

Distribución espacial de poblaciones de *Litsea glaucescens* Kunth en relación a la calidad de sitio

Spatial distribution of *Litsea glaucescens* Kunt populations in relation to site quality

Domitila Jarquín-Rosales¹ , Gisela Virginia Campos-Angeles^{1*} , Valentín José Reyes-Hernández² , Gerardo Rodríguez-Ortiz¹ , Juan José Alpuche-Osorno³ , Salvador Lozano-Trejo¹ 

¹TecNM/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, CP. 71233. Oaxaca México.

²Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco CP. 56264, Estado de México.

³Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Facultad de Medicina y Cirugía. Ex-hacienda de Aguilera S/N, Col. Reforma, CP. 68020. San Felipe del Agua, Oaxaca México.

*Autor de correspondencia: gisela.ca@voaxaca.tecnm.mx

Nota científica

Recibido: 25 de mayo 2025

Aceptado: 25 de octubre 2025

RESUMEN. *Litsea glaucescens* (Laurel) es una especie forestal aprovechada por su uso en México, por lo cual el objetivo fue determinar su distribución espacial en San Pablo Cuatro Venados Zaachila, Oaxaca, México. Se establecieron sitios de 100 m² donde se registraron las coordenadas geográficas de los sitios, altitud, exposición y pH del suelo. Además, de variables climáticas que se obtuvieron en WorldClim. También se registró el número de plantas de laurel, altura, diámetro y coordenadas planares. Se realizó una prueba de correlación de Spearman y se utilizó la función K(d) Ripley para determinar la distribución de las poblaciones. Los resultados mostraron que el laurel se encuentra a una altitud promedio de 2 600 m con una precipitación de 832.2 mm, temperatura media anual de 15.86 °C y pH 6.8. La especie es de distribución agregada y el número de plantas de laurel tiene una relación positiva con la exposición ($p < 0.05$).

Palabras clave: Distribución agregada, Función K de Ripley, exposición, Oaxaca.

ABSTRACT. *Litsea glaucescens* (Laurel) is a forest species widely exploited for its uses in Mexico, which is why the study's objective was to determine the spatial distribution in San Pablo Cuatro Venados, Zaachila, Oaxaca. Sites of 100 m² were established where the geographical coordinates, altitude, exposure, and soil pH of each site were recorded. Additionally, climatic variables were obtained from WorldClim. The number of laurel plants, height, diameter, and planar coordinates were also recorded. A Spearman correlation test was conducted, and Ripley's K(d) function was used to determine the population distribution. The results showed that laurel is found at an average altitude of 2,600 m with a precipitation of 832.2 mm, an annual average temperature of 15.86 °C, and a pH of 6.8. Moreover, it has an aggregated distribution, and the number of laurel plants has a positive relationship ($P < 0.05$) with exposure.

Keywords: Aggregated distribution, Ripley's K-function, exposure, Oaxaca.

INTRODUCCIÓN

Los bosques son ecosistemas importantes ya que albergan una gran cantidad de especies y brindan servicios ambientales a la sociedad como alimento, medicina, construcción, cultura y religión (Chishaleshale *et al.* 2024). Por otra parte, permiten la conservación de la diversidad biológica regulando los ciclos vitales para la supervivencia de las especies (Blanco, 2017). Sin embargo, existen eventos que modifican la estructura de los ecosistemas (Franklin *et al.* 2002), estos pueden ser consecuencia de actividades antropogénicas o perturbaciones naturales, como la precipitación y el clima, que modifican la estructura vegetal al reducir la entrada de humedad al bosque (Rodríguez-Pacheco *et al.* 2023). Una de las especies que se encuentra en los bosques de pino, pino encino y encino que ha sido afectada por actividades antropogénicas es *Litsea glaucescens* Kunth la cual se encuentra en altitudes que van de los 800 hasta los 3 000 m (Ortega-Meza *et al.* 2021) y es uno de los recursos forestales no maderables más importantes en México ya que se usa desde épocas prehispánicas como alimento, medicina y en ritos culturales y religiosos.

En el caso de la medicina ha sido utilizada para aliviar trastornos estomacales, problemas ginecológicos, procesos inflamatorios y como antioxidante debido a su alto contenido de compuestos fenólicos (Tepixtle-Colohua *et al.* 2023); en lo religioso se emplea para la elaboración de manojo en la festividad de domingo de ramos que es cuando se realiza la mayor extracción en la región de estudio, lo que ha llegado a limitar su capacidad reproductiva (Dávila *et al.* 2011, Hernández-Flores y Vargas-Licona 2020); debido a sus múltiples usos y a su extracción sin control se encuentra en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

La ecología espacial permite estudiar el grado de agregación e inferir la escala de variación de los patrones ecológicos mediante métodos que determinan y describen los arreglos espaciales de diversas poblaciones ecológicas (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2019). Estimar la riqueza de especies de un sitio, es útil para determinar el estado de conservación de algunas áreas y para la toma de decisiones (Cruz-Cárdenas *et al.* 2013). A pesar de ello, existen pocos estudios sobre distribución espacial durante la etapa de regeneración de especies asociadas a bosques de pino-encino. No obstante, los trabajos realizados indican que la distribución agregada es más común, ya que las plantas aparecen en manchones (Maciel-Nájera *et al.* 2020). Otros autores como Aquino-López *et al.* (2024) mencionan que este tipo de agregación es normal en especies que han sufrido algún tipo de perturbación como incendios o aprovechamientos.

La hipótesis principal del estudio fue que las características morfométricas de *Litsea glaucescens* y su agrupación varía en función de la calidad del sitio. En consecuencia, el objetivo del estudio fue determinar la distribución y calidad de sitio de poblaciones silvestres de *Litsea glaucescens* en San Pablo Cuatro Venados Zaachila, Oaxaca, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en el año 2023 en la comunidad de San Pablo Cuatro Venados Zaachila, en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, México. A 25 km al sur de la capital del estado, entre los paralelos 16°51' y 17°02' de latitud norte y 96° 50' y 97° 05' de longitud oeste, con un rango altitudinal que va de los 1 600 a los 3 000 m, forma parte de la Sierra Madre del Sur, predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación va de 700 a 1 200 mm y la temperatura de 14 a 20°C, en donde se encuentran bosques de pino, pino-encino y de encino; en suelos de tipo regosol (45.67%), luvisol (22.29%), acrisol (20.71%) y cambisol (11.33%) (INEGI 2010).

Muestreo

Los datos se registraron utilizando un esquema de muestreo dirigido a 5 zonas principales que fueron ubicadas mediante recorridos con personas de la comunidad. En cada una de ellas se estableció un sitio de 400 m² dividido en cuatro cuadrantes; en cada uno se registró el número de individuos de *L. glaucescens*, su altura, diámetro a la base del cuello y las coordenadas X y Y, debido al tipo de agregación se calculó la densidad por hectárea utilizando el número de individuos y el índice de Morisita (Morisita 1959, Benites 2021).

También se contabilizaron los árboles asociados a esta especie con diámetros mayores a los 7 cm mientras que para las herbáceas se utilizó un subsitio de 1 m² además, se registraron: las coordenadas geográficas; altitud, pendiente, exposición usando un GPS marca Garmin modelo: GRGPSMAP65S, profundidad del mantillo en cm considerando la hojarasca y humus, el porcentaje de cobertura se estimó mediante el muestreo por cuadrante (Mostacedo 2000) y las condiciones climáticas se obtuvieron de WorldClim (WorldClim 2024).

Análisis de datos

La distribución espacial de la especie se determinó utilizando la función K(t) Ripley (Ripley 1977, Aquino-López *et al.* 2024), la significancia de la función L(t) fue determinada con una confiabilidad ($p < 0.05$), en el programa TOOLBOX (Fisher 2000), para determinar el patrón de distribución se tomó en cuenta el valor de $L(t) = 0$ indica que el patrón de distribución es aleatoria, $L(t) > 0$ indica una distribución agregada, y $L(t) < 0$ indica distribución regular.

Se evaluaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk con el procedimiento Proc Univariate del programa SAS® PC para Windows versión 9.4. Posteriormente se evaluó la correlación entre variables con el procedimiento de Spearman ($P < 0.05$) para relacionar la densidad de *L. glaucescens* con las variables de sitio. De igual forma se realizó una prueba de independencia de bondad y ajuste ($P < 0.05$), para corroborar si la densidad, altura y diámetro de *L. glaucescens* estaba en función de las variables de sitio. Así mismo se efectuó una prueba de Mann-Whitney ($P < 0.05$) con el procedimiento PROC NPAR1WAY el programa SAS® PC para Windows versión 9.4 (SAS 2012), para contrastar las variables de los sitios, así como las alturas y diámetros de *L. glaucescens* en dos diferentes exposiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

L. glaucescens se encontró formando parte de un bosque de encino-pino donde los árboles más abundantes fueron del género *Quercus* con una densidad de 385 individuos, seguido por *Pinus* con 170 árboles por ha^{-1} . En el caso de las herbáceas *Cosmos sulphureus* Cav fue la más abundante con una densidad de 46 individuos por m^2 seguida de *Adiantum poiretii* con 16 plantas por m^2 , sin embargo, estas últimas no compiten por luz debido a que pertenecen a un estrato más bajo que *L. glaucescens*. Por el contrario, el estrato arbóreo impide la entrada de luz en el dosel forestal, lo que podría retrasar la regeneración *L. glaucescens* como ocurre con *Quercus* y *Pinus* donde la regeneración se ve afectada por la incidencia de luz (Martínez-Casas *et al.* 2025).

Para saber si el número de plantas *L. glaucescens* tenía relación con las variables de sitio se realizó una correlación de Spearman la cual mostró una relación positiva ($P < 0.05$), entre el número de plantas y la exposición, fue en el este donde se encontró una mayor densidad, por lo que la especie se favorece con la incidencia de luz ya que a esta exposición llega una mayor cantidad, que en el noroeste donde se registró una menor densidad. Al respecto Philip (1986) y Plateros-Gastélum *et al.* (2018) mencionan que la incidencia de luz en el sotobosque influye en el establecimiento y desarrollo de especies vegetales que se encuentran bajo el dosel forestal, por otro lado también está asociado con la densidad arbórea, ya que en la exposición este se encontró menor densidad arbórea con 525 individuos por ha en comparación con el noroeste en la cual se registra 725 árboles por ha^{-1} lo que se relaciona con la cantidad de luz que entra al dosel y que podría afectar el crecimiento de *L. glaucescens* (Tabla 1).

Tabla 1. Relación entre variables de sitio y el número de plantas de laurel por sitio.

	Altitud	Pen	Exp	PM	TMA	PMA	TMiA	TMaA	NPL
Altitud	1	0.28 ^{ns}	-0.59 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.84*	0.79 ^{ns}	-0.76 ^{ns}	-0.88*	-0.29 ^{ns}
Pen		1	-0.51 ^{ns}	-0.77 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.21 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.81 ^{ns}
Exp			1	0.20 ^{ns}	0.69 ^{ns}	-0.68 ^{ns}	0.68 ^{ns}	0.68 ^{ns}	0.89*
PM				1	0.36 ^{ns}	-0.42 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.64 ^{ns}
TMA					1	-0.99**	0.99**	0.99**	0.66 ^{ns}
PMA						1	-0.99**	-0.99*	0.39 ^{ns}
TMiA							1	0.96*	0.69 ^{ns}
TMaA								1	0.59 ^{ns}
NPL									1

Pen = Pendiente, Exp = Exposición, PM = Profundidad del mantillo, TMA = Temperatura media anual, PMA = Precipitación media anual, TMiA = Temperatura mínima media en los meses más fríos, TMaA = Temperatura máxima media en los meses más fríos, NPL = Número de plantas de laurel por sitio, ^{ns} = No significativo, ** Altamente significativo ($p < 0.01$), *significativo Spearman ($P < 0.05$).

Las variables climáticas mostraron relación altamente significativa ($p < 0.01$) entre ellas (temperatura media anual, temperatura mínima anual, temperatura máxima anual y precipitación media anual); al igual que la temperatura media anual y temperatura máxima anual con la altitud. Por lo que estas variables también podrían estar relacionadas con la densidad de la especie, ya que los cambios en las temperaturas y precipitación están relacionados con el cambio en la distribución,

abundancia y la permanencia de especies vegetales, lo que modifica su distribución a diferentes latitudes y altitudes, por esta razón estas modificaciones en el clima afectan su habilidad para migrar y sobrevivir (Gutiérrez y Trejo 2014, Cedillo *et al.* 2023).

Por otro lado, la pendiente mostró una alta relación negativa (-0.89) con el número de plantas de laurel, aunque esta no fue significativa (Tabla 1), por lo tanto, se realizó una prueba de independencia entre las variables de sitio y la altura, diámetro y el número de plantas de laurel, estas revelaron que la densidad y el diámetro de *L. glaucescens* dependen de las variables de los sitios como la pendiente, altitud, exposición, temperatura, precipitación y profundidad del mantillo (Tabla 2), debido a que están estrechamente relacionadas (Tabla 1). Lo mismo sucede con otras especies como *Pinus patula* donde las tasas de crecimiento en altura, diámetro y volumen de árboles dependen de la calidad de sitio por lo que lugares de buena calidad, con suelo profundo, buena humedad y menor pendiente tienen un mayor crecimiento (García-Aguilar *et al.* 2017).

Tabla 2. Análisis de independencia de variables de sitio con la abundancia, altura y diámetro de *L. glaucescens*.

Variables	Número de plantas	Diámetro	Altura
Exposición	47.83*	61.07 ^{ns}	46.64 ^{ns}
Pendiente	192.00**	192.00* ^{ns}	135.07 ^{ns}
Altitud	256.00**	248.49* ^{ns}	177.86 ^{ns}
Profundidad del mantillo	192.00**	187.268* ^{ns}	126.81 ^{ns}
Temperatura media anual	192.00**	184.85* ^{ns}	117.67 ^{ns}
Precipitación media anual	256.00**	248.49** ^{ns}	177.86 ^{ns}

^{ns} = No significativo, ** Altamente significativo, *significativo
 Prueba de independencia de bondad de ajuste ($p > 0.05$).

Al retomar los resultados anteriores donde se presentó una correlación positiva entre el número de plantas de *L. glaucescens* y las exposiciones, estos se emplearon como criterio para realizar una prueba de Mann-Whitney donde se contrastó la ubicación de los sitios con respecto a sus exposiciones encontradas que fueron este y noroeste, la cual demostró que las plantas que se encontraban en exposición este tenían los tallos más gruesos, con diámetro de 7.55 mm en comparación con las encontradas en el noroeste, donde el diámetro fue menor 3.68 mm, lo que se atribuye a las condiciones de los sitios, la altura promedio de las plantas fue de 0.84 y 0.83 m, con 2.36 y 2.54 ramas en la exposición este y noroeste respectivamente, las cuales no mostraron diferencia significativa Mann-Whitney ($P < 0.05$) (Tabla 3).

Una de las variables de sitio que mostró diferencias significativas con respecto a la exposición fue la pendiente, en el este se registró una menor pendiente (25%) en comparación con el noroeste (27.30%), por lo que a menor pendiente se registró una mayor densidad de *L. glaucescens* con diámetros mayores. Lo anterior se debe a que las pendientes pronunciadas reducen la retención de nutrientes en el suelo y la lluvia corre más rápido lo que provoca erosión del mismo, además de la inestabilidad de las plantas (Madrigal-Reyes *et al.* 2018, Aguirre-Mendoza *et al.* 2024). Otro aspecto que afectó la abundancia, así como el diámetro de *L. glaucescens* fue la altitud, en este estudio la mayor altitud se registró en la exposición noroeste con 2 729 m, donde se encontró una menor densidad en comparación con el este con 2 682 m, con un mayor número de plantas de laurel que

tenían diámetros mayores (Tabla 3). La altitud también juega un papel importante ya que puede determinar los patrones de distribución (García-García *et al.* 2024). Mientras que Dávila *et al.* (2011) reportan que la densidad de plantas de laurel en Aguascalientes México se vio afectada por el gradiente altitudinal ya que la mayor densidad la encontraron en sitios de 2 250 a 2 420 m de altitud, a partir de los 2 500 m la densidad disminuyó drásticamente al igual que en altitudes menores de 2 000 m. Por lo anterior las variables topográficas han sido de interés ya que afectan la composición de los ecosistemas y pueden determinar la distribución y desarrollo de una especie al igual que influye en la abundancia (Antúnez *et al.* 2022).

Tabla 3. Características de los sitios de muestreo y plantas de *L. glaucescens* en diferentes exposiciones.

Variable de sitio	Exposición	
	Este	Noroeste
Altitud (m)	2682.86 ± 0.79 ^b	2729.00 ± 0.01 ^a
Pendiente %	25.00 ± 0.60 ^b	27.30 ± 0.17 ^a
Porcentaje de cobertura (%)	38.50 ± 0.49 ^b	52.72 ± 0.24 ^a
Profundidad del mantillo (cm)	5.21 ± 0.49 ^b	5.56 ± 0.01 ^a
Temperatura media anual (°C)	16.04 ± 3.62 ^a	15.80 ± 1.01 ^b
Precipitación media anual (mm)	816.93 ± 7.40 ^b	835.56 ± 1.01 ^a
Temperatura mínima (°C)	7.56 ± 3.63 ^a	7.40 ± 1.01 ^b
Temperatura máxima (°C)	24.51 ± 3.63 ^a	24.21 ± 1.01 ^b
Variables morfométricas de <i>L. glaucescens</i>	Este	Noroeste
Altura de la planta (m)	0.84 ± 0.04 ^a	0.83 ± 0.01 ^a
Diámetro de tallo (mm)	7.55 ± 0.02 ^a	3.68 ± 0.67 ^b
Número de ramas	2.36 ± 0.03 ^a	2.54 ± 0.01 ^a

Letras diferentes muestran diferencia significativa Mann-Whitney (P < 0.05).

El porcentaje de cobertura de herbáceas también fue un factor determinante ya que a mayor cobertura (52.72%) menor densidad de la especie estudiada, esto debido a la competencia por recursos, como nutrientes y agua, por lo que una alta incidencia de herbáceas retrasa el crecimiento y acumulación de biomasa de otras especies (Mayo-Mendoza *et al.* 2018). La profundidad del mantillo también afectó la abundancia y el diámetro de *L. glaucescens* a mayor profundidad (5.56 cm) menor abundancia y menores diámetros, algo similar sucedió en la regeneración de *Pinus oocarpa* en profundidades mayores a 20 cm en donde no se encontró regeneración, sin embargo, en profundidades de hojarasca menores a 5 cm se permitió la regeneración de esta especie (Flores-Rodríguez *et al.* 2021).

Los factores climáticos son los que más influyen ya que a temperaturas bajas de 15.80 , 7.40 y 24.21°C de temperatura media anual, mínima y máxima respectivamente, limitan el desarrollo de la *L. glaucescens*, como lo mencionan Philip (1982) y Sadia *et al.* (2024) que las bajas o altas temperaturas, se asocian a la baja productividad, desarrollo o disminución de una especie, esta influencia fue observada en *L. glaucescens*, en escenarios futuros, donde su área de distribución puede reducirse un 10% para el año 2 080 con aumento de temperatura de 3 a 5 °C, con este mismo incremento de temperatura pero con predicciones al año 2 050 el área se mantuvo estable, al igual

que con aumentos de temperatura de 2.5 °C para ese mismo periodo, por otro lado en el año 2020 con un aumento del 2.5 °C se registró un aumento de su área de distribución del 2% (Altamirano-León *et al.* 2023), por esta razón hay preocupación constante para enfrentar el cambio y sus efectos en los ecosistemas debido al aumento de las temperaturas (Rubenstein *et al.* 2023, Lawlor *et al.* 2024).

La Figura 1a muestra los patrones de distribución de *L. glaucescens* en exposición este y la Figura 1b en exposición noroeste, en ambos casos los valores de $L(t)$ fueron mayores a cero, fuera de los límites de confianza, lo que indica que la distribución es agregada, este tipo de agrupamiento es el más común en la regeneración natural, ya que cuando hay claros en el dosel la luz deja de ser un factor limitante lo que facilita el rebrote (Plateros-Gastélum *et al.* 2018).

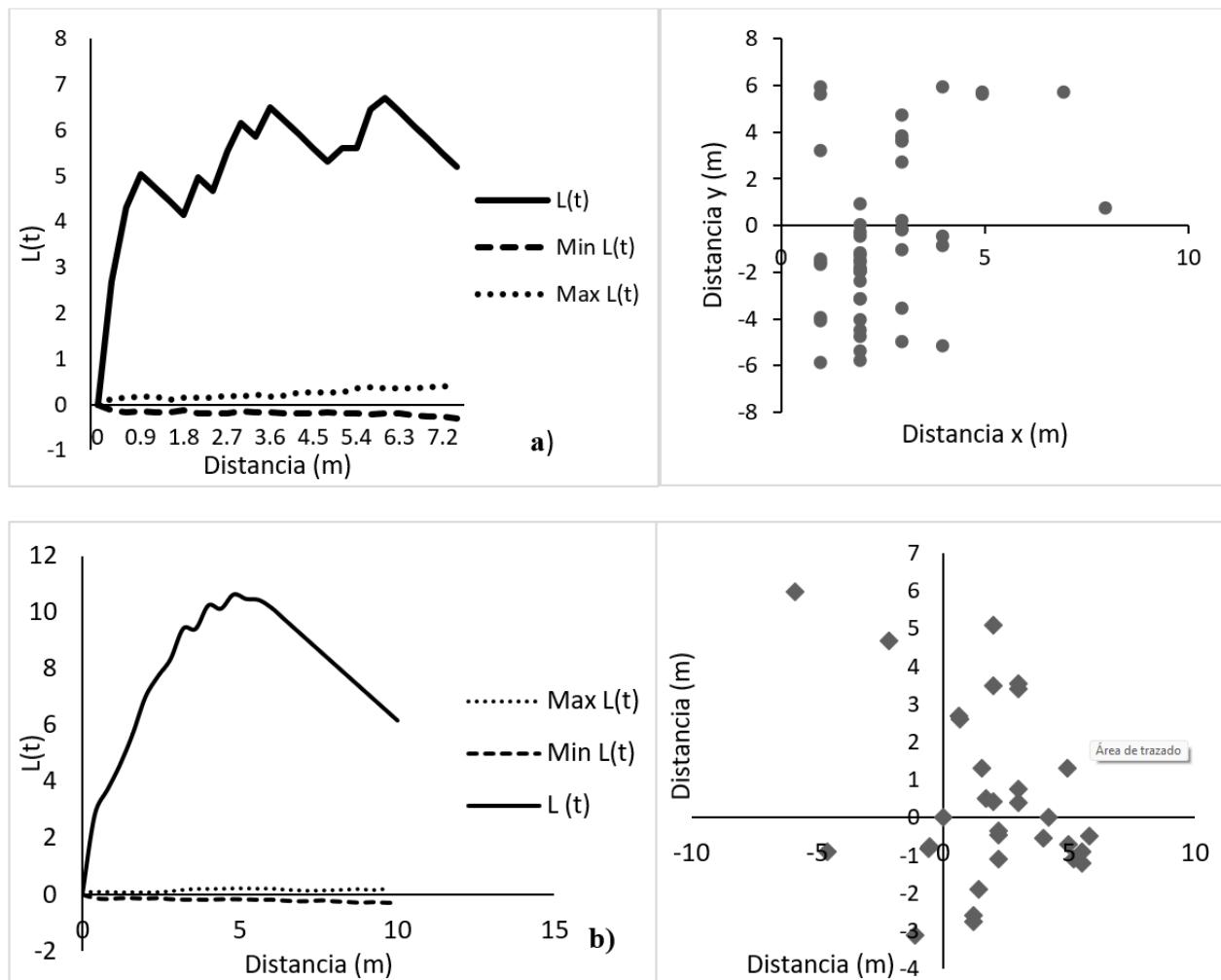


Figura 1. Distribución espacial de *L. glaucescens*: a) Lado izquierdo la línea sólida representa los valores de $L(t)$ y las líneas discontinuas los intervalos de confianza al 95 %. Lado derecho: ubicación de los individuos en exposición este; b) Lado izquierdo la línea sólida representa los valores de $L(t)$ y las líneas discontinuas los intervalos de confianza al 95 %. Lado derecho ubicación de los individuos en exposición noroeste.

La distribución *L. glaucescens* está influenciada por los disturbios antropogénicos, debido al cambio de uso de suelo, ya que entre los años 2008 a 2020 se perdió 1.9% de la vegetación arbórea, la cual fue sustituida por asentamientos humanos y pastizales, en San Pablo Cuatro Venados Zaachila Oaxaca (Pérez-Hernández *et al.* 2021). Por consiguiente, los disturbios humanos inciden en el patrón de distribución de las especies tal como sucede con la propagación del fuego (Elías *et al.* 2011, Aquino-López *et al.* 2025).

Otro factor antropogénico que afecta la distribución de la especie es el aprovechamiento a causa de su uso alimenticio, cultural y religioso, que han ocasionado que no se logren formar sus estructuras reproductivas, debido al corte de ramas y brotes (Dávila-Figueroa *et al.* 2011), por lo consiguiente, tuvo que buscar estrategias de reproducción vegetativa para subsistir, esta reproducción asexual les sirve a las especies perennes para afrontar los largos períodos de sequía y bajas temperaturas, ya que siguen recibiendo recursos de la planta madre, les proporciona estrategias para competir por recursos minerales y luz (Philip 1986, Plateros-Gastélum *et al.* 2018).

Es importante mencionar que especies con este tipo de reproducción o con semillas que no tienen la capacidad de dispersión presentan distribución agregada (Ávila-Flores *et al.* 2014), lo cual también puede estar relacionado con las condiciones del sitio como la temperatura, la precipitación, la exposición, la pendiente y las propiedades del suelo (Hernández *et al.* 2018), autores como Pérez-Luis *et al.* (2024) mencionan que esta agrupación en bosques de pino y pino-encino está estrechamente relacionada con la buena calidad del hábitat.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de San Pablo Cuatro Venados Oaxaca, por permitir que se realizará la investigación dentro de su territorio y su apoyo logístico. A la SECIHTI por el apoyo para realizar estudios de Doctorado en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas a través del programa de becas nacionales para realizar estudios de posgrado.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Mendoza Z, Quirola-Kirby G, Jaramillo NA, Ventimilla-Ramos D (2024) Regeneración natural de especies forestales en un bosque andino en el sur de Ecuador. Arnaldoa 31(1): 105-119. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.311.31105>
- Altamirano-León S, Ramírez-Martínez JC, Díaz-Porras DF, Balam-Narváez R, Luna-Vega I, Contreras-Medina R (2023) Climate change and impact on distribution of tree species in the cloud forest of Oaxaca. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 28(2): 271-287. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2021.02.008>

- Antúnez P, López Serrano PM, González-Adame G, Rubio-Camacho EA, Mendoza-Díaz MM (2022) Efecto de la altitud, pendiente y exposición geográfica en la distribución de helechos arborescentes. *Acta Botanica Mexicana* 129: e1962. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1962>
- Aquino-López R, Castañeda-Hidalgo E, Rodríguez Ortiz G, Santiago Martínez GM, Bustamante González Á, Lozano Trejo S (2024) Análisis de la regeneración y piso forestal dos años después en rodal incendiado del sur de México. *Bosque* 45(1): 43-53. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002024000100043>
- Ávila-Flores DY, González-Tagle MA, Jiménez-Pérez J, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza E, Vargas-Larreta B, Rodríguez EA (2014) Efecto de la severidad del fuego en las características de la estructura forestal en rodales de coníferas. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(1): 33-45. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.01.005>
- Benites L (2021) Índice Morisita. *Statologos®*. <https://statologos.com/indice-de-morisita/>. Fecha de consulta: 22 de octubre del 2025.
- Blanco JA (2017) Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Ecosistemas* 26(2): 139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.01>
- Cedillo H, García-Montero LG, Toledo S, Mosquera P, Benalcázar P, Zea P, Jadán O (2023) Influencia del clima sobre la composición, la diversidad, la biomasa y los rasgos funcionales de la vegetación arbórea de dos bosques tropicales montanos andinos. *Ecología Austral* 33 (3): 716-729. <https://doi.org/10.25260/ea.23.33.3.0.2152>
- Cruz-Cárdenas G, Villaseñor JL, López-Mata L, Ortiz E (2013) Spatial distribution of species richness of vascular plants In Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(4): 1189-1199. <https://doi.org/10.7550/rmb.31811>
- Chishaleshale M, Wanangwa-Chirwa P, Zekeng JC, Syampungani S (2024) How do socio-economic characteristics of communities influence resource use and forest cover in the Cryptosepalum forest of North-western Zambia. *Heliyon* 10(8): e28658. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28658>
- Dávila-Figueroa CA, Flores-Tena FJ, Morales-Domínguez JF, Clark Tapia R, Pérez-Molphe-Balch E (2011) Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre *Litsea glaucescens* Kunth en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2: 47-59.
- Dávila-Figueroa CA, Morales-Domínguez JF, Rosa-Carrillo ML, Pérez-Molphe-Balch E (2016) Regeneración *in vitro* del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) a través de embriogénesis somática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39 (2): 123-131.
- Elias RB, E Dias, F Pereira (2011) Perturbación, regeneración y patrón espacial de las especies arbóreas en los bosques montañosos de las Azores. *Community Ecology* 12(1): 23-30.
- Fisher M (2000) Toolbox: Software available for sophisticated spatial statistics. University of the South Pacific. Suva, Fiji. 28p.
- Flores-Rodríguez AG, Flores-Garnica JG, González-Eguiarte DR, Gallegos Rodríguez A, Zarazúa Villaseñor P, Mena-Munguía S, Lomelí-Zavala ME, Ruíz Guzmán E (2021) Regeneración natural de pino y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(65): 1-25. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.776>
- Franklin JF, Spies TA, Pelt RV, Carey AB, Thornburgh DA, Berg DR, Lindenmayer DB, Harmon ME, Keeton WS, Shaw DC, Bible K, Chen J (2002) Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management* 155(133): 3993423. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00575-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00575-8)
- García-Aguilar JÁ, Velasco-Velasco VA, Rodríguez-Ortiz G, Enríquez-del-Valle JR (2017) Influencia de la calidad de sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(44): 1-24.
- García-García SA, Alanís-Rodríguez E, Rubio-Camacho EA, Aguirre-Calderón ÓA, Yerena-Yamallel JI, Cuéllar Rodríguez LG, Chávez-Costa AC (2024) Distribución espacial de *Pinus* y *Quercus* en un

- gradiente altitudinal de bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 15(81): 1-20. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i81.1426>
- Gutiérrez E, Trejo I (2014) Effect of climatic change on the potential distribution of five species of temperate forest trees in Mexico, *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1): 179-188 <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>
- Hernández FJ, CB Navarro, R Peña, Nájera A (2018) Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47): 169-186. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.161>
- Hernández-Flores SD, Vargas-Licona G (2020) El laurel silvestre (*Litsea glaucescens*) especie en peligro de extinción con alto valor de uso. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* 1(4): 25-29.
- INEGI (2010) Compendio de información geográfica municipal 2010 San Pablo Cuatro Venados Oaxaca. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20292.pdf. Fecha de consulta: 5 de mayo de 2024.
- Lawlor JA, Comte L, Grenouillet G, Lenoir J, Baecher JA, Bandara RM, Bertrand R, Chen I, Diamond SE, Lancaster LT, Moore N, Murienne J, Oliveira BF, Pecl GT, Pinsky ML, Rolland J, Rubenstein M, Scheffers BR, Thompson LM, Amerom BV, Villalobos F, Weiskopf SR, Sunday J (2024) Mecanismos, detección e impactos de la redistribución de especies bajo el cambio climático. *Nature Reviews Earth Environment* 5: 351-368. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00527-z>
- Maciel-Nájera JF, Hernández-Velasco J, González-Elizondo MS, Hernández-Díaz JC, López-Sánchez CA, Antúnez P, Bailón-Soto CE, Wehenkel C (2017) Unexpected spatial patterns of natural regeneration in typical uneven-aged mixed pine-oak forests in the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Global Ecology and Conservation* 23: e01074 <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01074>
- Madrigal Reyes S, Acevedo DC, Hernández Acosta E, Romo Lozano JL (2019) Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(51): 201-222. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Martínez-Casa R, Monárez-González JC, Torres-Rojo J, Pérez-Verdín G (2025) Evaluación de la regeneración natural en bosques templados con cubierta forestal continua en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 96(1): 45-60.
- Mayo-Mendoza M, Romo-Campos RL, Medina-Fernández P (2018) Tasa relativa de crecimiento de herbáceas con potencial de restauración en suelos degradados del bosque La Primavera, Jalisco, México. *Acta Universitaria* 28(2): 58-66. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1930>
- Morisita M (1959) Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E (Biology)* 3(1): 65-80.
- Mostacedo B, Frederiksen TS (2000) Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Bolfor. El País. Santas Cruz, Bolivia. 92p.
- Ortega-Meza D, Pulido-Silva MT, Costa-de Arruda J, da Silva CJ, Leal-Sander N, Gómez-Aiza A (2021) Conocimiento local acerca del laurel silvestre (*Litsea glaucescens* Kunth) en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Madera y Bosques* 27(2): e2722167. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722167>
- Ortega Meza D, Pulido MT, Gómez Aiza A, Joana da Silva C, Leal Sander N, Costa-de-Arruda J (2021) Vínculos entre los productos forestales no maderables y el turismo: el caso del laurel (*Litsea glaucescens* Kunth) en el Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México. *El Periplo Sustentable* 40: 1-27. <https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i40.11198>
- Pérez-Hernández MJ, Martínez-Casas R, Monárez-González JC, Pérez-Verdín G (2021) Dynamics of changes in land use and vegetation due to anthropogenic activities in Zaachila, Oaxaca, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(66): 26-45. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.894>

- Pérez-Luis JI, Campos-Angeles GV, Reyes-Hernández VJ, Rodriguez-Ortiz G, Carrillo-Rodríguez JC (2024) Diversidad y estructura de la vegetación asociada al "camorreal" en San Pedro el Alto, Oaxaca: Vegetación asociada al camorreal. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 11(2): 109-118. <https://doi.org/10.60158/rma.v11i2.426>
- Plateros-Gastélum PA, Reyes-Hernández VJ, Velázquez-Martínez A, Hernández-de la Rosa P, Campos-Angeles GV (2018) Disponibilidad de luz bajo dosel en rodales de *Abies religiosa*, Madera y Bosques 24(3): e2431711. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431711>
- Philip GJ (1982) Estrategias de adaptación de las plantas. Primera edición, Editorial, Limusoa S. A. México. 279p.
- Rodríguez-Pacheco A, Palacios-Rangel MI, Mohedano-Caballero L, Villanueva-Morales A (2023) Estructura y diversidad arbórea de un bosque de pino-encino en Huiztatzala, Guerrero, México. *Polibotánica* 55: 25-40. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.3>
- Ripley BD (1977) Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)* 39: 172-212. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1977.tb01615.x>
- Rubenstein MA, Weiskopf SR, Bertrand R, Carter LS, Comte L, Eatton JM, Johnson GC, Lenoir J, Lynch LA, Miller WB, Lyn MT, Rodriguez MA, Terando A, Thompson ML (2023) Climate change and the global redistribution of biodiversity: substantial variation in empirical support for expected range shifts. *Environmental Evidence* 12: 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00296-0>
- Sadia S, Waheed M, Firdous S, Arshad F, Fonge BA, Al-Andal A (2024) Ecological analysis of plant community structure and soil effects in subtropical forest ecosystem. *BMC Plant Biology* 24: 1275. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-06012-5>
- Sánchez-Gutiérrez F, Valdez-Hernández JI, Hernández-de la Rosa P, Beltrán-Rodríguez L (2019) Distribución y correlación espacial de especies arbóreas por gradiente altitudinal en la selva Lacandona, Chiapas. *Revista de Ciencias Forestales* 10(54): 1-25.
- SEMARNAT (2010) Norma oficial MexicanaNOM_059_SEMARNAT_2010 Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de consulta: 22 de julio del 2024.
- SAS (2004) User's guide. SAS/ETS® 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Tepixtle-Colohua VV, Gonzalez-Tepale MR, Guerra-Ramírez D, Reyes-Trejo B, Zuleta-Prada H, Borja-de la Rosa AM, Reyes-Fuentes F (2023) Antioxidant and cytotoxic activity of essential oil from aromatic bay leaves (*Litsea glaucescens* Kunth). *Polibotánica* 55: 95-107. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.7>
- WorldClim (2024) Datos meteorológicos históricos mensuales. <https://worldclim.org/data/monthlywth.html>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2024.