



Influencia de factores edáficos en el crecimiento de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Santiago de Anaya, Hidalgo, México

Influence of edaphic factors on the growth of a plantation of *Pinus greggii* Engelm. in Santiago de Anaya, Hidalgo, Mexico

Pedro Antonio Domínguez-Calleros¹, Rodrigo Rodríguez-Laguna², Juan Capulín-Grande², Ramón Razo-Zárate² y Manuel Antonio Díaz-Vásquez^{*}

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales. Durango, Dgo., México.

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Tulancingo, Hgo., México.

* Autor de correspondencia. mdiaz@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la supervivencia y crecimiento de una plantación de *Pinus greggii* establecida en 2003 en un terreno (2.1 ha) con suelo degradado y escasa precipitación. En especial se evaluó el efecto de las características edafológicas del sitio en el crecimiento de la plantación. Se registraron también la cobertura, la regeneración natural y el material combustible. Para esto, se establecieron 9 sitios circulares de 1/10 ha, en tres bloques de acuerdo a la pendiente del terreno. La supervivencia promedio fue de 91%, con mejores porcentajes en los bloques medio e inferior de la parcela. La altura, diámetro y volumen arrojaron diferencias significativas entre los sitios y bloques, los mayores valores e incrementos se registraron en los árboles de los sitios inferiores del terreno que muestran mayor fertilidad. En promedio la altura fue de 9.4 m, el diámetro de 14.4 cm y el volumen 60.2 m³ r.t.a. ha⁻¹ (metro cúbico de madera en rollo total del árbol en una superficie de 1 ha). En las partes altas del terreno se registró la menor cobertura vegetal (9.6% del suelo), favoreciendo con esto la presencia de elementos vegetales propios de sitios con alta luminosidad, como los magueyes, registrándose en promedio 400 individuos por hectárea. Respecto al material combustible, solo se registró en los sitios inferiores y medios, siendo la biomasa combustible \geq 5 cm de diámetro la de mayor cantidad (69.2 kg ha⁻¹). Dado que este material se encuentra disperso, no pone en riesgo de incendios a la plantación. Se recomienda realizar preclareos y podas en los árboles que quedaran hasta el final del turno. Estas acciones reducirán la competencia y aumentarán la calidad de la madera, además de mejorar las condiciones edáficas del sitio mediante la incorporación del material vegetal al suelo.

PALABRAS CLAVE: áreas degradadas, combustibles en bosques, fertilidad de suelos forestales, plantaciones forestales, reforestación, silvicultura en plantaciones.

ABSTRACT

The aim in this research was to evaluate survival and growth of a *Pinus greggii* plantation established since 2003, in a site (2.1 ha) with degraded soil and scarce precipitation. In particular, site soil characteristics and its influence on the development of the plantation were assessed. Vegetation coverage, natural regeneration and fuel load were also recorded. For this, nine circular sampling plots (1/10 ha) were measured in three random blocks according to the slope. Average survival was 91%, with better percentages in the middle and lower blocks of the plantation. Height, diameter and volume showed significant differences among blocks and subsites; larger values and increments were recorded in trees of the lower sites which are more fertile. In average, height was 9.4 m, diameter 14.4 cm and volume 60.2 m³ rta ha⁻¹. In the upper portions of the land the lower vegetation cover was found (9.6 % of the soil), favoring the natural regeneration of plants typical in sites with high luminosity, like agaves, registering an average of 400 individuals per hectare. With respect to fuel material, this was found only in the inferior and middle subsites, the most abundant being the material with more than 5 cm in diameter (69.2 kg ha⁻¹). Since this fuel is dispersed all around, it does not represent a threat of fire to the plantation. It is recommended to perform pre thinning and pruning to reduce competition among trees and incorporate organic matter to the soil in order to improve its conditions. These actions will reduce competition and increase the wood quality, as well as improve the edaphic conditions of the site by incorporating the plant material into the soil.

KEYWORDS: degraded areas, forests fuels, forest soil fertility, forest plantations, reforestation, forestry plantations.

INTRODUCCIÓN

En el Valle del Mezquital Hidalgo, México, las actividades antropogénicas efectuadas durante la década de los ochenta ocasionaron una fuerte reducción de la cobertura vegetal en los ecosistemas forestales y, con ello, una disminución en los servicios ambientales que los bosques ofrecen. Las plantaciones forestales establecidas por diversas dependencias federales como la Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar), el Fideicomiso de Riesgo Compartido (Firco) y en años posteriores la Comisión Nacional Forestal (Conafor) cumplen más bien funciones sociales (Varela, 2006). Las actividades de investigación con propósitos de restauración ecológica del área se iniciaron desde 1993, las instituciones que han registrado resultados en este rubro son: la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma de Chapingo (Secretaría de Desarrollo Social - Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1994). Estas investigaciones permitieron la creación del Centro Piloto de Conservación de Suelos y Desarrollo Rural en el Alto Mezquital, en 1996, con la participación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Entre los trabajos realizados destacan diferentes obras de conservación de suelos y agua, la reintroducción de especies de fauna y las reforestaciones con diversas especies vegetales (Varela, 2006). La especie utilizada con más frecuencia y éxito en las plantaciones forestales del área ha sido *Pinus greggii* Engelm. Investigaciones de Muñoz y Vargas (1988), Domínguez, Návar y Ortíz (2001), De los Ríos, Hoogh y Návar (2009), Gómez *et al.* (2012) y Lopez, Ramírez, Plascenciay Jasso (2004) señalan que este pino muestra una buena adaptación a condiciones adversas de clima y suelo, por lo que se recomienda para reforestaciones con propósitos de restauración de suelos. Sin embargo, nada se sabe de su comportamiento silvícola en plantaciones. Por esta razón, se realizó el presente trabajo en reforestaciones con esta especie en el parque recreativo El Porvenir, en Santiago de Anaya, Hidalgo. En esta

plantación, *Pinus greggii* mostró buenos rendimientos en cuanto a supervivencia y crecimiento. Los resultados permiten primeramente, contar con un diagnóstico que señala la supervivencia del arbolado, así como conocer sus características dasométricas. Adicionalmente, proporcionan a los responsables del parque, elementos que apoyen la toma de decisiones en cuanto al manejo forestal de los sitios plantados, de manera que se propicie la regeneración natural, un mejor crecimiento del arbolado y un incremento en la superficie plantada, así como la supervivencia de las plantaciones con esta especie en la región.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la situación actual de una plantación con *Pinus greggii* Engelm. en Santiago de Anaya, Hidalgo. Por otra parte, se hace una evaluación de las condiciones edafológicas del sitio y el material combustible presente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio y los sitios

El área de estudio se ubica en el paraje “La Manga Vieja”, en el Parque Recreativo El Porvenir, al norte de la comunidad con el mismo nombre en Santiago de Anaya, Hidalgo, entre las coordenadas geográficas 20° 25' 18.4" y 20° 30' 2.4" de latitud Norte y 98° 57' 07" y 98° 53' 04" de longitud Oeste.

El clima es (BS1kw(w)) templado semiseco con verano cálido y lluvias en esta estación, según la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), la temperatura media anual es de 17.23 °C. La precipitación promedio anual es de 259.42 mm (Varela, 2006).

El tipo de suelo predominante es la Rendzina, caracterizado por su poca profundidad, de consistencia pegajosa y textura arcillosa, que se desarrolla sobre rocas calizas. Su susceptibilidad a la erosión es moderada, sobre todo en laderas pronunciadas (Varela, 2006).

Se establecieron nueve sitios circulares de 1000 m², en tres bloques (tres por cada bloque), lo que representó

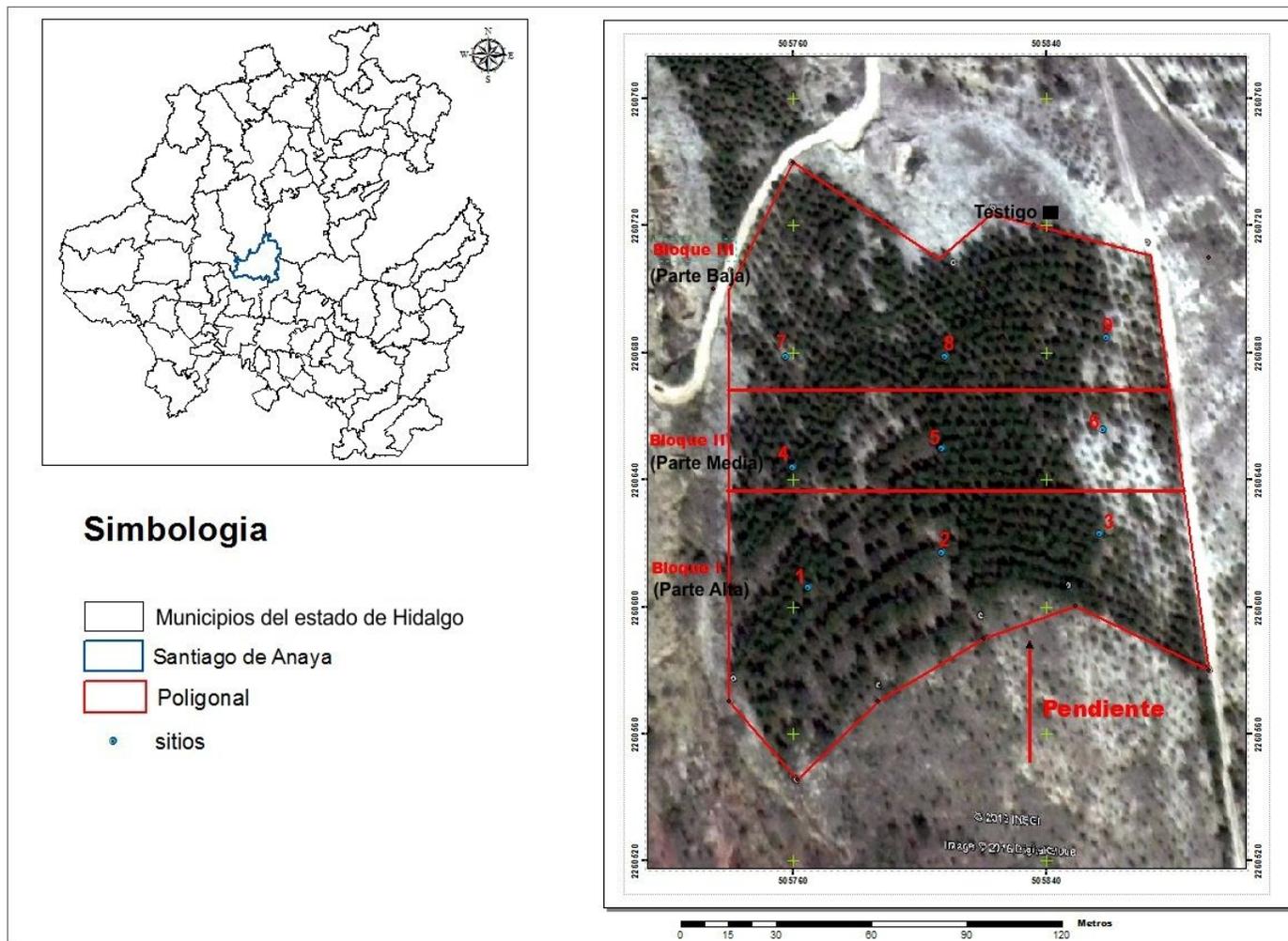


FIGURA 1. Área de estudio.

un muestreo de 42.5% de la superficie plantada originalmente (Fig. 1). En la elección de la forma y tamaño de los sitios se siguió la metodología propuesta por Murillo y Camacho (1997).

Caracterización del suelo. Para esta actividad se realizaron perfiles de suelo en las partes alta, media y baja del sitio dentro de la plantación y un testigo fuera de ella. Se tomaron muestras de suelo en cada bloque y testigo, a tres profundidades (0 cm - 5 cm, 6 cm - 10 cm y 11 cm -15 cm) con tres repeticiones. Por falta de recursos no fue posible tomar la humedad del suelo ni en los sitios ni en los bloques en diferentes etapas durante el año. A estas muestras de suelo se realizaron análisis físicos y químicos con el

procedimiento descrito en la NOM-021-SEMAR-NAT-2000 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2002).

Variables evaluadas. Para el registro de la supervivencia se tomó en cuenta el espaciamiento original de plantación que fue de 4 m × 4 m, lo que origina 225 árboles/ha. La altura (m) fue tomada con un VERTEX® y el diámetro (cm) con una cinta diamétrica. Para estimar el volumen se utilizó la fórmula señalada por Muñoz *et al.* (2012), la cual es: $V = 0.000137940 (D)^{1.671395792} (H)^{0.916603698}$, donde: V = Volumen (m³), D = Diámetro (cm) y H = Altura (m). La cobertura del suelo (%) se calculó con una cuerda (17.84 m), la cual fue compensada

para cada sitio según la pendiente de estos y marcada con siete nudos (2.5 m) y “tirada” en cuatro direcciones (N, S, E y O) al azar. De tal manera que en cada sitio se tomaron en cuenta 28 puntos que tocaron la superficie del suelo. Se midió la profundidad de la hojarasca con un clavo graduado en centímetros. La regeneración natural en los sitios se registró en una superficie de 125 m² dentro de cada sitio de muestreo; para esto se consideraron todas las especies vegetales presentes menores a 1.5 m de altura. La carga de combustible se contabilizó en una superficie de 250 m² elegida al azar en cada sitio, separando material grueso (≥ 5 cm), delgado (≤ 5 cm) y conos encontrados en la superficie del suelo.

Los datos fueron manejados en Excel® y evaluados mediante análisis de varianza y comparación de medias, con el procedimiento GLM de SAS®

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización edáfica del sitio

Los resultados encontrados en la caracterización física y química del suelo de acuerdo con el gradiente de pendiente del sitio se muestran en las tablas 1 y 2. Se observa que la pendiente tiene un papel muy importante en la acumulación nutrimental (Ramos, Castro y Sánchez, 2015); la parte alta presenta los menores valores con diferencia estadística de MO, C, P, K, Ca y Mg respecto a la parte baja; esto debido principalmente al escurrimiento del agua que arrastra partículas de suelo que llevan nutrimentos (Foth, 1990). Para el caso del N y del pH esa tendencia desaparece, ya que la parte alta, media, baja y el testigo presentan similitud en valores (Tabla 1).

TABLA 1. Caracterización química del suelo en el área de estudio, Santiago de Anaya, Hidalgo.

Posición/profundidad de capas (cm)	pH	MO	C	N	P	K	Ca	Mg
<i>Parte alta</i>								
0 - 5	7.1 a	2.7b	1.5b	0.20a	8.0ab	0.53abcd	46.6bc	1.20ab
6 - 10	7.6a	0.7b	0.9b	0.13a	5.6ab	0.40cd	43.2c	0.83ab
11 - 15	7.4a	0.8b	0.4b	0.10a	3.3b	0.30d	43.1c	0.73b
<i>Parte media</i>								
0 - 5	7.0a	9.5ab	5.3ab	0.22a	12.3a	0.83ab	53.6ab	1.70ab
6 - 10	7.6a	6.5ab	3.7ab	0.19a	15.3a	0.5abcd	47.4bc	0.86ab
11 - 15	7.1a	6.3ab	3.6ab	0.18a	5.3ab	0.43bcd	49abc	0.70b
<i>Parte baja</i>								
0 - 5	7.1a	24.0a	13.9a	0.19a	10.3ab	0.90a	57.9a	1.93a
6 - 10	7.8a	22.5a	13.0a	0.15a	5.3ab	0.33d	43.9bc	0.66b
11 - 15	7.8a	13.6ab	7.9ab	0.14a	6.0ab	0.36cd	44.3bc	0.63b
<i>Testigo</i>								
0 - 5	7.9a	5.3ab	2.9ab	0.23a	9.6ab	0.73abc	53.2abc	1.13ab
6 - 10	7.7a	4.7b	2.4b	0.19a	8.3ab	0.7abc	53abc	0.90ab
11 - 15	7.5a	4.4b	2.1b	0.16a	5.6ab	0.63abc	49.2abc	0.73b

Letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa entre tratamientos, Tukey (P \leq 0.05).



Los valores más contrastantes y con diferencia estadística se observan cuando el análisis es en función de la profundidad. Se detecta en todas las variables evaluadas, que en la capa superficial (0 cm - 5 cm) presenta los mayores contenidos y a mayor profundidad (11 cm - 15 cm) estos decrecen. Esto se explica porque en la capa superficial tanto de los sitios como del testigo, se lleva a cabo la acumulación de los restos orgánicos y su posterior descomposición (Chavez, Merino, Vázquez y García, 2014), lo que propicia la liberación de nutrimentos que incrementan su contenido y disponibilidad para las plantas (Gallardo, Coverlo, Morillas y Delgado, 2009), logrando un mayor crecimiento. La NOM-021-SEMAR-NAT-2000 indica los criterios de clasificación de los parámetros del suelo, muestra que el pH no tiene diferencias según el gradiente y la profundidad y se clasifica de neutro a ligeramente alcalino; la MO y el C tienen un

contenido en la parte alta de bajo a medio, en la media y alta contenido muy alto y en el testigo alto; el N tiene un contenido de medio a alto a lo largo del gradiente; el P presenta en todos los casos contenido de medio a alto en la capa superficial y a mayor profundidad contenidos de medio a bajo; el K en la parte alta muestra contenido medio, en partes media, baja y testigo de medio a alto; El contenido de Ca en todo el gradiente y profundidad muestra contenido alto; finalmente el Mg tiene contenido bajo en la parte alta y testigo, y de bajo a medio en la parte media y baja.

Las características físicas del suelo en el área de estudio muestran pocos cambios (Tabla 2). Se observaron diferencias en el contenido de partículas, sin llegar a modificar la clase textural, a excepción de la parte media en profundidad de 6 cm - 10 cm que mostró mayor contenido de arcilla. La densidad aparente (Dap) fue menor

TABLA 2. Caracterización física del suelo en el área de estudio, Santiago de Anaya, Hidalgo.

Posición/profundidad de capas (cm)	Dap g cm ⁻³	Proporción de partículas (%)			Clase Textural	Descripción del color	
		Arena	Limo	Arcilla		Clave	Color
<i>Parte alta</i>							
0 - 5	0.98a	55	19	26	F-A-A	10YR5/2	Café grisáceo
6 - 10		55	18	27	F-A-A	10YR7/2	Gris claro
11 - 15		54	18	28	F-A-A	10YR8/3	Café pálido
<i>Parte media</i>							
0 - 5	0.90a	56	19	25	F-A-A	10YR6/3	Café pálido
6 - 10		51	14	35	A-A	10YR6/2	Gris parduzco
11 - 15		53	18	29	F-A-A	10YR7/2	Gris claro
<i>Parte baja</i>							
0 - 5	0.88a	58	15	27	F-A-A	10YR6/2	Gris parduzco
6 - 10		53	21	26	F-A-A	10YR6/2	Gris parduzco
11 - 15		53	21	26	F-A-A	10YR7/2	Gris claro
<i>Testigo</i>							
0 - 5	0.98a	61	17	22	F-A-A	10YR4/3	Café
6 - 10		58	15	27	F-A-A	10YR4/2	Café grisáceo
11 - 15		56	11	33	F-A-A	10YR5/2	Café grisáceo

F-A-A = franco arcillo arenoso; A-A = Arcilla arenosa; Dap= densidad aparente.

Las letras en los valores de Dap indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos, Tukey (P ≤ 0.05).

en las partes media y baja de la plantación, aunque la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) no indica diferencias estadísticas en los valores promedio. Esto se explica por la acumulación de materia orgánica que propicia un aumento de volumen en el suelo y una microporosidad (Mora y Lázaro, 2014). El color va de gris claro hasta café sin cambios bruscos. Esta ligera variación se debe a que los cambios físicos y químicos en el suelo son muy lentos por la baja meteorización de la roca, aunado a que en el área de estudio existe poca precipitación (Brady y Weil, 2016; Chaplot, Vliet, Walter, Curmi y Cooper, 2003; Muñoz Iniestra, Chávez Mosqueda, Godínez Álvarez y Cuéllar Arellano, 2017).

Supervivencia

Debido al número de árboles en los sitios no fue posible realizar comparaciones estadísticas, por lo que este parámetro solamente se refiere en valores porcentuales. Los valores de supervivencia de los sitios ubicados en la parte inferior de la parcela fueron mayores, 100% y 85.7% en el bloque 3 y 2 respectivamente, que los ubicados en los sitios de la parte alta, 85% en el bloque 1. En la parte inferior del terreno, la escorrentía es mayor ya que en forma natural el agua fluye hacia las partes bajas, reflejado esto en mayor supervivencia y crecimiento de las plantas (Lasanta y Ortigosa, 1984; Foth 1990). Las investigaciones realizadas por Rodríguez, Meza, Vargas y Jiménez (2009) y López *et al.* (2004) no señalan las condiciones de la calidad de la planta, técnicas de plantación y procedencias utilizadas, a pesar de que estos factores influyen positivamente en el rendimiento de la plantación (Domínguez *et al.*, 2001). Por lo anterior, no es posible realizar una comparación de los resultados de los autores antes mencionados con los de esta investigación. En El Porvenir, se utilizaron arbolitos cultivados durante 12 meses en bolsas de polietileno de 400 cm³ llenadas con tierra de monte y se establecieron en cepas elaboradas seis meses antes de la época de plantación (Varela, 2016). Después de 13 años, el porcentaje de supervivencia puede considerarse excelente (91%) para todo el rodal.

Altura

El análisis de varianza para este parámetro arrojó diferencias significativas entre los sitios ($P \leq 0.0001$). En la figura 2 se muestran la altura promedio de los árboles por sitio y sus desviaciones estándar. La prueba de Duncan formó tres grupos, en el primero se encuentran los árboles del sitio 6, sus promedios de altura fueron los mayores. En el segundo grupo se encuentran los sitios 4, 5, 7, 8 y 9, destacando entre estos, los árboles del sitio 7 ya que ocuparon el segundo lugar y su desviación estándar fue la más estrecha; en este grupo los árboles del sitio 5 ocuparon la tercera posición con la desviación estándar más amplia. La altura de los árboles de los sitios superiores (1, 2 y 3) formó el tercer grupo, su altura promedio fue la más baja, coincidiendo con menor contenido de nutrimentos en el terreno y sus desviaciones estándar fueron similares.

El análisis de varianza entre los bloques arrojó diferencias significativas ($P \leq 0.0001$), siendo mayores en la parte media y baja de la pendiente. La altura promedio de toda la plantación fue de 9.4 m. Aunque los valores registrados en este trabajo son muy distintos a los señalados por Domínguez Calleros *et al.* (2001); López *et al.* (2004); Aguilar (2009); Muñoz *et al.* (2011) y López Santiago (2013), puede presumirse una excelente adaptabilidad de *Pinus greggii* a sitios de baja fertilidad como los del área de estudio.

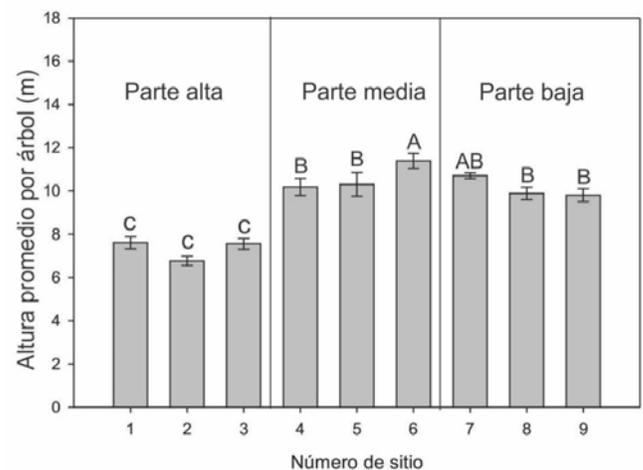


FIGURA 2. Altura y desviación estándar de los árboles en los sitios.



Diámetro

En la evaluación de este parámetro, el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los sitios ($P \leq 0.0001$). El promedio y sus errores estándar se muestran en la figura 3. El diámetro promedio de toda la plantación es de 14.4 cm. La prueba de Duncan forma 4 grupos, destacando los arboles del sitio 8 con el diámetro mayor y los del sitio 2 con el diámetro menor.

Existen diferencias significativas del diámetro entre los bloques ($P \leq 0.0001$), teniendo los mayores valores los bloques ubicados en la parte media y baja del terreno.

Las diferentes procedencias de *P. greggii*, la calidad de planta, las técnicas de plantación, las condiciones edáficas y climáticas de los sitios plantados con esta especie señaladas en las investigaciones de López *et al.* (2004), Aguilar (2009) y Muñoz *et al.*, (2011) impiden comparar los resultados con los observados en este trabajo. Sin embargo, los diámetros registrados reflejan la excelente adaptabilidad de la especie a sitios degradados.

En las plantaciones de El Porvenir se recomienda la aplicación de preaclareos y podas a fin de reducir la competencia por nutrientes y con esto la aparición de plagas forestales, como aconteció en una plantación de *P. greggii* en el Ejido Fontezuelas, municipio de Meztlán, Hgo. (Varela, 2016).

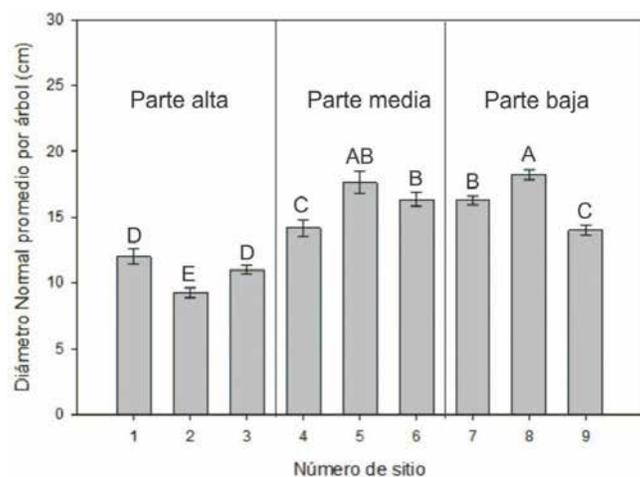


Figura 3. Diámetro y desviación estándar de los árboles en los sitios

Volumen

A los 13 años de establecida la plantación, el volumen promedio registrado fue de 60.2 m³ r.t.a. ha⁻¹. El análisis de varianza señala que existen diferencias significativas entre los sitios ($P \leq 0.0001$). La figura 4 muestra los valores promedio y las desviaciones estándar de este parámetro. En la prueba de Duncan se destacan los valores registrados en los sitios 5 y 2 con los volúmenes máximo y mínimo respectivamente. El análisis de varianza para este parámetro también detecta diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) entre los bloques, registrándose los mayores valores en las partes media y baja de la pendiente. El volumen fue menor en los árboles de los sitios superiores. Sin embargo, dadas las condiciones del sitio en El Porvenir, el volumen registrado se considera aceptable.

En la tabla 3 se muestra cómo la producción de hojarasca fue menor en los sitios ubicados en la parte alta del terreno (1, 2 y 3); también aquí la profundidad promedio de la capa fue la más baja; por el contrario, se observó un mayor porcentaje de suelo desnudo o roca que en los demás sitios.

En la misma tabla 3 se presenta la regeneración natural registrada. Excepto en el sitio 2, se observaron elementos vegetales (magueyes y enebros) propios de sitios con intensa luminosidad y suelos delgados o someros, producto de su lenta intemperización o formación

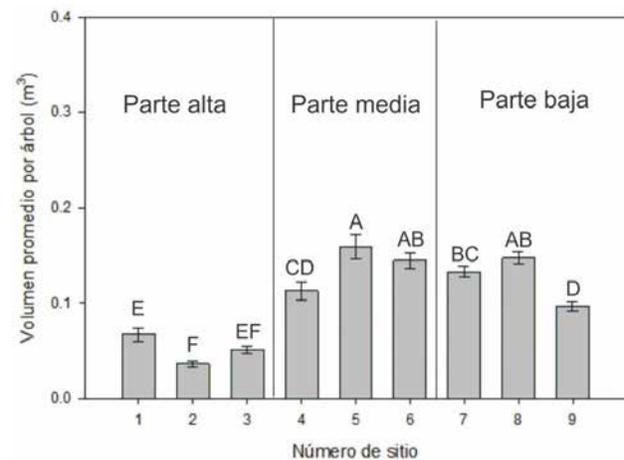


Figura 4. Volumen y desviación estándar de los árboles en los sitios.

TABLA 3. Cobertura del suelo (%), regeneración natural y material combustible en los sitios.

Ubicación	Sitios	Cobertura			Regeneración natural (N ha ⁻¹)			Material combustible (kg ha ⁻¹)		
		Hojarasca		Suelo-roca	Pino	enebro	maguey	≥ 5 cm	≤ 5 cm	Conos
		(%)	(cm)	(%)						
Alta	1	10.8	2.3	89.2			400			
	2	14.3	1.7	85.7						
	3	3.6	4.0	96.4			800			
	\bar{x}	9.6	2.7	90.4	---	---	400	---	---	---
Media	4	78.6	5.9	21.4	880		80	28	10	48
	5	71.4	3.5	28.6			800			
	6	89.3	2.3	10.7	240	80	160	56	26	6
	\bar{x}	79.8	3.9	20.2	373	27	347	28	12	18
Baja	7	75.0	4.2	25.0	80	640		54	28	52
	8	89.3	4.9	10.7	160	160	160	132	76	64
	9	50.0	5.8	50.0	240		240	76	32	6
	\bar{x}	71.4	4.9	28.6	160	267	133	87	45	41

reciente (Porta, López y Roquero, 2008). De acuerdo con los parámetros evaluados de la tabla 1, el contenido nutrimental de la parte alta y testigo es de bajo a medio; mientras que en la parte media y baja el contenido es de medio a alto (NOM-021-SEMARNAT-2000; Semarnat, 2002).

Aunque también en los sitios intermedios y bajos se observaron pinos, enebros y magueyes, estos fueron menores a 50 cm de alto, individuos jóvenes cuya permanencia en el bosque presumiblemente se verá afectada por las condiciones edáficas y silvícolas, sobre todo por el grosor o profundidad de la hojarasca de los sitios. La presunción anterior se basa en estudios realizados por Eckelmann (1990) y Domínguez (2000), quienes señalan que las raíces de las plántulas permanecen en la hojarasca y al no alcanzar mayores profundidades en el suelo para abastecerse de agua, la planta se seca una vez que la hojarasca pierde humedad.

Carga de combustibles. El conocimiento de los combustibles que existen en el bosque es una necesidad imperiosa para los encargados de la protección contra

incendios forestales (Jardel P. *et al.*, 2010), sobre todo aceptando que estos son un fenómeno ampliamente extendido en los ecosistemas terrestres del mundo. Los combustibles son cualquier sustancia o compuesto susceptible de encenderse y mantener un proceso de combustión (Morfín, Jardel, Alvarado y Michel, 2012), estos investigadores proponen diferentes métodos de muestreo según la estructura del bosque. Por tratarse de un rodal joven y de pequeña extensión, en El Porvenir se registró únicamente el material depositado en la superficie del suelo, los resultados se muestran en la tabla 3. Solo en la parte media e inferior de la parcela se registró material leñoso, la mayoría de él ≥ 5 cm; hubo mayor cantidad en la parte inferior. Morfín *et al.* (2012) indican que estos restos vegetales intervienen en los incendios superficiales, subterráneos y en la combustión residual y son los que convencionalmente se han utilizado para cuantificar el comportamiento del fuego. Las cantidades registradas de material combustible en El Porvenir no ponen en riesgo de incendios al rodal. Sin embargo, se recomienda el manejo del material leñoso para evitar la incidencia



del fuego en los próximos años y acelerar la descomposición de este material para la incorporación de nutrientes al sitio.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación indicaron mejor supervivencia y crecimiento de *P. greggii* en los sitios situados en la parte baja del terreno con mayor contenido nutrimental. La menor cobertura vegetal de los sitios de las partes altas permitió la presencia de elementos vegetales propios de suelos con condiciones difíciles. La mayor cantidad de material combustible, se registró en los sitios inferiores, aunque esta no pone en riesgo a la plantación por probables incendios. Se recomienda realizar preaclareos y podas y triturar el material para su integración al ciclo de nutrientes o la aplicación de fertilizantes al suelo para así mejorar el crecimiento de los árboles que se dejarán hasta el final del turno.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la beca No. 265473 del CONACYT durante el segundo periodo de 2015 para la realización de una estancia sabática en el ICAP-UAEH que recibió uno de los autores. Se agradecen los comentarios del editor y revisores anónimos que fortalecieron el documento.

REFERENCIAS

- Aguilar, C. J. (2009). *Captura de carbono en una plantación de Pinus greggii Engelm., en Arteaga Coahuila*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. 60 p.
- Brady, N. C. y Weil R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15a ed.). Columbus, EUA: Pearson Education, Inc.
- Chaplot, V., Van Vliet-Lanoë, B., Walter, C., Curmi, P. y Cooper, M. (2003). Soil spatial distribution in the armorican massif, western France: Effect of soil-forming factors. *Soil Science*, 168, 856-868
- Chávez V., B., Merino, A., Vázquez M., G. y García O. F. (2014). Organic matter dynamics and microbial activity during decomposition of forest floor under two native neotropical oak species in a temperate deciduous forest in Mexico. *Geoderma*, 235-236, 133-145. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.07.005
- De los Ríos C., E., de Hoogh, R., and Navar Ch., J. J. (2009). Projections of carbon stocks in sites reforested with pinyon pine species in northeastern Mexico. *Arid Land Research and Management*, 23(4), 342-358. doi: 10.1080/15324980903231884
- Domínguez C., P. A. (2000). *Fundamentos de Silvicultura*. Linares N. L.: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.
- Domínguez C., P. A., Nívar Ch., J. J. y Loera O., J. A. (2001). Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques*, 7(1), 27-35. doi: 10.21829/myb.2001.711316
- Eckelmann, C. M. (1990). *Untersuchungen zur naturverjüngung in natürlichen Kiefern-Eichen Wäldern der Sierra Madre Oriental im nordosten Mexikos*. Unveröffentlichte Dissertation. Universität Göttingen. Alemania.
- Foth, H. D. (1990). *Fundamentals of Soils Science* (8a ed.). EUA: John Wiley & Sons.
- Gallardo, A., Covelo, F., Morillas, L. y Delgado, M. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus aplicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas*, 18(2), 4-19.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. (3ª ed.). México, D. F. UNAM, Instituto de Geografía.
- Gómez R., M., Soto C., J. C., Blanco G., J. A., Sáenz R., C., Villegas, J. y Lindig C., R. (2012). Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia*, 46(8), 795-807.
- Jardel P., E. J., Frausto L., J. M., Pérez S., D., Alvarado, E., Morfín R., J. E., Landa P., R., y Llamas C., P. (2010). *Prioridades de investigación en manejo del fuego en México*. México D.F.: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
- Lasanta M., T., y Ortigosa I., L. M. (1984). El papel de la escorentía en la organización textural de suelos cultivados en

- pendiente: modelos en viñedos de La Rioja. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 10: 99-112. doi: 10.18172/cig.928.
- López S., D. (2013). *Análisis del tamaño de muestra para evaluar biomasa aérea en Pinus greggii Engelm., en Arteaga, Coahuila, México*. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- López U., J., Ramírez H., C., Plascencia E., O. y Jasso M., J. (2004). Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia*, 38(4), 457-464.
- Mora, J. L. y Lázaro, R. (2014). Seasonal changes in bulk density under semiarid patchy vegetation: the soil beats. *Geoderma*, 235-236: 30-38. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.06.022
- Morfín R., J. E., Jardel P., E. J., Alvarado C., E. y Michel F., J. M. (2012). *Caracterización y cuantificación de combustibles forestales*. Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Muñoz F., H. J., Orozco G., G., Coria A., V. M., García S., J. J., Muñoz V., Y. Y., y Salvador C., G. (2011). Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 13(1), 29-35.
- Muñoz F., H. J., Velarde R., J. C., García M., J. J., Sáenz R., J. T., Olvera D., E. H., y Hernández R., J. (2012). Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(14), 11-22.
- Muñoz I., D. J., Chávez M., M., Godínez Á., H. O., y Cuéllar A., N. A. (2017). Cambios edáficos en islas de fertilidad y su importancia en el funcionamiento de un ecosistema del valle de Tehuacán Puebla, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 35(2), 123-134.
- Muñoz O., A. y Vargas H., J. J. (1988). Resistencia a sequía: II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. *Agrociencia*, 72, 197-208.
- Murillo, O. y Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*, 21(2), 189-206.
- Porta, J., López A., M. y Roquero de L., C. (2008). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, (3ª ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Ramos, D., Castro, V. y Sánchez, E. (2015). Caracterización de la vegetación a lo largo de una gradiente altitudinal en la comunidad de Cochahuayco, cuenca media del río Lurín, Lima. *Revista Ecología Aplicada*, 14(1), 11-25. doi:10.21704/rea.v14i1-2.78
- Rodríguez L., R., Meza R., J., Vargas H., J. J., y Jiménez P., J. (2009). Variación en la cobertura de suelo en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León. *Madera y Bosques*, 15(1), 47-59. doi: 10.21829/myb.2009.1511196
- Secretaría de Desarrollo Social- Comisión Nacional de Zonas Áridas (1994). *Plan de Acción para combatir la desertificación en México* (PACD-MEXICO). México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2002). *Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. México, D. F.: Diario Oficial de la Federación, segunda sección.
- Varela P., A. (2006). *Participación social en la restauración de áreas degradadas*. Universidad Autónoma Chapingo. 33 p.
- Varela P., A. (2016). *El manejo integral de la microcuenca El Porvenir, Santiago de Anaya, Hidalgo*. (Datos no publicados). Delegación Federal de la Semarnat del Estado de Hidalgo.

Manuscrito recibido el 12 de febrero de 2017.

Aceptado el 12 de julio de 2017.

Este documento se debe citar como:

Domínguez-Calleros, P. A., Rodríguez-Laguna, R., Capulín-Grande, J., Razo-Zárate R. y Díaz-Vásquez, M. A. (2017). Influencia de factores edáficos en el crecimiento de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Santiago de Anaya, Hidalgo, México. *Madera y Bosques*, 23(2), 145-154. doi: 10.21829/myb.2017.2321522