

# Regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl

En base al gradiente altitudinal en el ejido Malila, Hidalgo

Juan Hernández-Rivera<sup>1</sup>, Ramón Razo-Zárate<sup>2\*</sup>, Rodrigo Rodríguez-Laguna<sup>2</sup>, Gabriel González-Flores<sup>1</sup>, José Rodolfo Goche-Telles<sup>1</sup>, José Ángel Prieto-Ruíz<sup>1</sup> y Josué Fabián Pérez-Hernández<sup>2</sup>

Facultad de Ciencias Forestales<sup>1</sup>, Instituto de Ciencias Agropecuarias<sup>2</sup>  
Universidad Juárez del Estado de Durango<sup>1</sup>, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo<sup>2</sup>  
Victoria de Durango, Dgo.<sup>1</sup>, Tulancingo de Bravo, Hgo.<sup>2</sup>; México  
juan.hernandezrivera1@gmail.com, ramon\_razo@uaeh.edu.mx\*

**Abstract**— The objective of the study was to evaluate the establishment of natural regeneration of the *Pinus hartwegii* forest in an altitudinal transect in sites affected by a forest fire in 1998 in the Malila ejido, Hidalgo. Five circular sites (1000 m<sup>2</sup>) were sampled, measuring total height, normal diameter, tree age, and thickness of leaf litter on the ground. The results show that the natural distribution of the species in the area ranges from 2220 to 2562 masl, lower than that reported for the species in other areas of Mexico. In the sites above 2330 m, 2640 individuals per hectare were found and these present dasometric characteristics that indicate their establishment and restoration of the area.

**Keyword**— *Natural regeneration, Pinus hartwegii, altitudinal gradient, organic matter, regenerations.*

**Resumen**— El objetivo del estudio fue evaluar el establecimiento de la regeneración natural del bosque de *Pinus hartwegii* en un transecto altitudinal en sitios afectados por un incendio forestal ocurrido en 1998 en el ejido Malila, Hidalgo. Se realizó un muestreo de cinco sitios circulares (1000 m<sup>2</sup>), midiendo altura total, diámetro normal, edad del arbolado y grosor de hojarasca sobre el suelo. Los resultados muestran que la distribución natural la especie en la zona tiene un rango de 2220 a 2562 msnm, inferior al reportado para la especie en otras zonas de México. En los sitios por arriba de los 2330 msnm se encontraron 2640 individuos por hectárea y estos presentan características dasométricas que indican su establecimiento y restauración del área.

**Palabras claves**— *Regeneración natural, Pinus hartwegii, gradiente altitudinal, materia orgánica, Renuevos.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las masas forestales tienen la capacidad de producir semilla o brotes de renuevo. Esta capacidad se conoce como regeneración natural; con este proceso se perpetúa la vida del bosque o la masa forestal sin la intervención del hombre. Sobre todo, los métodos silvícolas pueden ayudar a que la regeneración natural se presente de manera óptima [1].

La competencia entre especies vegetales afecta tanto la sucesión ecológica del ecosistema como la regeneración natural del mismo. Las plantas compiten por luz, agua y se ven también afectadas por la interacción con herbívoros, depredadores y patógenos [2], así como por la exposición del terreno, la pendiente y la profundidad del suelo. Incluso la proximidad entre cada planta afecta la cantidad de regeneración que pueda surgir [3]. Schupp y Fuentes [4] afirman que la distribución espacial de la semilla afecta el nacimiento de nuevos individuos y la supervivencia de la especie.

En las áreas bajo manejo silvícola, la regeneración natural se presenta en huecos resultantes del derribo de árboles [1], constituyendo la dinámica natural del establecimiento del nuevo bosque [5]. Para que en forma gradual se logre recuperar la especie arbórea de interés [6].

Endara-Agromont y colaboradores [7] documentan que las poblaciones de *P. hartwegii* alcanzan límites altitudinales mayores a los 4000 metros sobre el nivel del mar. Los bosques de alta montaña

donde se desarrolla este pino establecen los límites de la vegetación arbórea en México y son desplazados por zacatonales entre los 3000 y 4000 msnm [8], [9]. *P. hartwegii* se localiza en los países de México y Guatemala. En México se distribuye naturalmente en 14 estados, principalmente en la región central del país, donde forma masas puras y abiertas. Esta especie se encuentra tanto en terrenos planos como irregulares; Rodríguez-Trejo [10] asevera que la especie de interés crece en climas semifríos con temperaturas de entre 5 y 12 °C con precipitaciones medias anuales que alcanzan los 1200 milímetros. Habita lugares que presentan suelos andosoles y podsoles, generalmente.

En la región de Molango, Hidalgo se encuentra una pequeña población de *P. hartwegii* que se ubica por debajo de los 3000 m de altitud, hasta la fecha se desconocen reportes de esta especie de pino en estudios de vegetación en la región, lo que motivó a plantear el objetivo de evaluar el establecimiento de la regeneración natural del bosque relicto de *P. hartwegii* en un transecto altitudinal y la relación con la densidad del renuevo en sitios afectados por un incendio forestal ocurrido en 1998.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Localización y descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro del Ejido Malila que tiene la superficie total de 534.63 hectáreas ubicado en las coordenadas geográficas de 20° 41' 58.41" y 20° 43' 28.93" de latitud norte y en los paralelos de 98° 41' 19.87" y 98° 43' 21.40" de longitud oeste, con altitudes de 1780 a 2562 msnm entre los municipios de Molango de Escamilla y Metztitlán en el estado de Hidalgo, México.

El clima registrado es de tipo Cb'(w2), corresponde al clima semifrío-subhúmedo con veranos frescos. La temperatura media anual va de 5 a 12 °C [11], mientras que la precipitación anual se registra entre los 1500 a los 2000 mm [12]. El tipo de suelo que se presenta en el área es *Luvisol vertico* con textura fina [13], que se caracteriza por presentar 30 % o más de arcilla y con espesores de 25 centímetros o más. Por esta razón los luvisoles son mayormente arcillosos en la parte del subsuelo que en la parte superficial [14]. La vegetación dominante del área corresponde al bosque de pino-encino [15] donde predominan árboles de *Pinus patula*, *P. hartwegii*, *Quercus spp* y algunos arbustos como *Vaccinium leucanthum*, *Myrica mexicana* y *Litsea sp*, entre otras.

### B. Muestreo en el área de estudio

En la población de *P. hartwegii* se ubicaron cinco sitios de muestreo distribuidos completamente al azar a diferentes distancias en un transecto altitudinal de 2220 a 2562 msnm. Los sitios circulares se establecieron de 1000 metros cuadrados y en ellos se presentaron pendientes del terreno de 43 a 60 % con exposiciones sur y sureste.

### C. Variables a evaluar

Los sitios se dividieron en cuadrantes con ayuda de la cinta métrica para facilitar el conteo de los árboles adultos de *P. hartwegii* y evaluar la densidad del arbolado, posterior se contó el total de plantas de regeneración de esta especie. Se eligió el árbol adulto representativo en cada sitio de muestreo para medir la altura total y diámetro normal, las medidas se realizaron con pistola haga y cinta diamétrica respectivamente. Además, con el taladro de pressler se obtuvo una viruta para contar los anillos de crecimiento y con ella estimar la edad del árbol. Para los árboles jóvenes se midieron las mismas variables dasométricas, la edad se calculó haciendo un conteo directo en la planta del número de verticilos. Por último, en cada sitio se midió el grosor de la materia orgánica (hojarasca) en el suelo, es

decir, se anotó la profundidad que hay desde la superficie del suelo con hojarasca hasta encontrar la roca firme en cada sitio. Para obtener la densidad del arbolado por hectárea se utilizó el número de árboles adultos por sitio y se aplicó la fórmula siguiente (1):

$$D = \text{Número de árboles por sitio} * 10 \quad (1)$$

Donde D es la densidad del arbolado por hectárea, Número de árboles por sitio en 1000 m<sup>2</sup>

#### D. Análisis estadísticos

La base de datos generada con los datos de campo de las variables evaluadas se sometió al análisis estadístico descriptivo de datos básicos como porcentajes, promedio, extrapolación a la hectárea y se relacionaron las variables densidad de renuevo, altura total, diámetro normal, profundidad del suelo con la ubicación altitudinal de las parcelas de muestreo con la finalidad de encontrar un patrón relacionado con la altitud.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de *P. hartwegii* en Malila, municipio de Molango, se distribuye en un rango altitudinal de 2220 a 2562 msnm la diferencia de elevación fue de 342 m entre el punto inicial y el final. Estos resultados difieren a los reportados por Castañeda y colaboradores [8] en su estudio de evaluación forestal y de combustibles en bosques de *Pinus hartwegii* en el estado de México según densidades de cobertura y vulnerabilidad a incendios en donde mencionan que su rango es de 3000 a 4000 msnm. En el presente estudio la mayoría de los árboles se encontraron en la exposición sureste (Tabla I) y con pendientes de 38 hasta 60 %. Cabe añadir, que dichas condiciones han permitido hasta la actualidad la conservación y regeneración natural de la especie en la zona.

**Tabla I.** Datos generales de la ubicación de la población de *P. hartwegii* en el ejido Malila, Hidalgo.

| Sitio | Coordenadas geográficas |               | Altitud (msnm) | Pendiente (%) | Exposición |
|-------|-------------------------|---------------|----------------|---------------|------------|
|       | Lat. Norte              | Long. Oeste   |                |               |            |
| 1     | 20° 42' 46.7"           | 98° 44' 39.7" | 2220           | 43            | SE         |
| 2     | 20° 42' 46.7"           | 98° 44' 40.6" | 2282           | 38            | S          |
| 3     | 20° 42' 48.8"           | 98° 44' 44.4" | 2330           | 55            | SE         |
| 4     | 20° 42' 54.6"           | 98° 44' 48.4" | 2437           | 58            | SE         |
| 5     | 20° 43' 03.4"           | 98° 44' 59.1" | 2562           | 60            | SE         |

#### A. Densidad de arbolado adulto

Los sitios de muestreo en la población presentan pocos ejemplares adultos por hectárea en la parte baja a comparación con la parte alta (Tabla II). Cabe señalar el incendio ocurrido en 1998 en la zona que acabó con la vegetación completa en la parte media de la población (sitio 3), se encontró el bosque en la etapa de desarrollo conocida como latizal (la mayoría del arbolado tiene de 6 a 9 metros de altura y diámetros de 13 hasta 20 cm) diferenciándose del arbolado adulto. Lo anterior se asevera porque la edad promedio de los árboles es de 19 años y la mayoría de los ejemplares tienen características dasométricas uniformes.

**Tabla II.** Densidad de arbolado adulto en la población de *P. hartwegii* en el ejido Malila, Hidalgo.

| Sitio | Altitud (msnm) | Árboles adultos por hectárea |
|-------|----------------|------------------------------|
| 1     | 2220           | 30                           |
| 2     | 2282           | 40                           |
| 3     | 2330           | 0                            |
| 4     | 2437           | 80                           |
| 5     | 2562           | 360                          |

### B. Densidad de renuevo

La población de *P. hartwegii* se halla en proceso de recuperación lento al encontrar diferente densidad de renuevos en el gradiente altitudinal evaluado. Los sitios que se encuentran por arriba de los 2330 msnm presentan la cantidad de renuevos por hectárea que sugiere la SEMARNAT excepto el sitio que se encuentra a 2562 msnm con 160 renuevos por hectárea (Figura 1). Esto último es posible que se deba a que la materia orgánica (hojarasca) presente sobre el suelo evita que la radícula de la semilla germinada entre en contacto directo con el suelo mineral y obtenga la humedad y nutrimentos necesarios para su establecimiento y desarrollo. Hay que destacar que el sitio de menor elevación donde aparecen los primeros individuos de la población (2220 msnm), la especie se encuentra mezclada con *Pinus patula*, que corresponde a una especie serótina fuertemente adaptada a los incendios forestales; el fuego induce la apertura de los conos, además de eliminar competencia y remover materiales que obstruyen el contacto de la semilla con el suelo [16]. En elevaciones de 2282 m el *P. patula* se ve disminuido en número de individuos y a partir 2330 m el *P. hartwegii* se vuelve frecuente llegando a ser la especie dominante y con presencia de arbustos densos de *Myrica mexicana*. En el área de estudio la mayoría de los renuevos tuvieron de 2 a 5 cm de diámetro con alturas promedio de 2 a 4 metros. Un estudio realizado por Cuello [17] en los Andes Venezolanos, determina que la vegetación y la diversidad incrementan de los 2100 a los 2350 msnm, lo cual se debe a la humedad en el área, que pudiera ser lo que ocurre en el área de estudio. En lugares con gradientes altitudinales marcados, la distribución y composición vegetativa se ve afectada por los gradientes de temperatura, precipitación, humedad relativa, elevación y pendiente. Incluso, la elevación condiciona las variables de temperatura y precipitación, y ejerce un papel importante en los indicadores poblacionales (crecimiento y mortalidad) [18], [19]. Rahbek [20] describe un patrón en forma de joroba, que indica que las riquezas máximas se encuentran en altitudes intermedias cuando se realizan estudios en rangos altitudinales amplios.

Cabe añadir que la parte alta de la montaña donde se forma el parteaguas se localiza a 2611 msnm, dicha área se presenta sin regeneración natural de *P. hartwegii* por el efecto del incendio forestal ocurrido en 1998 y la alta densidad y cobertura de la vegetación arbustiva que cubre el suelo, se espera que años venideros la dispersión de la semilla del pino en estudio encuentre condiciones favorables para su germinación y posterior establecimiento en la zona. Algunos estudios mencionan que los matorrales benefician la regeneración natural de especies leñosas entre ellas el pino, sin embargo, suelen ser estudios sobre especies tolerantes a la sombra. O'Brien y colaboradores [23] determinaron mediante un modelo logístico la probabilidad de que ocurra la regeneración natural con la cobertura de copal, profundidad del suelo y cantidad de materia orgánica, y el porcentaje de la cobertura de matorrales. En su estudio notaron que hubo mayor establecimiento exitoso de regeneración natural de *Pinus radiata* en lugares con menor porcentaje de cobertura de matorrales.



Figura I. Densidad de renuevo en la población de *P. hartwegii* en el ejido Malila, Hidalgo.

C. *Materia orgánica y pendiente*

La cantidad de hojarasca varió desde 5 hasta 15 cm de grueso sin presentar un patrón definido con la densidad de renuevo, pendiente y gradiente altitudinal (Tabla III). Qingshan Ren, Yixin Chai y Jingsheng Wang [21] plantean que la pendiente tiene efecto en el desarrollo de la planta, pero los resultados varían dependiendo de la especie, concluyeron que algunas crecen mejor en la parte baja de la pendiente otras en la intermedia y otras en la parte alta. En ese sentido la pendiente afecta la cantidad de luz que recibe un sitio o ambiente, así como la forma de las plantas que competirán por ella. La intensidad luminosa es de los factores importantes en el crecimiento y desarrollo de la planta, que junto a otros factores determinarán la altura, el diámetro, el ancho de copa del individuo, y su rectitud en el fuste [22]. En el área de estudio el *P. patula* tuvo mayor crecimiento en la parte baja, mientras que *P. hartwegii* se desarrolló mejor en la parte media y alta. El sitio con más elevación presentó mayor materia orgánica y pendiente, lo anterior se le atribuyó a la alta densidad de arbolado adulto que aporta grandes cantidades de materia orgánica.

Tabla III. Densidad de renuevo con relación a pendiente y materia orgánica de *P. hartwegii* en el ejido Malila, Hidalgo.

| Número de sitio | Pendiente (%) | Materia orgánica (cm) | Densidad de renuevo (ha) |
|-----------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| 1               | 43            | 5                     | 70                       |
| 2               | 38            | 8                     | 240                      |
| 3               | 55            | 12                    | 2640                     |
| 4               | 58            | 7                     | 1220                     |
| 5               | 60            | 15                    | 160                      |

#### IV. CONCLUSIONES

La población de *Pinus hartwegii* del ejido Malila, Molango, Hidalgo, después de ser afectado por el incendio forestal del 1998 presenta constancia de recuperación con densidades de renuevo natural altas en la parte media del gradiente altitudinal. Los renuevos presentan características dasométricas que indican su establecimiento y restauración del área. El arbolado adulto aporta cantidades importantes de materia orgánica (hojarasca) que favorece el enriquecimiento de los suelos para el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural.

#### REFERENCIAS

- [1] Cabrera Bonet, M. 2003. Incidencia de la regeneración natural en los proyectos de ordenación de montes. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 15: 25-36.
- [2] Connell, JH y Slatyer RO. 1977. Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization. American Naturalist 111: 1119-1144.
- [3] Latham RE. 1992. Co-occurring tree species change rank in seedling performance with resourced varied experimentally. Ecology 73: 2129-2144.
- [4] Schupp, EW y Fuentes, M. 1995. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology, Écoscience 2:3, 267-275.
- [5] Emborg, J. 1998. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. Forest Ecology and Management 106: 83-95.
- [6] Castelán-Lorenzo, M y Arteaga-Martínez, B. 2008. Establecimiento de regeneración de pinus patula schl. et cham., en cortas bajo el método de árboles padres. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): 49-57.
- [7] Endara-Agromont, AR; Calderón-Contreras, R; Nava-Bernal, G y Franco-Maass, S. 2013. Analysis of Fragmentation Processes in High-Mountain Forests of the Centre of Mexico. American Journal of Plant Sciences 4: 697-704.
- [8] Castañeda Rojas, MF; Endara Agromont, AR; Villers Ruiz, ML y Nava Bernal, EG. 2015. Evaluación forestal y de combustibles en bosques de *Pinus hartwegii* en el estado de México según densidades de cobertura y vulnerabilidad a incendios. Madera y Bosques 21(2): 45-58.
- [9] Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- [10] Rodríguez-Trejo, DA. 2001. Ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl. Rev. Chapingo Ser. Ciencias Forestales y del Ambiente 7(2): 145-151.
- [11] CONABIO (Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). Sin Fecha. Climas de México. México. Sin escala definida. 1h. Color.
- [12] CONABIO (Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). Sin Fecha. Precipitación en México. México. Sin escala definida. 1h. Color.
- [13] CONABIO (Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). Sin Fecha. Edafología de México. México. Sin escala definida. 1h. Color.
- [14] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma). 2008. Base referencial mundial del recurso suelo: Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. In: Informes sobre recursos mundiales de suelo 103.
- [15] CONABIO (Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). Sin Fecha. Uso de suelo y vegetación de México. México. Sin escala definida. 1h. Color.
- [16] Juárez-Martínez, A; Rodríguez-Trejo, DA. 2004. Efecto de los incendios forestales en la regeneración de *Pinus oocarpa* var. *ochoteranae*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9(2): 125-130.

- 
- [17] Cuello, NL. 2002. Altitudinal changes of forest diversity and composition in the ramal de guaramacal in the venezuelan andes. *Ecotropicos* 15(2):160-176.
- [18] Van der Hammen, T. 1989. History of the montane forest of the northern Andes. *Plant Systematics and Evolution* 162:109–114.
- [19] Cuyckens, GAE; Malizia, LR y Blundo, C. 2015. Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). *Madera y Bosques* 21(3):137-148.
- [20] Rahbek, C. 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters* 8(2): 224-239.
- [21] Qingshan, R; Yixin, C; Jingsheng, W. 1998. Effect of slope on growth of three hard broadleaved tree species in northeast China. *Journal of Forestry Research* 9(1): 27-30.
- [22] Lang, AC; Härdtle, W; Bruelheide, H; Geißler, C; Nadrowski, K; Schuldt, A; Mingjian-Yu; von-Oheimb, G. 2010. Tree morphology responds to neighbourhood competition and slope in species-rich forests of subtropical China. *Forest Ecology and Management* 260: 1708–1715.
- [23] O'Brien, M. J.; O'Hara, K. L.; Erbilgin, N.; Wood, D. L. 2007. Overstorey and shrub effects on natural regeneration processes in native *Pinus radiata* stands. *Forest Ecology and Management*, 240(1-3): 178–185