuila, y en el estado de Nuevo León entre los pueblos de Miquihuana, Tamaulipas y Aramberri, N. L. (Perry, 1991). *Pinus maximartinezii* está restringida a una sola localidad en Juchipila Zacatecas. Y *P. coulteri* se localiza en Baja California Norte en las Sierras San Pedro Mártir y Sierra Juárez con seis poblaciones solamente.

La conservación de especies pertenecientes a las agaváceas y nolináceas (como *Agave*, *Dasyllirion* y *Yucca*), se ha visto afectada por problemas antropogénicos entre los cuales destaca la destrucción y modificación del hábitat causado principalmente por la expansión agrícola, forestal y ganadera, el sobrepastoreo, la expansión de áreas rurales y urbanas, y la apertura de vías de comunicación. A su vez, el continuo incremento de las poblaciones en las zonas áridas y semiáridas ha traído como consecuencia que el aprovechamiento de los recursos naturales se realice no solo de manera intensiva y no sustentable, sino que además sin un plan que integre a todos los recursos susceptibles de explotación. Todo esto se ve reflejado en las poblaciones naturales, las cuales han disminuido considerablemente (González y Scheffey, 1964; Golubov *et al.*, 2007; González-Medrano, 2012).

Las técnicas para determinar la eficiencia de semillas se utilizó por primera vez para el pino rojo, *Pinus resinosa* Ait., por Lyons (1956), quien desarrolló un procedimiento conocido como análisis de conos, para evaluar la eficiencia de la producción en huertos semilleros. El análisis de conos proporciona información necesaria para evaluar la producción de semillas, esto expresa la productividad y puede ser expresada en términos de eficiencia de la semilla. Por lo tanto puede determinarse en qué fases del desarrollo de las semillas se producen pérdidas, los cuales pueden ser identificados y evaluados (Bramlett *et al.*, 1977).

Dentro del análisis de conos y semillas, las características asociadas a la capacidad reproductiva son: largo del cono, peso seco del cono, escamas fértiles, proporción de óvulos abortados, proporción de óvulos rudimentarios, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y el coeficiente de endogamia (Bramlett *et al.*, 1977; Mosseler *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2005).

Las características de los conos junto con la diversidad genética pueden servir como indicadores reproductivos para evaluar el estado genético y supervisar la viabilidad de las poblaciones pequeñas y aisladas (Mosseler y Rajora, 1998).

Estos indicadores reproductivos utilizados son el resultado del análisis de conos y semillas (Bramlett *et al.*, 1977). Los más utilizados son la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia, el primero se obtiene de la relación del peso seco de las semillas llenas con respecto del peso seco del cono y el segundo se obtiene de la proporción de semillas vanas con respecto al total de semillas desarrolladas (Mosseler *et al.*, 2000).

#### 4.- Procedimiento Experimental

##### Muestreo y colecta de conos y cápsulas

El material utilizado para este trabajo consistirá en una colecta de conos y cápsulas para cada población, los árboles y plantas seleccionados serán sin daños, con presencia de conos y/o cápsulas y con características fenotípicas deseables.

El número de plantas seleccionadas será de al menos 30 por población; distribuidos a lo largo de las mismas, en las diferentes exposiciones y condiciones del terreno, de manera que la muestra sea representativa, además, se colectará a una distancia no menor a 50 metros entre éstos.

La colecta de los conos y cápsulas se realizará de manera manual, en diferentes exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y en diferentes partes de la copa del árbol (alta, media y baja), utilizando para ello gancho y garrocha corta conos. En la colecta se cortaron 10 conos y/o cápsulas por planta, los conos y cápsulas extraídos se colocarán en bolsas (papel estraza), cada una de estas bolsas serán identificadas con un plumón de tinta permanente con el número de árbol, el nombre de la población y la fecha de colecta.

En el laboratorio cada cono y cápsula será separado y colocado en bolsas de papel estraza, cada bolsa se identificará con el número de árbol, número de cono y/o cápsula y la localidad (utilizando un lápiz de cera). En esta actividad se perforarán las bolsas para evitar la presencia de hongos y ayudar a que el cono y/o cápsula se seque más rápido.

Posteriormente, cada uno de los conos cerrados se medirán utilizando un vernier con aproximación a 0.1 mm con el cual se tomaron las medidas de los conos (largo y ancho), las cuales fueron anotadas en el formato de análisis de conos y semillas. Ya medidos los conos se devuelven nuevamente a las bolsas correspondientes y se dejarán secar en el laboratorio a una temperatura ambiente, sin sacarlos al sol.

Cuando los conos y capsulas estuvieran "secos" en un tiempo aproximado de 30 días se procederá a separar las escamas y/o lóculos. A cada cono y cápsula se le extraen manualmente las escamas, excepto para algunos en que se utilizó una navaja. Las escamas se extrajeron de manera sistemática, comenzando por las escamas basales, luego las intermedias y por último las terminales. Al terminar la extracción se realizó la evaluación de las siguientes características: óvulos abortados (primero y segundo año), número de semillas (llenas y vanas) y de escamas (fértils e infértiles) (Bramlett *et al.*, 1977).

Se determinará el peso seco de cada cono y cápsula colocando las bolsas con las escamas en la estufa de secado por un período de 24 horas, a una temperatura de  $102^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

La eficiencia de semillas se obtendrá separando las semillas desarrolladas y las semillas vanas; esto se realizará sumergiendo las semillas en alcohol etílico a 70° g.l. (Caron y Powell, 1989), con un tiempo de operación menor de un minuto. Las semillas llenas se hundén y las vanas flotan, se separarán del alcohol con un cedazo y serán colocadas sobre un papel absorbente durante cinco minutos, esto con el propósito de que se evaporara el alcohol; una vez que estuvieran secas las semillas serán colocadas en bolsas de plástico con identificación y se guardarán en un refrigerador a temperaturas de 0 a 4 °C, el peso del total de semillas llenas por árbol se obtendrá utilizando una balanza analítica.

#### Producción de semillas

Los datos que se obtendrán del análisis de conos, cápsulas y semillas de las cuatro poblaciones serán capturados en Excel y después se pasará la información al paquete estadístico SAS, a través de éste se obtendrán las medias de (OA) óvulos abortados, (OR) óvulos rudimentarios, (PS) potencial de semilla, (ES) eficiencia de semillas, (SLL) semillas llenas, (SV) semillas vanas, utilizando el procedimiento Means.

Para el cálculo de algunas variables utilizadas para este trabajo se utilizarán las siguientes ecuaciones.

$$\text{Óvulos abortados (OA)} = \text{EI1SOA} + \text{EI1OASO} + (\text{EI2OA})^2$$

Dónde:

EI1S1OA = Escama intermedia con una semilla 1 óvulo abortado.

EI1OASO = Escama intermedia con un óvulo abortado y sin óvulo (un óvulo rudimentario).

EI2OA = Escama intermedia con 2 óvulos abortados.

$$\text{Óvulos rudimentarios (OR)} = (\text{EISO})^2 + \text{EI1SSOA} + \text{EI1OASO}$$

Dónde:

EISO = Escama intermedia sin óvulos (óvulos rudimentarios).

EI1SSOA = Escama intermedia con 1 semilla y sin óvulo abortado (un óvulo rudimentario).

$$\text{Potencial de semillas (PS)} = \text{OA} + \text{OR} + \text{SV} + \text{SLL}$$

Dónde:

SV = Semillas vanas.

SLL = Semillas llenas.

$$\text{Eficiencia de semillas (ES)} = (\text{SLL/PS}) \cdot 100$$

Se utilizará el programa Sigmaplot 2001 V10.0 para la elaboración de la gráfica producción y pérdida de semillas.

Se realizará el análisis de varianza en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Se utilizará un modelo

de clasificación anidada, para detectar diferencias entre poblaciones (Mosseler, 1992):

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + a_{j(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = es el valor de la variable.

$\mu$  = es la media poblacional.

$\rho_i$  = es el efecto de la i-ésima población.

$a_{j(i)}$  = es el efecto del j-ésimo árbol dentro de población

$\varepsilon_{ijk}$  = es el error experimental.

Para el análisis de varianza para los años de colecta se utilizará un modelo de clasificación anidada (Flores *et al.*, 2005):

$$Y_{ijkl} = \mu + f_i + \rho_j + f\rho_{ij} + a_{k(j)} + af_{ki(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = es el valor de la variable.

$\mu$  = es la media poblacional.

$f_i$  = es el efecto del i-ésimo año de colecta.

$\rho_j$  = es el efecto de la j-ésima población.

$f\rho_{ij}$  = es la interacción entre el i-ésimo año y la j-ésima población.

$a_{k(j)}$  = es el efecto del k-ésimo árbol dentro de la población.

$af_{ki(j)}$  = es la interacción entre el i-ésimo año y el k-ésimo árbol dentro de la población.

$\varepsilon_{ijkl}$  = es el error experimental.

Se utilizará el paquete SAS con el procedimiento Mixed y el método de máxima verosimilitud restringida para la significancia estadística de los factores; la opción Lsmeans se utilizará para obtener las medias ajustadas debido al desbalance en el número de árboles muestreados (SAS, 1998).

Cronograma de Actividades para el 2018.

| Actividad por realizar                            | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Colecta de capsulas de Agaváceas                  | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |   |
| Colecta de conos Pináceas                         | X | X |   |   |   | X | X | X | X | X | X |   |
| Análisis de conos y semillas                      | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |   |   |
| Análisis estadístico de indicadores reproductivos |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X |   |   |
| Desarrollo de trabajos de tesis                   |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X |   |   |

Cronograma de distribución de presupuesto para el 2018.

| Actividad por realizar           | E    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D | Suma  |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|-------|
| Colecta de capsulas de Agaváceas | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |   | 20000 |
| Colecta de conos Pináceas        | 4000 | 4000 |      |      |      | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 | 5000 | 2000 |   | 25000 |
| Análisis de conos y semillas     | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |      |   | 20000 |
| Suma                             | 8000 | 8000 | 4000 | 4000 | 4000 | 6000 | 6000 | 6000 | 8000 | 9000 | 2000 |   | 65000 |

Duración total del proyecto

|               |      |                            |      |
|---------------|------|----------------------------|------|
| Año de Inicio | 2017 | Año estimado de conclusión | 2019 |
|---------------|------|----------------------------|------|

## 5.-Productos Esperados

UNA TESIS: Producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus nelsonii* en México.  
UNA PUBLICACIÓN: Producción de semilla e indicadores reproductivos de *Yucca endlichiana*.  
UN INFORME DE AVANCE DE TESIS: Indicadores reproductivos de *Yucca endlichiana* en Coahuila

## 6.-Literatura Citada

- Bramlett, D. L., E. W. Belcher Jr., G. L. DeBarr, J. L. Hertel, R. P. Karrfalt, C. W. Lantz, T. Miller, K. D. Ware y H. O. III Yates. 1977. Cone analysis of Southern pines: a guidebook. Gen. Tech. Rep. SE-13. Asheville, N.C. USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, N.C. U. S. A. 28 p
- Caron, G. E., and G. R. Powell. 1989. Cone size and seed yield in young *Picea mariana* trees. Canadian Journal of Forest Research. 19: 351-358.
- Eguiluz P., T. 1987. Evolución de los pinos piñoneros Mexicanos. In // Simposio Nacional Sobre Pinos Piñoneros. Centre d'Etudes Mexicaines et Centramericaines. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 84 – 89 pp.
- Flores L., C., J. López U., J. J. Vargas H. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. Agrociencia 39:117-126.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piña y piñones. Ciencias 69: 64-65.
- Golubov J., M. C. Mandujano, S. Arizaga, A. Martínez-Palacios, y P. Koleff. 2007. Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. In: El género Agavaceae y Nolinaceae en México: Una síntesis del estado del conocimiento. Eguiarte, L y A. García (eds.) Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, CONACYT, UNAM. pp: 25-52.
- González-Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Primera edición. Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A de C.V. 194 p.
- González C., A. y A. J. Scheffey W. 1964. Los recursos espontáneos y su economía. In: Las zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Beltrán E. (comp.) Primera edición. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. pp: 29-96.
- Hernández S., P. 2006. Producción e indicadores reproductivos de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 32 p.
- López R., E. 2007. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 31 p.
- Marroquín J., S., G. Borja L., R. Velázquez C., A. de la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Editora agrícola Mexicana. 166 p.
- Matuda E. y I. Piña. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Libros de México. 145 p.
- Mosseler, A. 1992. Seed yield and quality from early cone collections of black spruce and white spruce. Seed Sci. & Technol 20:473-482.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y. S. Park, K. H. Johnsen, y O.P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. Canadian Journal of Botany 78:928-940.
- Perry, J., P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México .1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 504 p.
- SAS institute Inc. 1998. SAS/STAT Guide for personal computers. Versión 8.0. SAS Institute Inc. Cary, N. C., USA. 378 p.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestre – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. D. O. F. 23 de abril de 2003. México. 153 p. [En línea]. 25 de febrero de 2010. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalysuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>