



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.187>

Artículo

## Características estructurales de un bosque de pino en Tlalnepantla, Morelos

### Structural characteristics of a pine forest in Tlalnepantla, Morelos State

Germán López García<sup>1</sup> y Ma. Cecilia del C. Nieto de Pascual Pola<sup>2\*</sup>

#### Abstract:

Temperate forests of pine and pine-oak are the main type of vegetation of *Tlalnepantla* municipality, located at the northeast of *Morelos* State. It is part of the buffer zone and recharge mantles of the central area of the state. In the *La Correa* locality a mensuration description was made of the forest population and a diagnosis of the sanitary state of the trees, as background information to design a local ecotourism project. Systematic sampling was applied through the establishment of 20 plots of 1/10 ha. The sanitary conditions of the crown, trunk and vigor were analyzed by an  $X^2$  test. Demographic analysis was done using static life tables and survival curves which were designed for each species. A morphometric analysis was performed from crown percentage, crown index, crown size, living space index and the degree of slenderness by natural age class for each taxon, as indicators of competition and site quality of the trees. Four species were identified: *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla* and *P. montezumae*. Results indicate that the pine forest that was studied is a regular mixed mass, with an average density of 437 ha<sup>-1</sup>, mainly made-up by young individuals that develop in low competition places with healthy and vigorous conditions.

**Key words:** Pine forest, mensuration, Morelos State, reforestation, natural regeneration, forest health.

#### Resumen:

El principal tipo de vegetación del municipio Tlalnepantla, localizado al noreste del estado de Morelos, corresponde al de bosques templados de pino y de pino-encino. Forma parte de la zona de amortiguamiento y de recarga de mantos del centro de la entidad. En la localidad La Correa se hizo una descripción dasonómica de la población forestal y un diagnóstico de la situación sanitaria del arbolado, como antecedente para diseñar un proyecto ecoturístico local. Se aplicó un muestreo sistemático mediante el establecimiento de 20 parcelas de 1/10 ha. Las condiciones sanitarias de la copa, el tronco y el vigor, se analizaron con una prueba de  $X^2$ . El análisis demográfico se hizo mediante tablas de vida estática y se diseñaron curvas de supervivencia para cada especie. Se realizó un análisis morfométrico a partir del porcentaje de copa, el índice de copa, la dimensión de la copa, el índice de espacio vital y el grado de esbeltez por clase natural de edad por taxón, como indicadores de competencia y calidad de sitio del arbolado. Se identificaron cuatro especies: *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla* y *P. montezumae*. Los resultados indican que el bosque de pino estudiado es una masa mixta regular, con una densidad promedio de 437 ejemplares ha<sup>-1</sup>, conformada, principalmente, por individuos jóvenes que se desarrollan en lugares propios de baja competencia, con buenos porcentajes sanitarios y vigorosos.

**Palabras clave:** Bosque de pinos, dasometría, Morelos, reforestación, regeneración natural, salud forestal.

Fecha de recepción/Reception date: 31 de enero de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 26 de noviembre de 2018

<sup>1</sup>Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno de la Ciudad de México.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México. Correo-e: [nieto.cecilia@inifap.gob.mx](mailto:nieto.cecilia@inifap.gob.mx)

## Introducción

El estado de Morelos alberga una biodiversidad de las más ricas de todo el país (Contreras *et al.*, 2006). En la actualidad, la quinta parte de su territorio está dentro de alguna modalidad sujeta a protección (Aguilar, 1999). En el norte se localiza el Parque Nacional El Tepozteco, el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y el área de protección de flora y fauna silvestres Corredor Biológico Chichinautzin, que une a los dos parques citados (Conabio, 2013).

En dicho corredor, se distribuyen bosques de clima templado representados por asociaciones de pino, pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Aguilar, 1999). Su principal valor reside en que esas comunidades se integran a la zona de recarga de mantos freáticos para el centro de la entidad, y conforman una barrera de amortiguamiento contra la contaminación procedente de la Ciudad de México, de Cuautla, Jojutla y Cuernavaca (Contreras *et al.*, 2006).

Por sus características climáticas y edáficas, son objeto de procesos de cambio de uso de suelo, de la sobreexplotación de recursos bioenergéticos (leña) y del establecimiento de asentamientos humanos irregulares (Conabio, 2009).

La arquitectura del árbol a través de diferentes parámetros dendrométricos: altura total, profundidad de la copa, altura de inserción de la copa, diámetro normal (1.30 m), diámetro basal y cobertura de copa, ofrece la posibilidad de describir la conformación de individuos y rodales con propósitos silvícolas (podas, aclareos y evaluaciones de calidad de plantación) o de investigación (crecimiento e incremento) (Arias, 2005).

Como medidas de protección de los recursos naturales del lugar y de mitigación de los problemas citados, se ha involucrado a las poblaciones humanas locales en la organización de unidades de manejo ambiental (UMA), centros cinegéticos de algunas especies animales, producción de plantas ornamentales y de valor forestal, aprovechamiento legal y controlado para la obtención de leña y madera, además de la ejecución de proyectos de turismo de naturaleza (Contreras *et al.*, 2006).

Desde 2004, los pobladores del ejido Felipe Neri, ubicado en la parte norte de Morelos, han recibido apoyos económicos a través del pago por servicios ambientales hidrológicos y han establecido algunas plantaciones con *Pinus*. A partir de 2015, en colaboración con las secretarías de turismo federal, estatal y el gobierno municipal de Tlalnepantla destinaron algunas de sus tierras para formular un proyecto de turismo de aventura, con la finalidad de impulsar la economía local mediante la generación de fuentes de empleo (Semarnat, 2006; Semarnat, 2009; Bien, 2010); para ello, es necesario elaborar un diagnóstico de las condiciones preexistentes en el lugar para que se utilicen los recursos naturales de forma eficiente y se disminuyan los impactos negativos de la mejor forma posible (Venegas, 2006). Sin embargo no hay antecedentes de que se realizara un estudio o diagnóstico previo de las condiciones actuales del bosque.

Así, los objetivos del trabajo que se describe a continuación consistieron en caracterizar a las poblaciones de pinos desde un punto de vista dendrométrico, fisonómico, morfométrico y demográfico del bosque perteneciente a la localidad de La Correa en Tlalnepantla, Morelos. La información derivada respaldará las recomendaciones a los poseedores de estas tierras y a los prestadores de servicios profesionales del proyecto ecoturístico, y les dará los fundamentos técnicos que les permitan tomar decisiones informadas sobre las estrategias de conservación y cuidado de sus bosques, y, en particular, sobre las condiciones de crecimiento que han tenido las poblaciones locales e inducidas en el predio. Con ello, tendrán la posibilidad de identificar diferencias en cuanto a crecimiento, grado de competencia y supervivencia entre las especies nativas y las introducidas.



## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

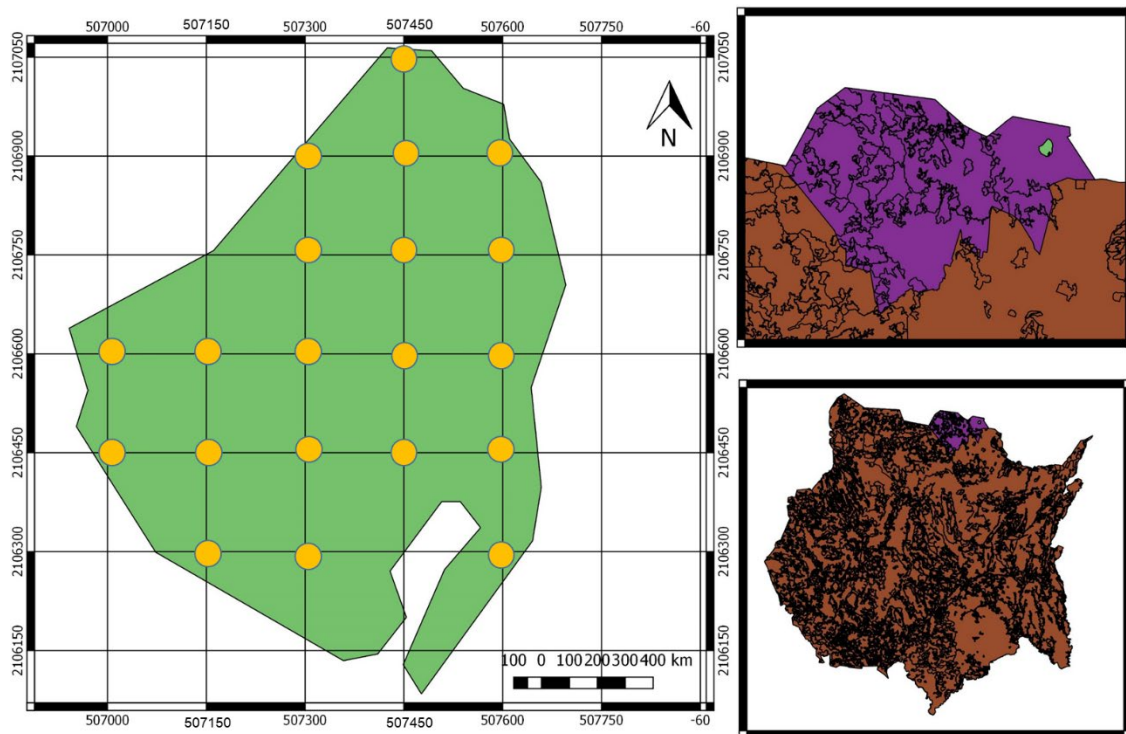
El estudio se realizó en los terrenos de uso común del ejido Felipe Neri (Cuatepec), situado al este del municipio Tlalnepantla en el estado de Morelos, denominado La Correa, entre los 19°03'08.99" N y 98°56'52" O, 19°03'08.86" N y 98°55'37.12" O; a una altitud media de 2 560 m (INAFED, 2010; HAMT, 2014), con una superficie de 42.6 ha.

El clima corresponde al C(w<sub>2</sub>)(w), templado subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual de 5 a 12 °C, verano fresco y largo (García, 1973; INAFED, 2010; Sedagro-Mor, 2012; HAMT, 2014). No cuenta con sistemas hidrológicos permanentes, mantos freáticos, ni con ríos debido a las características de los suelos basálticos muy permeables que forman parte de la zona de recarga del centro de la entidad (Boyás, 1992; Contreras *et al.*, 2006; INAFED, 2010). Los suelos son del tipo Feozem, poco profundos y pedregosos, ricos en materia orgánica, textura media y con buen drenaje (Ornelas *et al.*, 1997).

Es una de las comunidades con mayor marginación y pobreza en la entidad, cuya principal actividad está relacionada con el sector primario, principalmente, agricultura (nopal verdura y maíz) y ganadería de pastoreo. La población total es de alrededor de 1 338 habitantes, distribuidos de forma equitativa entre hombres y mujeres (Inegi, 2010).

### **Determinación de las unidades de muestreo**

Con base en la superficie del predio, se diseñó un muestreo sistemático con una intensidad de 5 %. Se utilizó una imagen aérea de La Correa extraída de *Google Earth* y con ayuda del Sistema de Información Geográfica de licencia libre QGis 2.18.6; se obtuvieron las coordenadas UTM (datum WGS84) de 20 unidades de muestreo, separadas 150 m entre sí (Figura 1).



Fuente: *Google Earth Pro* (2015).

**Figura 1.** Imagen aérea del predio La Correa, Tlanepantla, Mor. y distribución de las 20 unidades de muestreo.

## **Variables dendrométricas y criterios de evaluación fisonómica**

Se consideraron las variables dendrométricas diámetro normal ( $DN$ ) medido a 1.30 m de altura a partir del suelo; el diámetro basal ( $DB$ ) a la altura del cuello de la raíz; la altura total del árbol ( $H_t$ ); la altura de inserción de la copa ( $H_{ic}$ ) y la cobertura de copa en dos dimensiones ( $CoC_1$  y  $CoC_2$ ).

La evaluación fisonómica del arbolado se hizo con la metodología desarrollada por Benavides (2015), en la que se valoró la condición general del arbolado (vigoroso, declinante incipiente, declinante moderado, declinante avanzado y declinante severo) y el estado sanitario del tronco y la copa (bueno, regular, malo y pésimo).

Los puntos de muestreo se precisaron en el terreno mediante un GPS (*Garmin ETrex 20x*); en cada unidad de muestreo se delimitó un cuadrado de 33 × 33 m, a partir

del árbol central, cercano a la coordenada asignada (1 089 m<sup>2</sup>) (Aguirre *et al.*, 1997; Velasco *et al.*, 2013).

Cada sitio se dividió en cuatro cuadrantes de 16.5 m por cada lado, los cuales se recorrieron en zigzag, para facilitar su recorrido y realizar la medición de las variables dendrométricas y evaluación de los pinos; además, cada árbol se marcó con plumón negro indeleble en la cara norte del tronco para evitar la repetición de datos. Se incluyeron aquellos individuos distribuidos sobre el borde del cuadrante, cuyo 50 % del diámetro del tronco estuviera dentro del sitio de muestreo (Boyás, 1992).

Los diámetros normal (*DN*) y basal (*DB*) se midieron con una cinta métrica, marca *Forestry Suppliers*, modelo 283D. La altura total del árbol (*H<sub>t</sub>*) y la altura de inserción de la copa (*H<sub>ic</sub>*), con un clinómetro tipo *Haga*, modelo HS080. Para los árboles cuya altura era igual o menor a 3 m, la medición se realizó con un flexómetro (Ugalde, 1981; Domínguez *et al.*, 2006). La cobertura de copa (*CC*) se calculó por medio de la medición de dos dimensiones con cinta métrica, la primera (*CoC<sub>1</sub>*) a partir de la línea de goteo de la rama más larga hacia su extremo opuesto, y la segunda, fue la perpendicular de la primera medición (*CoC<sub>2</sub>*) (Ugalde, 1981; FAO, 2004; Domínguez *et al.*, 2006).

Se colectaron ramas y conos para la determinación taxonómica de las especies de interés (Sánchez y González, 2007). El material vegetal recolectado se determinó mediante el uso de claves taxonómicas, literatura especializada (Martínez, 1948; Loock, 1950; Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997) y revisión de ejemplares herborizados en el Herbario Nacional Forestal (INIF) y en el Herbario Nacional (MEXU).



## Descripción dendrométrica: área basal y cobertura de copa

Se determinó el área basal a partir del diámetro normal; sin embargo, cuando los individuos no alcanzaban esa altura, este parámetro se obtuvo en función del diámetro basal en metros (Ugalde, 1981), con la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi \left(\frac{DB}{2}\right)^2}{10\,000} \quad (1)$$

Donde:

$AB$  = Área basal ( $m^2$ )

$DB$  = Diámetro basal (m)

La cobertura de copa ( $CC$ ) se determinó a partir del promedio de las dos secciones registradas ( $CoC_1$  y  $CoC_2$ ), como el diámetro promedio de la copa ( $PromC$ ), para después calcular el radio y sustituirlo en la fórmula:

$$CC = \pi \left(\frac{PromC}{2}\right)^2 \quad (2)$$

Donde:

$CC$  = Cobertura de copa ( $m^2$ )

$PromC$  = Diámetro promedio de la copa (m)

Con ambos parámetros se estimó el  $AB$  y la  $CC$  (sin considerar el traslape de copas) promedio por hectárea, con una regla de tres para corregir la superficie de los cuadros de muestreo, cuya superficie fue mayor a 0.01 ha (Ugalde, 1981; FONAM, 2006).

## Análisis dendrométrico y de los criterios de evaluación fisonómica

Los árboles inventariados, se clasificaron mediante las clases naturales de edad (brinjal, bajo latizal, alto latizal, fustal bajo, fustal medio y fustal alto) (Daniel *et al.*, 1982). Las frecuencias de los árboles agrupados de esta manera, junto con las frecuencias obtenidas de la evaluación fisonómica se analizaron mediante la prueba de  $\chi^2$ . En aquellos casos en los que la prueba mostró diferencias significativas, se aplicó la prueba de residuos estandarizados (R) para comprobar cuáles de los datos presentaban diferencias significativas (Zar, 2010).

## Análisis morfométrico del arbolado

Se siguieron cinco criterios morfométricos propuestos por Burger (1939) (Arias, 2005; Nájera y Hernández, 2008; Valdivia *et al.*, 2015) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Relaciones morfométricas del árbol.

Relación morfométrica	Variables de medición
Porcentaje de copa	$PC\% = \frac{H_c}{H_t} \times 100$
Índice de espacio vital	$IEV = \frac{PromC}{H_t}$
Índice de copa	$IC = \frac{H_c}{PromC}$
Índice de Monto de copa	$IMC = \frac{PromC}{H_t}$
Índice de esbeltez	$IE = \frac{H_t}{DN}$

Fuente: Modificado de Nájera y Hernández (2008).

$H_c$  = Altura de copa;  $H_t$  = Altura total del árbol;  $PromC$  = Diámetro de copa promedio;  $DN$  = Diámetro normal.



La altura de la copa ( $H_c$ ) se estimó a partir de la diferencia entre la altura total del árbol ( $H_t$ ) y la altura de inserción de la copa ( $H_{ic}$ ) (FAO, 2004). Se utilizó una prueba ANOVA para comparar la existencia de diferencias significativas entre especies de pino, con respecto a sus índices calculados por clase natural de edad; para las pruebas que resultaron ser significativas, se aplicó la prueba *post hoc* de *Tukey* para constatar los casos que fueron estadísticamente diferentes. Cuando solo se compararon los promedios de los índices morfométricos entre dos especies, se usó la prueba *t-Student*.

### **Análisis demográfico**

Se utilizó la tabla de vida estática o vertical para cada especie, que se traza a partir de la estructura poblacional observada en un momento dado; esta se acomodó mediante clases de tamaño a partir del diámetro normal (Valverde *et al.*, 2005). A las plántulas menores a 1.30 m de altura, se les asignó dentro de una categoría con base en su diámetro basal, debido a que dicha medida no difiere mucho del diámetro en otras partes del tronco.

### **Resultados**

Se contabilizó un total de 1 514 ejemplares de pino, de los cuales 1 054 (69.60 %) corresponden a *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltld., 260 a *Pinus montezumae* Lamb. (17.20 %); 137 a *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltld. et Cham. y 63 (4.2 %) a *Pinus patula* Schiede ex Schltld. et Cham. *P. ayacahuite* y *P. patula* fueron las especies introducidas en el sitio, como parte del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos.

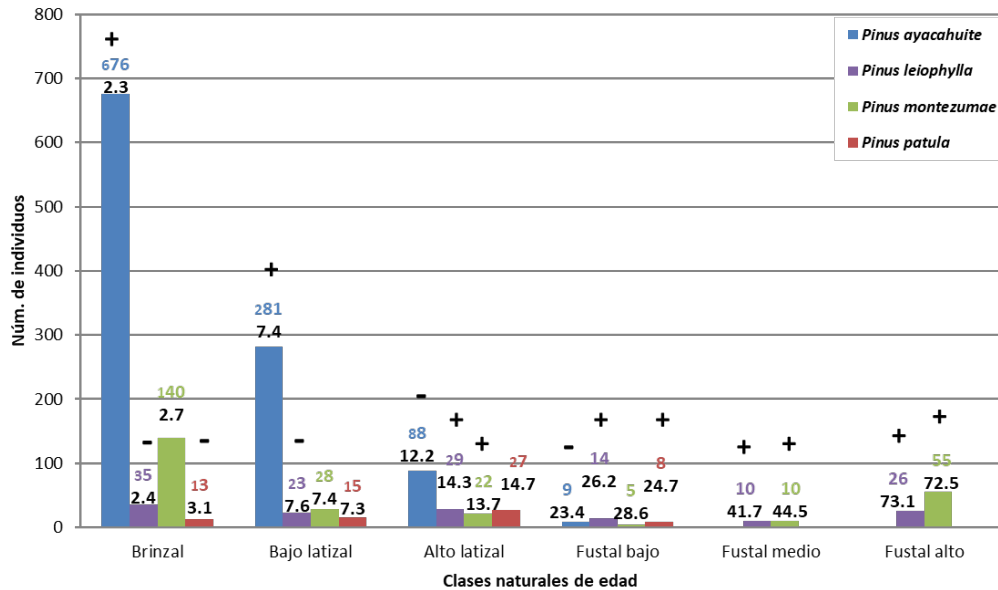
La densidad promedio estimada del género *Pinus* en La Correa fue de 437 individuos  $ha^{-1}$ , *Pinus ayacahuite* tuvo la densidad promedio más alta, con 574 individuos  $ha^{-1}$ , además de tener la mayor distribución en el lugar; *P. leiophylla* fue la menos representada con 343 individuos  $ha^{-1}$ , y *P. patula* tuvo una densidad superior a *P.*

*leiophylla*; sin embargo, su distribución fue menor en el área. El AB más grande fue de *P. moctezumae* (11.9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y *P. patula* el más bajo (0.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). *P. moctezumae* mostró el valor más alto de CC (15 921.0 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y *P. ayacahuite* la menor (7 694.1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). *P. leiophylla* registró la altura promedio más destacada (23.1 m) y la especie más pequeña (7 m) fue *P. ayacahuite* (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Conformación dendrométrica por especie ( $\pm$  ds).

<b>Especie</b>	<b>Árboles promedio por ha</b>	<b>Área basal promedio por ha (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cobertura de copa promedio por ha (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura promedio (m)</b>
<i>Pinus ayacahuite</i>	574 $\pm$ 405	6.6 $\pm$ 2.6	7 694.1 $\pm$ 430.0	7.0 $\pm$ 2.7
<i>Pinus leiophylla</i>	343 $\pm$ 249	7.5 $\pm$ 2.8	10 256.4 $\pm$ 1 190.9	23.1 $\pm$ 7.1
<i>Pinus moctezumae</i>	429 $\pm$ 377	11.9 $\pm$ 2.4	15 921.0 $\pm$ 100.0	23.0 $\pm$ 7.2
<i>Pinus patula</i>	371 $\pm$ 279	0.6 $\pm$ 0.5	8 874.3 $\pm$ 6 856.5	10.5 $\pm$ 3.4
Total general	437 $\pm$ 328	6.7 $\pm$ 2.1	10 686 $\pm$ 2 144.4	15.9 $\pm$ 5.1

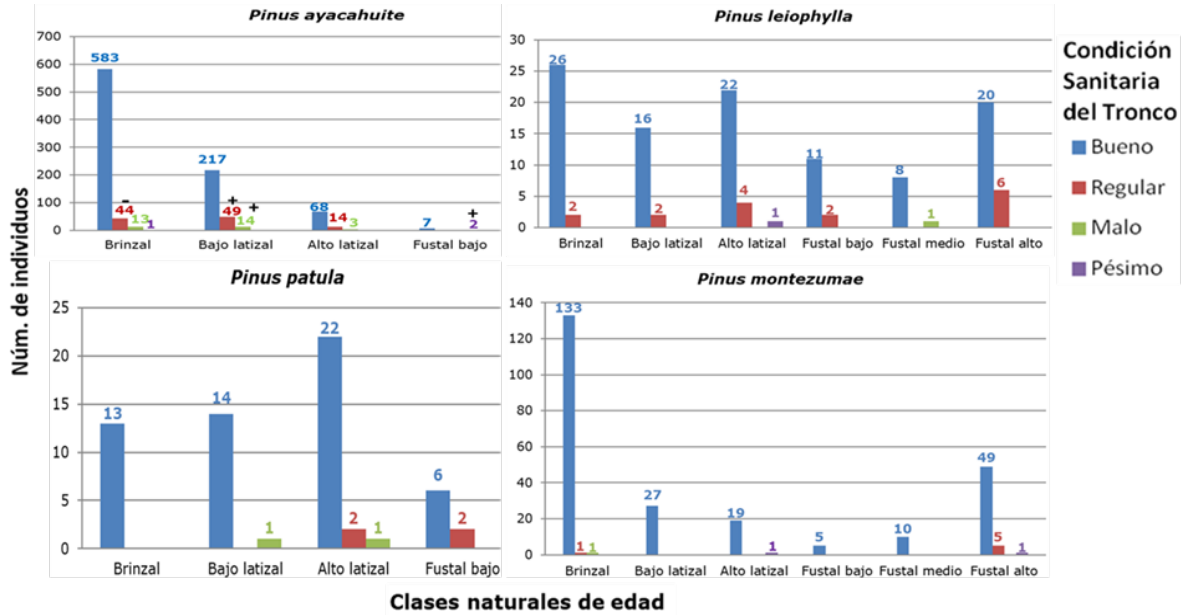
Los brinzales conforman 57.10 % del arbolado. *Pinus ayacahuite* fue el taxón más abundante ya que, de acuerdo a la prueba de residuos estandarizados (R), reúne el número de individuos más grande de lo que se esperaría por azar en las categorías de brinzal y bajo latizal, pero menor en las demás categorías; *P. leiophylla* tuvo un número inferior de brinzales y bajos latizales, pero más alto en las otras clases; *P. moctezumae* mostró tener un mayor número de individuos de lo esperado por azar en el alto latizal, fustal medio y alto, y *P. patula* es estadísticamente menor en brinzales, pero mayor en fustal alto (Figura 2).



Número superior en color correspondiente al de la barra = Abundancia(n); El inferior en negro = Diámetro normal promedio (cm); (R) = Resultados de la prueba de residuos estandarizados; (-) = Valor estadísticamente menor al esperado por azar; (+) = Valor estadísticamente mayor al esperado por azar.  $P < 0.005$ ;  $gl = 15$ .

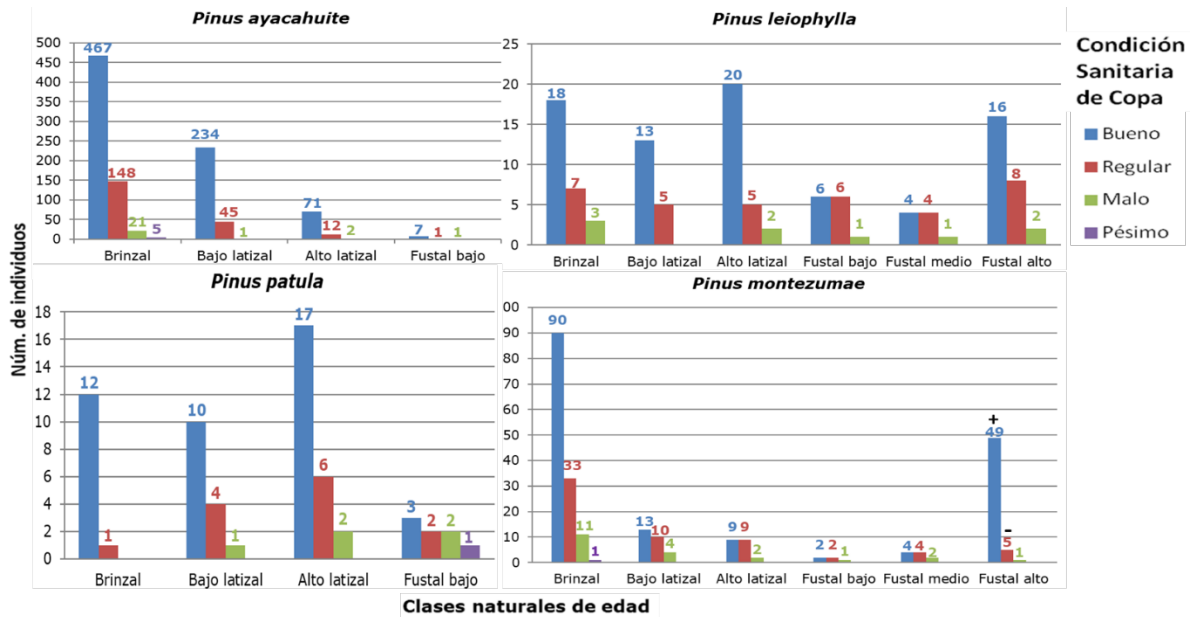
**Figura 2.** Distribución de los ejemplares estudiados por clase natural de edad y por especie.

A partir de la evaluación fisonómica del arbolado, las categorías vigorosa y buena para el estado sanitario del tronco y la copa fueron las más frecuentes en todas las clases naturales de edad, para las cuatro especies. Sin embargo, de acuerdo a la prueba de residuos estandarizados, solo *Pinus ayacahuite* ( $p < 0.001$ ;  $gl = 20$ ) registró un número mayor de individuos de lo que se esperaría por azar para las condiciones sanitarias del tronco regular y malo de bajos latizales, y pésimo de fustales bajos (Figura 3). En cuanto a la condición sanitaria de la copa, *P. montezumae* ( $p = 0.033$ ;  $gl = 20$ ) presentó para los fustales altos, un número superior a lo esperado por azar de individuos con una condición buena y menor para la regular (Figura 4).



Número superior en color correspondiente al de la barra = Abundancia(n); (R) = Resultados de la prueba de residuos estandarizados; (-) = Valor estadísticamente menor al esperado por azar; (+) = Valor estadísticamente mayor al esperado por azar.

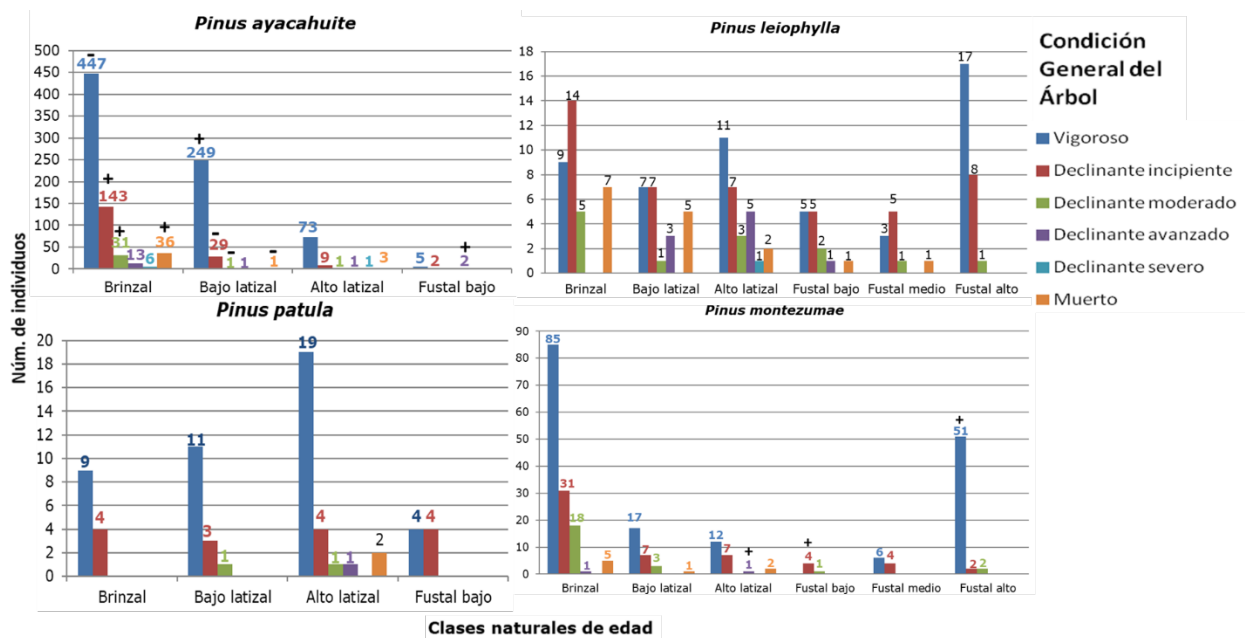
**Figura 3.** Condición sanitaria del tronco por clase natural de edad y por especie.



Número superior en color correspondiente al de la barra = la abundancia(n); (R) = Resultados de la prueba de residuos estandarizados; (-) = valor estadísticamente menor al esperado por azar; (+) = valor estadísticamente mayor al esperado por azar.

**Figura 4.** Condición sanitaria de la copa por clase natural de edad y por especie.

En general la condición del árbol dominante de las pináceas es la vigorosa. De acuerdo a la prueba de residuos estandarizados, *Pinus ayacahuite* ( $p < 0.001$ ;  $gl = 20$ ) tuvo un número mayor de individuos de lo esperado por azar de brinzales con declinación incipiente, moderada y árboles muertos; bajos latizales vigorosos y fustales bajos con declinación avanzada; y un número menor de brinzales vigoroso; bajos latizales con declinación incipiente, moderada y ejemplares muertos. *P. montezumae* ( $p = 0.001$ ;  $gl = 20$ ) mostró tener un número mayor de individuos con declinación moderada para alto latizal; declinación incipiente para fustales bajos y vigorosos para fustales altos (Figura 5).



Número superior en color correspondiente al de la barra = la abundancia(n);  
 (R) = Resultados de la prueba de residuos estandarizados; (-) = Valor estadísticamente menor al esperado por azar; (+) = Valor estadísticamente mayor al esperado por azar.

**Figura 5.** Condición general del árbol por clase natural de edad y por especie.

## **Análisis morfométrico del arbolado**

La prueba ANOVA aplicada a los diferentes índices morfométricos resultó significativa para los brinzales en el monto de copa (MC) ( $P = 0.027$ ;  $gl = 51$ ;  $F = 3.34$ ) y el índice de esbeltez (IE) ( $P = 0.001$ ;  $gl = 51$ ;  $F = 6.84$ ); en el primer caso sobresalió *Pinus montezumae* con una diferencia significativa respecto a *P. patula* ( $P = 0.026$ ) en la prueba de *Tukey*; mientras que el segundo, registró el IE más elevado (173.4), con una diferencia significativa con *P. leiophylla* ( $P = 0.001$ ) y *P. montezumae* ( $P = 0.002$ ).

Para los bajos latizales, fue significativa para la mayoría de los índices a excepción del índice de espacio vital (IEV); *Pinus patula* registró las diferencias significativas con el resto de las especies, el porcentaje de copa (PC% = 73.1) y el índice de esbeltez (IE = 105.7) más altos y el monto de copa (MC = 0.5) más bajo ( $P < 0.001$  para cada caso y contra cada especie). Su índice de copa (IC = 1.5) fue el máximo y la diferencia significativa fue con *Pinus ayacahuite* (IC = 1.2;  $P = 0.010$ ) y *P. montezumae* (IC = 1.1;  $P = 0.049$ ).

Los altos latizales evidenciaron diferencias significativas para el PC % ( $P = 0.002$ ;  $gl = 79$ ;  $F = 5.29$ ), el IC ( $P = 0.002$ ;  $gl = 79$ ;  $F = 5.55$ ) y el IE ( $P < 0.001$ ;  $gl = 79$ ;  $F = 9.05$ ). El valor más alto de PC % correspondió a *Pinus ayacahuite* (PC% = 71.4), con diferencias significativas respecto a *P. leiophylla* ( $P = 0.013$ ) y *P. montezumae* ( $P = 0.008$ ); este último tuvo el IC más bajo (0.9) y diferencias significativas con *P. ayacahuite* ( $P = 0.006$ ) y *P. patula* ( $P = 0.017$ ). El índice de esbeltez más elevado se registró en *P. patula* (IE = 72.8), y diferencias significativas con *P. ayacahuite* ( $P = 0.004$ ), *P. leiophylla* ( $P = 0.001$ ) y *P. montezumae* ( $P < 0.001$ ).

Para los fustales bajos solo fue significativa el IEV ( $P = 0.037$ ;  $gl = 19$ ;  $F = 1.09$ ), *Pinus patula* tuvo el valor más alto (IEV = 32.0) y una diferencia significativa con *P. ayacahuite* ( $P = 0.033$ ).

La prueba de *t* de *Student* para los índices morfométricos de los fustales medios dio como resultado diferencias significativas entre las medias de PC % ( $P = 0.002$ ;  $gl = 16$ ;  $t = 3.64$ ); MC ( $P = 0.018$ ;  $gl = 16$ ;  $t = 2.63$ ) y GE ( $P = 0.005$ ;  $gl = 16$ ;

$t=3.29$ ) de *Pinus leiophylla* y *P. montezumae*, el primero con los valores más destacados (PC% = 70.2; MC = 0.4 y GE = 59.1). Esta misma prueba para los índices morfométricos de los fustales altos indicó una diferencia significativa entre las medias del PC % ( $P<0.001$ ; gl = 50;  $t= 3.94$ ) y el IC ( $P=0.022$ ; gl = 50;  $t = 2.36$ ) de *Pinus leiophylla* y *P. montezumae*; el primero de ellos obtuvo los valores más destacados (PC % = 72.5 e IC = 2.3).

### Análisis poblacional

*Pinus ayacahuite* tuvo la más alta tasa de supervivencia, la cual correspondió a la clase diámetrica de 7.1 a 14 cm y la mayor tasa de mortalidad en la clase de 21.1 a 28 cm; *P. leiophylla* registró la tasa de supervivencia más grande entre la clase diámetrica de 60.1 a 80 cm, y la de mortalidad entre 20.1 y 40 cm de diámetro; en *P. montezumae* se determinó la mayor tasa de mortalidad al llegar a la clase 50.1 a 65 cm, y la tasa de supervivencia en la clase de 65.1 a 80 cm; y, por último, *P. leiophylla* tuvo la mayor tasa de supervivencia en la clase diámetrica de 10.1 a 15 cm y la de mortalidad en la clase de 0.1 a 10 cm (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Tablas de vida por especie de pino.

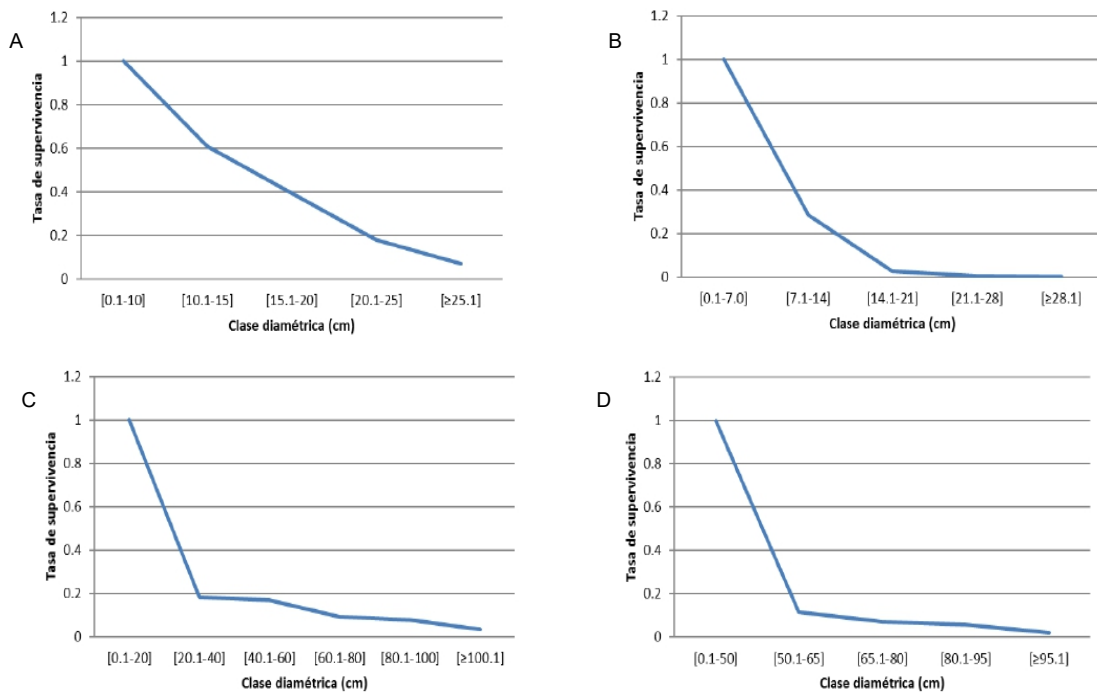
Clase diamétrica	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$k_x$	$e_x$
<i>Pinus ayacahuite</i>						
0.1-7.0	800	1	1.286	1.286	1.251	0.816
7.1-14	229	0.286	0.311	1.087	2.438	0.605
14.1-21	20	0.025	0.029	1.150	1.897	0.700
21.1-28	3	0.0037	0.006	1.167	0.405	0.883
≥28.1	2	0.0025	-	-	-	-

<i>Pinus leiophylla</i>						
0.1-20	88	1	0.818	0.818	1.705	1.040
20.1-40	16	0.182	0.011	0.063	0.065	2.469
40.1-60	15	0.170	0.080	0.467	0.629	1.600
60.1-80	8	0.91	0.011	0.125	0.134	1.563
80.1-100	7	0.80	0.45	0.571	0.847	0.754
≥100.1	3	0.34	-	-	-	-
<i>Pinus montezumae</i>						
0.1-50	205	1	0.181	0.181	2.14	0.759
50.1-65	24	0.12	0.009	0.077	0.47	1.708
65.1-80	15	0.73	0.003	0.041	0.22	1.433
80.1-95]	12	0.59	0.008	0.137	1.10	0.677
≥95.1	4	0.20	-	-	-	-
<i>Pinus patula</i>						
0.1-10	28	1	0.393	0.39	0.50	1.71
10.1-15	17	0.607	0.214	0.35	0.44	1.50
15.1-20	11	0.393	0.214	0.55	0.79	1.05
20.1-25	5	0.179	0.107	0.60	0.92	0.70
≥25.1	2	0.071	-	-	-	-

$n_x$  = Número de individuos;  $l_x$  = Tasa de supervivencia;  $d_x$  = Proporción de individuos muertos entre intervalos  $x$  y  $x+1$ ;  $q_x$  = Tasa de mortalidad;  $k_x$  = Intensidad de mortalidad;  $e_x$  = Esperanza de vida.



Con las tablas de vida se construyeron las curvas de supervivencia para las cuatro especies de pino (Figura 6), las cuales fueron del tipo III, que indica una alta mortalidad en las primeras clases de tamaño; sin embargo, la curva de *P. patula* mostró una tendencia a la curva de tipo II, que implica que todos los individuos tienen la misma probabilidad de morir en cualquiera de las clases diamétricas.



A= *Pinus patula*; B = *Pinus ayacahuite*; C = *Pinus leiophylla*; D = *Pinus montezumae*.

**Figura 6.** Curvas de supervivencia de las especies forestales estudiadas.

## Discusión

Desde una perspectiva conservadora en términos forestales, la densidad de individuos por especie permite catalogar a la masa de pinos de La Correa como mixta (González, 1996), pese a la clara dominancia por parte de *Pinus ayacahuite* respecto a los otros tres taxa (< 80 %); Musálem y Ramírez (2003) citan que este taxón es uno de los preferidos para reforestar zonas templadas y de alta montaña en el centro del país,

por su rápido crecimiento, tolerancia a la sombra y facilidad en el establecimiento.

La segunda especie plantada, *Pinus patula*, normalmente se establece de manera natural en ambientes de clima subtropical a templado frío (Farjon *et al.*, 1997) y se aclimata a condiciones de sitio diferentes sin problema; en el área de estudio presenta un buen desarrollo, a pesar de que no es oriunda del estado de Morelos.

Los taxa nativos son altamente tolerantes a las sequías no muy prolongadas, a las heladas y a los incendios forestales (Aguilar, 1999; Contreras *et al.*, 2006) y son fundamentales para la regeneración natural del área (Rueda *et al.*, 2013), especialmente *Pinus leiophylla*, debido a que se comporta como pionera ante disturbios (Musálem y Martínez, 2003).

Respecto a la densidad arbórea, Castellanos *et al.* (2010) obtuvieron densidades variadas de pinos en ocho tipos distintos de comunidades, de 247 a 628 individuos ha<sup>-1</sup>. Al suroeste de Durango; Nájera y Hernández (2008) estimaron una densidad promedio por hectárea de 239 árboles entre *Pinus cooperi* C. E. Blanco y *P. leiophylla*, de lo que interpretaron que la población que podría sostener el sitio sin competencia entre ellos sería de 454 individuos ha<sup>-1</sup>. Villanueva y McPherson (2002) calcularon una densidad promedio de 627 individuos ha<sup>-1</sup> en lugares sujetos a disturbios por cambio de uso de suelo e incendios, lo que describieron como una densidad regular. La densidad estimada de pinos para La Correa es parecida a la de los trabajos citados, correspondiente a una masa regular, lo cual resulta conveniente, pues indica que deben quedar espacios para el establecimiento de nuevos individuos, así como para su desarrollo natural en el sitio.

### **Caracterización dasométrica**

El área basimétrica y la cobertura de copa son útiles para caracterizar la estructura horizontal de los bosques tanto en función de su dominancia en el área, en el caso del área basimétrica (Meave y Pérez, 2013), como de la capacidad del arbolado de fungir como cubierta protectora del suelo contra la erosión (Rodríguez *et al.*, 2008).

En términos generales, los valores del área basimétrica obtenidos en este trabajo son menores a los que se observan en áreas bajo manejo forestal, como lo señalan Zepeda y Acosta (2000) en bosques de *Pinus montezumae* ( $AB = 85 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) y Cruz *et al.* (2010) en rodales de *Pinus patula* y *P. teocote* Schiede ex Schltdl. et Cham. ( $AB = 19.96 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). En La Correa predominan los individuos jóvenes, que favorecen un AB bajo, algo similar a lo consignado por Domínguez *et al.* (2012) en rodales de *Pinus pseudostrobus* ( $AB = 9.30 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) en áreas sin aprovechamiento en un bosque de la Sierra Norte de Puebla, que se constata por la diferencia en las alturas promedio entre las especies nativas y las introducidas.

### **Condición fisonómica**

De acuerdo a la evaluación realizada, los pinos de La Correa son vigorosos y saludables, reflejo de una dinámica poblacional que ha favorecido que los árboles se desarrollen con poca competencia (Durlo, 2001; Arias, 2004; Arias, 2005), como lo muestra la alta tasa de mortalidad de los individuos más jóvenes de la mayoría de las especies bajo estudio.

Los resultados de las pruebas de residuos estandarizados en *P. ayacahuite*, para la CGA pueden deberse a la competencia a la que están sujetos los individuos más jóvenes, que causan cierto nivel de estrés entre ellos (Schomaker *et al.*, 1999).

### **Morfometría del árbol**

Los índices morfométricos se han usado para analizar poblaciones bajo aprovechamiento forestal; sin embargo, son un reflejo del resultado de las condiciones ambientales y ecológicas en las que se establecen y se desarrollan los árboles, por lo que deberían emplearse para evaluar a las poblaciones silvestres o que crecen con muy poca intervención, pues permiten determinar algunos parámetros como el nivel de competencia, calidad de sitio y crecimiento de los individuos (Durlo y Denardi, 1998; Arias, 2005), a partir de parámetros fáciles de registrar en campo durante la realización de los inventarios forestales.

En general, las especies mostraron porcentajes de copa superiores a 50 % en todas las clases naturales de edad. *Pinus leiophylla* fue significativamente superior en los fustales medios a *P. montezumae*, misma que tiene la mejor poda natural, lo contrario se registró en *Pinus ayacahuite* para los latizales altos y para *P. patula* para los latizales bajos.

Durlo y Denardi (1998) establecieron que el intervalo óptimo de índice de copa (*IC*) está entre 0.3 y 1.5; como todas las clases naturales de edad se ubicaron dentro de este intervalo, las condiciones ecológicas locales son adecuadas para las especies; sin embargo, pese a que se observan algunas diferencias significativas en los latizales, dicho comportamiento se dio en dos taxones distintos, por lo que no es posible identificar si alguna responde mejor al lugar a lo largo de su vida. La respuesta puede deberse a particularidades locales.

El índice de espacio vital (*IEV*) hace alusión a cuantas veces es mayor el diámetro de copa que el diámetro normal y la ocupación necesaria para que el árbol crezca sin competencia aérea, ni traslape de copas (Arias, 2005). En este estudio solo los fustales bajos de *Pinus patula* tuvieron una diferencia significativa, así como el mayor valor, lo que indica que los individuos de ese estrato se desarrollan con las copas más amplias, pues cuentan con el espacio suficiente para lograrlo. Característica que aunada a su mayor supervivencia (Domínguez *et al.*, 2012) e índice de espacio vital la convierten en la que satisface plenamente los requisitos para una reforestación exitosa (Conafor, 2010); su potencial cobertura sugiere la eventual existencia de un dosel regular y denso que protege al suelo de la erosión hídrica y eólica (Spurr y Barnes, 1982).

El monto o tamaño de copa (*MC*) es, de acuerdo a Durlo y Denardi (1998), un índice que refleja la productividad foliar; en esta investigación, los valores entre las especies fueron cercanos; sin embargo, *P. patula* registró diferencias significativas en sus brinzales y bajos latizales con los valores más bajos, lo que puede responder a que los rodales en los que crecen reciben mucha sombra por efecto de copa de otros individuos, y ello provoca un desarrollo y profusión más precario del follaje; *P. patula* es heliófila en sus primeras etapas de vida y demanda la recepción de irradiación solar

profusa y continua (Velázquez *et al.*, 2004). En La Correa, entonces, forman un estrato suprimido (Spurr y Barnes, 1982) ante los ejemplares de mayor tamaño.

El último parámetro evaluado fue el grado de esbeltez (*GE*) que permite conocer qué tan estable es un árbol ante el embate de vientos muy fuertes o nieve (Arias, 2004); valores inferiores a 100 son más cónicos, que desde el punto de vista estructural son estables y resistentes ante vientos fuertes (Durló y Denardi, 1998).

Los resultados obtenidos hacen suponer que las especies introducidas son menos cónicas que las nativas al momento de su establecimiento; *Pinus patula* es la más inestable pues mantiene los valores significativos más altos hasta el bajo latizal. Este efecto se debe a que las plántulas experimentan un crecimiento más importante en altura que en diámetro, lo que produce individuos más delgados a cierta altura que lo esperado, y ello se interpreta como una estrategia de colonización por el dosel. Lo anterior finalmente, conduce a poblaciones maduras esbeltas y altas (Rivera y Flores, 2013).

De manera general, cada índice calculado en el presente estudio coincide con lo consignado por Arias (2005) en el sentido de los taxa que se desarrollan en ámbitos de baja competencia y cuentan con las condiciones de sitio convenientes.

## **Análisis poblacional**

Bordón *et al.* (2012) señalan que la tabla de vida es una herramienta útil para los manejadores del bosque y los técnicos forestales, para decidir cuáles árboles y en qué cohorte (clase de tamaño para este trabajo) pueden ser cortados para su aprovechamiento, o identificar aquella porción de la población vulnerable, que presenta una alta mortalidad, que para el caso del género *Pinus*, esto puede favorecer el establecimiento y proliferación de plagas importantes, como los insectos descortezadores.

Las curvas de supervivencia con una alta tasa de mortalidad o tipo III son un comportamiento esperado para poblaciones que carecen de cuidado parental, de lento crecimiento y de distribución agregada, lo cual suele ser común entre las plantas (Carabias *et al.*, 2007).

A pesar de que la alta mortalidad de *Pinus ayacahuite* no la convierten en una opción deseable para efectos de reforestación (Domínguez *et al.*, 2012), la pérdida de individuos jóvenes es una estrategia de control de la densidad, lo que supone una ventaja para efectos de apertura de claros (Spurr y Barnes, 1982), que, en el largo plazo mantendría la masa con una heterogeneidad dendrométrica (De Camino y Budowski, 2014), con las debidas repercusiones ante el posible brote de plaga o enfermedad sobre alguna cohorte poblacional (Von Gadow *et al.*, 2004; Vargas, 2013).

## Conclusiones

De las cuatro especies de pino identificadas, dos son inducidas en el área por reforestación; de ellas, la más abundante es *Pinus ayacahuite*; sin embargo, la comunidad de pinos no es una masa pura. Se compone, principalmente, por individuos jóvenes y poco robustos que se desarrollan hasta la clase natural de edad de bajo fustal; a partir de ello, solo están representadas por los taxones nativos del lugar.

Los análisis dendrométricos muestran que los pinos se desarrollan en condiciones de baja competencia, forman copas amplias y densas, lo cual se debe, tanto al buen espaciamiento que tienen al momento de la plantación, como a la alta tasa de mortalidad cuando son más jóvenes.

La baja competencia y la eliminación de los individuos menos competitivos son factores que favorecen la salud de la comunidad, debido al buen estado de vigor y sanitario del tronco y la copa que presentan con mayor frecuencia los pinos. Aun cuando la proporción de árboles declinantes no es alta, es importante calendarizar trabajos de monitoreo para detectar, de manera temprana, cualquier problema fitosanitario o plagas que pueda proliferar por las condiciones que los árboles debilitados.

A pesar de que las especies inducidas son las menos abundantes, *Pinus patula* es la más eficiente en términos de la reforestación, con la tasa de mortalidad más baja que la de *P. ayacahuite*. Sin embargo, lo mismo ocurre con respecto a las dos especies nativas, por lo cual, se le debe mantener bajo control, para evitar su dominancia en

el sitio, mediante el desplazamiento de la regeneración natural de *P. montezumae* y *P. leiophylla*, que son importantes para la conservación del sitio.

### **Agradecimientos**

Los autores desean expresar su agradecimiento a los pobladores del ejido por haber permitido la realización del trabajo de campo. Al Dr. Víctor López Gómez por su asesoría en el análisis estadístico de la información y al Biól. Francisco Reséndiz Martínez por sus observaciones al trabajo de tesis que dio origen a este documento.

### **Conflicto de intereses**

El segundo autor es miembro del Comité Editorial de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales por lo que se abstuvo de participar en la edición del manuscrito.

### **Contribución por autor**

Germán López García: planeación y ejecución del proyecto, revisión y corrección del manuscrito; Ma. Cecilia del C. Nieto de Pascual Pola: asesoría en la elaboración y ejecución del proyecto, redacción y corrección del manuscrito.

### **Referencias**

- Aguilar B., S. 1999. Ecología del estado de Morelos: un enfoque geográfico. Editorial Praxis. Cuernavaca, Mor., México. 469 p.
- Aguirre C., O. A., J. Jiménez P., E. J. Treviño G. y B. Meraz A. 1997. Evaluación de diversos tamaños de sitio de muestreo en inventarios forestales. *Madera y Bosques* 3(1): 71–79.

- Arias A., D. 2004. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal 1(2): 1–11.
- Arias, D. 2005. Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. Kurú: Revista Forestal 2(5): 1–13.
- Benavides M., H. M. 2015. Metodología para el diagnóstico de áreas verdes urbanas e inventario de su arbolado. Libro Técnico Núm. 8. Cenid-Comef, INIFAP. México, D. F., México. 114 p.
- Bien, A. 2010. El ecoturismo forestal como influencia positiva en el desarrollo social y ambiental de Costa Rica. Unasyva 61(263): 49 - 53.
- Bordón P., P., E. Pérez-Laorga A., V. D. Estruch F. y E. Rodrigo S. 2012. Tabla de supervivencia de *Pinus halepensis* afectado por incendios forestales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 36: 161–165.
- Boyás D., J. C. 1992. Determinación de la productividad, composición y estructura de las comunidades arbóreas del estado de Morelos en base a unidades ecológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 269 p.
- Carabias, J., V. Arriaga y V. Cervantes G. 2007. Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. Boletín de la Sociedad Botánica de México Suplemento 80: 85–100.
- Castellanos B., J. F., E. J. Treviño G., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y A. Velázquez M. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial del bosque de pino – encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1 (2): 39-52.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2010. Prácticas de reforestación. Manual Técnico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Zapopan, Jal., México. 64 p.



Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2009. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., México. 821 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2013. Parques nacionales.

[http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/parques\\_nacionales.php](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/parques_nacionales.php)

(2 de marzo de 2015).

Contreras MacB., T., J. C. Boyás D. y F. Jaramillo M. (eds). 2006. La diversidad biológica del estado de Morelos: Estudio de Estado. 1ª edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos. Cuernavaca, Mor., México. 156 p.

Cruz L., I. A., J. R. Valdez L., G. Ángeles P. y H. M. De los Santos P. 2010. Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hgo. Madera y Bosques 16(3): 75-97.

Daniel, P. W., W. E. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. 2ª edición. McGraw-Hill. México, D. F., México. 492 p.

De Camino, R. y G. Budowski. 2014. Impactos ambientales de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultural.

[http://www.researchgate.net/publication/262728776\\_impactos\\_ambientales\\_de\\_las\\_plantaciones\\_forestales\\_y\\_medidas\\_correctivas\\_de\\_caracter\\_silvicultural](http://www.researchgate.net/publication/262728776_impactos_ambientales_de_las_plantaciones_forestales_y_medidas_correctivas_de_caracter_silvicultural)

(20 de junio de 2016).

Domínguez D., M., F. Bravo y M. del Río. 2006. Modelos del tamaño de copa de *Pinus sylvestris* L. en bosques del centro de España. INCI. 31(3): 168 – 175.

Domínguez H., F., F. Huerta O., B. Barrios D. y M. A. Posadas G. 2012. Análisis dasométrico y propuesta de ordenamiento agroforestal del bosque en Tetela de Ocampo, Puebla. Avances en Investigación Agropecuaria 16(3): 75 – 82.

- Durlo, D. M. y L. Denardi. 1998. Morfometría de *Cabralea canjerana*, em mata secundaria nativa do Rio Grande do Sul. Revista Ciência Florestal 8(1): 55-66.
- Durlo, D. M. 2001. Relacoes morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.). Mart. Revista Ciência Florestal 11 (1): 141-149.
- Farjon, A. and B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden. Bronx, New York, NY, USA. 293 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Garden, Kew-Instituto Forestal de Oxford, Oxford University. Oxford, RU. 151 p.
- Fondo Nacional del Ambiente-Perú (FONAM). 2006. Propuesta final para la definición peruana de bosques a ser utilizados en proyectos de uso de la tierra, cambio de uso y silvicultura bajo el protocolo de Kyoto durante el primer periodo de compromiso. [http://www.fonamperu.org/general/bosques/documentos/propuesta\\_final.pdf](http://www.fonamperu.org/general/bosques/documentos/propuesta_final.pdf) (2 de enero de 2015).
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, México, D.F., México. 246 p.
- González M., J. M. 1996. Tipificación de las masas mixtas de pino y rebollo en el centro de España y desarrollo de conceptos para su tratamiento selvícola. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Núm. 3. Córdoba, España. pp. 147-165.
- Google Earth Pro. 2015. Imagen de La Correa, municipio Tlalnepantla Morelos en Google Earth Pro. Escala indeterminada. <https://www.google.com/maps/@19.05244,-98.93051,1493m/data=!3m1!1e3> (7 de enero de 2015).
- Heroico Ayuntamiento Municipal Tlalnepantla (HAMT). 2014. Plan municipal de desarrollo 2013-2015. Tlalnepantla, Morelos. 144 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (Inegi). 2010. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal.

[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/)  
(27 de enero de 2015).

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (Inafed). 2010. Tlalnepantla.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/municipios/17023a.html>  
(27 de febrero de 2015).

Loock, E. E. M. 1950. The pines of Mexico and British Honduras. Union of South Africa Department of Forestry Bull. Glenesk, Johannesburg, South Africa. 244 p.

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Editorial Botas. México, D. F., México. 361 p.

Meave del C., J. y E. A. Pérez G. 2013. Vegetación: caracterización y factores que determinan su distribución. *In*: Márquez-Guzmán, J., M. Collazo O., M. Martínez G., A. Orozco S. y S. Vázquez S. (eds). Biología de angiospermas. 1ª edición.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias: Coordinación de la Investigación Científica. México, D. F., México. pp. 470–477.

Musálem S., M. Á. y S. Martínez G. 2003. Monografía de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham. Proyecto de Investigación, Manejo Sustentable y Conservación de la Biodiversidad de los Bosques de Clima Templado y Frío de México: Proyecto Sierra Madre. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Centro, Libro Técnico Núm. 8. Texcoco, Edo. de Méx., México. 85 p.

Musálem S., M. Á. y Á. Ramírez L. 2003. Monografía de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw. Proyecto Sierra Madre. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Libro Técnico Núm. 6. Texcoco, Edo. de Méx., México. 364 p.

Nájera L., J. A. y E. Hernández H. 2008. Relación morfométrica de un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai: Revista de la Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* 4(1): 69–81.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. Inventario forestal nacional: manual de campo. Departamento de Montes. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 89 p.

Ornelas R., F. R., R. Ambriz C. y J. D Bustamante O. 1997. Delimitación y definición de agrohábitats del estado de Morelos. Campo Experimental Zacatepec. Cir-Centro INIFAP. Zacatepec, Mor., México. Publicación Especial Núm. 11. 20 p.

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

Rivera H., J. E. y N. Flores H. 2013. Flora y vegetación del Distrito Federal: Conservación y problemática. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S. C., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F., México. 132 p.

Rodríguez L., R., S. Valencia M., J. Meza R., M. A. Capó A. y A. Reynoso P. 2008. Crecimiento y característica de la copa de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(1): 19 – 26.

Rueda, S. A., G. Ramírez O., J. A. Ruiz C., F. Moreno S., A. González H., O. U. Martínez B., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., A. Molina C. y V. M. Jiménez E. 2013. Requerimientos agroecológicos de especies forestales, Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Libro Técnico Núm. 4. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 226 p.

Sánchez G., A. y M. González L. 2007. Técnicas de colecta de plantas y herborización. *In: Contreras-Ramos, A., C. Cuevas C., I. Goyenechea y U. Iturbe (eds.). La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Pachuca, Hgo., México. 133 p.

Schomaker, M., S. Zanoach and K. Stolte. 1999. Tree crown condition indicator. USDA. Forest Service. Forest Health Monitoring. Asheville, NC, USA. 4 p.

Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Morelos (Sedagro-Mor). 2012. Tlalnepantla. Compendio Estadístico para un Desarrollo Integral y Sustentable del Sector Agropecuario y Rural. <http://www.oeidrus-morelos.gob.mx/compendio/files/Tlalnepantla.pdf> (27 de febrero de 2015).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2006. Introducción al ecoturismo comunitario. Centro Nacional de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal., México. 119 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2009. Turismo de naturaleza. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal., México. 119 p.

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología forestal. A.G.T. Editor, S. A. México, D. F., México. 269 p.

Ugalde, L. A. 1981. Conceptos básicos de dasimetría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 23 p.

Valdivia G., J. J., E. D. Arroyo Q., J. A. Bustamante M., J. C. Callo C. y M. D. Chávez M. 2015. Morfometría de *Bartholletia excelsa* H.B.K., aplicaciones en la selección de árboles semilleros en una concesión castañera ubicada en el centro poblado Planchón, distrito Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios. *El Ceprosimad* 3(1): 23 – 35.

Vargas L., B. 2013. Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados en la región norte de México. Semarnat, Conafor, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Rainforest Alliance. Zapopan, Jal., México. 87 p.

- Valverde V., T., J. A. Meave del Castillo, J. Carabias Lillo y Z. Cano Santana. 2005. Ecología y medio ambiente. Editorial Pearson Educación de México S.A. de C.V. Naucalpan de Juárez, Edo. de Méx., México. 240 p.
- Velasco B., E., E. N. Cortés B., A. González H, F. Moreno S. y H. M. Benavides M. 2013. Diagnóstico y caracterización del arbolado del bosque de San Juan de Aragón. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4(19): 103–111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i19.382>.
- Velázquez M., A., G. Ángeles P., T. Llanderal O., A. R. Román J. y V. Reyes H. 2004. Monografía de *Pinus patula*. 1ª edición. Comisión Nacional Forestal, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de Méx., México. 124 p.
- Venegas M., G. M. 2006. Ecoturismo: instrumento de desarrollo sustentable. Universidad de Antioquía. Antioquía, Medellín, Colombia. 59 p.
- Villanueva D., J. y G. R. McPherson. 2002. Impacto del cambio de uso del suelo e incendios en la estructura de tres comunidades forestales. Ciencia Forestal en México. 27(91): 27 – 54.
- Von Gadow, K., S. Sánchez O. y O. A. Aguirre C. 2004. Manejo forestal con bases científicas. Madera y Bosques 10(2): 3 – 13.
- Zar, J. H. 2010. Bioestatistical analysis. Pearson Publishing House. Upper Saddle River, NJ, USA. 944 p.
- Zepeda B., E. M. y M. Acosta M. 2000. Incremento y rendimiento maderable de *Pinus montezumae* Lamb. en San Juan Tetla, Puebla. Madera y Bosques 6(1): 15-27.