

PROBLEMÁTICA EDÁFICA ASOCIADA A UNA PLANTACIÓN FORESTAL, EN HUITZILAC, MORELOS, MÉXICO

EDAPHIC PROBLEMATIC ASSOCIATED WITH A FOREST PLANTATION, IN
HUITZILAC, MORELOS, MEXICO

**Yakin Acosta-García¹, María Eugenia Bahena-Galindo^{1*}
Jorge Alberto Viana-Lases¹, Rogelio Oliver-Guadarrama¹**

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa. C. P. 62209. Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor responsable. Correo-e: bahenam@uaem.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados de una investigación realizada en el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre "Corredor Biológico Ajusco-Chichináutzin", una de las más representativas para el estado de Morelos, México, en la cual se han realizado programas de reforestación con escasos niveles de éxito; resultando relevante identificar las causas que lo genera, con el fin de atenuar gastos y esfuerzos infructuosos. Los aspectos considerados en la investigación son la calidad de los suelos y las condiciones ecológicas en que se realizan las plantaciones. El área de estudio fue un área reforestada con *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pinus pseudostrobus* Lindl, en el poblado de Tres Marías municipio de Huitzilac; constituida por cuatro rodales (A, B, C y D) cada uno de ellos con características

particulares. El presente estudio se dividió en tres etapas: 1) Trabajo de campo, 2) Trabajo de laboratorio y 3) Trabajo de gabinete. Se crearon dos bases de datos tanto para los parámetros edáficos como ecológicos, para su procesamiento donde se obtuvieron los volúmenes maderables de cada rodal. Los resultados sugieren que todos los factores edáficos son importantes para un adecuado desarrollo y supervivencia para las plantas de una reforestación; sin embargo, existen algunos que son determinantes para el éxito de la misma, en la presente investigación se detectó que la textura, el pH, los porcentajes de M.O., C y N son los más importantes; por otra parte el mayor porcentaje de supervivencia y crecimiento está dado en los rodales donde los porcentajes de pendiente presentaron los mayores valores.

Palabras clave: reforestación, ecología, *Pinus ayacahuite*, *Pinus pseudostrobus*, suelos.

ABSTRACT

The results of a research conducted in the protection of Flora and Fauna area named "Biological Corridor Ajusco-Chichinautzin", one of the most representative in Morelos state, Mexico, in which reforestation programs have been conducted with little levels of success; resulting important to identify the causes that generated it, in order to reduce costs and unsuccessful efforts. The aspects considered in the research are soil quality and ecological conditions in which the plantations were perform. The study area was a reforest with *Pinus ayacahuite* Ehren and *Pinus pseudostrabus* Lindl, in the town of Tres Marias, municipality of Huitzilac, Morelos, Mexico. Area comprises four stands (A, B, C and D) each with particular characteristics. This study was divide into three stages: 1) Field work, 2) Laboratory work and 3) Labor cabinet. For processing where each stand, two databases for both soil, ecological parameters and timber volumes obtained, were create. The results suggest that all soil factors are important for proper development and survival of plants for reforestation. However, there are some that are crucial to the success of it, in the present investigation it was found that the texture, pH, MO, C and N percentages are the most important; Moreover the highest percentage of survival and growth is given in the stands where the percentages of slope had the highest values.

Key words: reforestation, ecology, *Pinus ayacahuite*, *Pinus pseudostrabus*, soils.

INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental del mundo es el resultado de explotación y el manejo inadecuado de los recursos naturales, en muchos casos debido al desconocimiento prácticamente total de los procesos ecológicos que ocurren en los ecosistemas (Martínez, 2000). Esto mismo ocurre con los proyectos orientados al cuidado de los recursos edáficos dentro de áreas naturales,

con el propósito de mitigar los procesos erosivos que cada día está en constante aumento; sin embargo, paradójicamente la planificación para este tipo de acciones es casi inexistente, con intervenciones de bajos resultados satisfactorios (Vargas, 1994).

El establecimiento de áreas naturales protegidas ha sido una actividad en la que México ha sido pionero (Chaves-Cortes y Trigo-Boix, 1993); no obstante, el conocimiento sobre la biología de las especies que sustentan, es escaso. En México existen 174 áreas naturales protegidas de acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2012), todas ellas con una gran importancia ya que los ecosistemas que presentan, nos brindan un sinnúmero de servicios ambientales, todo esto resulta beneficioso tanto para las poblaciones humanas que habitan dentro de un área natural como en sus alrededores (Hoth, 2012).

Contreras-Macbeath y Urbina (1995), publicaron el diagnóstico del área de protección de flora y fauna silvestre Corredor Biológico Chichinautzin, donde se hace una descripción de los factores bióticos y abióticos.

Asimismo la Secretaría de Desarrollo Ambiental (SEDAM) e Ibarrola en 1997 publicaron dos diagnósticos ambientales del municipio de Huitzilac, recogiendo aspectos de la dinámica poblacional, productiva y del medio natural.

Navarro et al. (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.

En el año 2008, Afif *et al.*, realizaron en España el estudio titulado “Influencia de los factores edáficos en la relación altura dominante-edad y estado nutricional de *Pinus radiata*”, donde se muestran las diferentes presiones de las propiedades del suelo sobre una especie de pino, siendo para este caso las más importantes el pH y la materia orgánica.

Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez (2010), realizaron una estimación de la pérdida de recursos forestales en los estados de la república mexicana, siendo notable la disminución de las áreas forestales respecto a estimaciones hechas en años anteriores; además del incremento de los índices de deforestación y escasos esfuerzos en la implementación de áreas reforestadas.

Bonilla-Barbosa *et al.* (2010), realizaron un análisis detallado del medio físico, la biodiversidad, conservación y manejo, así como de las perspectivas históricas, científico-técnicas y de desarrollo dentro de la zona comprendida en el Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre “Corredor Biológico Ajusco-Chichináutzin” (COBIACH).

Posteriormente Oliver (2011), realizó el estudio titulado, “Evaluación de tierras para el ordenamiento y manejo sustentable del municipio de Huitzilac dentro del COBIACH, en Morelos, México”; en el cual a través del levantamiento edáfico de 50 unidades muéstrales, propone tierras potenciales para el cultivo de avena y maíz, siendo éste el primer referente asociado a la caracterización y evaluación de los suelos del municipio de Huitzilac.

Hoth (2012) en colaboración con diversas instancias gubernamentales (tres niveles de gobierno), privadas y de la sociedad civil, plantean por vez primera una estrategia para la conservación de la región

denominada “Bosque de Agua”, la cual beneficia directamente cerca de 22 millones de habitantes, con el suministro de agua para la Ciudad de México, Toluca y Cuernavaca, como ejemplo de uno de los múltiples beneficios.

En 2014 Salgado, elaboró el estudio titulado Identificación de micromicetes asociados a semillas de pino (*Pinus montezumae* Lamb.) germinadas en diferentes sustratos, identificando la existencia de microorganismos que limitan la sobrevivencia de especies utilizadas en reforestaciones, además de mostrar el efecto en cuanto a germinación de la antes mencionada especie del género *Pinus* sobre diferentes tipos de sustrato.

No obstante, dentro del área comprendida por el COBIACH, los esfuerzos y trabajos relacionados al desarrollo forestal sustentable presenta escasos niveles de éxito, esto debido a que aproximadamente desde hace cuatro décadas y de acuerdo a Corbera-Elizalde (1999), existe un proceso de comercialización intensiva de la madera de pino y tierra de monte 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 el ambiente.

El presente trabajo se realizó en una zona comprendida en el “Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre COBIACH”, en la cual se han realizado programas de reforestación con escasos niveles de éxito, esto con base en los testimonios de los pobladores de la región; por esta razón resulta importante identificar las causas del bajo porcentaje de éxito en dichos programas, con el fin de atenuar gastos y esfuerzos infructuosos. Uno de los aspectos primordiales a considerar es la calidad de los

suelos de la región, ya que constituyen un indicador de sustentabilidad de las prácticas de manejo; la calidad del suelo en la presente investigación debe ser entendida como "la capacidad de un determinado suelo de funcionar dentro de una unidad de paisaje natural o alterada para sostener la producción vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y sostener la salud humana" (Karlen et al., 1997). En este proyecto se realizó un análisis sobre las propiedades y características de los suelos de la comunidad de Tres Marías, municipio de Huitzilac, Morelos, sometidos a programas de reforestación con dos especies del género *Pinus* (*P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus*) que de acuerdo con Ramírez (1999) y Perry (1991), son especies nativas para las zonas templadas del territorio nacional; interrelacionando probables causas a partir de las propiedades particulares del suelo, como son profundidad, textura, pH, porcentaje de materia orgánica, de Carbono y Nitrógeno, densidad real y aparente; así como de la influencia de factores ecológicos asociados a la distribución espacial de los organismos, como son el grado de pendiente del terreno y la distancia entre los individuos.

JUSTIFICACIÓN

Como parte de las políticas emprendidas por el Gobierno Federal de México, se han realizado trabajos de restauración ambiental que incluyen programas de reforestación en zonas degradadas, con escasa o nula efectividad redundando en la inversión de esfuerzos infructuosos. El presente estudio se realizó para identificar las probables causas asociadas al suelo y componentes ecológicos que intervienen en el desarrollo y sobrevivencia de árboles juveniles de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pinus pseudostrobus* Lindl, plantados en diferentes años dentro del paraje conocido como "El Tezontle" ubicado en el lado oeste del poblado de Tres Marías del municipio de Huitzilac, Morelos,

dentro del "Área de Protección de la Fauna y Flora COBIACH"

Por lo anterior, la Hipótesis del trabajo plantea que los componentes edáficos (profundidad, textura, pH, porcentaje de materia orgánica, densidad real y aparente) y ecológicos (grado de pendiente y distribución espacial) son determinantes para el establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de la vegetación, en particular, sobre los individuos del estrato arbóreo de los ambientes templados, donde integran la biomasa dominante. El éxito de las especies de *Pinus* seleccionadas en las labores de reforestación está en función de los sitios seleccionados y mejoran con el paso del tiempo. El objetivo general del presente trabajo fue evaluar los componentes edáficos y ecológicos que influyen en la sobrevivencia y desarrollo de plantas juveniles de pino (*Pinus ayacahuite* Ehren y *Pinus pseudostrobus* Lindl) en rodales con diferentes años de reforestación en Tres Marías, Municipio de Huitzilac, Morelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La presente investigación se realizó en una reforestación ubicada 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 Ajusco-Chichinautzin", 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.

Clima. El gradiente latitudinal y la geomorfología presentes en la extensión territorial del COBIACH, favorecen la variación tanto de la temperatura como la precipitación, por ello son distinguibles tres zonas térmicas, esta son; la semifría, en áreas como las localidades de Tres Marías, La Cima y Huitzilac cuya temperatura media anual varía entre 8 °C 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 °C a 20 °C y entre los 1000 a 1200 mm de precipitación media anual. Finalmente la zona semicalida, predominan en altitudes menores a los 2000 msnm, cuenta con temperaturas que van de los 18 °C hasta los 22 °C, esta zona incluye a los municipios de Cuernavaca, Tlayacapan, Oaxtepec y Atlatlauhcan (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 $C(W_2)(W)(b')$ donde se presenta una temperatura media anual

entre 5 °C 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 3000 m.

- Por debajo de esas altitudes, casi paralelo al anterior, abarcando prácticamente todo lo largo (de oeste a este) del Corredor Biológico Ajusco-Chichináutzin, está presente el clima $C(w_2)(w)big$ donde la temperatura media anual oscila entre los 12 °C 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, $A(C)(w_2)(w)$, que igual al templado abarca todo lo largo del corredor pero por debajo de este, y es característico de altitudes menores a los 2000 m. presenta temperatura media anual entre 18 °C 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).

Suelos. Dentro del área que comprende el COBIACH, 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 realizó el presente estudio.

El área abarca 31 337.5 ha, 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 vítricos; 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).

Hidrología. El COBIACH queda comprendido en su mayoría en la Región Hidrológica del Río Balsas y a su vez, en la Cuenca del Río Grande de Amacuzac. Debido a la 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 (Bonilla-Barbosa et al., 2010).

Los rasgos que sobresalen del COBIACH, 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, 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).

Relieve. De acuerdo con López y Oliver (2010) y a partir de un análisis fotointerpretativo, se describe el relieve específico para el área de estudio situada en el paraje conocido como “El Tezontle”, que en términos técnicos es considerado un “cono cinerítico”, esto es, un edificio formado por deposición gradual de material piroclástico cerca de la chimenea con pendientes de 15° a 30°; por lo general este

tipo de conos son localizados a altitudes de 1400 a 3100 msnm. En el caso concreto de “El Tezontle”, este se encuentra a una altitud de entre 2751 y los 3000 msnm, su material de brecha volcánica y sus pendientes han propiciado la pérdida de bases, su mesoclima subúmido permite el establecimiento de vegetación de bosque de pino el cual aporta vasta cantidad de hojarasca, que junto con la condición mesoclimática genera una acumulación de materia orgánica y un proceso de humificación lento debido a la cantidad de lignina presente, provocando que el proceso de erosión del material sea lento y no se tenga un desarrollo incipiente del suelo.

Vegetación y uso de suelo. Dentro del COBIACH se encuentran representados ocho 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, matorrales crasirosulifolios espinosos, 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 dos tipos de vegetación dominantes, 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 °C 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 COBIACH, localizados principalmente en una franja de la parte centro del mismo; de igual manera en el paraje conocido como “El Tezontle” existe de

manera notable el Bosque de encino, localizado entre los 1,200 y los 2,800 msnm, sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas como sedimentarias y metamórficas, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos. La gran mayoría de los encinares se desarrollan en sitios con una precipitación anual entre los 6,000 y 1,200 mm, frecuentemente la temperatura media anual es de 12 °C a 20 °C, este tipo de vegetación ocupa 16.07% de total de COBIACH, y se localiza por debajo de la franja de Bosque Mixto dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre (Bonilla-Barbosa et al., 2010).

Características de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pinus pseudostrobus* Lindl.

P. ayacahuite, de acuerdo a Ramírez (1999), se encuentra distribuido desde las montañas del centro de México hasta el Salvador; sin embargo no es muy abundante puesto que sus poblaciones se desarrollan en zonas con temperaturas templadas y frías. Esta especie de árbol mide de 35 a 40 m de altura, a veces llega hasta 45 m de 90 a 100 cm de diámetro; cuenta con un fuste limpio hasta los 15 m, sus ramas son extendidas frecuentemente verticiladas, ligeramente ascendentes u horizontales; ramillas moreno grisáceas delgadas y flexibles, copa piramidal cuando joven y subcónica después. Hojas en grupos de 5, de 8 a 15 cm de largo, delgadas y triangulares, extendidas y colocadas en la punta de la ramilla, color verde oscura, marcadamente glauca. Puede llegar a vivir cerca de 100 años (Aguilera, 2001). Para el estado de Oaxaca, Hernández et al., (2007) reportan que llega a crecer 40 cm de altura por año.

P. psedostrobus, presenta una amplia distribución geográfica natural en México (Perry, 1991), y una importancia relevante por ser una de las especies más utilizadas en plantaciones forestales de interés económico; al igual que la especie anterior, se desarrollan en zonas con temperaturas templadas y frías. Esta especie de árbol

mide de 35 a 40 m de altura, a veces pudiendo llegar hasta los 45 m, y de 40 a 80 cm de diámetro; cuenta con un fuste limpio hasta el 50 % de su altura. Las ramas son extendidas y verticiladas, ramillas delgadas y frágiles, con largos entrenudos, con tinte azulado en las partes tiernas, las bases de las brácteas son espaciadas y frecuentemente adheridas a las ramillas y como sumergidas a ellas. Hojas en grupos de 5, de 17 a 24 cm de longitud, muy delgadas, triangulares y flexibles; hojas de color verde intenso, a veces con tinte amarillento o glauco, finamente aserradas con los dienteclillos uniformes. Por lo general cuenta con 3 ó 2 canales resiníferos en la parte media, rara vez con uno interno o externo (Martínez, 1948). Las vainas son persistentes, anilladas de 12 a 15 mm (a veces hasta 20), de color castaño oscuro, algo brillantes; yemas oblongo cónicas de color anaranjado, conillos oblongos largamente pedunculados, oscuros, con gruesas escamas provistas de puntas romas (Martínez, 1948). Se reporta un crecimiento anual de 40 cm, para el estado de Oaxaca (Hernández et al., 2007).

Como anteriormente se señaló la presente investigación se realizó en el paraje denominado "El Tezontle" en la región poniente del COBIACH donde se realizan desde el año 2000, trabajos de reforestación de áreas agrícolas de baja productividad, además de procurar la recuperación de la vocación del suelo, para lo cual se implementaron reforestaciones de individuos del género *Pinus*, propios de la región.

La plantación problema consta de aproximadamente 20,000 m², dividida en cuatro rodales, de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno y tiempos de plantación, orientados de sur a norte según se aprecia en la Figura 1. Primero se encuentra el rodal "A" que se caracteriza por presentar una sobrevivencia de 12 individuos de un total de 892 plantados a lo largo de tres años, de la siguiente manera: en el año 2006 se plantaron 300 organismos de la especie *P. ayacahuite*, sobreviviendo para el año

siguiente sólo 23 individuos; en el año 2008 se replantaron 292 individuos más de *P. ayacahuite*, presentándose una sobrevivencia de únicamente 19 individuos para el año 2009; finalmente en el año 2011 se plantaron 300 individuos de la especie *P. pseudostrobus*, sobreviviendo para el año 2012 en total 12 individuos, 5 de la especie *P. pseudostrobus* y 7 de la especie *P. ayacahuite*, razón por la cual motivó la presente investigación para la identificación de los factores que limitan el establecimiento y sobrevivencia de los individuos plantados. Vale la pena señalar que este sitio cuenta con una pendiente suave dentro de un cono volcánico.

En dirección noreste de rodal "A" se encuentra el rodal "B" caracterizado por presentar una pendiente abrupta con plantación de individuos de la especie *P. ayacahuite*, con edades de cinco a seis años; siguiendo con esta distribución, se ubica el rodal "C" al este del "B", denominado por los propietarios como el "terraplén" y se caracteriza por presentar individuos de la especie *P. pseudostrobus*, con edades entre dos y tres años; por último en dirección norte, en relación con el rodal "C" y al este del rodal "B", se ubica el rodal "D" caracterizado por presentar la misma pendiente abrupta que "B" debido a que se encuentra sobre la misma geoforma, en este rodal se encuentran los individuos de la especie *P. ayacahuite* de mayor tamaño y edad, entre los siete y ocho años de plantación y con mayor grado de sobrevivencia, ya que de acuerdo con los propietarios, de 110 individuos plantados en el 2005, 94 sobreviven al año 2013.

La presente investigación se dividió en tres etapas: trabajo de campo, de laboratorio y de gabinete.

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos edáficos en los cuatro rodales para determinar sus características físico-químicas

La toma de muestras para el análisis de los componentes edáficos se realizó de la siguiente manera:

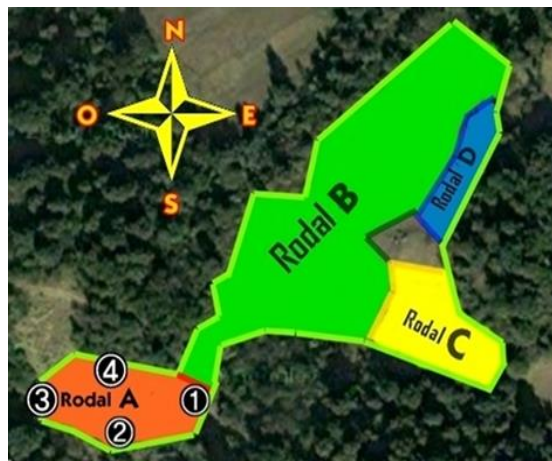


Figura 1. Mapa de la plantación, donde se pueden localizar los rodales analizados y los pozos (1, 2, 3 y 4).

a. El Rodal "A", es un sitio "enjoyado" rodeado por laderas bordeadas de vegetación nativa, recibe escurrimientos tanto de materia orgánica como de agua que se acumulan principalmente en el centro, haciendo un perfil profundo.

- En la zona centro del rodal, se realizó un perfil de suelo diagnosticando el número de horizontes presentes; tomando muestras de cada capa a diferente profundidad (Figura 2).
- En los extremos se tomaron muestras de 0 – 30 cm de profundidad, tomando como referencia los puntos cardinales, el pozo 1 se ubicó hacia el este; el pozo 2 hacia el sur; el pozo 3 hacia el oeste y finalmente el pozo 4, hacia el norte.

b. En los Rodales B, C y D, la toma de muestras se hizo al azar a una profundidad de 0 – 30 cm. Cada muestra fue rotulada con los siguientes datos:

- Nombre de la muestra.
- Municipio y/o provincia.
- Profundidad
- Cultivo actual o anterior.

- Fecha
- Muestreador (es)

Las muestras fueron llevadas al laboratorio para su análisis posterior.



Figura 2. Capas del Perfil de Suelos realizado en el centro del rodal "A".

Para la caracterización de los componentes ecológicos se empleó una imagen satelital, correspondiente al año 2013, además se realizaron las siguientes mediciones ecológicas y botánicas lo cual permitió evaluar la distribución y las diferencias entre los rodales.

Mediciones ecológicas y botánicas:

- Porcentaje de pendiente (%), fue determinada a través de la utilización de un clinómetro. Esta medida permite identificar las diferencias entre los cuatro rodales y su implicación con la sobrevivencia de los individuos.
- Para determinar el volumen promedio de madera producido por los individuos de cada rodal, así como el volumen y la altura incrementados en 6 meses (enero y julio) del 2013, se tomaron los datos de altura de individuos que sobrepasen

1.60 metros de manera directa y los perímetros de 30 individuos de los rodales B, C y D, para el rodal A solo se tomaron en cuenta los 12 individuos disponibles.

- El porcentaje de sobrevivencia (%), se determinó por medio del registro llevado por los propietarios de la reforestación; considerando el conteo total de individuos plantados y sobrevivientes, al cabo de cada año, restando los individuos eliminados, en cada uno de los cuatro rodales.
- Se corroboró la distancia entre individuos, debido a que es un dato previamente establecido, a partir de la implementación de la técnica de tres bolillos, que consiste en plantar los individuos a una distancia de promedio de 1.70 metros formando triángulos equiláteros.

Trabajo de laboratorio.

El procesamiento de las muestras, se llevó a cabo en el laboratorio de Edafoclimatología del Departamento de Biología Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Secado: el secado de las muestras de suelo tomadas en campo se realizó a temperatura ambiente y bajo sombra; colocadas sobre papel periódico y contenidas en charolas plásticas de 30 por 40 cm.

Tamizado: las 10 muestras se tamizaron por separado en tamices con malla de 36 μ , obteniendo suelo fino para aplicar las técnicas de determinación de los parámetros físico-químicos.

Se aplicaron las técnicas y métodos para la determinación de cada uno de los parámetros físico-químicos de acuerdo al Cuadro 1.

Cuadro 1. Métodos de análisis de suelo para los diferentes parámetros físico-químicos. (Adaptado de Bahena, 2011)

Parámetro	Método	Referencia
Color del suelo en seco y húmedo.	Comparación de color (Cartas Munsell)	Munsell (1992)
Densidad aparente g/cm ³ (Da)	Volumétrico (por el método de probeta)	Domínguez y Aguilera (1982)
Densidad real g/cm ³ (Dr)	Volumétrico (Método del picnómetro)	Domínguez y Aguilera (1982)
Porosidad	Cálculo	Domínguez y Aguilera (1982)
Textura	Boyucos (Método del hidrómetro)	Boyucos (1963)
Nitrógeno %	Kjendahl (Digestión ácida y oxido-reducción)	Kjendahl (1883)
Materia orgánica %	Método de combustión húmeda de Walkley y Black	Jackson (1982)
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)

Trabajo de gabinete.

Clasificación de datos. Se crearon dos bases de datos: la primera con los parámetros edáficos de densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, pH en agua, pH en KCl y los porcentajes de materia orgánica, carbono y nitrógeno. La segunda para referir a los parámetros ecológicos y botánicos: porcentaje de pendiente, distancia entre individuos, altura y volumen de madera de los individuos de cada rodal sujetos a contraste.

Procesamiento de datos: Para la conversión de perímetro a diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada rodal se utilizó la siguiente fórmula:

$$DAP = p / \pi$$

Para la obtención del volumen promedio de cada rodal y el incrementado en 6 meses, los datos fueron agrupados en una

matriz de Excel, la cual utiliza la siguiente fórmula:

$$V = 0.006704806 + 0.00002812803(dap^2)(h)$$

de acuerdo con Peter y Rolan (1977), determinando la media de los datos a partir de las fórmulas del paquete estadístico.

Se generaron las gráficas a partir de la información procesada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes edáficos.

Dentro de los resultados obtenidos se logró determinar los parámetros físicos (densidad aparente y real, porosidad y textura) y químicos (pH en agua y cloruro de potasio, porcentaje de materia orgánica, carbono y nitrógeno) de las 10 muestras

obtenidas en cada uno de los cuatro diferentes rodales que conforman el área de estudio.

Parámetros físicos

Densidad Aparente. La densidad aparente (D.A.) es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cm^3), de igual manera se encuentra relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como con la porosidad de los suelos.

Plaster (2000) indica que la densidad aparente de los suelos orgánicos, más ligeros, es común encontrar valores que oscilan entre los $0.1 \text{ g}/\text{cm}^3$ a $0.6 \text{ g}/\text{cm}^3$. Por lo que los resultados muestran en el rodal B, C, D y los cuatro pozos del rodal A sobrepasan estos valores que van de 0.75 a $0.85 \text{ g}/\text{cm}^3$ (Cuadro 2), mientras que las muestras del perfil realizado se acercan más a lo que el autor establece, esto se debe a que la materia orgánica influye directamente sobre este parámetro.

Densidad Real. A diferencia de la densidad aparente, la densidad real o de partículas corresponde a la masa de sólidos dividido entre el volumen de los mismos y es un valor menos variable que la densidad aparente. Un valor promedio de la densidad de partículas o real en suelos andosoles es de $2.65 \text{ g}/\text{cm}^3$ (Henríquez y Cabalceta, 1999). Comparando los resultados obtenidos, los valores se encuentran cercanos al promedio reportado por el autor antes mencionado, se encontró que el valor más bajo corresponde a la muestra del perfil en profundidad de 15-60 cm y la más alta se presenta en el pozo 4, ambos del rodal A (Cuadro 2).

Porosidad. En cuanto a la porosidad, los resultados indican la presencia de una textura fina ya que el promedio es de 40 a 60%, no así para el caso del rodal D siendo de 71.5%, indicando la existencia de un buen drenaje y retención de humedad, propiciado por la existencia de una mayor cantidad de espacios libres, respecto a los demás rodales, siendo el mismo caso para el pozo 4 y la primera capa del perfil del rodal A.

Cuadro 2. Datos relacionados con densidad aparente, densidad real y el porcentaje de porosidad de las muestras de suelo en los diferentes rodales.

Muestra	Densidad Aparente g/cm^3	Densidad Real g/cm^3	Porosidad %
Rodal B	0.82	2.08	60.64
Rodal C	0.75	1.61	49.16
Rodal D	0.82	2.63	71.50
Rodal A			
Pozo 1	0.76	2.17	65.04
Pozo 2	0.77	1.92	59.96
Pozo 3	0.83	2.27	63.48
Pozo 4	0.85	2.94	71.10
Perfil, profundidad 0 a 15 cm	0.63	2.78	77.32
Perfil, profundidad 15 a 60 cm	0.64	1.16	44.96
Perfil, profundidad 60 a 95 cm	0.78	2.08	62.56

Textura. La textura del suelo determina la proporción de los tres componentes, arena, limo y arcilla. Los diferentes tamaños de estas van a afectar dos importantes características del suelo: la superficie interna y el tamaño de los espacios porosos. La primera resulta importante porque las reacciones ocurren en la superficie de las partículas del suelo, un ejemplo de ello es una mayor retención de agua en suelos limosos y arcillosos (Plaster, 2000). De acuerdo a los resultados obtenidos, el porcentaje de arena es superior o cercano al 50% teniendo implicaciones directas para la retención de humedad (Cuadro 3); la presencia de arcillas es muy baja no favoreciendo el intercambio iónico, por lo que los nutrientes no están disponibles para el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo esto notable en el rodal A; en cuanto al perfil se observó que va de una textura fina a una textura gruesa conforme se va incrementando la profundidad debido a que el porcentaje de arena va aumentando.

Parámetros químicos

pH (Agua y Cloruro de Potasio). En el aspecto químico, el pH tiene influencia sobre

la disponibilidad o fijación de algunos nutrimentos del suelo necesarios para las plantas. Dependiendo del pH algunos elementos, en su forma iónica se pueden precipitar al formar sales insolubles, las que no son disponibles para las plantas; otros elementos se pueden solubilizar, por ejemplo el aluminio y el manganeso, si se incrementa la presencia de estos elementos causa la muerte del sistema radicular (Núñez-Solís, 1981).

Respecto a los resultados obtenidos de pH en agua en el rodal B, C, D y los cuatro pozos del rodal A son ligeramente ácidos, por otra parte el perfil va de fuertemente ácido a ligeramente ácido (Figura 3 y 4). Mientras que en KCl el comportamiento es similar en todas las muestras. De acuerdo con Henríquez y Cabalceta (1999) esto es debido a que el valor de pH por debajo de 5.5 ocasiona problemas, donde se solubilizan algunos elementos y son tóxicos para las plantas además de causar un efecto de deficiencia de nutrientes y volviéndolos indisponibles.

Cuadro 3. Valores en porcentaje de los componentes texturales de las muestras de suelo de los diferentes rodales.

Muestra	% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura
Rodal B	60.0	2.4	37.6	franco limoso
Rodal C	69.6	2.8	27.6	franco limoso
Rodal D	66.0	8.8	25.2	franco limoso
Rodal A				
Pozo 1	62.8	7.2	30.0	franco arenoso
Pozo 2	52.0	4.4	43.6	franco arenoso
Pozo 3	64.0	2.8	33.2	franco arenoso
Pozo 4	71.6	2.8	25.6	franco arenoso
Perfil, profundidad 0 a 15 cm	46.8	9.2	44.0	franco limoso
Perfil, profundidad 15 a 60 cm	44.0	10.4	45.6	franco
Perfil, profundidad 60 a 95 cm	56.0	8.4	35.6	franco arenoso

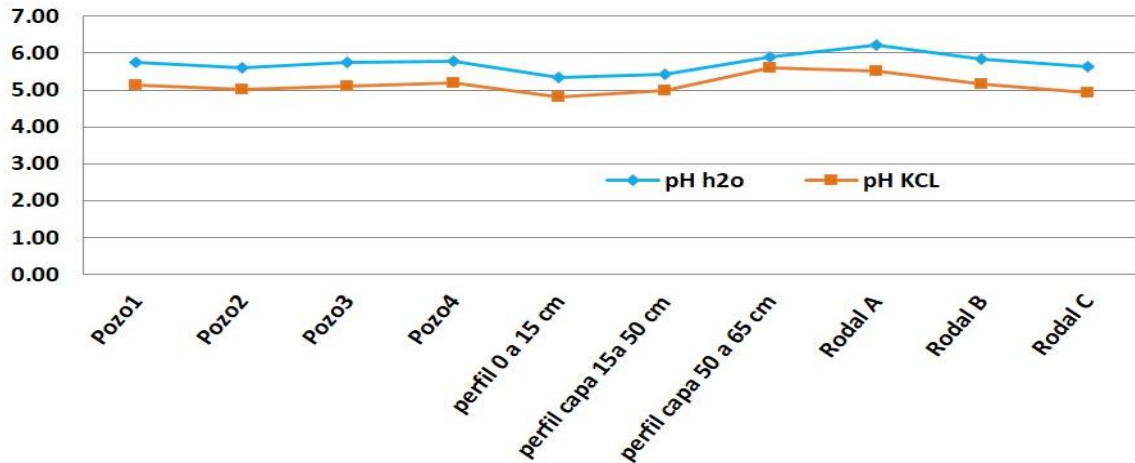


Figura 3. Datos relacionados con el pH en agua y cloruro de potasio, de los rodales muestreados

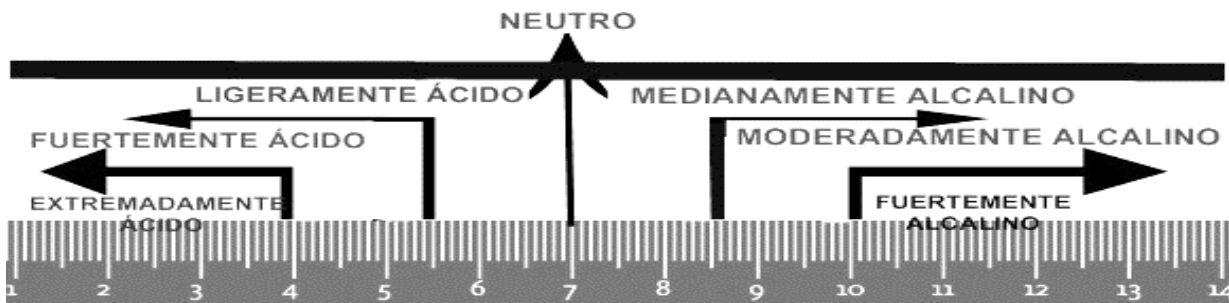


Figura 4. Escala de la solución de pH respecto a la solución del suelo. (Fuente: The Vocational Instructional Service-Agricultural-Educational” citado por Núñez Solís (1981).

Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno.

De acuerdo a Labrador-Moreno (1996), entendemos como materia orgánica en el suelo a los restos de plantas y animales en sus diferentes estados de descomposición, así como la masa microbiana. Estos restos serán sometidos a un proceso de transformación por parte de factores edáficos, climáticos y biológicos. Henríquez y Cabalceta (1999) señalan que el componente orgánico juega un rol de mucha importancia en el suelo debido a su participación en los procesos de intercambio iónico, de estabilidad estructural y otras características físicas.

En los resultados se observó que la sobrevivencia de las plantas está dada en el rodal B, C, D y pozo 1 del rodal A que presentan un porcentaje de Materia Orgánica en un rango que va de 9.16 a 9.99 (Figura 5), para el caso del rodal A posicionado en una zona plana, el porcentaje de M.O. en la primeras dos capas corresponde a un promedio del 13%, teniendo implicaciones en la humedad propiciando bajos niveles de oxígeno no permitiendo la descomposición de dicha materia, generando condiciones no aptas para la sobrevivencia de las plantas. La correlación entre el Nitrógeno y el Carbono con la Materia Orgánica es muy similar en su comportamiento.

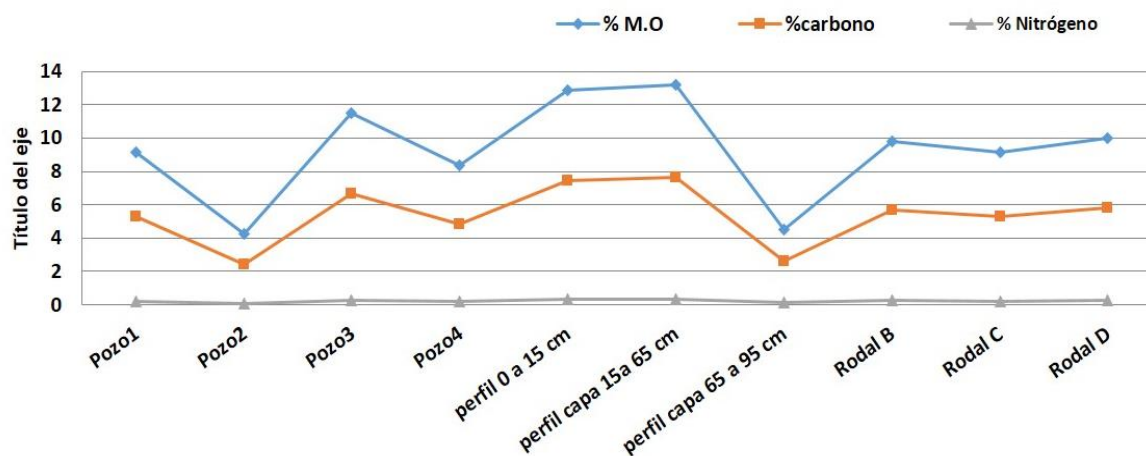


Figura 5. Valores en porcentaje de Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno de los diferentes rodales muestreados.

Componentes ecológicos

Dentro de los resultados obtenidos, se logró determinar el porcentaje de sobrevivencia, la distancia promedio entre cada individuo, el crecimiento en altura y el volumen promedio de madera de cada rodal, además del porcentaje (%) de pendiente existente en los cuatro rodales de área de estudio.

Sobrevivencia y distancia entre cada individuo. El porcentaje de sobrevivencia es la estimación cuantitativa del éxito de una reforestación o plantación forestal bajo los factores existentes en las mismas; mientras que la distancia entre individuos es el espacio entre organismos plantados, para esta reforestación se utilizó la técnica “tres bolillo” en la cual las plantas se colocaron formando triángulos equiláteros a una distancia promedio de 1.70 m, sin embargo esta distancia cambia de acuerdo a la demanda de cada especie cuando las plantas son adultas (CONAFOR, 2010). Asociado a esto es importante mencionar que existen diferencias en cuanto al año de plantación en los diferentes rodales, ya que en los rodales A, B, C, los trabajos de plantación comenzaron el año 2006; respecto al rodal D, los trabajos de

plantación comenzaron en el año 2005. En tanto que en el rodal A se plantaron en tres periodos diferentes (años 2006, 2008 y 2010), un total de 892 individuos, de los cuales hasta el año 2013 sobreviven únicamente 12 individuos de las especies *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*, lo que representa un 1.12% de sobrevivencia (Figura 6); en el rodal B se plantaron 1900 individuos en el año 2006, de los cuales a la fecha sobreviven 1134 de la especie *P. ayacahuite*, con un porcentaje de sobrevivencia del 56.59%; en el rodal C se plantaron un total de 580 individuos, en dos periodos de plantación (2006 y 2011) de los cuales en el 2013 sobreviven 356 individuos de la especie *P. pseudostrobus*, con un porcentaje de sobrevivencia del 38.68%; finalmente en el rodal D se plantaron un total de 110 individuos en un único periodo de plantación (2005) de los cuales sobreviven 94 individuos de la especie *P. ayacahuite*, correspondiendo este dato al 85.45% de sobrevivencia (Figura 6).

De acuerdo a la técnica de Tres bolillo en la reforestación los organismos fueron plantados a una distancia promedio, esto ocurrió en los rodales A, B, C y D (Figura 7).

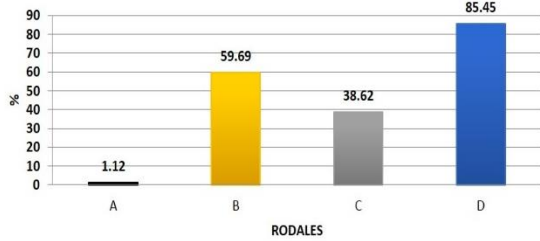


Figura 6. Valores en porcentaje de supervivencia en cada rodal.



Figura 7. Distancia promedio entre individuos, apreciándose la técnica de tres-bolillo (rodal B).

Crecimiento. El crecimiento resulta un dato relevante ya que se puede evaluar tanto los requerimientos de las diferentes especies como la capacidad de determinado suelo para sostener la vegetación (Karlen *et al.*, 1997), asociado con el crecimiento encontramos al volumen de madera producido, que de acuerdo a Nájera (1999) y Ordoñez *et al.* (2001) está relacionado con la capacidad de captura de CO₂, siendo éste el principal gas de efecto invernadero, además tanto el crecimiento como el volumen es lo más importante tanto para las comunidades que utilizan los recursos forestales de una región como para la industria forestal, ya que existen varias formas de transformación y uso de las diferentes especies; sin embargo el tiempo en que se desarrolla una especie es determinante para dichos usos. Por lo que a continuación se presentan los resultados obtenidos en diferentes años de plantación y

llevando a cabo un registro durante seis meses (Figura 8 y 9).

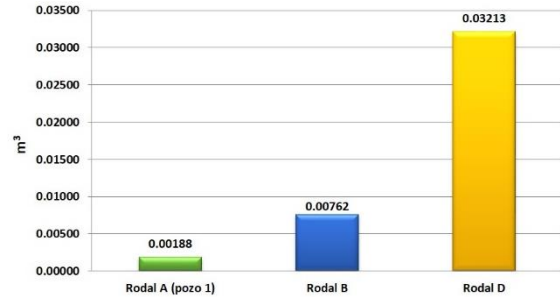


Figura 8. Datos del volumen promedio de madera de los rodales (A, B, D).

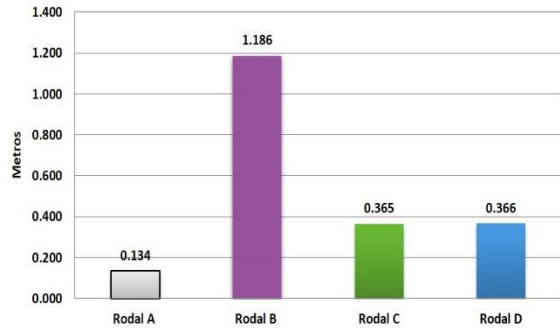


Figura 9. Datos promedio de crecimiento de altura durante 6 meses en cada rodal.

El rodal A tiene el promedio de volumen de madera más bajo respecto a los demás, siendo este 0.00188 m³, presentando a los seis meses un incremento promedio de 0.00008 m³, es importante mencionar que el crecimiento en cuanto a la altura fue de 0.134 m valor por debajo al reportado para la especie *P. ayacahuite* en Oaxaca por Hernández *et al.* (2007), que fue de 48 cm.

El rodal B presentó un promedio de volumen de 0.00762 m³, y de acuerdo a los resultados obtenidos en 6 meses este rodal presenta un incremento de volumen de 0.0048 m³; en cuanto a la altura supera el doble al reportado por Hernández (2007) que

fue de 48 cm para *P. ayacahuite*, y el obtenido en el presente estudio es de 1.186 metros

En cuanto al rodal C la determinación de volumen maderable no se determinó puesto que los individuos de este rodal son los más pequeños teniendo una altura promedio de 1.075 metros hasta el mes de Julio de 2013, presentando a lo largo de seis meses un crecimiento en altura de 36.5 cm, es importante mencionar que en este rodal se encuentran plantados individuos de la especie *P. pseudostrobus*.

Finalmente el rodal D, es el que presenta el mayor promedio de volumen de madera siendo este de 0.03213 m^3 , teniendo un incremento de volumen a lo largo de seis meses de 0.0077 m^3 ; además de un crecimiento de 36.6 cm, muy próximo al reportado por Hernández *et al.* (2007) para la especie *P. ayacahuite* en el estado de Oaxaca.

Porcentaje de pendiente. La influencia de la pendiente sobre la vegetación es trascendente puesto que se manifiesta en los factores edáficos, concretamente incrementa la escorrentía, teniendo en cuenta que la disponibilidad de agua es menor además de un aumento de la erosión, por lo cual en sitios planos la vegetación es frugal, respecto a lugares con presencia de pendiente donde la vegetación es del tipo boscoso (Serrada, 2008). Los resultados obtenidos señalan que en el rodal A existe una planicie, debido a esto existe una acumulación de materia orgánica lo cual probablemente tiene implicaciones sobre la sobrevivencia de los individuos de las dos especies empleadas en la reforestación, excepto en la cercanía del pozo 1 ubicado en dirección este, donde presenta una ligera inclinación (0.3 %) y consecuentemente una mayor aireación con niveles bajos de materia orgánica; el rodal B se caracterizó por presentar el mayor porcentaje de pendiente de los cuatro rodales, este valor oscila entre 2.7 y 2.9 % de pendiente (Figura 10); la pendiente en toda el área del rodal C es de

0.2% siendo similar al encontrado en las proximidades del pozo 1 de rodal A; finalmente el rodal D presenta una pendiente de 0.9%, siendo esta ligeramente pronunciada y por el momento, sustenta el mayor índice de sobrevivencia, esto hace pensar que la sobrevivencia está directamente asociada con el grado de inclinación del terreno.

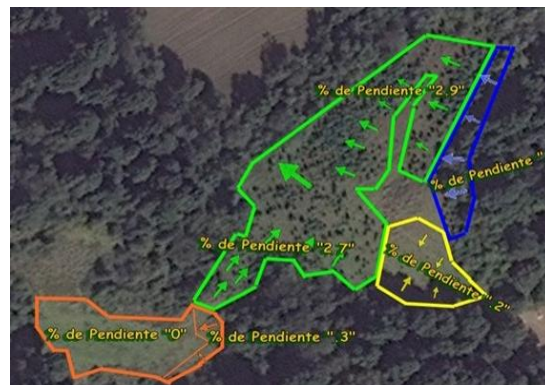


Figura 10. Imagen satelital de la reforestación mostrando la dirección y porcentaje de pendiente.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis físico-químicos realizados a las muestras de suelo extraídas en la zona de estudio, se confirmó que corresponden a la unidad Andosol, según la clasificación de la FAO-UNESCO.

Los análisis físicos revelan que la densidad aparente se encuentra en el rango de 0.8 g/cm^3 ; lo cual corresponde a los valores reportados para este tipo de unidad; debido a que la Materia Orgánica en la última capa del perfil disminuyó, la densidad Aparente incremento sustancialmente.

Los porcentajes de arcilla y limo se mostraron en niveles bajos, inhibiendo o limitando el intercambio iónico, por lo que los nutrientes no están disponibles en cantidades suficientes para el desarrollo de las plantas, siendo notable en el rodal A; en tanto que el porcentaje de arena es elevado, ocasiona que el tamaño de poro sea grande,

por lo tanto no retenga la humedad natural, a este evento habrá que sumarle el efecto de la pendiente del terreno.

La adecuada sobrevivencia y desarrollo de las plantas en reforestaciones en climas templados, es favorecida cuando el pH está por encima de valores de 5.5 de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo. El rodal D presentó los mayores porcentajes y desarrollo comparado con los rodales A, B y C, siendo en el primero el sitio donde menores resultados favorables se obtuvieron, esto se debió probablemente a los altos niveles de materia orgánica encontrados y la baja aireación del terreno.

Otro factor que influyó notablemente sobre la sobrevivencia y desarrollo de las dos especies de pino fue el porcentaje de pendiente en cada uno de los rodales en forma directamente proporcional, lo que confirma la vocación eminentemente forestal de este tipo de suelo.

PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES

En la región donde se encuentra el municipio de Huitzilac continuamente se llevan a cabo programas de reforestación promovidos por los diferentes instancias de gobierno, con escasos resultados; la presente investigación puede ser un referente real al considerar algunos parámetros que son determinantes en la sobrevivencia, desarrollo y crecimiento de dos especies del género *Pinus* ampliamente utilizadas en la región. A lo anterior habría que agregar la propuesta de la creación de viveros forestales locales fomentando la producción de especies autóctonas viéndose reflejado en un elevado porcentaje de sobrevivencia en las zonas al momento de su reintroducción.

La elección de sitios idóneos para este tipo de proyectos debe estar fundamentada en investigaciones previas de carácter edáfico y ecológico, teniendo un

soporte científico de instituciones como la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Es innegable la participación de las sociedades inmersas en donde se realizan este tipo de proyectos ya que garantizan su mantenimiento y conservación a largo plazo, por lo cual se debe reconocer y valorar su trabajo a través de estímulos económicos internacionales a través de los bonos verdes, como una forma de retribución por los servicios ambientales que estos ambientes naturales representan.

LITERATURA CITADA

Afif, E., E. Canaga, M. Cámara y J. Gorgoso. 2008. Influencia de los factores edáficos en la relación altura dominante-edad y estado nutricional de *Pinus radiata* D. Don en Asturias (España). Actas de la II Reunión sobre Suelos Forestales 25: 33-40.

Aguilar, B. S. 1998. Ecología del Estado de Morelos. Un enfoque geográfico. Editorial Praxis. Instituto de documentación de Morelos. México.

Aguilera, M. 2001. Monografía de *Pinus ayacahuite*. CONAFOR-CONABIO. México. pp 1-2.

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. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 30 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R., V. M. Mora, J. Luna-Figueroa. H. Colín, S. Santillán-Alarcón. 2010. Biodiversidad, conservación y manejo en el corredor biológico Chichinautzin condiciones actuales y perspectivas. 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 4, 8, 182, 183.

- Bouyoucos, G. J. 1963. Direction for making mechanical analysis of soil and hydrometer method. *Soil Sci.* 42: 25-30.
- Boyas, J. C. 1992. Determinación de la productividad. Composición y estructura de las comunidades arbóreas de estado de Morelos en base a unidades Ecológicas. Tesis de Doctorado (Biología). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de México, México D.F.
- Céspedes-Flores, S. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Universidad Autónoma del Estado de México- Texcoco* 2(2): 5-13.
- Chaves-Cortez J. M. y N. Trigo-Boix. 1993. Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. México. 11 pp.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Manual básico de prácticas de reforestación. Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. México. pp 32, 55.
- CONANP. 2012. Página electrónica: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/
- Contreras-Macbeath, T. y F. Urbina. 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. pp 1-5.
- 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 pp.
- 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.
- 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.
- Goijberg, R., y S. Aguilar. 1987. pH del suelo y necesidades de cal. SMCS Publicación No. 1. México.
- Henríquez, H. & A. Cabalceta. 1999. Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo y Universidad de Costa Rica. 1ª edición. San José Costa Rica. Costa Rica. 111 pp.
- Hernández, I., C. Flores, E. Cornejo, S. Valencia. 2007. Crecimiento de tres especies de pino en una plantación establecida en Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. México. 406 pp.
- Hoth, J. 2012. Estrategia Regional para la Conservación del Bosque de Agua. Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P., Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C. y Pronatura México, A.C. México. 85 pp.
- Jackson, M. L. 1982. Análisis químico del suelo. Editorial Omega. Barcelona, España. 622 pp.
- Karlen, D. L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris y G. E. Shuman. 1997. Soil quality: a concept definition and framework for evaluation *Soil Science Society of America Journal* 61: 4-10.
- 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. pp 19-20.
- López, G. J. y G. R. Oliver. 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, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, Gobierno del Estado de Morelos. México. 27 pp.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México. 361 pp.
- Martínez, E. 2000. Restauración ecológica y biodiversidad. CONABIO. Biodiversitas 28: 11-15.
- Munsell. 1992. Munsell Soil Color Charts. Munsell. Color Co. U.S.A
- Nájera, J. 1999. Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y captura de carbono en 10 especies típicas del matorral espinoso Tamaulipeco del nordeste de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. México.
- Navarro, R., A. D del Campo. y J. Cortina. 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.
- Núñez-Solís. J. 1981. Fundamentos de Edafología, Ed. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Oliver, R. 2011. Evaluación de tierras para el ordenamiento y manejo sustentable del municipio de Huitzilac dentro del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Ciudad Universitaria. Rodrigo Facio. Costa Rica.
- Ordóñez, J., B. De Jong, O. Masera. 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. Madera y bosques 7(2): 27-47.
- Plaster, E. J. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid España.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Portland, Oregon, USA. 231 pp.
- Peter y Roland. 1977. citado en Saíto, C. 2004. Guía de cubicación y transporte forestal. CONAP INAB. Guatemala. 7 pp.
- Ramírez, L. 1999, Estado del conocimiento de *Pinus ayacahuite*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. D.F.
- Salgado, F. 2014. Identificación de micromicetes asociados a semillas de pino (*Pinus montezumae* Lamb.) germinadas en diferentes sustratos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
- Secretaría de Desarrollo Ambiental (SEDAM) 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'Estudis Ambientals-UAB. México.
- Serrada, R. 2008. Apuntes de Silvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. España. pp 110-111.
- Vargas, O. 1994. Cobertura vegetal y uso de la tierra en la Cuenca Taquiña. PROMIC. CORDECO – COTESU. Cochabamba. Bolivia. 24 pp.