



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
ORIENTACIÓN PROFESIONALIZANTE

EL USO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN LA EVALUACIÓN
DE LA GERMINACIÓN Y CALIDAD DE PLANTA DE
ESPECIES FORESTALES PARA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA,
EN HUITZILAC, MORELOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN MANEJO
DE
RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A

Yakin Acosta García

DIRECTOR

Dr. Rogelio Oliver Guadarrama

CUERNAVACA, MORELOS

DICIEMBRE de 2018



AGRADECIMIENTOS

Las actividades realizadas en este proyecto fueron posibles gracias al aporte de múltiples personas, a las cuales agradezco el apoyo otorgado en diferentes formas.

A la M. en C. María Eugenia Bahena Galindo, por el tiempo dedicado a mi formación profesional y personal, aparentemente se escucha fácil, sin embargo, han sido 5 años de arduo trabajo con resultados positivos, los cuales enorgullecen y dan pauta para continuar en el camino de la investigación.

Al Dr. Rogelio Oliver Guadarrama, especial agradecimiento como director de tesis, brindándome su confianza y tiempo en el desarrollo de este proyecto, sin los cuales no hubiese sido posible.

Al M. en C. Jorge A. Viana Lases, que ha funcionado como guía y ejemplo a seguir en diferentes etapas de mi vida, particularmente agradezco su apoyo y aportes que fueron fundamentales para la realización del presente proyecto.

A la M. en C. Ma. Idalia Cuevas Salgado, por las observaciones y aportes que mejoraron el presente trabajo.

Al Dr. Isaac Tello Salgado, por el apoyo brindado en la revisión al documento, dando como resultado un proyecto íntegro.



DEDICATORIAS

El hacha nació amistosa
cuando la forjó una mano
que sólo buscaba airosa
un poco de bosque sano
el hacha cortó temprano
la leña que nutre el fuego
donde se doraba ciego
el pan de todas las mesas
y apostaba a la certeza del hambre
saciada luego.

Con el paso de unos largos
siglos de rasgo muy duro
el hacha extendió su apuro
a las selvas en letargo
y allí comenzó el amargo
tiempo, en que el bosque entreabierto,
abrió la puerta al desierto,
y el desierto a la sequía.
y la sequía a los días
de chubascos tan inciertos.

El hacha se hizo violenta
y ya no midió el hachazo
cortó de manera cruenta
dejando los bosques rasos
cayó el árbol a su paso
muerto de mala fortuna
sin utilidad ninguna,
el bosque entró en cautiverio
pareciendo un cementerio
calcinado por la luna.

El hacha es un reloj hueco
que marca la hora del bosque:
aunque de furia se enrosque
el páramo más reseco,
y cambie el río sus ecos
y el leñador su prenombre,
no cambia lo que por cierto
consigue el hacha en su nombre:
el bosque precede al hombre
pero le sigue el desierto.

- ∞ El hacha
- ∞ Inti-Illinani, 1996
- ∞ Arriesgaré la piel

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1. Normatividad del manejo germoplasma de especies forestales. | 5 |
| 2.2 Los géneros <i>Quercus</i> y <i>Pinus</i> | 7 |
| 2.2.1 Importancia: Género <i>Quercus</i> | 7 |
| 2.2.2 Importancia: Género <i>Pinus</i> | 8 |
| 2.3 Características de <i>P. montezumae</i> , <i>P. lawsonii</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. laurina</i> | 9 |
| 2.4 Los Abonos orgánicos..... | 12 |
| 2.5 Microorganismos benéficos para las plantas..... | 13 |
| 2.6 Germinación y emergencia | 13 |
| 2.7 Contexto general sobre la restauración ecológica | 14 |
| CAPITULO 3. ÁREA DE ESTUDIO | 21 |
| 3.1 Clima | 22 |
| 3.2 Suelos | 23 |
| 3.3 Hidrología..... | 23 |
| 3.4 Vegetación y uso de suelo..... | 24 |
| CAPITULO 4. OBJETIVOS..... | 25 |
| 4.1 General | 25 |
| 4.2 Particulares | 25 |
| CAPITULO 5. HIPÓTESIS | 25 |
| CAPITULO 6. MATERIALES y MÉTODOS | 26 |
| 6.1 Trabajo de campo | 26 |
| 6.1.1 Colectas de germoplasma | 26 |
| 6.2 Trabajo de vivero | 27 |
| 6.2.1 Caracterización del vivero Escuela Preparatoria Comunitaria de Tres Marías | 27 |
| 6.2.2 Elaboración de Sustratos | 28 |
| 6.2.3 Germinación. | 31 |
| 6.3 Trabajo de laboratorio | 33 |
| 6.3.1 Análisis Físicos y Químicos de los sustratos | 33 |
| 6.3.2 Evaluación de la calidad e planta..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 6.4 Trabajo de Gabinete | 36 |
| 6.4.1 Análisis estadísticos..... | 36 |
| 6.4.2 Mapeo de áreas prioritarias con potencial para restauración | 37 |
| CAPITULO 7. RESULTADOS y DISCUSIÓN..... | 39 |
| 7.1 Características físicas y químicas de los sustratos..... | 39 |
| 7.1.1 Porcentaje de porosidad, total, de aireación y retención de agua | 39 |
| 7.1.2 pH..... | 40 |
| 7.1.3 Porcentaje de M. O., C y N..... | 41 |
| 7.1.4 Partes por millón de K y P | 42 |
| 7.2 Evaluación de la germinación | 43 |
| 7.2.1 Evaluación de velocidad de germinación | 44 |
| 7.4. Áreas prioritarias para restauración ecológica en Huitzilac Morelos..... | 49 |
| CAPITULO 8. CONCLUSIONES | 52 |
| CAPITULO 9. LITERATURA CITADA | 53 |
| CAPITULO 10. ANEXOS..... | 66 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio | 21 |
| Figura 2. Ubicación geográfica de los sitios de colecta de semillas dentro del COBIOCH | 26 |
| Figura 3. Semillas de <i>P. montezumae</i> recolectadas en el municipio de Tétela del Volcán | 27 |
| Figura 4. Tamizado manual de suelo forestal previo a la preparación del sustrato | 29 |
| Figura 5. Solarización de los distintos tratamientos elaborados..... | 30 |
| Figura 6. Escarificación mecánica, A) <i>Q. rugosa</i> ; B) <i>P. montezumae</i> | 31 |
| Figura 7. Siembra de <i>Q. laurina</i> en tratamiento seis..... | 32 |
| Figura 8. Retiro de sustrato en planta de <i>Q. rugosa</i> para análisis de calidad..... | 35 |
| Figura 9. Valores en porcentaje de la porosidad total, de aireación y retención de agua | 39 |
| Figura 10. pH en agua y KCl de los seis tratamientos evaluados..... | 40 |
| Figura 11. Escala de la solución de pH respecto a la solución del suelo. (Fuente The Vocational Instructional Service-Agricultural-Educational”) citado por Núñez Solís (1981) | 40 |
| Figura 12. Valores en porcentaje de la Materia orgánica (M.O.), Carbono (C) y Nitrógeno (N) de los seis tratamientos evaluados. | 41 |
| Figura 13. Partes por millón de P y K de los seis sustratos..... | 42 |
| Figura 14. Comparación de promedios de germinación de <i>P. lawsonii</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>Q. laurina</i> y <i>Q. rugosa</i> , letras iguales no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey. | 44 |
| Figura 15. Comparación de promedios de velocidad al 75% de germinación de <i>P. lawsonii</i> , <i>P. montezumae</i> , <i>Q. laurina</i> y <i>Q. rugosa</i> , letras iguales no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey | 45 |
| Figura 16. Mapa de niveles de prioridad de áreas para restauración ecológica en el municipio de Huitzilac..... | 51 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tratamientos y diferentes porcentajes de componentes a utilizar, adaptado de Altamirano y Aparicio, 2002. | 29 |
| Tabla 2. Métodos de análisis de sustratos para los diferentes parámetros físico-químicos | 34 |
| Tabla 3. Rangos de Calidad para las variables morfológicas evaluadas, adaptado Rueda-Sánchez et al., 2013. | 36 |
| Tabla 4. Categoría de calidad de planta de acuerdo a los parámetros evaluados en las distintas especies..... | 36 |
| Tabla 5. Jerarquías en el análisis territorial de áreas prioritarias a restaurar | 37 |
| Tabla 6. Escala fundamental del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) | 38 |
| Tabla 7. Calidad de las variables evaluadas de especies del Género <i>Pinus</i> | 47 |
| Tabla 8. Calidad de las variables evaluadas de especies del Género <i>Quercus</i> | 48 |

RESUMEN

La imperiosa necesidad de recuperar los ecosistemas o parte de ellos, resulta un punto relevante ya que estos corren el riesgo de desaparecer por las graves alteraciones que han sufrido como resultado de las actividades humanas, siendo fundamental la realización de proyectos de restauración ecológica, no obstante, en la producción de especie forestales el uso de fertilizantes de origen químico genera impactos ambientales e incrementa los costos de producción, ante esta serie de problemas el uso de abonos orgánicos surge como una alternativa en dicho proceso, en este sentido se consideraron dos especies de encinos y dos especies de pinos con importancia ambiental y económica en la región norte del estado de Morelos, es importante mencionar que poseen la categoría de especies nativas en las zonas de serranía de nuestro país. Por tales motivos, se prepararon distintas mezclas las cuales funcionaron como sustrato para la evaluación de la germinación y calidad de planta, estas mezclas usaron como materiales base estiércol de ovino, aserrín y suelo forestal siendo materiales de fácil acceso en la citada región. Dentro de los principales resultados destaca una germinación y calidad de planta similar y en algunos casos superior en comparación al sustrato regional que emplean en los viveros tecnificados.

ABSTRACT

The urgent need to recover the ecosystems or part of them, is a relevant point because they run the risk of disappearing due to the serious alterations that have suffered as a result of human activities, being essential the realization of ecological restoration projects, however, in the production of forestal species the use of fertilizers of chemical origin generates environmental impacts and increases the production costs, before this series of problems the use of organic fertilizers arises as an alternative in this process, in this sense, two species of oak and two species of pines with environmental and economic importance in the northern region of the state of Morelos, it is also important to mention that they have the category of native species in the mountainous areas of our country. For these reasons, different mixtures were prepared which functioned as a substrate for the evaluation of the germination process and quality of the plant. These mixtures used sheep manure, sawdust and forest soil as base materials, being easily accessible materials in the aforementioned region. Among the main results, a similar germination and quality of the plant stands out and in some cases superior compared to the regional substrate used in the technified nurseries.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El escenario mundial descrito por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) muestra la amenaza del incremento de la temperatura global, poniendo énfasis en los presentes y futuros eventos devastadores que sufren los sistemas naturales y humanos.

Para el caso de México el Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2014-2018) (SEMARNAT, 2014) diagnostica la vulnerabilidad de nuestro país ante este fenómeno la cual es similar a la mayoría de los países ubicados geográficamente entre los trópicos, por lo tanto las predicciones resultan poco alentadoras ya que se ven amenazados todos los ecosistemas y centros de población por efectos negativos relacionados a sequías, ondas extremas de calor, inundaciones, disminución de la precipitación y ciclones. Ante esta serie de problemáticas el PECC contempla cinco objetivos para la reducción de dicha vulnerabilidad, de manera particular la presente investigación fija su interés sobre objetivo número dos, el cual plantea el desarrollo de prácticas nacionales tales como la conservación, restauración y el manejo sustentable de los ecosistemas para garantizar los servicios y bienes ambientales.

La imperiosa necesidad de recuperar los ecosistemas (o parte de ellos) resulta un punto relevante ya que estos corren el riesgo de desaparecer por las graves alteraciones que han sufrido como resultado de las actividades humanas, esto implica un enorme riesgo de erosión, desaparición de la biodiversidad, pérdida de los bienes y servicios ambientales que derivan de los ellos (Sánchez *et al.*, 2005). Dentro de las estrategias a aplicar en dicho objetivo se promueven esquemas y acciones de protección, conservación y restauración de ecosistemas terrestres, costeros y marinos, además de incrementar y fortalecer la conectividad de ecosistemas e implementar prácticas agropecuarias, forestales y pesqueras que reduzcan emisiones de CO₂, por último y como punto importante la restauración y gestión integral de las cuencas hidrológicas, toma como prioridad a las ANP, ejemplo de ello tenemos al Corredor Biológico Chichináutzin (COBIOCH), encontrándose categorizada como cuenca hidrográfica prioritaria (CONAFOR, 2016) además de presentar un deterioro elevado, corroborado por varios autores (Corbera, 1999 ;SAGARPA, 2001, Hoth, 2012, CONAFOR, 2013, 2016) en el cual existe un consenso sobre presencia de comercialización intensiva de la madera de pino y

el suelo en los mercados locales y regionales, priorizando el beneficio a corto plazo lo que trae consigo una sobreexplotación de los recursos forestales y del suelo, causa principal de la disminución progresiva en cuanto a su extensión y calidad debido a los procesos de transformación del agro y pauperización campesina, no dejando de lado la pérdida de servicios ecosistémicos proporcionados por esta área.

Para coadyuvar en la disminución de la pérdida de biodiversidad en el COBIOCH se retomaron modelos ecológicos como la sucesión ecológica para así acelerar los procesos de restauración, además de seguir la línea que hace mención sobre “las acciones locales influyen en las acciones globales” tomando como punto base la participación y los saberes de las comunidades, particularmente del municipio de Huitzilac de modo que el presente documento plantea la propagación de 4 especies forestales, dos del género *Pinus*, (*Pinus montezumae* Lamb y *Pinus lawsonii* Roelz) y dos del Género *Quercus* (*Quercus rugosa* Née y *Quercus laurina* Hump) con potencial en restauración ecológica, teniendo estas especies una distribución natural dentro del COBIOCH (Martínez, 1948; Flores-Castorena y Martínez-Alvarado, 2010); cabe mencionar de modo sobresaliente que la propagación se realizó dentro de los rangos de distribución natural, para así obtener plantas de calidad, es decir con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo. Específicamente dentro del COBIOCH existe un número considerable de casos de los proyectos de restauración y reforestación realizados, no obstante, la producción de las plantas empleadas en estos proyectos es llevada a cabo en viveros ubicados en el municipio de Cuernavaca, con lo cual hay desarrollo en condiciones diferentes a las prevalecientes del área donde se realizan los trabajos de plantación, siendo esta una de las causas del fracaso de este tipo de proyectos (Navarro *et al.*, 2006; Acosta-García *et al.*, 2015) viéndose disminuidos los servicios ambientales, tales como la recarga de acuíferos y la captura de carbono, papel principal que desempeñan los bosques ante el incremento de la temperatura global (Pardos, 2010).

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Normatividad del manejo germoplasma de especies forestales.

Los constantes impactos negativos hacia los recursos naturales en nuestro país han sido los principales detonadores de la creación de leyes, normas y reglamentos que tienen como objetivo imperante la regulación en el uso y preservación de dichos recursos, de modo que se muestran las diversas herramientas relacionadas al manejo de los recursos forestales aplicables tanto a nivel nacional, como a nivel regional (Corredor Biológico Chichinautzin).

~ Decreto por el cual se crea el Área de Protección de Flora y Fauna, Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin,

Determinándose; que de conformidad con lo dispuesto por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las áreas de protección de la flora y la fauna silvestres tienen por objeto conservar los lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres, en donde podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, propagación, aclimatación, refugio e investigación de dichas especies, así como las relativas a educación y difusión en la materia. (DOF, 1983).

~ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

ARTÍCULO 82.- Las disposiciones de esta Ley son aplicables a la posesión, administración, preservación, repoblación, propagación, importación, exportación y desarrollo de la flora y fauna silvestre y material genético, sin perjuicio de lo establecido en otros ordenamientos jurídicos (DOF, 1988).

~ Convenio sobre la Diversidad Biológica 1992

ARTÍCULO 1. Los objetivos del presente Convenio, que se han de perseguir de conformidad con sus disposiciones pertinentes, son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se

deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.

ARTÍCULO 15. Acceso a los recursos genéticos

1. En reconocimiento de los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales y está sometida a la legislación nacional.

2. Cada Parte Contratante procurará crear condiciones para facilitar a otras Partes Contratantes el acceso a los recursos genéticos para utilizaciones ambientalmente adecuadas, y no imponer restricciones contrarias a los objetivos del presente Convenio.

3. A los efectos del presente Convenio, los recursos genéticos suministrados por una Parte Contratante a los que se refieren este artículo y los artículos 16 y 19 son únicamente los suministrados por Partes Contratantes que son países de origen de esos recursos o por las Partes que hayan adquirido los recursos genéticos de conformidad con el presente Convenio.

4. Cuando se conceda acceso, éste será en condiciones mutuamente convenidas y estará sometido a lo dispuesto en el presente artículo.

5. El acceso a los recursos genéticos estará sometido al consentimiento fundamentado previo de la Parte Contratante que proporciona los recursos, a menos que esa Parte decida otra cosa.

6. Cada Parte Contratante procurará promover y realizar investigaciones científicas basadas en los recursos genéticos proporcionados por otras Partes Contratantes con la plena participación de esas partes Contratantes, y de ser posible en ellas (ONU, 1992).

~ Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

ARTICULO 103. Se requerirá de autorización por parte de la Secretaría, cuando se trate de la colecta de especies forestales maderables y no maderables con fines de investigación científica, cuyos términos y formalidades se estipularán en las normas oficiales mexicanas que se expidan, así como en las demás disposiciones administrativas que resulten aplicables.

En todo caso y cuando sea del interés y aprovechamiento de la Nación, se deberá garantizar que los resultados de la investigación estén a disposición del público.

Las autorizaciones correspondientes a solicitudes que contemplen la manipulación o modificación genética de germoplasma, para la obtención de organismos vivos genéticamente modificados con fines comerciales, deberán contar previamente con el dictamen favorable de la Secretaría y se sujetarán en su caso, a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás disposiciones legales aplicables. (DOF, 2003).

2.2 Los géneros *Quercus* y *Pinus*

2.2.1 Importancia: Género *Quercus*

Para nuestro país las regiones montañosas son de suma importancia en la distribución de los bosques templados, ya que dichas zonas son consideradas como centros de diversificación del Género *Quercus* (Rzedowski, 1978; Govaerts y Frodin, 1998). En la actualidad existen diferencias sobre el número exacto de especies distribuidas en México, resultando 162 especies el número con mayor grado de aceptación y a pesar de lo complejo que resulta la elaboración estudios relacionados con este género, existe gran interés principalmente atribuido a su alta diversidad, a los roles ecológicos y económicos que presenta a nivel mundial y nacional (Valencia, 2004). Aun existiendo deficiencias sobre el conocimiento del número de especies de encinos que se distribuyen en el territorio nacional la riqueza de especies del Género *Quercus* ha tenido diversos valores y es considerada dentro de las primeras dos más altas a nivel mundial, comparándose con la del sureste asiático con alrededor de 125 especies ((Menitsky, 1984; Govaerts y Frodin, 1998); las estimaciones con mayor robustez elaboradas para México

mencionan la existencia de un número de especies que va de los 116 a 162 (Nixon 1993; Zabala 1998; Valencia 2004); por otra parte y menos conservadores autores como González (1993), Govaerts y Frodin (1998) mencionan la existencia de 173 a 250 especies .

El papel funcional de las especies del Género *Quercus*, al igual que todos los organismos productores, está relacionado al mantenimiento de la base de las redes tróficas (Smith y Smith, 2007; Martínez-Ramos, 2008; Maldonado-López *et al.*, 2016), por mencionar algunos ejemplos, numerosas especies de aves y mamíferos dependen de los frutos (bellotas) como alimento, principalmente en los meses de invierno (Johnson *et al.*, 2002); la corteza de los encinos crea microambientes con las características que determinan la sobrevivencia de algunas especies de líquenes, los cuales son de distribución restringida o propia para estas condiciones (Ranius *et al.*, 2008); otras formas de vida que se ven beneficiadas por la presencia de encinos son las plantas epifitas (orquídeas, brómelas y helechos) estos organismos desarrollan sus ciclos biológicos sobre las ramas de árboles adultos (Ceja *et al.*, 2008., Challenger y Soberón, 2008). Es notoria la importancia de los encinos para otras especies, no obstante, estos incurren en procesos como la captación de agua, la retención de suelo, liberación de materia orgánica y la captura de CO_2 ya sea en la parte aérea o en la porción que comprende a las raíces (Pimentel *et al.*, 1995; Rieley, 1998). De manera local las especies *Q. laurina* y *Q. rugosa* poseen un interés económico ligado al empleo de la madera en la fabricación de carbón y algunos utensilios agrícolas, asimismo existe la extracción de “hoja” o “tierra de monte” la cual en los mercados regionales es comercializada para la producción de plantas ornamentales, de modo que alrededor de estas especies del género *Quercus* distribuidas en el municipio de Huizilac existe un interés meramente económico, sin embargo no se debe subestimar los servicios ecosistémicos que brindan las porciones de encinares aun existentes.

2.2.2 Importancia: Género *Pinus*

La evolución *in situ* de los géneros *Quercus* y *Pinus*, influida de manera importante por los procesos orográficos y de fluctuaciones climáticas en el pasado geológico, ha conducido a procesos de diversificación y especiación de gran magnitud en México, con lo anterior el país es considerado el mayor centro de diversidad mundial de los pinos, con alrededor de 50% de

las especies conocidas, entre 90 y 120 (Martínez-Ramos, 2008., Romeu, 1995). Los pinares mexicanos se distribuyen entre los 1500 y 3000 msnm junto con otras especies vegetales, en su mayoría estas comunidades tienen una fisionomía similar y son siempre verdes en función a la fenología de los árboles dominantes (Rzedowski y Rzedowski, 2005), estos bosques han sido aprovechados desde épocas prehispánicas, siendo mayormente impactados a partir de la época colonial a la época actual (Simonian, 1999), desde el punto de vista antrópico la importancia de dicho tipo de vegetación es meramente económica ya que las especies coníferas mexicanas representan parte significativa en la industria forestal, ya que se extraen diversos productos como madera, resinas, astillas, postes, acículas, conos y semillas, para fabricar celulosa, papel, muebles, casas, durmientes, cajas de empaque, contrachapas, instrumentos musicales, artesanías y como combustibles (Romeu, 1998., Arias y Chávez, 2006). Por otra parte, estas porciones con vegetación albergan gran diversidad biológica, así como el suministro de servicios ecosistémicos, dentro de los más notables está la captación de agua, por ejemplo, los bosques del Eje Neovolcánico, proveen agua a 30 o 40 millones de habitantes en el centro de México (Piñero, 2005., Hoth, 2012). A nivel local en el municipio de Hutzilac la importancia de las especies del género *Pinus* mantienen el patrón mostrado nivel nacional, puesto que existe la extracción de madera de *P. montezumae* y *P. lawsonii* con fines comerciales, cabe aludir que existe degradación notable en los pinares de la región por causas como la tala clandestina, la ampliación de la brecha agrícola, crecimiento demográfico, la presencia de incendios forestales con mayor frecuencia e intensidad y la extracción de suelo forestal (Corbera, 1999).

2.3 Características de *P. montezumae*, *P. lawsonii*, *Q. rugosa*, *Q. laurina*

P. montezumae, es nativo de las montañas del sudeste de México, Sierra Madre del Sur y el este del Eje Volcánico Transversal, entre 14° y 21° L. N. (Martínez, 1948). La altura que alcanza a la edad adulta es de 20-35 m de altura y 50-80 cm de diámetro, ocasionalmente puede alcanzar una altura de 40 y un diámetro de 1 m. Las ramas son grandes, en su mayoría horizontales, formando una corona gruesa y redondeada. Los árboles jóvenes tienen una densa corona piramidal. El tipo de Corteza en árboles maduros gruesos es café grisáceo oscuro, divididos por profundas fisuras verticales y horizontales en placas ásperas y escamosas. En los árboles

jóvenes, la corteza es de color marrón rojizo, áspera y escamosa, presenta brácteas de tipo Grueso, rígido, escamoso y áspero, de color marrón rojizo, las bases de las brácteas de la hoja son prominentes y decurrentes. Hojas agrupadas en fascículos de 5, ocasionalmente 4 o 6, variables desde gruesas y erectas a esbeltas y ligeramente inclinadas, 15-25 cm de largo, ocasionalmente 30 cm, los márgenes finamente aserrados, estomas presentes en las superficies dorsal y ventral; canales de resina 2-6, usualmente 4 o 5, medial; paredes externas del endodermo engrosadas, fascículos fibrovasculares 2, contiguos pero distintos. Vainas de fascículo marrones, de alrededor de 15 mm de largo, persistentes. El tipo de Conos al igual que las hojas, son variables, desde los ovoides largos hasta los ovoides o conoides. Por lo general, son ligeramente curvados, de 12-15 cm de largo y 7-10 cm de ancho cuando están abiertos. De color marrón claro y a menudo lustrosos, son nacen en grupos de 2 y 3 en pedúnculos robustos cortos (alrededor de 10 mm) que permanecen unidos a la ramificación con algunas escamas de cono basal cuando cae el cono. Los conos se abren en la madurez (durante los meses de invierno) y son deciduos. Las semillas liberadas son de tamaño pequeño de color café oscuro, con un largo de 6-7 mm presentando un ala de semilla articulada de unos 20 mm de largo y 7 mm de ancho, el número de cotiledones presentes por semillas vari entre 6.7 y 8, principalmente 6 y 7. La madera de esta especie es de tipo albura de color blanco amarillento, el duramen marrón claro, duro, pesado y resinoso, ampliamente utilizado para la madera y la construcción en general (Perry, 1991).

P. lawsonii, especie endémica de México, encontrada normalmente en bosques de pino-encino, dentro de los estados de Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Guerrero, Oaxaca e Hidalgo (CONAFOR-CONABIO, 2000). Árbol de hasta 30 m de altura y 75 cm de diámetro, usualmente con un solo tronco recto y una corona abovedada, abierta y a menudo irregular. Corteza delgada, de color marrón rojizo, exfoliante en placas delgadas, cuando el árbol madura esta se vuelve espesa, áspera, escamosa, de color marrón negro con profundas fisuras longitudinales y una corteza interna de color rojo purpúreo. Los brotes son suaves, rugosos, de color marrón anaranjado, a menudo glaucos. Las unidades foliares forman matas densas, las vainas de fascículo de hasta 25 mm de largo, las escamas imbricadas de color marrón anaranjado brillante; persistente pero reducido a 10-15 mm de largo en los fascículos más

viejos, con un envejecimiento gris o marrón negruzco. Las hojas están agrupadas 3-4 (-5), persistentes de 2-3 años, rectas, dirigidas hacia adelante para extenderse, rígidas, 12-20 (-25) cm x 1-1.2 (-1.5) mm, verde glauco, ápice agudo. Los conos de polen se apiñaron cerca del extremo basal de un nuevo brote, ovoide-oblongo a cilíndrico, 10-20 x 5-6 mm, verde amarillento, tornándose marrón claro, los conos de semillas cerca de la base de los nuevos brotes, solitarios u opuestos sobre la gruesa, pedúnculos curvados de hasta 10 mm de largo, que generalmente caen con el cono. Conos de primer año de color rojo violáceo, de 10-15 mm de largo, que maduran en el segundo año. Los conos maduros ovoides cuando están abiertos, con una base aplanada y las semillas ovoides, aplanadas, de 4-5 mm de largo, marrón oscuro con un ala marrón translúcida de 12-16 mm (verde amarillento, tornándose marrón claro. La madera es espesa de color marrón oscuro, con dos marcas marrones claras de alas de semilla en el lado superior (Farljon y Styles, 1997).

Q. laurina, especie distribuida en varios estados del país, pero con mayor abundancia y frecuencia en el Eje Neovolcánico, a una latitud que va desde 1500 hasta 3300 msnm. Árbol de 10 a 20 m promedio de altura, aunque puede alcanzar hasta 40 m, con diámetro normal de 30 a 40 cm, y hasta 150 cm, el follaje es de tipo perennifolio en algunos casos es tardíamente deciduo, la floración ocurre desde finales de febrero hasta abril y fructifica entre junio y diciembre teniendo una fructificación bianual. Las semillas se colectan directamente de los árboles y se colocan en bolsas de papel, posteriormente se llevan al vivero (14). No es recomendable colectar las semillas del suelo, si esto se realiza, las semillas deben colectarse al poco tiempo de haber caído, dado que las semillas pueden infectarse por diversos patógenos que destruyen los cotiledones; las bellotas recogidas del suelo que presentan la copa pegada usualmente son inviábiles. Las semillas son recalcitrantes, este tipo de semillas pierde la viabilidad rápidamente, y no pueden ser deshidratadas ni almacenadas a temperaturas $\leq 0^{\circ}\text{C}$. (CONAFOR-CONABIO, 2000).

Q. rugosa, esta especie es ampliamente distribuida en regiones montañosas de sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz a Chiapas, sin embargo, el centro de México es donde forma extensos bosques a una altitud de 1800 a 2800 msnm. Árbol perennifolio o caducifolio, de 3

a 8 m; 10 a 20 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm (hasta 1.2 m). Pertenece al subgénero *Leucobalanus* (encino blanco). La copa es amplia y redondeada que proporciona una sombra densa con hojas ovadas a elípticobovada o casi suborbiculares, de (4) 8 a 15 (20) cm de largo, por (2) 3 a 8 (13) cm de ancho, al madurar suavemente engrosadas y rígidas, notablemente cóncavas por el envés, muy rugosas; haz lustroso y glabro, envés de color ámbar o rojizo. El tronco tiene un diámetro de 10 a 80 cm o más; ramillas de 3 a 6 mm de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras color café grisáceo. La Cortez presenta fisuras profundas color café oscuro. Las flores masculinas son amentos 3 a 7 cm de largo con muchas flores, tomentosos, periantosésiles; las flores femeninas de 5 a 30, distribuidas a lo largo de un pedúnculo largo, delgado y pubescente. Fruto(s). El fruto es anual y se encuentra solitario o en grupos de 2 a 3 (5) son largo-ovoides, miden de (8) 15 a 25 (30) mm de largo y (5) 8 a 12 (15) mm de diámetro, una tercera parte o la mitad de su largo incluida en la cúpula hemisférica y con escamas café-pubescentes. Las semillas, también conocidas como Bellotas ovoides, con frecuencia angosta y puntiaguda, se encuentra envuelta por una cubierta rígida. El embrión está formado en su mayor parte por los cotiledones que se mantienen turgentes dentro del pericarpio y constituye una alta proporción del total del peso seco de la semilla (53 a 75 %). El sistema radical es profundo. El tipo de sexualidad monoica. (CONABIO, 2000).

2.4 Los Abonos orgánicos

Antes de la aparición de las diferentes formas de los fertilizantes químicos la única manera de suministrar nutrientes a las plantas se fundamentaba en la incorporación de elementos de origen vegetal y animal, destacando los estiércoles, compostas, vermicompostas y abonos verdes, los cuales proporcionan propiedades benéficas para el suelo sobresaliendo de estas el aumento de la actividad microbiana categorizándose como un indicador de fertilidad edáfica, esto a su vez conduce a un equilibrio dinámico entre las poblaciones de microorganismos lo que genera la regulación de patógenos y así finalmente las enfermedades en las plantas se ven aminoradas (Alexander, 1987; SAGARPA, 2007). Otro atributo de los abonos orgánicos es el aporte de la dosis necesaria de elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, en este

sentido el N es liberado lentamente, por la actividad enzimática microbiana, evitándose la mineralización y acidificación del suelo lo que trae consigo un círculo de virtudes en donde la presencia de mayor cantidad de materia orgánica, procedente de la adición de abonos orgánicos, promoverá la existencia de microorganismos que ponen en disponibilidad los elementos esenciales para el desarrollo vegetal (Mäder *et al.*, 2002; Ed-Haun, *et. al.*, 2007); por otro lado, la aplicación de fertilizantes químicos disminuye el porcentaje de materia orgánica, genera acidificación del suelo y mineralización de elementos fundamentales para las plantas, con esto se reduce la fertilidad por lo tanto existe mayor potencial para la existencia de patógenos de plantas reduciéndose la productividad (Adesemoye *et al.*, 2009).

2.5 Microorganismos benéficos para las plantas

Como fue visto de manera anterior la presencia de los microorganismos en el suelo es un factor fundamental para el desarrollo de las plantas, el papel desarrollado por bacterias, hongos, actinomicetos y otros organismos yace principalmente en transformar N, F, C y P no asimilable a formas absorbibles (Burns y Hardy, 1975; Alexander, 1987), en primera instancia las bacterias fijadoras de N obtienen este elemento de la atmosfera y de la materia orgánica no obstante hasta que se lleve a cabo el proceso de fijación estará disponible (Burris, 2001). La estrategia evolutiva desarrollada para llevar a cabo este proceso es conocida como simbiosis, donde ciertos géneros de bacterias y hongos cumplen su ciclo vital en las raíces de las plantas produciendo nutrientes esenciales para las plantas (De Bruij, 2015), en este contexto las características físicas de los organismos de especies forestales (pinos y encinos) se ven reforzadas por la asociación con una serie de micorrizas y/o bacterias las cuales incrementan las capacidades fisiológicas viéndose reflejado en un desarrollo óptimo (Dighton y Coleman, 1992; Fisher y Jayachandran, 2002).

2.6 Germinación y emergencia

El proceso germinativo es resultado de la actividad enzimática conduciendo principalmente a la desintegración de las reservas presentes en los cotiledones para promover un crecimiento inicial donde resulta predominante la formación de un sistema de radicular, sin embargo, dicho

proceso requiere condiciones de humedad y luminosidad específicas principalmente establecidas por las características de los sustratos, posterior a esto ocurre la emergencia, referida a la aparición de la plántula por encima del sustrato donde fue depositada la semilla, este proceso tiene la finalidad de formar órganos fotosintéticos los cuales proporcionarían los nutrientes necesarios para la maduración de las plantas (Martin, 1964; Bewley, 1997).

2.7 Contexto general sobre la restauración ecológica

Por un lado, la pérdida y la degradación de ecosistemas a escala mundial preocupan al individuo, pero esto no suele ocuparlo de manera directa pues, frecuentemente supone que las soluciones están fuera de sus capacidades y esfera de influencia. Por el otro lado, para un individuo o grupo determinado, cuesta mucho esfuerzo reconocer que muchas de sus actividades cotidianas (especialmente aquéllas que le producen riqueza económica) son parte de los factores nocivos para la salud de los ecosistemas locales con lo cual se ven reducidos en cantidad y calidad (Sánchez *et al.*, 2005), dichas actividades producen frecuentes impactos al ambiente, con lo que como herramienta óptima para restablecer, en cierto grado, el rumbo natural de un ecosistema, surge la restauración ecológica, definida por The Society for Ecological Restoration International (2002) como el “proceso de asistencia para recuperar un ecosistema que ha sido degradado o destruido”, esta definición da pauta a múltiples debates, tales como el hecho de ser imposible recuperar totalmente la biodiversidad perdida después de un disturbio de grandes dimensiones, ante esto y a pesar de que no existen recetas únicas para restaurar un ecosistema, hay algunos principios y supuestos básicos descritos a continuación, que se puede tomar en cuenta, además de estar basados en la teoría y en las experiencias acumuladas de intentos por restaurar diferentes ecosistemas:

» Tratar de restablecer lo mayor posible la restitución de los ciclos biogeoquímicos y de otros rasgos críticos de un ecosistema dado. Sin embargo, la complejidad intrínseca de los sistemas ecológicos y su importancia para la continuidad de la evolución de las especies hacen necesario que la restauración se emprenda: a) con especies oriundas del lugar y b) intentando reconstruir la estructura que guardaban los componentes originales

» Con un poco de ayuda humana, es factible inducir el retorno de un ecosistema dado hacia una trayectoria biótica y abiótica más o menos similar a la que tenía antes del deterioro. Bajo tal supuesto los prerrequisitos de una restauración razonada quizá debieran incluir:

∞ Disponibilidad oportuna de un inventario suficiente de la biodiversidad original del sitio

∞ Disponibilidad de un conocimiento suficiente sobre la estructura de las especies dominantes en el ecosistema antes del deterioro

∞ Disponibilidad de un conocimiento suficiente sobre las presiones que originaron la alteración; su naturaleza y sus causas, su severidad, la escala espacial de los impactos, y sus posibilidades de recurrencia y frecuencia

∞ Disponibilidad de información descriptiva e histórica, suficiente, acerca de las características sociales, económicas y políticas vinculadas al sitio que se desea restaurar.

» Bajo ciertas circunstancias, la mera suspensión de actividades humanas que son deletéreas para un ecosistema puede proveer las condiciones básicas para la restauración, en forma autónoma, especialmente si la extensión del daño es pequeña, o si existen áreas aledañas que cuenten con germoplasma nativo local (microorganísmico, vegetal, fúngico y animal) y si no existe una secuela de contaminación residual de larga duración en suelos, agua y aire. En esos casos, varias especies pioneras pueden reiniciar la secuencia de colonización y restablecimiento de la vida silvestre local de manera continua y, en consecuencia, la recuperación de las propiedades de orden superior del ecosistema (resistencia, resiliencia, entre otras) (Gunderson, 2000). Para esas circunstancias la actividad principal de un restaurador, aparte de vigilar que las causas del deterioro no regresen, debiera ser al menos el seguimiento cercano de la marcha de los procesos de sucesión vegetal y animal.

» Es necesario involucrar a todos los interesados, siendo la participación comunitaria crucial para todo el proceso de restauración (planificación, operación y monitoreo). Esto resulta clave para obtener acuerdos y así, asegurarnos de que en el

futuro nuestro proyecto de restauración no falle ni sea abandonado por desinterés de la gente.

» En suma, los supuestos y fundamentos de la restauración ecológica requieren que todo esfuerzo práctico sea precedido por un razonamiento claro, basado en la evidencia biológica, la historia del sitio en varias escalas de tiempo, el conocimiento de las causales de deterioro, su extensión, severidad y recurrencia, así como los alcances y posibilidades reales de su eliminación o reducción (Sánchez *et al.*, 2005; Parks Canada, 2007; Meli y Carrasco-Carballido, 2011).

Desafortunadamente para el caso de México se estima que el 50% del territorio presenta algún nivel de degradación (Carabias *et al.*, 2007) sumado a esto la compleja situación social que ese vive recientemente complica la práctica de la restauración ecológica, no obstante el contexto generalizado de crisis (social y ambiental) da oportunidad de crear un modelo de desarrollo sustentable, en donde la unión del conocimiento científico y los saberes populares (encontrados en las comunidades y ejidos) son la base innovadora para aplicar dicho modelo. En primera instancia se debe considerar la importancia ecológica y biológica de los núcleos agrarios, ya que estos poseen alrededor del 50% de territorio nacional, así mismo en este territorio existe el 70% de áreas forestales y agrícolas nacionales, siendo las comunidades rurales el principal agente económico en las zonas tropicales y templadas (Toledo, 1996) y que de acuerdo a la CONAFOR (2015) ha destinado apoyos económicos en programas como el de “*Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo de Terrenos Forestales*” caracterizados por reconvertir áreas con problemas de degradación. Si bien el panorama para los ecosistemas mexicanos es preocupante, los planes de restauración ecológica son elaborados con mayor certeza, lo cual garantiza éxito en citados planes.

2.8 Revisión bibliográfica sobre trabajos relacionados

El campo sobre la germinación y desarrollo de plantas forestales en México es amplio, sin embargo éste se reduce a la utilización de insumos de costos elevados, empleándose principalmente como sustratos la turba de musgo, vermiculita y la agrolita; el empleo de subproducto de la madera como el aserrín y la corteza de pino surgen como tendencia reciente,

no obstante son pocos los ejemplos de su uso; por otra parte la gran mayoría de la fertilización que emplean los productores de especies forestales es llevada a cabo con productos de origen químico destacando la fertirrigación y los granulados de liberación lenta como el osmocote, y de manera aislada los ensayos donde se fertiliza con abonos orgánicos naturales se reducen al uso de lombricomposta; finalmente la utilización de micorrizas en el sector forestal es un tópico que constante y recientemente es empleado en las actividades de producción de plantas en vivero. De modo que a continuación se muestra la literatura consultada la cual es tomada como antecedentes:

En 1995 Contreras-Macbeath *et al.*, publicaron el diagnóstico del área de protección de flora y fauna silvestre Corredor Biológico Chichináutzin, donde se hace una descripción de los factores bióticos y abióticos.

Asimismo, la Secretaría de Desarrollo Ambiental (SEDAM) en 1997 publica un diagnóstico ambiental del municipio de Huitzilac, recogiendo aspectos de la dinámica poblacional, productiva y del medio natural.

Oilet *et al.*, en 1999 presentan los resultados de la aplicación de tres dosis de los fertilizantes de liberación lenta recubiertos OSMOCOTE 9-13-18 y OSMOCOTE 16-8-9 en la producción de planta forestal, resultando deficientes en N el primero, y en P el segundo, en el estudio titulado “Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero; Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus Halepensis Mill*”.

En el 2001 Peragón *et al.*, en España realizan el estudio titulado “Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de *Quercus faginea* Lam. cultivado en contenedor”, comprobando que suelos con mayores niveles de porosidad (suelos preparados mecánicamente) permiten mayores tasas de sobrevivencia.

Posteriormente en 2002 Ortega *et al.*, elaboran el estudio titulado “Efecto de la fertilización y endurecimiento en vivero en el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don.”, indicando en los resultados que los aportes de nitrógeno durante la etapa de maduración en vivero deben ser altos, ya que estos serán funcionales una vez que las plantas sean reforestadas.

En el mismo año, 2002, Altamirano y Aparicio presentan los resultados obtenidos al utilizar lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. y *Pinus rudis* Endl. Demostrando que el sustrato compuesto por 30% arena de mina + 20% suelo de bosque + 50% lombricomposta, presento resultados óptimos en el crecimiento inicial de las dos especies.

Para el año de 2003 Sosa-Pérez y Rodríguez-Trejo evaluaron El efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* Schl. en un área quemada teniendo una elevada sobrevivencia, en un rango de 92 y 94%, probando la aclimatación de árboles de 4 clases de edad.

En el 2004 Carrera, presenta los resultados del estudio titulado “Inoculación con hongos ectomicorrízicos en *Pinus patula* Schl et Cham y *Pinus gregii* Engelm en invernadero” obteniendo resultados positivos, ya que existe una compatibilidad al inocular estas especies del género *Pinus* con las especies de hongos antes mencionadas.

En 2005 Reyes-Reyes *et al.*, realizaron la investigación titulada “Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Lindl en sustratos a base de aserrín”, determinando que la utilización de este material (80% aserrín 20% peatmoss) permite producir plantas sanas, sin embargo, se requiere determinar la cantidad optima de fertilizante.

Navarro *et al.*, en 2006, elaboraron el estudio titulado “Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta”, en las provincias de Granada, Sevilla y Almería en España, en el cual determinaron que existen cinco causas que limitan el desarrollo y crecimiento de diferentes reforestaciones; estas son, la calidad de la planta, las condiciones edáficas, la preparación del terreno, la fecha de plantación, la competencia de la vegetación herbácea y las condiciones espaciales con la creación sucesiva de microambientes.

De igual forma en 2006 Olivo y Buduba, presentan los resultados de la investigación titulada “Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* Douglas producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo”, encontrando que las plantas con mejores

resultados de crecimiento, de acuerdo con los índices de calidad, son las producidas en un sustrato a base de vermiculita y turba de musgo.

Posteriormente en 2008 Sánchez-Córdoba *et al.*, Caracterizan los medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín determinando que las características físico-químicas de estos son óptimas, siendo por ende una alternativa prometedora para la producción de plantas forestales.

Acosta-Durán *et al.*, en el 2009 evaluaron diez sustratos preparados en diferentes porcentajes de materiales orgánicos para mejorar la germinación y emergencia de semillas de encino (*Quercus sp*) y determinar la incidencia del barrenador de la semilla. El porcentaje de germinación de semilla fresca de encino en condiciones de laboratorio fue de 63.87% y la incidencia de barrenador fue de 26.4% reduciendo la germinación en 3.13%. El mejor sustrato fue la mezcla de 25% de composta y 75% de fibra de coco, que supero en 124% al testigo en el porcentaje de emergencia.

Figueroa en 2010 elabora la evaluación del almacenamiento de carbono en bosques manejados de *Pinus patula* en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Señalando que bosques de este tipo pueden funcionar como sumideros de carbono, hasta una edad de 25 años aproximadamente.

Para el año 2011, Mateo-Sánchez *et al.*, elabora el estudio titulado “Producción de *Cedrela odorata* L, en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero”. Determinando que la obtención de plantas de calidad reside en la aplicación de fertilizante (osmocote) en niveles moderados (9 kg/m³de sustrato) ya que un suministro deficiente o excesivo provoca un ligero efecto de fitotoxicidad.

En 2011, Reyes-Molina, realizo la investigación titulada “Evaluación y cuantificación de las comunidades bacterianas asociadas con las raíces micorrizadas de *Pinus montezumae* y *Pinus gregii* Englem concluyendo que la inoculación con ectomicorrizas favorece la presencia de comunidades microbianas las cuales principalmente son bacterias que solubilizan Fosforo y fijan Nitrógeno.

En el mismo año, 2011 Soriano, evaluó el efecto de fertilización de N, P y K en la calidad de planta de *P. patula* y *P. devoniana* en vivero. Concluyendo que el N influye sobre el crecimiento de en altura y diámetro, sin embargo, la porción radical no se desarrolla; por otra parte, debe suministrarse de manera conjunta P y K ya que determina el crecimiento de raíz. En cuanto a requerimientos nutricionales la especie *P. patula* es la que mayor requerimiento necesita para obtener resultados óptimos.

Hernández-Zarate *et al.*, en el año 2014 realizaron el estudio titulado “Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos”, obteniendo que las mezclas de aserrín y corteza generaron plantas con dimensiones apropiadas, de acuerdo a los diferentes índices de calidad para ser llevadas a campo. Esto permite eliminar el uso de turba como sustrato en la producción de planta forestal.

CAPITULO 3. ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en un vivero de producción “tradicional” ubicado en la Escuela Preparatoria Comunitaria de Tres Marías en el poblado de Tres Marías municipio de Huitzilac, a los 19° 03’ 18.56” de latitud Norte; y los 99° 15’ 15.38” de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, dentro del área natural protegida “Corredor Biológico Chichináutzin”, que de acuerdo a Contreras-Macbeath y Urbina (1995), limita al norte con el Estado de México y el Distrito Federal; al sur, con el límite norte del municipio de Cuernavaca, en el lindero de los terrenos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), y a partir de ahí se sigue en línea recta hacia el Cerro de La Herradura; continúa hacia el sur por la Reserva Ecológica El Texcal, a la altura del poblado El Dieciséis, para seguir una línea quebrada paralela a la carretera Cuernavaca-Yautepec hasta cruzar la carretera Tepoztlán-Yautepec. De ahí, corre paralelamente en línea quebrada, a esta carretera en dirección este, para finalmente en dirección norte bordear los municipios de Tlayacapan y Tlalnepantla. Sigue una línea recta paralela a la carretera Tlalnepantla-Xochimilco, hasta la altura del poblado de Nepopualco. Finalmente, sigue una línea quebrada paralelamente a la carretera Nepopualco-Totolapan, hasta llegar al lugar denominado Oasis de América. Al este su límite es la línea recta que une al volcán Loreto con el volcán Yuxtamai y finaliza en el pueblo Oasis de América. Al oeste el límite es la línea recta que va en dirección sur del volcán Xolote, y a partir de ahí limita con el parque nacional Lagunas de Zempoala dentro del estado de Morelos (Figura 1).

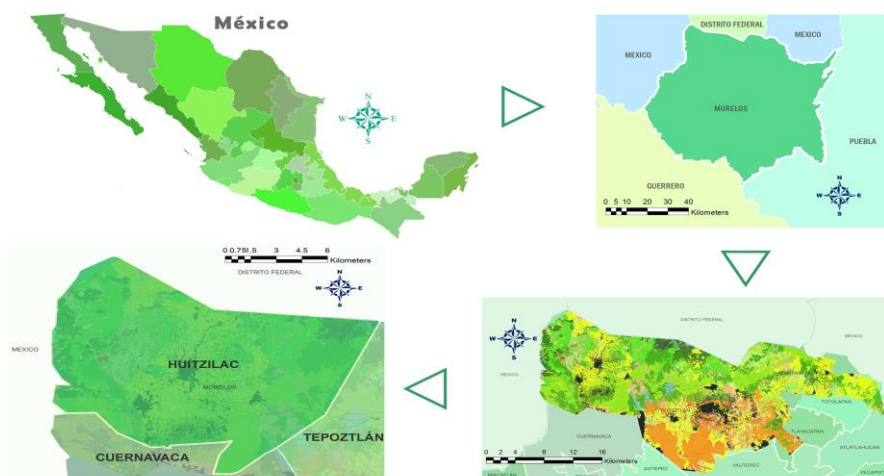


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

3.1 Clima

El gradiente latitudinal y la geomorfología presentes en la extensión territorial del COBIOCH favorecen la variación tanto de la temperatura como la precipitación, por ello son distinguibles tres zonas térmicas, estas son; la semifría, en áreas como las localidades de Tres Marías, La Cima y Huitzilac cuya temperatura media anual varía entre 8° y 12° C, y la precipitación entre 1200 a 2000 mm en altitudes mayores a los 3000 msnm. La zona templada que se ubica en altitudes menores a los 2000 msnm donde la temperatura promedio es de 16° a 20° C y entre los 1000 a 1200 mm de precipitación media anual. Finalmente, la zona semicálida, predominan en altitudes menores a los 2000 msnm, cuenta con temperaturas que van de los 18° hasta los 22° C, esta zona incluye a los municipios de Cuernavaca, Tlayacapan, Oaxtepec y Atlatlahucan (Boyas 1992; Aguilar 1998; Contreras-Macbeath y Urbina 1995).

Estos factores climáticos por consecuencia están interactuando para conformar y distinguir tres tipos climáticos, que de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1988), son:

» El semifrío C(W₂)(W)(b⁺) donde se presenta una temperatura media anual entre 5 y 12 °C, isotermal, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor de 5 °C, siendo el más húmedo de los subhúmedos. Se localiza desde el noroeste hasta el noreste del área en altitudes mayores a los 3000m.

» Por debajo de esas altitudes, casi paralelo al anterior, abarcando prácticamente todo lo largo (de oeste a este) del Corredor Biológico Chichináutzin, está presente el clima C(w₂)(w)big donde la temperatura media anual oscila entre los 12° y 18 °C, isotermal, con oscilación anual de temperaturas medias mensuales menores de 5°C y con marcha anual de las temperaturas tipo Ganges, siendo el mes más caliente antes del mes de junio.

» Por último, se encuentra al semicálido subhúmedo, A(C)(w₂)(w), que igual al templado abarca todo lo largo del corredor pero por debajo de este, y es característico

de altitudes menores a los 2000m. presenta temperatura media anual entre 18 y 22 °C e isotermal con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menores de 5 °C y con marcha anual de la temperatura tipo Ganges (García, 1988).

3.2 Suelos

Dentro del área que comprende el Corredor Biológico Ajusco-Chichináutzin, se encuentran seis unidades de suelo, cinco de ellas cubren el 45.3 % del territorio total, el restante 54.7% está ocupado por la unidad Andosol, misma donde se plantea desarrollar el presente estudio.

El área abarca 31 337.5 hectáreas, la naturaleza de esta unidad edáfica es su formación a partir de materiales ricos en vidrio volcánico, presencia de una coloración oscura en el horizonte A debido al alto contenido de materia orgánica y color café en los subsiguientes horizontes alcanzando profundidades hasta de 1.50 metros. Presenta una estructura granular, con textura media y pH ácido (5 a 6); tiene baja densidad aparente y alta capacidad de intercambio catiónico. Además de dividirse en cuatro subunidades: ócricos, mólicos, húmicos y vitricos; los tres primeros de consistencia y textura embarrosa, de migajón limoso a más fino. Son utilizados para agricultura de temporal. Por su parte, los vitricos no tienen consistencia embarrosa y son de textura gruesa; son utilizados para la agricultura de riego. En este tipo de suelo predomina el cultivo de avena, maíz, nopal, maguey pulquero y árboles frutales como manzana y tejocote. (Contreras-Macbeath y Urbina 1995).

3.3 Hidrología

El Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin queda comprendido en su mayoría en la Región Hidrológica del Rio Balsas y a su vez, en la Cuenca del Rio Grande de Amacuzac. Debido al alta pendiente registrada y a la naturaleza geomorfológica del terreno, no se propicia la formación natural de cuerpos de agua intermitentes o perenes, debido a que toda el área está formada por laderas, Santillán-Alarcón *et al.*, 2010.

Los rasgos que sobresalen del Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin, están referidos a la importancia dentro del balance hídrico regional. Destaca por que incluye las cabeceras de los

ríos Yautepec y Apatlaco, y por ser una de las áreas con mayor capacidad de infiltración del estado de Morelos. Su extensión aproximada de 210,000 hectáreas, los 1,300 mm de precipitación producto de la geomorfología y altitud, 3,450 metros, así como su elevado índice de infiltración de 70 a 80%, le confiere gran importancia en la recarga de acuíferos. Los que a su vez cubren las necesidades de agua de las actividades económicas, como la ganadería, agricultura, industria, recreación y uso doméstico de la mayoría del estado (Contreras-Macbeath y Urbina 1995).

3.4 Vegetación y uso de suelo

Dentro del Corredor Biológico Chichináutzin se encuentran representados 8 tipos de vegetación de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1978), de los cuales destacan por su extensión, el bosque tropical caducifolio, bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, matorral crasicaule, pastizales naturales e inducidos, y el uso agropecuario del suelo, ocupando cerca de 73% del territorio del área de protección; sin embargo, en la zona donde se llevó a cabo el presente estudio, existen por un lado está el Bosque Mixto de pino-encino o encino-pino, según su dominancia. Estas son asociaciones vegetales que se encuentran como una franja transicional entre un pinar y un encinar, como resultado de la perturbación antrópica o debido a las condiciones del medio abiótico. Su estructura generalmente cuenta con 2 estratos, el superior dominado por pinos y el bajo donde dominan los encinos. Se distribuyen entre los 1,500 y los 2,800 msnm donde la temperatura oscila entre 10 y 20 °C con una precipitación pluvial de entre 600 y 1,200 mm al año, comúnmente establecidos en suelos con buen drenaje, tanto rocosos como desarrollados. Abarcan el 11.22% del COBIOCH localizados principalmente en una franja de la parte centro del mismo, (Vega *et al.*, 2010).

CAPITULO 4. OBJETIVOS

4.1 General

~ Evaluar la germinación y el desarrollo de 4 especies, dos del género Pinus (*P. montezumae* y *P. lawsonii*) y dos del género Quercus (*Q. rugosa* y *Q. laurina*) con potencial en restauración ecológica, en diferentes mezclas de sustrato a base de aserrín, suelo forestal y abonos orgánicos (estiércol de ovinos).

4.2 Particulares

~ Analizar las características físicas y químicas de las diferentes mezclas de sustrato a base de aserrín, suelo forestal y abono orgánico (estiércol).

~ Determinar el efecto sobre la germinación en *P. montezumae*, *P. lawsonii*, *Q. rugosa* y *Q. laurina* al utilizar las diferentes mezclas de sustratos.

~ Medir la calidad de planta en las especies a utilizar las diferentes mezclas de sustratos.

~ Determinación de áreas potenciales para restauración ecológica en el municipio de Huitzilac empleando Sistemas de información Geográfica (SIG).

CAPITULO 5. HIPÓTESIS

Las características óptimas de un sustrato determinan el porcentaje de germinación, ya que generan las condiciones necesarias para dicho proceso; mientras que el desarrollo depende en mayor medida de los niveles de nutrientes presentes en las diferentes mezclas de sustrato. Los procesos de germinación y desarrollo de las distintas especies forestales están en función de la selección del sustrato con las características físico-químicas adecuadas.

CAPITULO 6. MATERIALES y MÉTODOS

Como anteriormente se señaló la presente investigación planteo al municipio de Huitzilac, ubicado dentro del polígono del COBIOCH, para realizar la diferentes actividades de propagación de las especies citadas en un vivero de producción tradicional perteneciente a la Escuela Preparatoria Comunitaria de Tres Marías, a lo largo de 1 año 6 meses, 2017-2018; para la consecución de los objetivos planteados el presente proyecto de realizo en 4 fases, trabajo de campo, vivero, laboratorio y de gabinete, todo esto de manera simultánea.

6.1 Trabajo de campo

6.1.1 Colectas de germoplasma

La obtención de semilla de las *Q. laurina*, *Q. ruosa* y *P. lawsonii* se realizó mediante recolectas de campo en los meses de noviembre a enero del 2016-2017 en las porciones aun existentes de bosque del municipio de Huitzilac (Figura 2) teniendo tres parajes, Volcán “El Tezontle”, Bosque oriente de la cabecera Municipal y “Huertas de San Pedro”, tomando como criterios de selección del árbol semillero, organismos saludables, vigorosos, con presencia de conos o bellotas según sea el caso, sumado a esto la colecta fue de manera directa con el fin de evitar la contaminación de patógenos en las semillas (Hartman y Kester, 1975; García 1991; García de la Cruz. *et al.*, 2011), así como considerar una distancia mínima entre los árboles seleccionados de 100 metros para reducir problemas de parentesco genético (Palmberg, 1980).

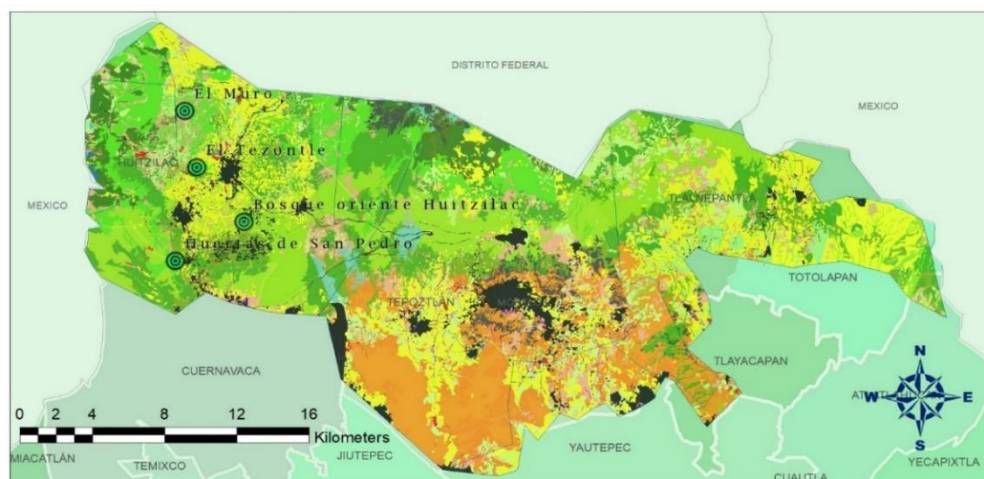


Figura 2. Ubicación geográfica de los sitios de colecta de semillas dentro del COBIOCH

Por otra parte, el esfuerzo durante la recolecta de la especie *P. montezumae* alcanzo niveles superiores en comparación a las otras, aun así, el resultado fue negativo, ya que por causas principalmente asociadas a una nula producción de conos no se logó recolectar dentro del Mpio. de Huitzilac, ante esto se especula un posible evento climático atípico el cual influyo en la reproducción, ya que en los meses que van de Noviembre a Enero son los adecuados para realizar la obtención conos que posean semillas de la citada especie (Martínez, 1948) no obstante, con el interés de dar continuidad a la evaluación de los sustratos empleados la obtención de las semillas de *P. montezumae* fue en el banco de germoplasma que maneja la Secretaria de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos Ubicado en el Mpio. de Tétela del Monte donando alrededor de 500 g de semillas colectadas en el 2014 procedentes de tres parajes, a) Tejocotes, b) Tzoalco y c) Tlalmanatla (Figura 3) localizados en dicho Municipio, cabe mencionar que las condiciones biofísicas son similares a las de Huitzilac y que de igual modo no consiguieron obtener semillas en el 2016, por lo tanto, dicho fenómeno no fue puntualizado en Huitzilac.



Figura 3. Semillas de P. montezumae recolectadas en el municipio de Tétela del Volcán

6.2 Trabajo de vivero

6.2.1 Caracterización del vivero Escuela Preparatoria Comunitaria de Tres Marías

Como parte de un trabajo colaborativo y adaptado a las condiciones locales el presente proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Escuela Preparatoria Comunitaria de Tres

Mariás en donde se cuenta con un vivero de producción forestal constituido por dos unidades, en las cuales se realizan actividades relacionadas a la preparación de sustratos, germinación y desarrollo de las plántulas de las especies forestales anteriormente citadas.

» Unidad de germinación,

Comprende un área de 18 m², recubierta con plástico blanco lechoso calibre 800, cuenta con mesas a una altura de 50 cm del suelo donde se posicionaron las charolas germinadoras, en su totalidad esta porción del vivero posee el potencial de producir aproximadamente 10,000 plántulas de diversas especies forestales.

» Unidad de desarrollo inicial

Contempla un área de 28 m² recubierta de malla sombra al 30%, se cuenta con un sistema de riego manual con regaderas tipo Dram de 400 perforaciones con lo cual se aprovecha mayoritariamente la cantidad de agua requerida, en esta área las plántulas son dispuestas en bolsas forestales a nivel del suelo.

6.2.2 Elaboración de Sustratos

La elaboración de los distintos sustratos estuvo dada por tres componentes abundantes en el municipio de Huitzilac, dichos componentes poseen propiedades probadas en otros estudios las cuales son funcionales en procesos de propagación de especies forestales; en primer lugar se empleó aserrín siendo este un producto de desecho de la industria maderera, con una producción anual nacional estimada en 2,800,000 m³, cuya función primordial se asocia a la retención de humedad (SEMARNAP, 2000); en segundo lugar se utilizó suelo forestal (tierra de monte) el cual provino del paraje conocido como “El Tezontle” teniendo como vegetación dominante bosque de encino, el cual provee microorganismos, como micorrizas y bacterias fijadoras de macronutrientes que son determinantes para el desarrollo de plantas (Acosta *et al.*, 2008); por último se aprovechó estiércol de borrego, que de acuerdo a Labrador-Moreno (1996), es el segundo mejor abono orgánico, después del de conejo por sus niveles de nutrientes; todos fueron tamizados a diferentes medidas, para el caso de aserrín se utilizó una

criba con malla de 1 mm, para el suelo forestal fue a 5 mm y finalmente para el estiércol una malla de 1cm, tratando en mayor medida de eliminar las semillas de otras especies presentes en las materias primas (Figura 4).



Figura 4. Tamizado manual de suelo forestal previo a la preparación del sustrato

Se elaboraron 5 tratamientos con diferentes porcentajes de los materiales propuestos (Tabla 1) así como la preparación del sustrato con mayor frecuencia de uso en viveros forestales de clima templado, el cual está constituido de suelo de banco (tierra negra) y aserrín (50% c/u) adicionando 1.5 kg de fertilizante osmocote 15-9-12 con una liberación de 8 a 9 meses por cada por 0.5 m³ (SEDAGRO y PROBOSQUE, 2007).

Tabla 1. Tratamientos y diferentes porcentajes de componentes a utilizar, adaptado de Altamirano y Aparicio, 2002.

| TRATAMIENTO | PORCENTAJES (%) | | |
|----------------|-----------------|---------------------------|--|
| | ASERRIN | SUELO DE BOSQUE | ESTIERCOL |
| 1 | 30% | 50% | 20% |
| 2 | 30% | 40% | 30% |
| 3 | 30% | 30% | 40% |
| 4 | 30% | 20% | 50% |
| 5 | 0% | 100% | 0% |
| <u>Control</u> | 50% | “Tierra negra” 50% | Osmocote 1.5 kg/ 0.5 m ³ |

6.2.2.1 Esterilización de sustratos

En las últimas décadas se han usado una serie de métodos para esterilizar sustratos resultando como agente esterilizante el bromuro de metilo, este fumigante es un gas altamente tóxico que elimina artrópodos, nematodos, patógenos y semillas de malezas sin alterar otras características; por mucho tiempo ha sido el desinfectante preferido ya que la técnica de aplicación es relativamente sencilla y el costo es significativamente menor a otros métodos de esterilización, sin embargo, el bromuro es uno de los agentes que afectaban significativamente a la capa de ozono de la atmósfera, debido a esto, los gobiernos y agencias internacionales establecieron plazos para limitar el uso de este producto. Como alternativa a la anterior problemática y una vez elaborados los sustratos se empleó la técnica de la solarización o pasteurización solar durante un mes (Figura 5), la cual aprovecha la radiación solar para disminuir la población de patógenos de sustratos teniendo como ventajas su bajo costo, no causa fitotoxicidad por Mn como lo hace la esterilización con vapor y es un método amigable con el ambiente; las épocas con días soleados son las óptimas ya que se propicia un aumento en la temperatura simplemente colocando una doble capa de plástico sobre el sustrato a esterilizar, se han reportado una disminución importante de poblaciones de patógenos en campos infestados después de un proceso de solarización a lo largo de un mes (CIP, 2008).



Figura 5. Solarización de los distintos tratamientos elaborados

6.2.2.2 Adición de microorganismos benéficos para especies forestales

Las características físicas de los organismos de especies forestales (pinos y encinos) se ven reforzadas por la asociación con una serie de micorrizas, es decir se ve maximizada la disponibilidad y absorción de nutrientes como el N y P bajo distintas condiciones (Dighton y Coleman, 1992; Fisher y Jayachandran, 2002) en este sentido la adición de microorganismos, entre ellos las micorrizas, en la presente investigación es una parte fundamental para la obtención de plantas de calidad, puesto que resulta económico y sin impacto negativo al ambiente, durante esta etapa se procedió a agregar dos dosis de Bionitro (com. per., Ing. Antonio Nextilcapa) (Anexo 1) diluidos en 10 L de agua corriente a los 15 y 21 días postores la siembra de las semillas, tiempo donde comienza el proceso de germinación (Martin, 1964), aplicándose a todos los tratamientos y especies a propagar.

6.2.3 Germinación.

6.2.3.1 Selección y tratamiento pregerminativo de la semilla

La selección del germoplasma ocurrió en dos fases, la primera consistió en seleccionar aquellas semillas sin daños visibles; en la segunda, 48 horas antes a la siembra por medio de flotación en agua se excluyeron las que no presentaron embrión (Bonner, 2003; SEDAGRO y PROBOSQUE, 2007). Respecto a los tratamientos pregerminativos empleados fueron, la escarificación (Figura 6) y el remojo de acuerdo a la técnica propuesta por Díaz-Portones y Reyes-Jaramillo, 2009 para especies forestales de clima templado.

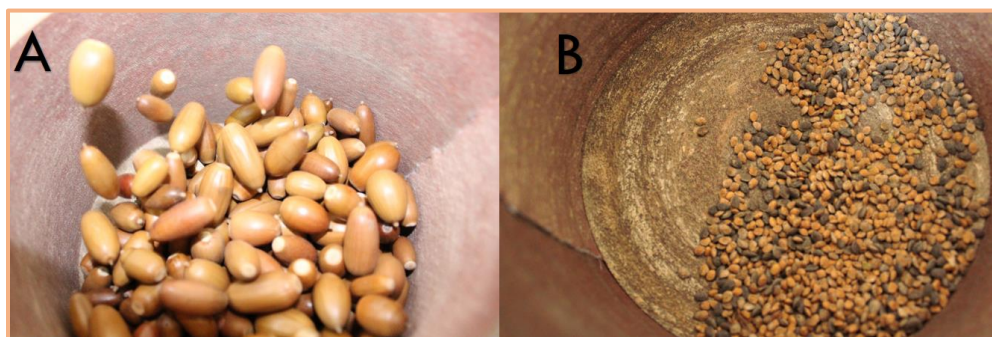


Figura 6. Escarificación mecánica, A) *Q. rugosa*; B) *P. montezumae*

6.2.3.2 Siembra y evaluación de la germinación

La técnica empleada en la realización de la siembra se considera crucial para la emergencia de las plántulas, de modo que este proceso utilizó la técnica propuesta por SEDAGRO y PROBOSQUE, 2007, la cual consiste en posicionar las semillas a no más de 300% su tamaño, para realizar dicho proceso se emplearon charolas de plástico en diferentes medidas; para las especies del género *Pinus* las charolas poseen una capacidad de 200 cavidades, mientras que para las especies del género *Quercus* se utilizaron charolas con una capacidad de 100 cavidades, ya que el tamaño de la semilla es diferenciado por género (Figura 7). A todo lo anterior se aplicó un diseño experimental con un arreglo completamente al azar con 3 repeticiones de 90 semillas de cada especie, aplicando riegos diarios hasta que inicio la emergencia de las plántulas, considerándose esto como una semilla germinada, posteriormente se aplicaron riegos cada tercer día.



Figura 7. Siembra de *Q. laurina* en tratamiento seis.

Sumado a esto se realizaron pruebas de germinación donde la técnica empleada se desglosa en los siguientes pasos; desinfección superficial de las semillas con hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos, lavar tres veces con agua destilada, posterior a esto se extrajo la semilla de cada fruto (solo *Quercus*) y se germinó en contenedores de 4 L de capacidad, para el caso de las semillas pertenecientes al género *Pinus* se ocuparon cajas Petri, en ambos casos se recubrió el interior con papel absorbente humedecido, con el objeto de realizar observaciones diarias así como la adición de 10ml (encinos) y 2 ml (pinos) de agua destilada cada dos días para cada

repetición evitando la disminución de la humedad (Díaz-portones y Reyes-Jaramillo, 2009) finalmente la temperatura que se mantuvo entre los 15 y 16 °C.

Las variables a analizadas durante el proceso germinativo fueron a) porcentaje total y b) velocidad de emergencia al 75% según la metodología de Camacho-Morfin (1994) y Snedecor y Cochran (1971), respecto a los sustratos empleados:

$$a) \quad CG = \frac{(Aex100)}{M}$$

Dónde:

CG = Capacidad germinativa o Porcentaje de germinación final.

Ae = Germinación acumulada hasta la última evaluación.

M = Muestra evaluada, lo que corresponde al total de semillas sembradas.

$$b) \text{ Días a un \% dado} = d + \frac{(D-d)(E-a)}{A-a}$$

Dónde:

A = valor de A mayor más cercano a E.

a = valor de A menor más cercano a E.

D = días requeridos para alcanzar A.

d = días requeridos para alcanzar a.

6.3 Trabajo de laboratorio

6.3.1 Análisis Físicos y Químicos de los sustratos

Un punto importante está dirigido a la realización de análisis físicos y químicos de las diferentes mezclas de sustratos, con el fin de evaluar y/o relacionar estos parámetros con los resultados finales de germinación y desarrollo de las cuatro especies forestales, para tal efecto en la Tabla 2 se muestra las técnicas y métodos que se aplicaron para la determinación de cada uno de los parámetros físico-químicos.

Tabla 2. Métodos de análisis de sustratos para los diferentes parámetros físico-químicos

| Parámetro | Método | Referencia |
|--------------------------|--|--|
| Porosidad Total % | Volumen de contenedores | Landis <i>et al.</i> , (1990) |
| Porosidad de Aireación% | Volumen de contenedores | Landis <i>et al.</i> , (1990) |
| Porosidad de Retención % | Volumen de contenedores | Landis <i>et al.</i> , (1990) |
| Materia Orgánica % | Método de combustión húmeda de Walkley y Black | Jackson (1982) |
| Nitrógeno% | Kjendahl (Digestión acida y oxido-reducción) | Kjendahl (1883) |
| Carbono % | Constante de Jackson (a partir de la materia orgánica) | Jackson (1982) |
| pH | Potenciómetro (relación 1:2.5 con agua destilada y KCL.) | Goijberg y Aguilar (1987) |
| Fósforo | Colorimetría (Bray 1) | Bray y Kurtz (1945) |
| Potasio | Flamometría | Wander (1942); Barnes <i>et al.</i> , (1945) |

6.3.2 Evaluación de la calidad e planta

Posterior a un mes a la emergencia de las plántulas, estas se trasplantaron a bolsas de polietileno con medidas de 10x20 cm de calibre 400 empleados los tratamientos propuestos, con lo cual se mantuvieron por 10 meses bajo malla sombra al 30% con riegos cada tres días. Para evaluar dicho proceso se tomaron 10 individuos completamente al azar de cada tratamiento a los que se midió la altura de porción aérea de la planta (cm) el diámetro del tallo (mm) y peso seco de la porción aérea y raíz (g), con el fin de calcular los índices (Figura 8); a) De calidad de Dickson *et. al* (1960), b) índice de esbeltez de Schmid-Vogt (1980) y c) la relación raíz-parte Aérea (Inverson, 1984). Donde:

- » La altura total de la planta: Distancia desde el cuello de la raíz hasta la yema apical.
- » El diámetro: punto de referencia la base del tallo.

» El peso seco de la parte aérea y radical: Ambas partes se guardaron en bolsas de papel y se sometieron al secado en una estufa a una temperatura de 70°C hasta alcanzar un peso constante. Para ser pesadas en una balanza analítica y aplicar las siguientes formulas:

a) Calidad de Dickson (ICD) =
$$\frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura tallo (cm)} + \text{peso seco tallo (g)}}{\text{diametro (mm)}} + \text{peso seco raiz}}$$

b) Esbeltez (IE) =
$$\frac{\text{diametro tallo (mm)}}{\frac{\text{altura tallo}}{10} + 2}$$

c) Relación parte aérea-raíz (RPA-R) =
$$\frac{\text{Peso seco del tallo (g)}}{\text{Peso seco de la raiz (g)}}$$



*Figura 8. Retiro de sustrato en planta de *Q. rugosa* para análisis de calidad.*

Por último, esta calidad se evaluó de acuerdo con la metodología propuesta por CONAFOR, 2009; Sáenz, 2010; Rueda-Sánchez *et al.*, 2013, en la cual se calculó el promedio y la desviación estándar, con el promedio se estimaron rangos de calidad (ALTA, MEDIA Y BAJA) en cada variable de las especies evaluadas (Tabla 3). Una vez estimados los parámetros se definió la calidad de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 3. Rangos de Calidad para las variables morfológicas evaluadas, adaptado Rueda-Sánchez et al., 2013.

| Variable | Tipo de planta | Calidad | | |
|----------------------|-----------------------|---------|-----------|-------|
| | | Baja | Media | Alta |
| Altura (cm) | Conífera no cespitosa | <10 | 10.0-11.9 | ≥12.0 |
| | Latifoliada | <12 | 12.0-14.9 | ≥15.0 |
| Diámetro (mm) | Conífera no cespitosa | <2.5 | 2.5-3.9 | ≥4.0 |
| | Latifoliada | <2.5 | 2.5-4.9 | ≥5.0 |
| IE | Todas | ≥8.0 | 7.9-60 | <6.0 |
| RPA-R | Todas | ≥2.5 | 2.4-2.0 | <2.0 |
| ICD | Todas | <0.2 | 0.2-0.4 | ≥0.5 |

Tabla 4. Categoría de calidad de planta de acuerdo a los parámetros evaluados en las distintas especies

| CALIDAD | Valores de alta calidad | Valores de media calidad | Valores de baja calidad |
|------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Alta (A) | Todos | Hasta 3 | Ninguno |
| Media (M) | Mayor proporción | Menor proporción | uno |
| Baja (B) | Mayor proporción | Menor proporción | dos |

6.4 Trabajo de Gabinete

6.4.1 Análisis estadísticos

Esta fase del proyecto correspondió a la evaluación de los procesos de germinación y calidad de planta aplicando un análisis exploratorio a través de estadísticas descriptivas con gráficos de barras y alambres, así como un análisis de varianza con el fin de evaluar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos y especies.

6.4.2 Mapeo de áreas prioritarias con potencial para restauración

Dentro de la presente investigación se elaboró un mapa que retoma como metodología base el Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) desarrollado por Saaty (Gómez y Barredo, 2005; Gonzales. *et al.*, 2016), dicho método funciona como guía para los tomadores de resoluciones puesto que el análisis de una decisión ocurre de manera separada. El primer paso es establecer un objetivo principal (jerarquía 1), así como los criterios (jerarquía 2) y subcriterios (jerarquía 3) (Gonzales. *et al.*, 2016).

Para este caso se tomaron como referencia los criterios utilizados por el autor anterior puesto que corresponden a variables ambientales evaluadas por un grupo de expertos en el tema de la restauración ecológica, siendo estas el clima, el suelo, la topografía, la cobertura vegetal, la perturbación, asimismo se consideraron como significativa la altitud en la evaluación de dichas áreas para estas especies forestales de modos que en la Tabla 5 se muestran mencionan los criterios y subcriterios.

Tabla 5. Jerarquías en el análisis territorial de áreas prioritarias a restaurar

| JERARQUÍA 1 | JERARQUÍA 2 | JERARQUÍA 3 |
|---------------------|-------------------|--|
| RESTAURACIÓN | Clima | Semifrío Templado Semicálido |
| | Suelo | Andosol Litosol |
| | Topografía | Pendiente |
| | Cobertura Vegetal | Uso de suelo Presencia de Vegetación Vegetación secundaria Vegetación densa |
| | Perturbación | Máxima Alta Media Moderada Sin perturbación |
| | Altitud | 1500-2800 msnm |

Posterior a la elección de los criterios y subcriterios, se recopiló la información cartográfica del municipio de Huitzilac obteniéndose de fuentes como el INEGI, CONABIO y LISIG-CIByC de la UAEM. Una vez realizado el paso anterior la información se estandarizó a la proyección Universal de Mercator (UTM) zona 14 y Datum WGS84 (1984), para realizar el modelado cartográfico. El siguiente paso consistió en la comparación pareada dentro de cada jerarquía, con la finalidad de hacer juicios simples a través de la jerarquía utilizando la escala fundamental, Tabla 6 (Gonzales *et al.*, 2016) que de acuerdo con las condiciones ambientales y topográficas del municipio de Huitzilac se asignó diferentes intensidades de importancia a cada subcriterio.

Una vez realizado lo anterior se procedió al cruce de la información sistematizada en el software ArcGIS 10.3, para finalmente obtener el mapeo.

Tabla 6. Escala fundamental del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)

| Intensidad de Importancia | Definición | Explicación |
|----------------------------------|------------------------|--|
| 1 | Igual importancia | Los dos factores contribuyen en igual proporción para llegar al objetivo |
| 3 | Importancia moderada | Los conocimientos están dirigidos moderadamente a favor de algún factor |
| 5 | Importancia Fuerte | Los conocimientos están dirigidos fuertemente a favor de algún factor |
| 7 | Importancia demostrada | Un factor influye significativamente sobre otro |
| 9 | Extrema importancia | Un factor influye sobre otro (Afirmación evidenciada) |
| 2, 4, 6, 8 | | Cuando es necesario un valor intermedio |

CAPITULO 7. RESULTADOS y DISCUSIÓN

7.1 Características físicas y químicas de los sustratos

7.1.1 Porcentaje de porosidad, total, de aireación y retención de agua

Los resultados obtenidos afines a los dos tipos de porosidad y la retención de agua, muestran la existencia de una relación directamente proporcional en donde a mayor adición de estiércol ovino incrementa el porcentaje de la porosidad total, de aireación así como del porcentaje de retención de agua, siendo el tratamiento número 5 (100% suelo forestal) el que obtuvo los valores menores 47.89, 8.53 y 39.37 respectivamente, por el contrario el tratamiento 4 (50% estiércol, 20% suelo forestal y 30% aserrín) obtuvo 64.47%, 16.11% y 48.37% de dichos parámetros considerados como los valores mayores, esto debido a que la materia orgánica provee mayor cantidad de espacios porosos donde el agua se almacena por ciertos periodos de tiempo (USDA, 1987; Labrador-Moreno, 1996), no obstante a pesar de las diferencias entre los tratamientos, todos se encuentran en los rangos propuestos por Landis *et al.*, 1990 donde la Porosidad Total oscila entre 60 y 80 %, y los recomendados por Havis y Hamilton (1975) para la Porosidad de Aireación el cual menciona que deben ser cercanos al 15 y 20 % (Figura 9).

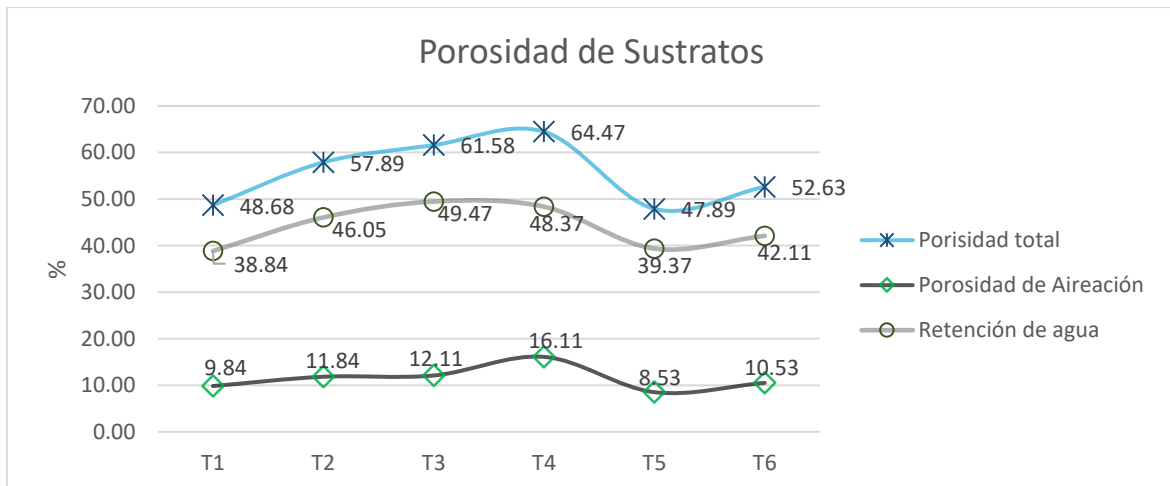


Figura 9. Valores en porcentaje de la porosidad total, de aireación y retención de agua

7.1.2 pH

De acuerdo los resultados obtenidos del pH en agua el tratamiento 5 (100% suelo forestal) obtuvo un valor de 5.25 categorizándose como fuertemente ácido, siendo el de mayor acides de todos los tratamientos; para los tratamientos 1 y 6 el nivel de acides se redujo ya que estos registraron valores de 6.57 y 6.23 respectivamente, ubicándose dentro de la categoría “ligeramente ácido”; finalmente para los tratamientos 2 (30% estiércol, 40% suelo forestal y 30% aserrín), 3(40% estiércol, 30% suelo forestal y 30% aserrín) y 4 (50% estiércol, 20% suelo forestal y 30% aserrín), existe un patrón ascendente en cuanto a la concentración de cationes, atribuido a la adición de mayor cantidad de estiércol ovino, puesto que los valores obtenidos fueron 7.09, 7.27 y 7.54 respectivamente, es decir tienen un pH medianamente alcalino. Para el caso del pH en KCl el comportamiento resulto similar, no obstante, los valores correspondientes a dicho parámetro se ubican aproximadamente medio punto por debajo del pH anterior descrito (Figura 10 y Figura 11)

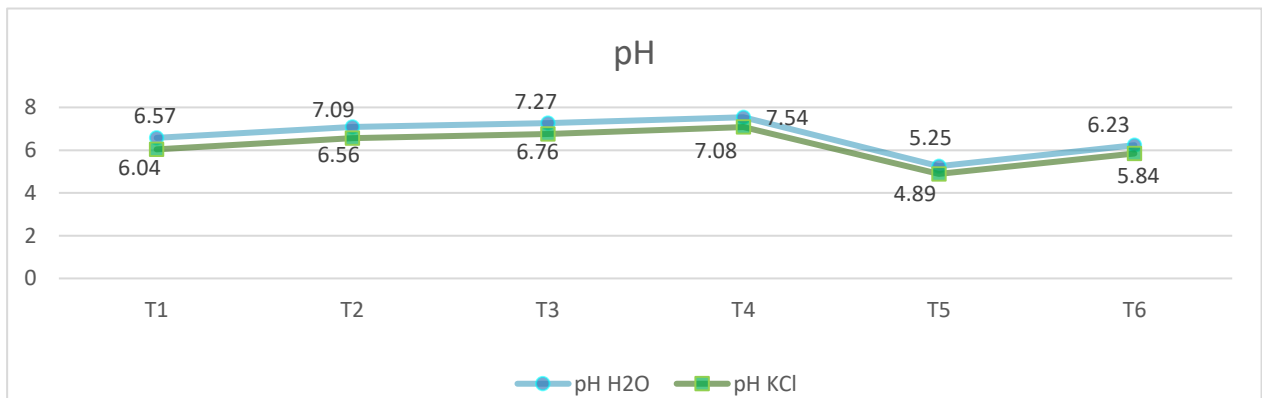


Figura 10. pH en agua y KCl de los seis tratamientos evaluados

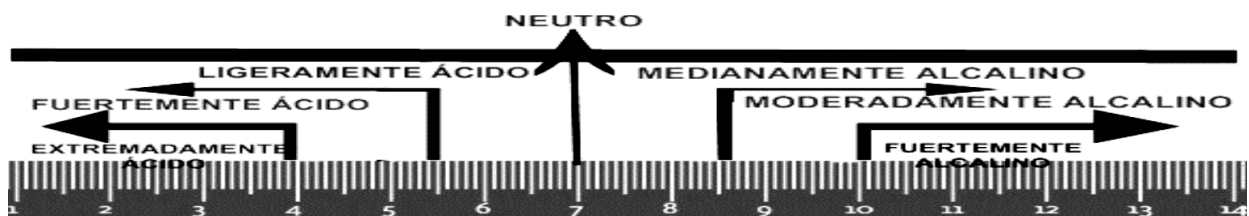


Figura 11. Escala de la solución de pH respecto a la solución del suelo. (Fuente The Vocational Instructional Service-Agricultural-Educational”) citado por Núñez Solís (1981)

7.1.3 Porcentaje de M. O., C y N

En primera instancia los resultados de la Materia Orgánica (M. O.), el Carbono (C) y N (Nitrógeno) muestran una tendencia directamente proporcional, ya que el incremento en el porcentaje de dichos parámetros está dado por la adición gradual de estiércol ovino, caso contrario el tratamiento número cinco correspondiente al 100% de suelo forestal posee 19.481%, 11.299 % y 0.87 % de M.O., C, y N, siendo este el que posee los porcentajes más bajos comparado con el resto de las mezclas elaboradas; en contraste, el tratamiento número cuatro obtuvo los valores superiores, con 60.226%, 34.931% y 1,506% de M.O., C y N respectivamente ya que en esta mezcla se incorporó prácticamente 80% de componentes orgánicos, 30% de aserrín y 50% de estiércol ovino (Figura 12). Para el resto de las mezclas elaboradas, T1(20% estiércol, 50% suelo de bosque y 30% de aserrín), T2 (30% estiércol, 40% suelo de bosque y 30% de aserrín), T3 (40% estiércol, 30% suelo de bosque y 30% de aserrín) y el tratamiento control (T6) el % de M.O. oscilo entre 28.849 y 46.099, mientras que el % de C fue de 16.733 a 26.738 y el % de N entre 0.822 y 1.152, considerados como valores intermedios respecto al máximo y mínimo (sustratos 4 y 5).

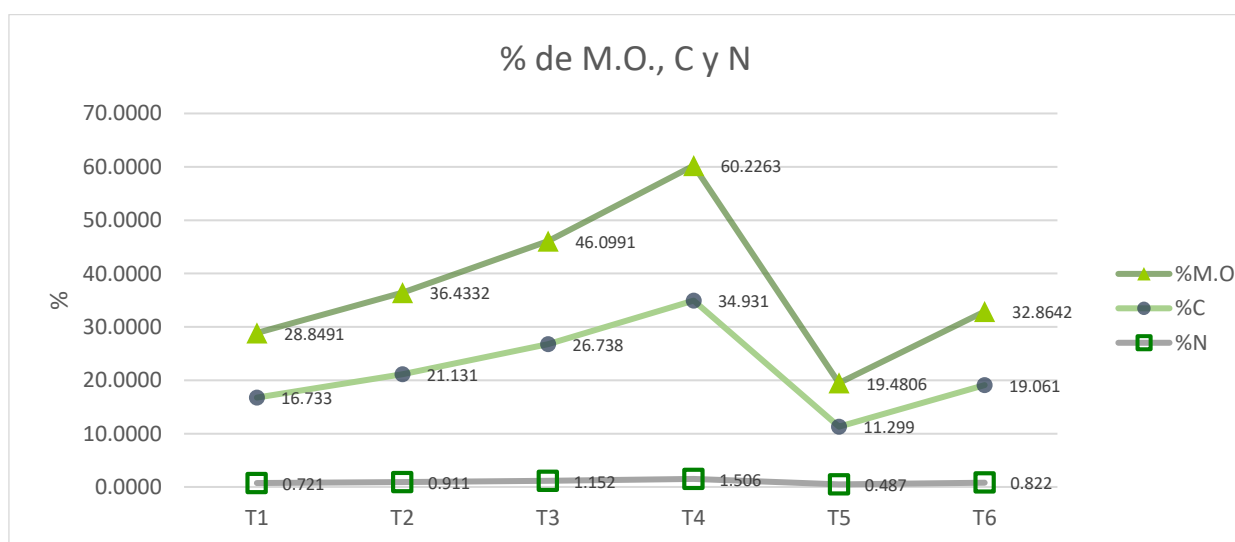


Figura 12. Valores en porcentaje de la Materia orgánica (M.O.), Carbono (C) y Nitrógeno (N) de los seis tratamientos evaluados.

7.1.4 Partes por millón de K y P

Los niveles del potasio tiende a incrementar en los sustratos donde se adicione mayor cantidad de estiércol ovino resultando las mezclas 3 (40% estiércol, 30% suelo de bosque y 30% de aserrín) y 4 (50% estiércol, 20% suelo forestal y 30% aserrín) las que contienen mayor cantidad de este elemento, respecto al tratamiento control el valor es similar a la mezcla 1, de manera contraria el tratamiento cinco, 100% suelo forestal, posee el valor más bajo comparados con los demás tratamientos, 271.040 ppm (Figura 13).

En cuanto a los valores del fosforo no hubo variación en las mezclas evaluadas, este oscilo entre 41.09 y 43.22 ppm, considerándose como valores elevados, puesto que es similar e incluso superior a lo reportado por Martínez *et al.*, (2003), es importante mencionar que la disponibilidad de este elemento está dada por múltiples factores, el más importante está asociado a la actividad microbiana (Cross y Schlessinger, 1995; Ed-Haun *et al*, 2007).

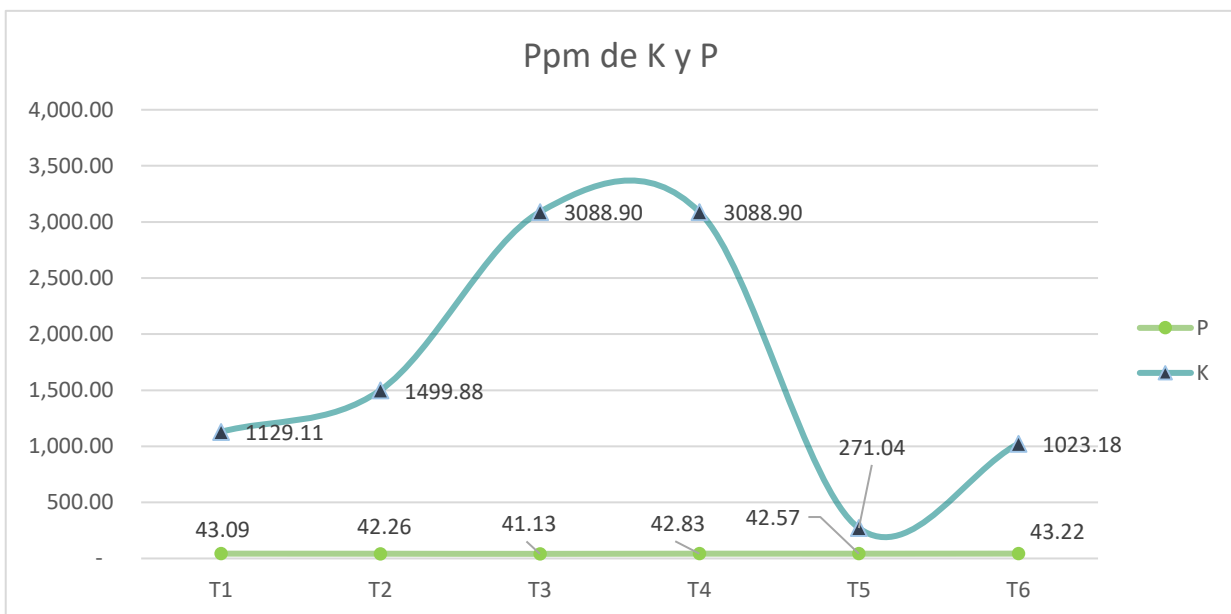


Figura 13. Partes por millón de P y K de los seis sustratos

7.2 Evaluación de la germinación

La germinación fue mayor en el T5 (100% suelo forestal) para *P. lawsonii*, ($F(5,12) = 39.613$, $P < 0.05$), con un promedio de 72 individuos germinados (Figura 14), esto se atribuye a que el tratamiento presentó un pH ácido (5.25) que de acuerdo con Ansorena (1994) está en el rango óptimo para sustratos usados en la producción de algunas especies de coníferas; por el contrario la adición gradual de estiércol de ovinos en el T1 (20% estiércol, 50% suelo forestal y 30% aserrín), T2 (30% estiércol, 40% suelo forestal y 30% aserrín), T3 (40% estiércol, 30% suelo forestal y 30% aserrín), y T4 (50% estiércol, 20% suelo forestal y 30% aserrín), modificó el pH, de ácido a alcalino provocando un efecto negativo lo cual afecta el proceso germinativo de algunas especies de pináceas lo que concuerda con Sánchez-Córdoba *et al.*, 2008, el caso del T6 (Control) la germinación fue reducida a causa de Damping-off, problema común para esta mezcla, reportado por (Landis *et al.*, 1990; SEDAGRO y PROBOSQUE, 2007). La germinación fue mayor en el T1, T2, T3 y T4 para *Q. laurina* ($F(5,12) = 6.5547$, $P < 0.05$) y *Q. rugosa* ($F(5,12) = 3.7157$, $P > 0.05$), esto sugiere que estas especies toleran diversos rangos de pH que van de fuerte y ligeramente ácido como los presentes en los tratamientos T5 (100% suelo forestal) y el tratamiento control, a medianamente alcalino en donde las características químicas, físicas y biológicas son las óptimas lo que propicia un incremento en la germinación, puesto que las poblaciones de microorganismos no afectan a las plántulas emergidas (Landis *et al.*, 1990, Ed-Haun *et al.*, 2007), caso contrario del T6 (control) donde la muerte por Damping-off fue común al igual que en *P. lawsonii*. La germinación de la especie *P. montezumae* resultó diferenciada por parajes, en el caso Tlalmanantla no muestra diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos propuestos surgen como una alternativa ya que son similares al T6 en germinar plántulas saludables a un bajo costo, obteniendo una germinación por encima del 60%. De modo contrario para el germoplasma de los parajes Tejocotes y Tzoalco se optó limitar la evaluación, puesto que la cantidad de semillas germinadas no superó el 50%, esto atribuido a la baja calidad, lo que propicia la producción de plántulas con bajos niveles de desarrollo y que de acuerdo con Peñuelas y Ocaña, 1996; Montoya, 1996; Ortega *et al.*, 2006 resultan plantas con poca probabilidad de sobrevivencia en el campo.

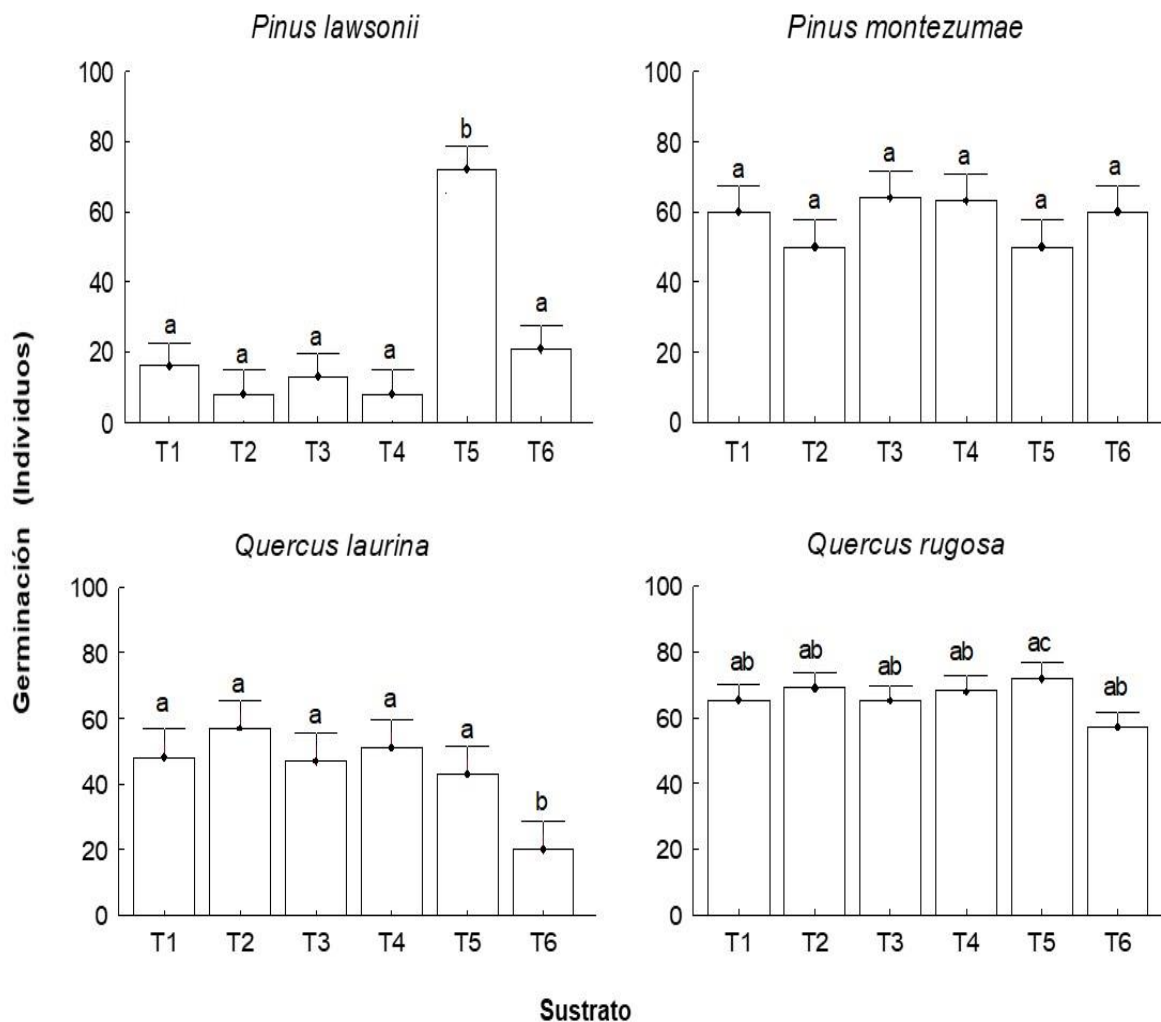


Figura 14. Comparación de promedios de germinación de *P. lawsonii*, *P. montezumae*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, letras iguales no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey.

7.2.1 Evaluación de velocidad de germinación

La velocidad para alcanzar el 75% de germinación con mayor prontitud se presenta en el T5 (100% suelo forestal) para *P. lawsonii* ($F(5, 12)=722.22, P<0.05$) esto se debe a que este tratamiento es 100% suelo forestal con características físicas, químicas y biológicas son propias del suelo donde esta especie se distribuye (Martínez, 1948; Binkley y Sollins, 1990; Bååth *et al.*, 1995), mientras que para *P. montezumae* el T3 (40% estiércol, 30% suelo forestal y 30% aserrín) es el

que en menor tiempo alcanza el 75% de germinación ($F(5, 12)=173.53, P<0.01$) atribuido principalmente a la humedad y pH que esta mezcla posee, los cuales corresponden a valores óptimos para sustratos de producción forestal de acuerdo a lo reportado por Castellanos, (1982); Mäder *et al.*, (2002) y Sánchez-Córdoba *et al.*, (2008). El resto de las especies no mostraron diferencias significativas, sin embargo, los tratamientos propuestos surgen como una alternativa ya que igualan en velocidad y superan en germinación al T6 (Control) considerado como sustrato regional (Figura 15).

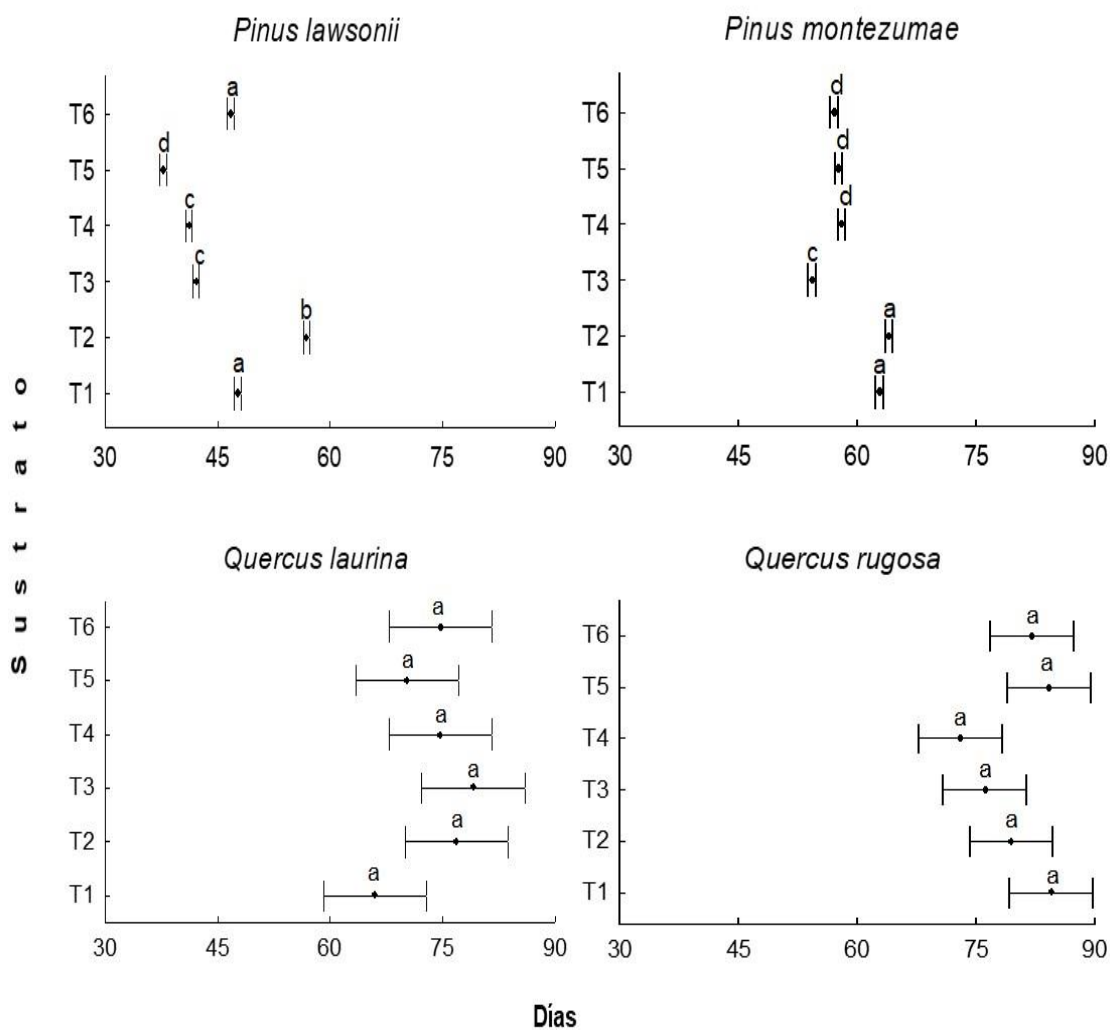


Figura 15. Comparación de promedios de velocidad al 75% de germinación de *P. lawsonii*, *P. montezumae*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, letras iguales no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey

7.3 Calidad de Planta

La calidad de planta de la especie *P. lawsonii* es alta en los sustratos T3, T4 y T5 (100% *suelo forestal*), por lo tanto, el crecimiento y desarrollo al usar estiércol de ovino es similar que cuando se emplean fertilizantes granulados (T6), con lo cual dichos tratamientos se recomiendan en la producción de esta especie (Tabla 7). De modo contrario en el T2 (30% *estiércol*, 40% *suelo forestal* y 30% *aserrín*), la calidad de planta es baja, asociado principalmente a la mala calidad de las plántulas que se obtuvieron en este tratamiento y que concuerda con lo reportado con Peñuelas y Ocaña, 1996; Montoya, 1996; Ortega *et al.*, 2006, los cuales indican que existen limitantes en el desarrollo inicial cuando se emplean plantas de este tipo, con esto no recomienda en T2 (30% *estiércol*, 40% *suelo forestal* y 30% *aserrín*), en la producción de *P. lawsonii*. Por otra parte, en el T1 (20% *estiércol*, 50% *suelo forestal* y 30% *aserrín*) la calidad es considerada como Media, siendo la altura el parámetro que presentó la limitante de mayor importancia ya que el promedio resulto el segundo más bajo de todos los tratamientos empleados.

Relacionado a la especie *P. montezumae*, en el T1 (20% *estiércol*, 50% *suelo forestal* y 30% *aserrín*), T2 (30% *estiércol*, 40% *suelo forestal* y 30% *aserrín*), y T5 (100% *suelo forestal*) se obtuvo la calidad Alta (Tabla 7), esto indica una producción de plantas que con características óptimas resistentes a las condiciones ambientales que prevalecen en el Municipio de Huitzilac, de estos el T2 (30% *estiércol*, 40% *suelo forestal* y 30% *aserrín*), es el que mayormente se recomienda para esta especie ya que los valores de cada parámetro son los más altos comparados con el resto de los tratamientos. Cabe mencionar que el T6 la calidad fue Alta, sin embargo, al propagar esta especie de pino con dicha mezcla los costos de producción se incrementan significativamente. Sumado a lo anterior, los sustratos donde se alcanzó plantas de Calidad Alta son similares e incluso superiores a los resultados obtenidos Rueda-Sánchez *et al.*, 2013 en un estudio similar, con especies del mismo género y forma de crecimiento no cespitoso, ya que los promedio reportados en esta investigación fueron; altura 25.3 cm, diámetro de 3.6 mm, I.E. 7.2, relación PA-R de 4.4 y I.D. de 0.1.

Tabla 7. Calidad de las variables evaluadas de especies del Género *Pinus*

| Variable | <i>Pinus lawsonii</i> | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|
| | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | | T5 | | T6 | |
| | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C |
| Altura (cm) | 9.4 ± 2.1 | B | 7.2 ± 1.3 | B | 13.4 ± 2.8 | A | 12.1 ± 1.8 | A | 11.9 ± 2.8 | M | 19.0 ± 2.8 | A |
| Diámetro (mm) | 5.0 ± 1.6 | A | 3.6 ± 1.4 | M | 8.4 ± 3.0 | A | 9.4 ± 2.6 | A | 9.4 ± 2,3 | A | 11.2 ± 2.8 | A |
| Índice de Esbeltez | 1.7 ± 0.5 | A | 1.3 ± 0.5 | A | 2.5 ± 0.9 | A | 2.9 ± 0.8 | A | 3.0 ± 0.7 | A | 2.9 ± 0.7 | A |
| Relación PA-R | 1.9 ± 0.8 | A | 2.1 ± 0.9 | M | 2.1 ± 0.8 | M | 1.4 ± 0.5 | A | 1.7 ± 0.6 | A | 1.6 ± 0.5 | A |
| Índice de Dickson | 0.3 ± 0.0 | M | 0.1 ± 0.0 | B | 0.9 ± 0.0 | A | 0.9 ± 0.0 | A | 0.8 ± 0.0 | A | 1.6 ± 0.8 | A |

| Variable | <i>Pinus montezumae</i> | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|
| | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | | T5 | | T6 | |
| | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C |
| Altura (cm) | 20.8 ± 3.9 | A | 22.9 ± 4.7 | A | 13.5 ± 4.8 | A | 17.7 ± 2.4 | A | 15.6 ± 5.8 | A | 25.1 ± 3.6 | A |
| Diámetro (mm) | 4.7 ± 0.7 | A | 5.0 ± 1.1 | A | 5.2 ± 2.6 | A | 3.8 ± 1.7 | M | 3.7 ± 0.7 | M | 9.2 ± 2.9 | A |
| Índice de Esbeltez | 1.2 ± 0.1 | A | 1.2 ± 0.2 | A | 1.5 ± 0.6 | A | 1.0 ± 0.3 | A | 1.1 ± 0.4 | A | 2.1 ± 0.6 | A |
| Relación PA-R | 2.3 ± 0.3 | M | 1.8 ± 0.3 | A | 2.8 ± 0.9 | B | 3.6 ± 1.2 | B | 1.9 ± 0.5 | A | 2.2 ± 0.7 | M |
| Índice de Dickson | 0.4 ± 0.0 | M | 0.7 ± 0.0 | A | 0.3 ± 0.0 | M | 0.3 ± 0.0 | M | 0.3 ± 0.0 | M | 0.9 ± 0.0 | A |

\bar{X} = Promedio; σ = Desviación estándar; C=calidad de la variable; A= alta, M=media, B= baja; PA-R= parte aérea-raíz

La calidad Alta en la especie *Q. laurina* se alcanzó en el T1 (20% estiércol, 50% suelo forestal y 30% aserrín), T2 (30% estiércol, 40% suelo forestal y 30% aserrín), T3 (40% estiércol, 30% suelo forestal y 30% aserrín), y T5 (100% suelo forestal), no obstante, el T2 presenta los valores mayores en cada variable evaluada (Tabla 8), respecto a los otros tratamientos, de modo que es el que mayormente se recomienda para la producción de esta especie. Por el contrario, en el T4 (50% estiércol, 20% suelo forestal y 30% aserrín) la calidad de planta fue Media, teniendo plantas con coloración amarillenta producto de la modificación del pH en el cual no se desarrollan de forma

normal (Ansorena,1994) por lo tanto, se limita recomendar el uso de este sustrato en la producción de la citada especie.

En el caso de la especie *Q. rugosa* la calidad Alta se presentó en todos los tratamientos, sin embargo, de acuerdo a los valores de las variables evaluadas el T2 y T4 son los que se recomienda en para llevar a cabo este proceso, puesto que en 10 meses se pueden producir plantas con características aptas para ser llevadas a campo con un costo bajo de producción., sumado a lo anterior, nuestros resultados donde la calidad de planta resulto Alta, para este género, son similares e incluso superiores a los propuestos por Birchler *et al.*, (1998) para este género.

Tabla 8. Calidad de las variables evaluadas de especies del Género *Quercus*

| Variable | <i>Quercus laurina</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|
| | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | | T5 | | T6 | |
| | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C | $\bar{X} \pm \sigma$ | C |
| Altura (cm) | 15.6 ± 2.2 | A | 18.8 ± 3.1 | A | 13.1 ± 1.8 | M | 7.8 ± 1.1 | B | 13.5 ± 2.9 | M | 24.2 ± 3.9 | A |
| Diámetro (mm) | 3.2 ± 0.6 | M | 4.2 ± 0.9 | M | 3.9 ± 0.6 | M | 3.8 ± 1.9 | M | 3.5 ± 0.7 | M | 5.5 ± 1.3 | A |
| Índice de Esbeltez | 0.9 ± 0.2 | A | 1.1 ± 0.2 | A | 1.2 ± 0.2 | A | 1.4 ± 0.6 | A | 1.0 ± 0.2 | A | 1.2 ± 0.3 | A |
| Relación PA-R | 0.5 ± 0.1 | A | 0.6 ± 0.1 | A | 0.5 ± 0.1 | A | 0.4 ± 0.2 | A | 0.4 ± 0.1 | A | 0.9 ± 0.4 | A |
| Índice de Dickson | 0.4 ± 0.0 | A | 0.7 ± 0.0 | A | 0.3 ± 0.0 | M | 0.7 ± 0.0 | A | 0.5 ± 0.0 | A | 1.0 ± 0.8 | A |
| <i>Quercus rugosa</i> | | | | | | | | | | | | |
| Altura (cm) | 16.2 ± 1.9 | A | 23.7 ± 3.6 | A | 19.7 ± 6.7 | A | 25.7 ± 5.0 | A | 19.2 ± 4.4 | A | 32.5 ± 5.5 | A |
| Diámetro (mm) | 6.8 ± 1.3 | A | 5.9 ± 1.1 | A | 5.8 ± 1.8 | A | 6.3 ± 1.5 | A | 5.1 ± 2.0 | A | 5.7 ± 0.7 | A |
| Índice de Esbeltez | 1.9 ± 0.4 | A | 1.3 ± 0.2 | A | 1.5 ± 0.5 | A | 1.4 ± 0.3 | A | 1.3 ± 0.4 | A | 1.1 ± 0.1 | A |
| Relación PA-R | 0.6 ± .2 | A | 0.7 ± 0.2 | A | 0.8 ± 0.2 | A | 0.8 ± 0.2 | A | 0.6 ± 0.2 | A | 1.0 ± 0.2 | A |
| Índice de Dickson | 1.7 ± 0.0 | A | 1.2 ± 0.0 | A | 1.0 ± 0.0 | A | 1.7 ± 0.0 | A | 0.9 ± 0.0 | A | 1.4 ± 0.0 | A |

\bar{X} = Promedio; σ = Desviación estándar; C=calidad de la variable; A= alta, M=media, B= baja; PA-R= parte aérea-raíz

7.4. Áreas prioritarias para restauración ecológica en Huitzilac Morelos

De acuerdo a los resultados obtenidos del PAJ la Figura 16 muestra los niveles de prioridad para realizar proyectos de restauración ecológica en el municipio de Huitzilac, generando cinco categorías descritas a continuación:

Áreas no prioritarias, estas abarcan 1397.94 hectáreas representando el 7.31 % del territorio del municipio, siendo estas áreas de difícil acceso, con pendientes pronunciadas, con valores de altitud elevados y mayor lejanía a los centros de población, así como contar con vegetación en aparente “buen” estado de conservación debido probablemente a la dificultad para poder extraer recursos como madera o suelo, no obstante esta áreas tienen como función primordial mantener el germoplasma de la mayoría de especies con distribución natural en el COBIOCH, de igual modo pueden funcionar como ecosistemas de referencia en proyectos de restauración.

Áreas con prioridad mínima, estas ocupan 11480.44 hectáreas siendo esto el mayor porcentaje del total municipal lo cual representa 60.03 %, en dicha categoría se distribuyen, bosques de pino, encino, pino-encino, encino-pino, pastizales naturales e inducidos con un grado de alteración moderado, de igual modo los campos agrícolas, estos últimos poseen condiciones orográficas, climáticas y edáficas con valores elevados para continuar con las actividades que desarrollan, no obstante se sugieren retomar prácticas agrícolas que disminuyan el impacto generado por la explotación de años previos, donde como meta principal se plantee mejorar las características del suelo puesto que predomina el uso de agroquímicos que reducen en un mediano y largo plazo la calidad del recurso edáfico. Respecto a los bosques de esta zona y de acuerdo a experiencias con pobladores de la región, la estrategia que plantean básicamente reside en evitar el pastoreo e incendios forestales realizando brechas cortafuego en sitios estratégicos donde históricamente han ocurrido, sumado a esto también proponen la poda árboles jóvenes que pudieran ser afectados en caso de la ocurrencia de incendios, estas estrategias no están sugeridas para el total que ocupa este nivel de prioridad solo incluye zonas limítrofes a los centro de población en un aproximado de 3 kilómetros, sin embargo resulta determinante realizar estudios que muestren de manera verídica las zonas de manera puntual en las que se llevaría a cabo el manejo propuesto por los pobladores locales.

Áreas de prioridad media, comprenden 2328.06 hectáreas lo que representa el 12.17% de total evaluado correspondiendo mayormente a zonas donde la explotación de recursos forestales maderables ha sido llevada a cabo de manera importante implicando la reducción de cobertura vegetal, en estos sitios no se lleva a cabo la agricultura por presentan pendientes pronunciadas las cuales se distribuyen en franjas de norte a sur predominando de la porción central a la oeste, funcionando como barreras de acceso a algunas zonas categorizadas como no prioritarias, es importante mencionar que de llevarse a cabo proyectos de restauración en estas áreas, se plantea un manejo similar al categoría anteriormente descrita poniendo especial énfasis a la susceptibilidad a presentar erosión de continuar la extracción de recursos forestales maderables.

Áreas con prioridad alta, incluyen un total de 3018.94 hectáreas lo cual cubre 15.78% siendo este nivel el segundo en extensión, en su mayoría son terrenos de cultivo o vegetación secundaria altamente perturbada distribuidas en la parte media del municipio con una proximidad de relativa cercanía a los centros de población y principales vías de comunicación (carreteras), en este caso se recomienda llevar a cabo, en los terrenos de cultivo, prácticas de manejo y conservación de suelos orientadas a la reducción de pérdida por erosión hídrica ya que es común observar en temporada de lluvias el arrastre y la formación de zanjas con lo cual el recurso edáfico reduce en calidad y cantidad, para reducir lo anterior es recomendable la adición de elementos como la materia orgánica, siendo esta propiedad la que gobierna la fertilidad del suelo; respecto a la vegetación secundaria perturbada el tiempo para realizar proyectos de restauración ecológica no debe superar el mediano plazo puesto que existe una presión por parte de las áreas agrícolas hacia estos sitios.

Áreas con máxima prioridad, a pesar de la gran cantidad de problemáticas ambientales y sociales que enfrenta el municipio de Huitzilac, el número total de sitios que requieren acciones de restauración ecológica a corto plazo ocupa 900.63 hectáreas lo que representa el 4.71% del total, estas áreas en su mayoría son campos de cultivo ubicados en pendientes pronunciadas que de acuerdo con los pobladores locales y al INEGI(2017) son terrenos con mediana y baja productividad consecuencia de la grave erosión así como a la adición de frecuente de agroquímicos que reducen drásticamente el mantenimiento de los cultivos, de manera textual

los dueños de algunas de estas áreas menciona, *-mi terreno no da mucho, y sería difícil venderlo estaría bien que fuera bosque de nuevo-* ante esta problemática el presente proyecto aporta una pequeña base para que los poseedores en este nivel máximo de prioridad produzcan especies nativas sin realizar grandes gastos para la propagación y que además se garantice la sobrevivencia de los organismos dispuestos en el medio natural, si bien el reto es enorme existen ejemplos en donde la población local está convencida de reconvertir un área de cultivo improductiva a un bosque, no obstante es necesaria la capacitación dirigida al tema de restauración ecológica implicando una trasmisión mutua de conocimientos acerca de las especies que se planteen usar en los proyectos de este tipo, finalmente algo que las autoridades ha obviado es el pago por servicios ecosistémicos que sin duda alguna es necesario incrementar la inversión para la porción territorial incluida en este nivel de prioridad, ya que de lo contrario, a largo plazo reducirán los servicios de este tipo de los cuales se ve beneficiado el centro y sur de estado donde se localizan las principales ciudades.

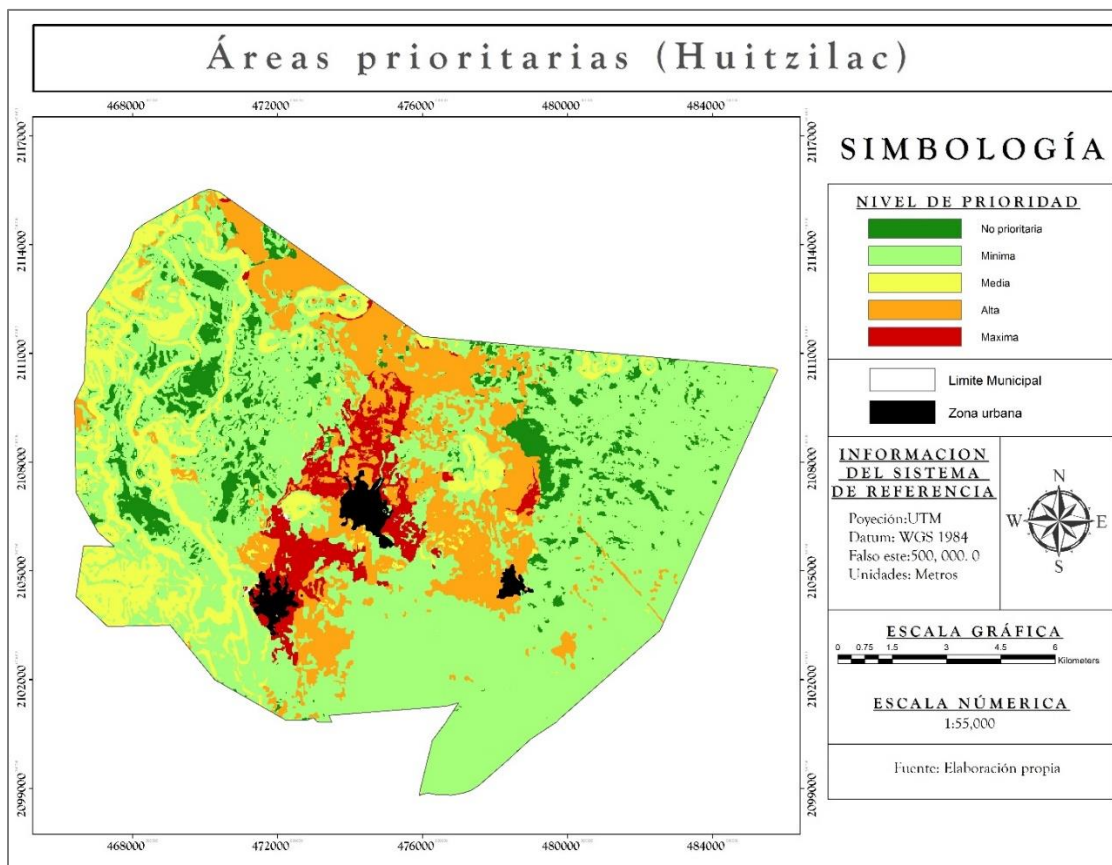


Figura 16. Mapa de niveles de prioridad de áreas para restauración ecológica en el municipio de Huitzilac

CAPITULO 8. CONCLUSIONES

La germinación con niveles elevados en *P. lawsonii* corresponde al suelo forestal en un 100%.

Para el resto de las especies evaluadas, a pesar de no haber diferencias significativas cualquiera de los tratamientos propuestos resulta efectivo en este proceso, ya que se producen plántulas con calidad alta, a un bajo costo y corto tiempo.

El factor con mayor efecto en la germinación de *P. lawsonii* resulto ser el pH, puesto que la modificación del mismo en los distintos sustratos influyo significativamente, funcionando como modelador para el resto de los parámetros y que en efecto se ha corroborado por varios autores.

La calidad alta en la especie *P. lawsonii* se logró en los tratamientos T3, T4 y T5 asociado principalmente a la presencia de mayor cantidad de macronutrientes en dichos sustratos.

Para *P. montezumae*, *Q. laurina* y *Q. rugosa* la calidad alta se alcanzó en la mayoría de los tratamientos propuestos (T1 a T4), de estos el T2 es el mayormente recomendable ya que los promedios de las variables evaluadas corresponden a los de mayor valor.

Las áreas dentro del municipio de Huitzilac que requieren acciones de restauración ecológica a corto plazo ocupa 900.63 hectáreas lo que representa el 4.71% del total, estas áreas en su mayoría son campos de cultivo ubicados en pendientes pronunciadas de baja productividad próximos a los centros de población.

CAPITULO 9. LITERATURA CITADA

Acosta-García, Y., Bahena-Galindo M., Viana-Lases J., Oliver-Guadarrama, R. 2015. Problemática edáfica asociada a una plantación forestal, en Huitzilac, Morelos, México. *Investigación Agropecuaria*, 12(2): 96-114.

Acosta, D. C., Gallardo, C. S., Kampf, A. N., B. Carvallo, B. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Investigación agropecuaria*, 5: 93-106.

Adesemoye, A. O., Torber H. A., Kloepper, J. W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microb Ecol*, 58: 921-929.

Alexander, M. 1987. Introduction to soil microbiology. AGT Editor. USA. 483 pp

Altamirano, M, T., Aparicio, A. 2002. Efecto de la lombricomposta como sustrato alternativo en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. Y *Pinus rudis* Endl. *Foresta Veracruzana*, 4(1): 35-40.

Ansorena, J. 1994. Sustratos Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 169 p.

Bååth, E., Frostegård, Å, Pennanen, T., Fritze, H. 1995. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. *Soil Biol. Biochem*, 21(2): 229-240.

Barnes, R. B., Richardson, D. Berry, J., W. y. Hood, R. L. 1945. Flame Photometry: A rapid analytical procedure. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed*, 17: 605.

Bewly, D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, 9, 1055-1 066.

Binkley, D y Sollins, P. (1990). Factors Determining Differences in Soil pH in Adjacent Conifer and Alder-Conifer Stands. *Soil Sci*. 54: 1427-1433.

Bonner, F, T. 2003. Collection and care of acorns. A practical guide for seed collectors and nursery managers. [Publicación en línea]. Disponible desde internet: <[ww.nsl.fs.fed.us/COLECTI ON%20AND%20CARE%20F%20AC ORNS.pdf](http://www.nsl.fs.fed.us/COLECTI%20ON%20AND%20CARE%20F%20AC%20ORNS.pdf)> Versión 1.1 [Con acceso desde junio de 2003].

Birchler, T., Rose, R., Royo, A., Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr. Sist. Rec. For.* 7(1): 109-121.

Bray, R, H. y Kurtz, L, T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.

Burns. R, C. y Hardy, R, W, F. 1975. Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. Springer-Verlag. USA-Alemania.187 pp

Burriss R. H., 2001. Enciclopedia of Life Scienses. University of Winsconsin-Madison. USA. 5 p.

Carabias, J., Arriaga V., Cervantes-Gutiérrez, V. 2007. Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 80: 85–100.

Camacho-Morfin, F. 1994. Fisiología de la germinación. En: Semillas Forestales. INIFAP. Pub. Esp. 2: 12-31.

Carrera, A. 2004. Inoculación con hongos ectomicorrízicos en *Pinus patula* Schl et Cham y *Pinus gregii* Engelm en invernadero. Tesis de Licenciatura COLPOS. México. 25 p.

Castellanos, R. (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminarios Técnicos.* 7(8): 32.

Ceja J., Espejo, A., López, A., García, J., Mendoza, A. y Pérez, B. Las plantas epifitas, su diversidad e importancia. *Ciencias.* 91: 34-41

Centro Internacional de la Papa (CIP). División de Manejo Integrado de Cultivos. 2008. Alternativas al uso del bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad. Lima (Perú). CIP. 53 p. Documento de Trabajo 2007-2.

Challenger, A. y Soberón, J. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. I: 87-108.

Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). 2000. *Quercus rugosa* Née. *Anales de Ciencias Naturales*. 3: 275: 14-127.

CONAFOR-CONABIO. 2000. Paquetes tecnológicos, *Quercus lairina* Hump. SIRE. México. 6 pp

CONAFOR-CONABIO. 2000. Paquetes tecnológicos, *Pinus lawsonii* Roetzl. SIRE. México. 6 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2009). Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración. CONAFOR. México. 9 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2012. Programa de Restauración Forestal de Cuencas Hidrográficas Prioritarias. www.conafor.gob.mx. México. 85 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Inventario Estatal y de Suelos del Estado de Morelos. SEMARNAT. México. 128 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2016. Programa Nacional Forestal. Áreas elegibles del Componente III Restauración Forestal y Reconversión Productiva en el Estado de Morelos. www.conafor.gob.mx. México.

Contreras-Macbeath, T. y Urbina, F. (1995). Historia Natural del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Corredor Biológico Chichinautzin. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 1-5 P.

Corbera-Elizalde, E. 1999. Diagnóstico de la producción agropecuaria y forestal. Huitzilac, estado de Morelos México. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, Centre d'Estudis Ambientals-UAB. 45 p.

Cross A.F. y Schlessinger H.W. 1995. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*. 64: 197-214.

De Bruijn, F.J. 2015 Biological Nitrogen Fixation. Wiley-Blackwell Publishers, Hoboken. 407-411 p.

Dickson, A., Leaf, A. L. y Hosner, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.* 36(1): 10-13.

Diario Oficial de la Federación. 1983. Decreto por el cual se crea el Área de Protección de Flora y Fauna, Corredor Biológico Ajusco-Chichinautzin. México. 16 p

Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, última reforma publicada (2016). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. 128 p.

Diario Oficial de la Federación. 2003. Ley General De Desarrollo Forestal Sustentable. última reforma publicada (2016). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. 81 p.

Diario Oficial de la Federación. 2005. Reglamento de la ley general de desarrollo forestal sustentable. última reforma publicada (2014). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. 60 p.

Díaz-Pontones, D. y Reyes-Jaramillo, I. 2009. Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* warburg (Fagaceae) de la depresión del Balsas, México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.; Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. *Polibotánica*. 27: 131-143.

Dighton, J. y Coleman, D. C. 1992. Phosphorus relations of roots and mycorrhizas of *Rhododendron maximum* L. in the southern Appalachians, North Carolina. *Mycorrhiza*. 1:175-184.

Dixon, R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C. y Wisniewski J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. 263:185-190.

Domínguez, R. I. y H. N. Aguilera., 1982. Metodología de análisis fisicoquímicos de Suelos. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de México. México. 34 pp.

Ed-Haun, C., Ren-Shih, C., Yuong-How, T. (2007). Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Science and Plant Nutrition*. 53(2): 132-140.

Farjon, A. y Styles, B.T. (1997). *Pinus* (Pinaceae), Flora Neotropica Monograph 75. New York, NY: The New York Botanical Garden.

Figueroa, N M. 2010. Almacenamiento de carbono en bosques manejados de *Pinus patula* en el ejido La Mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Maestría. COLPOS. México. 82 pp.

Fisher, J.B. y Jayachandran, K. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance seedling growth in two endangered plant species from South Florida. *International Journal of Plant Sciences*. 163: 559-566.

Flores-Castorena, A. y Martínez-Alvarado, D. 2010. Biodiversidad, conservación y manejo en el corredor biológico Chichinautzin condiciones actuales y perspectivas (sinopsis florística.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, Gobierno del Estado de Morelos. México 79-97 pp.

García de la Cruz, Y., Ramos-Prado, J.M. y Becerra, J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. CONABIO. *Biodiversitas*. 94: 12-15.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

García, S. J. 1991. Manual de repoblaciones forestales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Fundación Conde del Valle de Salazar, Vol. I, Madrid.

Gunderson, L.H. 2000. Ecological resilience: in theory and application. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 31: 425–439.

Goijberg, R., y Aguilar, S. 1987. pH del suelo y necesidades de cal. SMCS Publicación No. 1. México. Citado en Bahena-Galindo M. E. 2011 El uso de la gallinaza en el medio rural como mejorador de las propiedades físicas y químicas de dos unidades edáficas cultivadas con amaranto. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

Gómez, D., M. y Barredo, C., J. 2005). Sistemas de Información geográfica y evaluación multicriterio, en la ordenación del territorio (2a ed.). Madrid, España: RA-MA. 304 p.

Gonzales, M., Plasencia, F., y Martínez-Trinidad, T. 2016. Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-Zacatlan. *Madera y Bosques*. 2:41-52.

González, R. 1993. La diversidad de los encinos mexicanos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44:125- 142.

Govarts, R. y Frodin, D.G. 1998. World Checklist and Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae). Royal Botanical Gardens, Kew. Citado en Valencia. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol.Soc.Bot.Méx.* 75: 33-53.

Hartman, H. T. y Kester, D. E. 1987. Propagación de plantas: principios y prácticas. CECSA. 760 pp

Havis, J.R. y Hamilton, W. W. 1976. Physical properties of containers media. *Journal of Arboriculture*. 2(7):139-140.

Hernández-Zarate, L., Aldrete, A., Ordaz-Chaparro, V., López-Upton, J., López-López, M. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. COLPOS. *Agrociencia*. 48: 627-637.

Hoth, J. 2012. Estrategia Regional para la Conservación del Bosque de Agua. Fundación Gonzalo Rio Arronte, I.A.P., Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C. y Pronatura México, A.C. México. 85 p.

INEGI. 2017. Mapa digital de México
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIwLjIyNjgxLGxvbjotOTkuNDE1NTUusejo2LGw6YzQwNXxjNDA4fGM0MTM=&layers=c405,c408,c413>

Iverson, R. D. 1984. Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities. In Duryea ML, TD Landis eds. Forest nursery manual. Oregon State University. Corvallis, USA. 261-266 p.

IPCC. 2014. Informe sobre el Cambio Climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad -Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 p.

Jackson, M. L. 1982. Análisis químico del suelo. Editorial Omega. Barcelona, España. 622P. Citado en Bahena-Galindo M. E. 2011 El uso de la gallinaza en el medio rural como mejorador de las propiedades físicas y químicas de dos unidades edáficas cultivadas con amaranto. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 111 p.

Johnson, P., Shifley, S., Royers, R. 2002. The ecology and Silviculture of Oaks. CABI publishing. USA. 67 p.

Kjendahl, J. 1883. Citado en Cortín, A. 1986. Investigación de Suelos, Métodos de Laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Trillas, México. 45 p.

Labrador-Moreno, J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Editorial MUNDI-PRENSA. España. 19-20 y 93 pp.

López, G. J. y Oliver, R. 2010. Biodiversidad, conservación y manejo en el corredor biológico Chichinautzin condiciones actuales y perspectivas. Capítulo 2, Suelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas, Concejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, Gobierno del Estado de Morelos. México. 27 pp.

Mäder, P., Fliebbach, A. Dubois, D., Gunst, L., Fried, P y Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*. 296(5573): 1694-1697.

Maldonado-López Y., Cuevas-Reyes, P. y Oyama, K. 2016. Diversity of gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) associated with oak trees (Fagaceae: Quercus) in a fragmented landscape in Mexico. *Arthropod-Plant Interactions*. 10: 29–39.

Mateo-Sánchez J., Bonifacio-Vázquez, R., Pérez-Ríos, S., Capulín-Grande, J. y Mohedano-Caballero, L. 2011. Universidad Autónoma Indígena de México Mochichahui, El Fuerte. *Ra Ximba*. 7(1): 195-204.

Martin, P. 1964. La planta Viviente. Stanfor University. 245-249 p.

Martínez, B. León, S y Amador, C. 2003. Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, 5(2): 9-16.

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México. 361 p.

Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. 1ª ed. Fondo de cultura económica. México. 1220 p.

Martínez-Ramos, M. 2008. Grupos funcionales, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México. 365-412 pp.

Meli, P. y Carrasco-Carballido, V. 2011. Restauración ecológica de riberas Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. CONABIO. México 66 p.

Montoya, J. (1996). La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi-prensa. España. 127 p.

Navarro, R., del Campo, A. D., y Cortina, J. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. España. 68 p.

Núñez-Solís, J., 1981, Fundamentos de Edafología, Ed. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

Oilet, J., Segura, M., Domínguez, F., Blanco, E., Serrada, R., López R. y F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* mill. Invest. Agr.: Sist. Recur. For., 8(1): 207-227.

Olivo, V., Buduba C. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Cátedra de Suelos Forestales. *Bosque*. 27(3): 267-271.

Organización de las Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 32 pp

Ortega, U., Kidelman, A., Hevia, A., Álvarez-Roy, E. y Majada, J. (2006). Control de calidad de planta forestal. *Información Agroforestal*. 3: 23-28.

Ortega, U., J. Majada., J. Sánchez-Zabala., N. Rodríguez-Iturrizar., K. Txarterina., J. Azpitarte., M. y Duñabeitia. 2002. Efecto de la fertilización y endurecimiento en vivero en el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D.Don. Dpto. Biología Vegetal y Ecología, F. Ciencia y Tecnología. España. 7 p.

Palmberg, C. 1980. Selection and management of seed stand: hardwoods. FAO *Forestry papers*. 20: 122-123.

Pardos J. 2010 Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación. España. 253 p.

Parks Canada Agency. 2007. Principles and Guidelines for ecological restoration in *Canada's Protected Natural Areas*. <http://www.pc.gc.ca/docs>.

Peñuelas, J y Ocaña L. (1996). Cultivo de plantas forestales en contenedor, principios y fundamentos. V.A. Impresiones. España. 190 p.

Peragon, J.L., Villar-Salvador, P. y Peñuela, J. L. 2001. Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de *Quercus faginea* Lam. cultivado en contenedor. Centro Nacional de Mejora Forestal. Ministerio de Medio Ambiente. España. 6 p.

Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland. Timber Press. 231 p.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. y Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*. 267: 1117–1123.

Piñero, D. 2005. Estructura genética y conservación. El caso de los pinos de México. CONABIO. *Biodiversitas*. 61: 8-11

Ranius, T. P., Johanson, N., Berg, M. y Niklasson, M. 2008. The influence of tree age and microhabitat quality on the occurrence of crustose lichens associated with old oaks. *Journal of Vegetation Science*. 19: 653-662.

Reyes-Molina, S. 2011. Evaluación y cuantificación de las comunidades bacterianas asociadas con las raíces micorrizadas de *Pinus montezumae* y *Pinus gregii*. Tesis de Maestría. COLPOS. México 86 pp.

Reyes, R. J., Aldrete. A., Cetina, V. M. y López, J. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrabus* var. *apulcensis* en sustratos a base de aserrín. Universidad Autónoma Chapingo. México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 11(2): 105-110.

Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Sáenz-Reyes, J., Muñoz, H., Prieto-Ruiz, J., Orozco, G. (2013). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Rev. Mex. Cien. For.* 5(22): 58-73.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. D.F. 417 pp.

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. (Edición digital: INECOL 2010)

Sáenz, T., Villaseñor, F., Muñoz, J., Rueda A. Prieto J. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich. México. 50 p

Santillán-Alarcón, S., Sorani, V., Bonilla-Barbosa, J., Luna-Figueroa, J. y Colín, H. 2010. Biodiversidad, conservación y manejo en el corredor biológico Chichinautzin condiciones actuales y perspectivas. Capítulo 1, Escenario Geográfico. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas, Concejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, Gobierno del Estado de Morelos. México. 27 p.

SAGARPA. 2001. Diagnostico forestal del estado de Morelos. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional del centro, Campo Experimental Zacatepec. México. 178 p.

Sánchez-Córdova, T., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. M. y López-Upton, J. 2008. Caracterización de medio de crecimiento compuesto por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques*. 14(2): 41-49.

Sánchez, O., Peters. E., Márquez-Huitzil. R., Vega. E., Portales. G., Valdés, M. y Azuara, D. 2005. Temas sobre restauración ecológica. INE-SEMARNAT, México.140 p.

Schmidt-Vogt, H. 1980. Characterization of plant material, IUFRO Meeting. S1.05-04. In Röhring, E., H. Gussone. y A. Waldbau. Zweiter band. Sechste Auflage, Neubearbeitet Hamburg und Berlin, 1990. 314 pp.

SEDAGRO & PROBOSQUE. 2007. Manual de Producción de Planta Forestal, Clima Templado. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Protectora de los Bosques. 106 p.

SEDAM (Secretaría de Desarrollo Ambiental) e Ibarrola.1997. Citado en: Corbera-Elizalde, E.1999. Diagnóstico de la producción agropecuaria y forestal, Huitzilac, Estado de Morelos, México. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEM, Centre d' Estudios Ambientals-UAB. México.

SEMARNAP, 2000. Texto Guía Forestal. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. citado en Reyes R. J., Aldrete A., Cetina V. M., López J. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* en sustratos a base de aserrín. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 11(2): 105-110.

SEMARNAT 2014. Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. Gobierno de la república. México.14-46 pp.

Smith, T. y Smith, R. 2007. Ecología. Sexta Edición. Pearson education. España. 356-366 pp.

Society for Restoration Ecological International. 2002. The SER Primer on Ecological Restoration. Science & Policy Working Group. 9 p.

Simonian, L. 1999. La defensa en la tierra del jaguar, una historia de la conservación en México. Universidad de Texas. CONABIO-SEMARNAP. Mexico. 352 p

Snedecor y Cochran. 1971. Métodos estadísticos. Tr. J.A. Reinoso Fuller. CECSA. México. 156-174 pp.

Soriano, E. G. 2011. Efecto de fertilización de N, P y K en la calidad de planta de *Pinus patula* y *Pinus devoniana* en vivero. Tesis de Maestría. COLPOS. México. 89 p

Sosa-Pérez, G. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2003. El efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* schl en un área quemada. Universidad Autónoma Chapingo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 9(1): 35-43.

Toledo, V. 1996. Los Ejidos y las comunidades, lugar de inicio del desarrollo sustentable en México. Universidad de Guadalajara. 6: 43-66.

USDA (United States Department of Agriculture). 1987. Soil plant water relationships. Service conservation soil. USA. 99 pp.

Vega, A., López, J. y Oliver, R. 2010 Biodiversidad, conservación y manejo en el corredor biológico Chichinautzin condiciones actuales y perspectivas. Capítulo 12, Vegetación terrestre y usos de suelo. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, Gobierno del Estado de Morelos. México. pp 181-192.

Wander, P. S. 1942. Photometric determination of potassium. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 14: 471.

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol.Soc.Bot.Méx.* 75: 33-53.

CAPITULO 10. ANEXOS

1. Ficha técnica Bionítro

- Contiene microorganismos útiles y seguros.
- No son químicos ni fertilizantes tradicionales.
- No es sintético y no ha sido modificado genéticamente
- Enriquece los suelos
- Mejora la microflora benéfica y la labranza fácil.
- Su modo de acción es una mejora de toda la agricultura.
- Todo lo que secretan las raíces de las plantas lo transforman en aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y sustancias bioactivas a la agricultura.
- Enriquece la microflora, hace un balance microbial benéfico en los ecosistemas y suprime los patógenos.

BIONITRO es una combinación de organismos benéficos de tres géneros principales:

a) Bacterias fototrópicas: Microorganismos fotosintéticos que se mantienen de la luz solar. Entre ellos están los actinomicetes y los streptomicetes.

b) Levaduras: *saccharomyces cerevisiae* y *candida*.

c) Bacterias del ácido láctico. Mismas que mantienen una interdependencia y prosperidad compartida en estado sólido para semillas y en estado líquido para aplicación por el riego, o si es temporal, en el drench. Las bacterias del ácido láctico son: *lactobacillus plantarum*, *lactobacillus casei* y *streptococcus lactis*. Dentro de éstas del ácido láctico están los hongos de fermentación: *aspergillus oryzae* y *mucor*.

Todos estos microorganismos (BIONITRO) se aplican a las semillas y a los suelos colonizando la rizósfera (área de las raíces), favoreciendo la germinación de los cultivos y aumentando la disponibilidad de nutrientes tanto mayores como microelementos. Incrementando por ende sus rendimientos.

La cantidad que tiene BIONITRO de rizobacterias de la especie *pseudomonas fluorescens* lo hace muy efectivo en los tratamientos de trigo, garbanzo, cebada y maíz:

a) Estas *pseudomonas* son muy hábiles en solubilizar el fósforo mineral y orgánico y hacer asimilable el potasio, debido a la liberación de ácidos orgánicos, fosfatasas y potasas.

b) Tienen la capacidad de producir fitormonas, tales como giberelinas, auxinas y citoquininas, estimulando el desarrollo radicular.

c) Tienen la capacidad de liberar sustancias del tipo sideróforos, que controlan nematodos, hongos y bacterias dañinos.

ESTAS CARACTERÍSTICAS HACEN QUE EL USO DE BIONITRO EN LOS CULTIVOS, SE INCREMENTEN LOS RENDIMIENTOS Y CONTRIBUYAN A DESBLOQUEAR EN FORMA EFICIENTE LOS FERTILIZANTES QUE SE APLICARON EN TEMPORADAS ANTERIORES, EXCEPTO NITRÓGENO QUE LO FIJAN DE LA ATMÓSFERA (N₂ ⇌ NH₄)

| | |
|--|-----------------------------|
| I.- Rhizobacterias (UFC) | |
| - Rhizobium 115 millones UFC/gr. de Bionitro. | 115 X 10 ⁶ |
| - Pseudomonas fluorescens 30 millones de UFC/gr. de Bionitro | 30 X 10 ⁶ |
| - Azospirillum brasilense 110 millones UFC/gr. Bionitro | 110 X 10 ⁶ |
| - Azotobacter, Acetobacter, Sacharomyces..... | 1 X 10 ⁷ |
| II.- Actinomicetos 78 millones de UFC/gr de Bionitro | 78 X 10⁶ |
| III.- Micorrizas (200 ppb) | |
| IV.- Lactobacillus plantarum y Leuconostoc, 2,500,000 UFC/gr. de Bionitro | 2.5 X 10⁶ |
| V.- Acondicionador CBP (Humus)100% | |

2, Análisis de varianza y prueba de Tukey para el índice de velocidad y porcentaje de germinación en los seis sustratos de la especie *Pinus lawsonii*

| Índice de Velocidad | | | | | |
|---------------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 37064.36 | 1 | 37064.36 | 199299.3 | 0.000000 |
| Especie | 671.57 | 5 | 134.31 | 722.2 | 0.000000 |
| Error | 2.23 | 12 | 0.19 | | |

| Tukey HSD test; Índice de Velocidad | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | P. lawsoniiT1 | 47.667 | 56.800 | 42.159 | 41.200 | 37.726 | 46.714 |
| 2 | P. lawsoniiT2 | 0.000159 | | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.145277 |
| 3 | P. lawsoniiT3 | 0.000159 | 0.000159 | | 0.141256 | 0.000159 | 0.000159 |
| 4 | P. lawsoniiT4 | 0.000159 | 0.000159 | 0.141256 | | 0.000160 | 0.000159 |
| 5 | P. lawsoniiT5 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000160 | | 0.000159 |
| 6 | P. lawsoniiT6 | 0.145277 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | |

| % Germinación | | | | | |
|---------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 11755.56 | 1 | 11755.56 | 209.2747 | 0.000000 |
| Especie | 11125.93 | 5 | 2225.19 | 39.6132 | 0.000000 |
| Error | 674.07 | 12 | 56.17 | | |

| Tukey HSD test; % Germinación | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | P. lawsoniiT1 | 17.778 | 8.8889 | 14.444 | 8.8889 | 80.000 | 23.333 |
| 2 | P. lawsoniiT2 | 0.697622 | | 0.937173 | 1.000000 | 0.000159 | 0.243634 |
| 3 | P. lawsoniiT3 | 0.992943 | 0.937173 | | 0.937173 | 0.000159 | 0.697622 |
| 4 | P. lawsoniiT4 | 0.697622 | 1.000000 | 0.937173 | | 0.000159 | 0.243634 |
| 5 | P. lawsoniiT5 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | | 0.000162 |
| 6 | P. lawsoniiT6 | 0.937173 | 0.243634 | 0.697622 | 0.243634 | 0.000162 | |

3, Análisis de varianza y prueba de Tukey para el índice de velocidad y porcentaje de germinación en los seis sustratos de la especie *Pinus montezumae* Tlalmanantla

| Índice de Velocidad | | | | | |
|---------------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 62514.17 | 1 | 62514.17 | 264371.1 | 0.000000 |
| Especie | 205.16 | 5 | 41.03 | 173.5 | 0.000000 |
| Error | 2.84 | 12 | 0.24 | | |

| Tukey HSD test; Índice de Velocidad | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | P. montezumae TI1 | 62.748 | 63.984 | 54.241 | 58.000 | 57.597 | 57.023 |
| 2 | P. montezumae TI2 | | 0.075057 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 |
| 3 | P. montezumae TI3 | 0.075057 | | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000159 |
| 4 | P. montezumae TI4 | 0.000159 | 0.000159 | | 0.000161 | 0.000171 | 0.000290 |
| 5 | P. montezumae TI5 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000171 | | 0.904358 | 0.210879 |
| 6 | P. montezumae TI6 | 0.000159 | 0.000159 | 0.000290 | 0.210879 | 0.701876 | |

| % Germinación | | | | | |
|---------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 72622.84 | 1 | 72622.84 | 926.3701 | 0.000000 |
| Especie | 714.20 | 5 | 142.84 | 1.8220 | 0.182896 |
| Error | 940.74 | 12 | 78.40 | | |

| Tukey HSD test; % Germinación | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | P. montezumae TI1 | 62.222 | 55.556 | 71.111 | 70.000 | 55.556 | 66.667 |
| 2 | P. montezumae TI2 | | 0.933244 | 0.814959 | 0.881875 | 0.933244 | 0.987799 |
| 3 | P. montezumae TI3 | 0.933244 | | 0.325390 | 0.396542 | 1.000000 | 0.649726 |
| 4 | P. montezumae TI4 | 0.814959 | 0.325390 | | 0.999985 | 0.325390 | 0.987799 |
| 5 | P. montezumae TI5 | 0.881875 | 0.396542 | 0.999985 | | 0.396542 | 0.996760 |
| 6 | P. montezumae TI6 | 0.933244 | 1.000000 | 0.325390 | 0.396542 | | 0.649726 |
| 7 | P. montezumae TI6 | 0.987799 | 0.649726 | 0.987799 | 0.996760 | 0.649726 | |

4, Análisis de varianza y prueba de Tukey para el índice de velocidad y porcentaje de germinación en los seis sustratos de la especie *Quercus laurina*

| Índice de Velocidad | | | | | |
|---------------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 97476.51 | 1 | 97476.51 | 2066.988 | 0.000000 |
| Especie | 337.79 | 5 | 67.56 | 1.433 | 0.281621 |
| Error | 565.90 | 12 | 47.16 | | |

| Tukey HSD test; Índice de Velocidad | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| | | 65.944 | 76.833 | 79.092 | 74.678 | 70.284 | 74.704 |
| 1 | Q. laurina1 | | 0.424637 | 0.249146 | 0.637880 | 0.967002 | 0.635247 |
| 2 | Q. laurina2 | 0.424637 | | 0.998294 | 0.998641 | 0.843404 | 0.998726 |
| 3 | Q. laurina3 | 0.249146 | 0.998294 | | 0.964583 | 0.630255 | 0.965435 |
| 4 | Q. laurina4 | 0.637880 | 0.998641 | 0.964583 | | 0.965226 | 1.000000 |
| 5 | Q. laurina5 | 0.967002 | 0.843404 | 0.630255 | 0.965226 | | 0.964370 |
| 6 | Q. laurina6 | 0.635247 | 0.998726 | 0.965435 | 1.000000 | 0.964370 | |

| % Germinación | | | | | |
|---------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 45000.00 | 1 | 45000.00 | 353.8835 | 0.000000 |
| Especie | 2362.96 | 5 | 472.59 | 3.7165 | 0.028991 |
| Error | 1525.93 | 12 | 127.16 | | |

| Tukey HSD test; % Germinación | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| | | 53.333 | 63.333 | 52.222 | 56.667 | 47.778 | 26.667 |
| 1 | Q. laurina1 | | 0.877876 | 0.999995 | 0.998996 | 0.988775 | 0.107190 |
| 2 | Q. laurina2 | 0.877876 | | 0.825745 | 0.975070 | 0.562231 | 0.017541 |
| 3 | Q. laurina3 | 0.999995 | 0.825745 | | 0.995970 | 0.995970 | 0.129916 |
| 4 | Q. laurina4 | 0.998996 | 0.975070 | 0.995970 | | 0.920471 | 0.059236 |
| 5 | Q. laurina5 | 0.988775 | 0.562231 | 0.995970 | 0.920471 | | 0.268152 |
| 6 | Q. laurina6 | 0.107190 | 0.017541 | 0.129916 | 0.059236 | 0.268152 | |

5, Análisis de varianza y prueba de Tukey para el índice de velocidad y porcentaje de germinación en los seis sustratos de la especie *Quercus rugosa*

| Índice de Velocidad | | | | | |
|---------------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 114834.4 | 1 | 114834.4 | 4109.720 | 0.000000 |
| Especie | 318.7 | 5 | 63.7 | 2.281 | 0.112294 |
| Error | 335.3 | 12 | 27.9 | | |

| Tukey HSD test; Índice de Velocidad | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | Q. rugosa1 | 84.439 | 0.846648 | 0.430255 | 0.157645 | 1.000000 | 0.992494 |
| 2 | Q. rugosa2 | 0.846648 | 79.429 | 0.967644 | 0.675823 | 0.868370 | 0.988331 |
| 3 | Q. rugosa3 | 0.430255 | 0.967644 | 76.104 | 0.975526 | 0.457029 | 0.738278 |
| 4 | Q. rugosa4 | 0.157645 | 0.675823 | 0.975526 | 72.993 | 0.170494 | 0.348395 |
| 5 | Q. rugosa5 | 1.000000 | 0.868370 | 0.457029 | 0.170494 | 84.218 | 0.995199 |
| 6 | Q. rugosa6 | 0.992494 | 0.988331 | 0.738278 | 0.348395 | 0.995199 | 82.056 |

| % Germinación | | | | | |
|---------------|----------|------------------|----------|----------|----------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 96800.00 | 1 | 96800.00 | 3733.714 | 0.000000 |
| Especie | 488.89 | 5 | 97.78 | 3.771 | 0.027662 |
| Error | 311.11 | 12 | 25.93 | | |

| Tukey HSD test; % Germinación | | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Especie | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| 1 | Q. rugosa1 | 72.222 | 0.884501 | 1.000000 | 0.961792 | 0.461895 | 0.331333 |
| 2 | Q. rugosa2 | 0.884501 | 76.667 | 0.884501 | 0.999769 | 0.961792 | 0.064483 |
| 3 | Q. rugosa3 | 1.000000 | 0.884501 | 72.222 | 0.961792 | 0.461895 | 0.331333 |
| 4 | Q. rugosa4 | 0.961792 | 0.999769 | 0.961792 | 75.556 | 0.884501 | 0.099913 |
| 5 | Q. rugosa5 | 0.461895 | 0.961792 | 0.461895 | 0.884501 | 80.000 | 0.016773 |
| 6 | Q. rugosa6 | 0.331333 | 0.064483 | 0.331333 | 0.099913 | 0.016773 | 63.333 |