



**Distribución espacial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.
mediante la estimación de la densidad *Kernel***
**Spatial distribution of *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.
through estimating Kernel density**

José Germán Flores Garnica² y Oscar Reyes Cárdenas^{1*}

Abstract

In the state of *Chiapas*, the species *Pinus oocarpa* is widely distributed throughout the *Sierra Madre de Chiapas*, specifically in the subprovinces of the central depression, the central highlands and the eastern mountains. In the present work the spatial distribution of this species was analyzed through Kernel density analysis, using information generated by the National Inventory of Forests and Soils of Mexico (INFyS), the proposed alternative process estimates the spatial distribution of this species through Kernel density analysis. For this reason, the presence of the species can allegedly be represented as a series of georeferenced events, which occur differentially along a given region, determining spatial variations in their density. To make the comparison between the different maps that present the distribution of *P. oocarpa*, a confusion matrix was defined for each one of the maps, which were based on a binary classification. The distribution defined through the Kernel density estimation confirms that *P. oocarpa* is located basically along the *Sierra Madre of Chiapas* and the Central High Plateau, generally agreeing with most of the illustrations of the geographical distribution of this species. The methodology proposed herein can be used in other regions where information from forest inventories (at national, state, region, or management level) is available, by limiting the definition of the distribution of the species of interest to the area covered by the sampling design.

Key words: Bandwidth, Kappa coefficient, interpolation, National Forest and Soil Inventory, confusion matrix, continuous surfaces.

Resumen

En el estado de Chiapas, *Pinus oocarpa* se distribuye ampliamente a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas, específicamente, en las subprovincias de la Depresión Central, la Altiplanicie Central y las Montañas de Oriente. En el presente trabajo, se analizó la distribución espacial de esta especie a través del análisis de la densidad *Kernel*, para lo cual se empleó información generada por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos. La comparación entre los diferentes mapas con la distribución de *P. oocarpa* se realizó mediante la definición de una matriz de confusión para cada uno de ellos, las cuales se basaron en una clasificación binaria. La exactitud de los datos obtenidos se determinó con el coeficiente *Kappa*. De acuerdo con la distribución definida por la estimación de la densidad *Kernel*, se confirma que *P. oocarpa* se ubica, básicamente, a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas y la Altiplanicie Central, lo que coincide, en general, con la mayoría de las ilustraciones de su distribución geográfica. La metodología propuesta se puede emplear en otras regiones donde se cuente con información de inventarios forestales (nacionales, estatales, regionales, de manejo, etcétera), solo hay que limitar la definición de la distribución del taxon de interés al área que cubre el diseño de muestreo.

Palabras clave: Ancho de banda, coeficiente *Kappa*, interpolación, Inventario Nacional Forestal y de Suelos, matriz de confusión, superficies continuas.

Fecha de recepción/Reception date: 03 de septiembre 2018
Fecha de aceptación/Acceptance date: 20 de febrero de 2019

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

²Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, INIFAP. México.

*Autor por correspondencia, correo-e: oscar.reyes@uaslp.mx

Introducción

El género *Pinus* está representado por aproximadamente 100 especies en el mundo (Alba-López *et al.*, 2003). Su distribución natural abarca desde las regiones árticas y subárticas de Norteamérica y Eurasia; su mayor centro de diversificación se ubica en la región norte y centro del continente americano, con aproximadamente 70 taxa (Farjon *et al.*, 1997; Price *et al.*, 1998), en donde México cuenta con el mayor número de especies del mundo, las cuales se localizan de forma natural en todos sus estados, a excepción de Yucatán (Martínez, 1992). No obstante, las superficies de bosques de pino en México han disminuido, lo que ha motivado el establecimiento de estrategias para su restauración y fomento, que se basan, principalmente, en la recolección de semillas, la producción de plántulas y su plantación (Conafor, 2010). Sin embargo, el éxito de esas actividades está condicionado a que se conozca, con la mayor precisión posible, la distribución espacial de los taxones de interés; además de estimar el potencial de recolección de semillas, las condiciones ambientales donde se ubica la especie y las mejores áreas para su crecimiento.

A pesar de que se han desarrollado importantes estudios sobre la ecogeografía y biogeografía de los taxa de pino (Vargas, 2008), la determinación de su distribución aún requiere de una mayor precisión geográfica. Sobre todo, si se considera que está determinada no solo por su adaptación al medio, o por su historial evolutivo, sino también por el impacto que, en los últimos siglos, han tenido las actividades humanas. Así, se requiere situar geográficamente las especies de pino, para dimensionar su superficie actual, caracterizar sus condiciones ambientales, localizar áreas con disturbio, zonas potenciales para reforestación y fomento, etcétera; ya que no se cuenta con mapas actualizados que permitan conocer la ubicación actual y potencial de los pinos.

En particular, para el estado de Chiapas, donde se llevó a cabo el estudio que se documenta, las regiones fisiográficas en las que habitan los pinos son Mullerried (1957): la Altiplanicie Central (AC) y la Sierra Madre de Chiapas (SMC) (Alba-López *et al.*, 2003),

en las que se registran, aproximadamente, 12 especies de pinos: *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltldl., *P. michoacana* Martínez, *P. hartwegi* Lindl., *P. maximinoi*, *P. montezumae* Lamb., *P. oocarpa* Schiede ex Schltldl., *P. patula* Schiede ex Schltldl. & Cham., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. oocarpa* var. *ochoterenae* Martínez, *P. chiapensis* (Martínez) Andresen, *P. oaxacana* Mirov. y *P. teocote* Schiede ex Schltldl. & Cham. (Breedlove, 1986; Perry, 1991; Martínez, 1992; Farjon *et al.*, 1997; Conafor, 2011).

Específicamente, *P. oocarpa* se distribuye a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas, en las subprovincias de la Depresión Central, la AC y las Montañas de Oriente (Gutiérrez *et al.*, 2010). En el INFyS se registra en la Sierra Madre de Chiapas; el Altiplano Central; la Depresión Central; y en las Montañas del Oriente, lo cual representa una amplia gama altitudinal, una accidentada orografía y una gran historia geológica que permiten una enorme variedad de condiciones ecológicas y con ello, una diversidad biológica grande (Breedlove, 1986; Ceballos *et al.*, 1998). No obstante, existen pocas publicaciones que ilustren la distribución geográfica de esta especie (Figura 1), las cuales están referidas, principalmente, a escala nacional (Mirov, 1955; Sánchez y Huguet, 1959; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1974; FAO, 1977; Eguiluz-Piedra, 1985; Perry, 1991; Farjon *et al.*, 1997; Howell y Mathiasen, 2004).



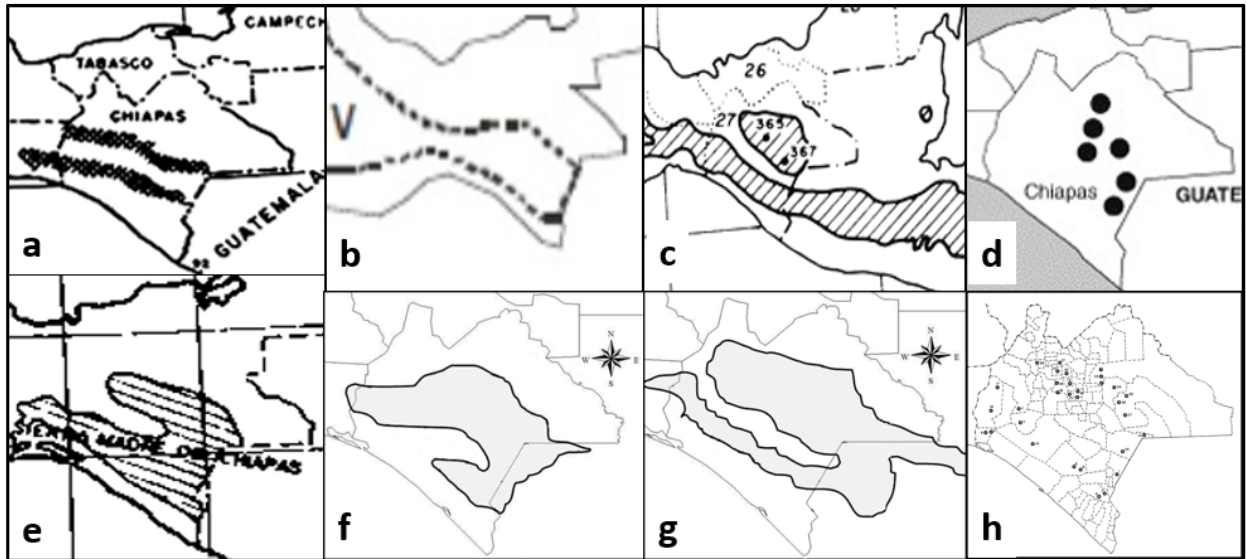


Figura 1. Antecedentes de la ubicación general del género *Pinus* en Chiapas:
 a. Mirov, 1955; b. Eguiluz-Piedra, 1985; c. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1974; d. Howell y Mathiasen, 2004; e. Sánchez y Huguet, 1959; f. Perry, 1991; g. Farjon *et al.*, 1997; h. FAO, 1978.

Por otra parte, también se tienen algunos trabajos que incluyen mapas con la ubicación más localizada de *P. oocarpa*, relacionados con la recolección de semillas (Sáenz-Romero *et al.*, 2006), o presencia de ciertas plagas (Domínguez-Sánchez *et al.*, 2008). Convencionalmente, la distribución geográfica de *P. oocarpa* se representa a través de polígonos delineados en forma aproximada.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue definir la distribución espacial de *P. oocarpa* en el estado de Chiapas, mediante la estimación de la densidad de *Kernel*, para lo cual se usó información recabada en el Inventario Nacional y de Suelos (INFyS) del período 2004-2010 (Conafor, 2011).

Materiales y Métodos

Descripción de *Pinus oocarpa*

Pinus oocarpa presenta las siguientes sinonimias: *P. tecunumanii* F. Schwerdtf. y *P. oocarpoides* Lindl. ex Loudon; y en Chiapas es conocida como ocote, pino trompillo, pino alazán y pino bola. Es un árbol que alcanza alturas de 30 a 35 m, con un diámetro normal de hasta 125 cm (Farjon *et al.*, 1997). Sus acículas son rectas y rígidas, agrupadas en fascículos de generalmente cinco (rara vez 3 o 4), con una longitud de 17 a 30 cm, y 0.8 a 1.4 mm de ancho. Los conos son solitarios o en verticilos de hasta cuatro, con forma ovoide al abrir y globoso cuando está cerrado; tienen una longitud de 3 a 10 cm y un ancho de 3 a 12 cm (Farjon *et al.*, 1997). Se desarrolla en altitudes de 200 a 2 700 m; en sitios con temperatura mínima de -1 °C y máxima de 40 °C; específicamente, en el estado de Chiapas se registra a partir de 401 hasta 2401 msnm, con temperatura mínima semifrías de 5 °C y máxima muy cálida de 38 °C; en condiciones climáticas templadas y cálidas, con precipitaciones anuales mínima 600 mm y máxima de 3 500 mm (Gutiérrez *et al.*, 2010). En la entidad, se desarrolla en suelos con diversas características: muy ricos en materia orgánica y nutrientes, con alta susceptibilidad a la erosión, con ceniza volcánica, con altos contenidos de arcilla, formados a partir de materiales aluviales recientes (Martínez, 1992). *P. oocarpa* presenta rápido crecimiento en condiciones semitropicales y se utiliza, generalmente, para madera de aserrío y celulosa, pero también como leña combustible.

Área de estudio

La zona de estudio corresponde al estado de Chiapas, que se localiza al sureste de México, entre las coordenadas 14°31'37.41" y 17°59'26.6" latitud N y 90°22'8.20" y 94°9'11.64" longitud O (Figura 2).

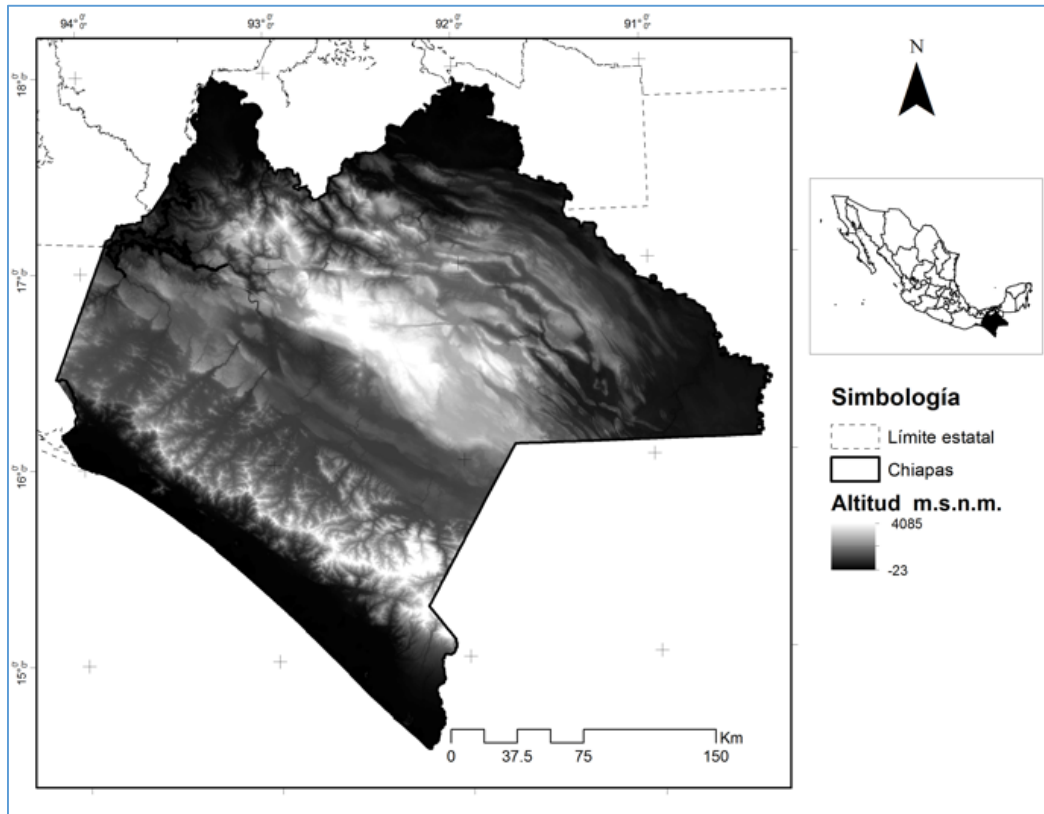


Figura 2. Localización y variación altitudinal del estado de Chiapas.

Conglomerados del INFyS

El presente estudio se realizó con datos del INFyS para el estado de Chiapas, donde se establecieron 1 590 conglomerados (Figura 3); de ellos, 125 (8 %), localizados principalmente en la SMC y el AC, registraron nueve especies de pino. Respecto a la mayor diversidad del género, esta se observa en 42 municipios, entre los que sobresalen Comitán de Domínguez, La Concordia y Ocosingo. Con base en esa información, se seleccionaron los conglomerados con presencia de *P. oocarpa*.

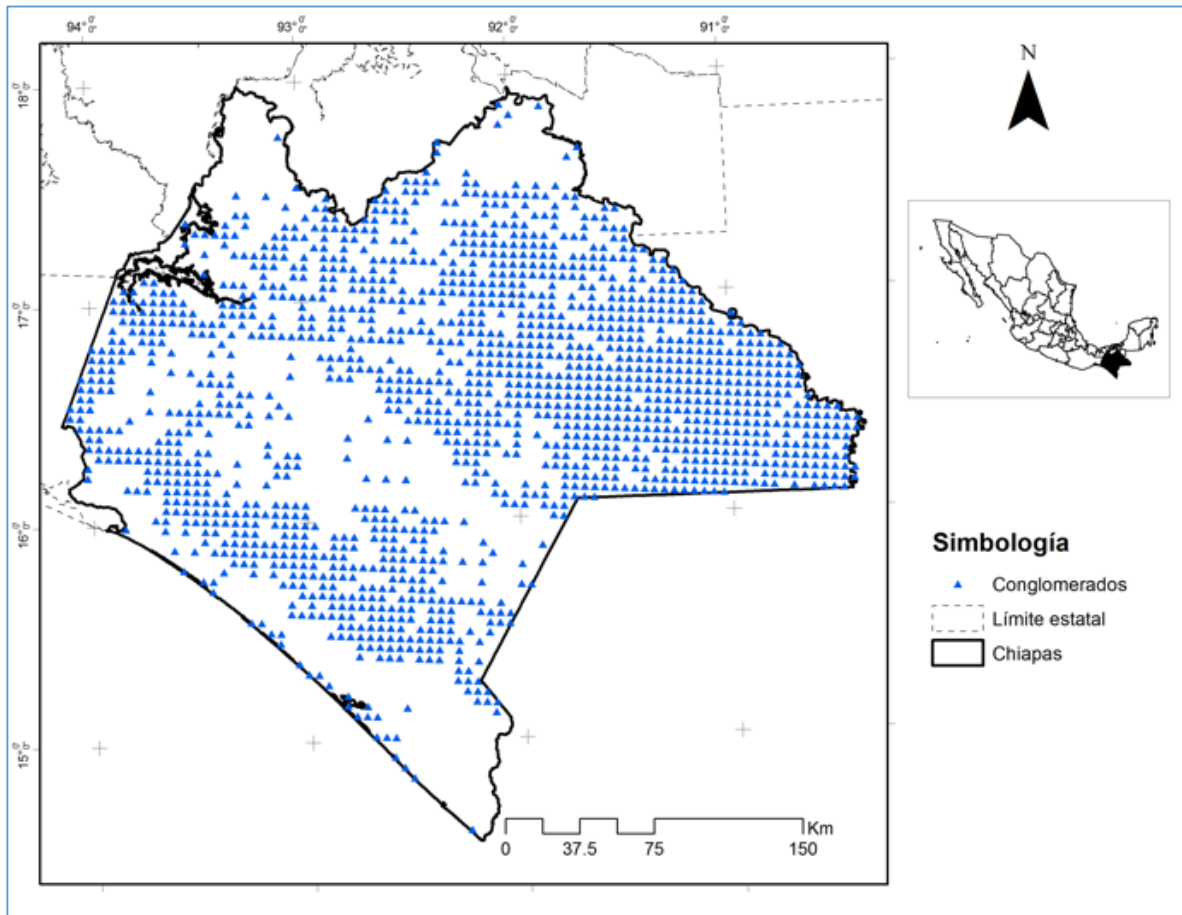


Figura 3. Conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos en el estado de Chiapas (Conafor, 2010).

Estimación de la densidad *Kernel*

Se considera que la existencia de una determinada especie puede ser representada como una serie de eventos georreferenciados que ocurren en forma diferencial a lo largo de una región dada, que definen variaciones espaciales en su densidad (en este estudio, número de conglomerados con registro de *P. oocarpa* por unidad de superficie) (Salvati y Ferrara, 2015).

Así, para cartografiar la continuidad espacial de *P. oocarpa* se generó un mapa de densidad, para lo cual se estimó la densidad *Kernel* (Fuenzalida *et al.*, 2013), que

ayuda a generar superficies continuas de la densidad de conglomerados con datos de la especie de interés. Para ello, se usan cálculos de vecindad local que se hacen bajo la estructura de una cuadrícula (red de celdas), donde el valor de densidad, en un punto dado (o una celda dada), se estima con relación al número de puntos (celdas) en los que se ubique *P. oocarpa*. Específicamente, la estimación de la densidad *Kernel* es una técnica no paramétrica basada en varias funciones: cuadrática (Silverman, 1986), uniforme, *Epanechnikov*, distribución normal, función triangular, función cuártica, etcétera (Turlach, 1999); en las que para la determinación de la densidad tienen mayor influencia los puntos cercanos, mientras que los lejanos poseen una menor ponderación. Lo anterior se ajusta a la primera ley de la geografía, que señala que todo está relacionado con todo, pero las cosas que se encuentran cercanas están más relacionadas entre sí, que aquéllas que se ubican más alejadas (Tobler, 1970). Por lo tanto, el estimador de densidad *Kernel* se define con la ecuación 1 (Amatulli *et al.*, 2007):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{x-X_i}{h} \right\} \quad (1)$$

Donde:

n = Número de puntos de observación

h = Ancho de banda

K = Módulo central (*kernel*)

x = Vector de coordenadas que representa la ubicación donde la función es estimada

X = Vectores de coordenadas que representan cada punto de observación

d = Número de dimensiones en el espacio

Con base en la expresión anterior se modeló la distribución espacial de *P. oocarpa*, cuyo parámetro de radio máximo de búsqueda (*bandwidth*) fue una distancia de 9 051 m, de acuerdo con la “regla de oro” de Silverman (1986).

Validación de los resultados

Para realizar la comparación entre los diferentes mapas que presentan la distribución de *P. oocarpa* y el mapa resultante del modelo de densidad de *Kernel*, se definió una matriz de confusión para cada uno de ellos, las que se basaron en la clasificación binaria (SI = clasificación correcta; y NO = clasificación no correcta) de 221 puntos distribuidos en forma sistemática. Para esto, se asumió como la distribución real de *P. oocarpa* la definida por la distribución de probabilidad generada por la estimación de la densidad *Kernel*. Posteriormente, se calculó el grado de concordancia entre las clases asignadas, para lo cual se estimó la precisión general, así como los errores de omisión y de comisión. Sin embargo, ya que dichos estadísticos tienden a sobreestimar la exactitud de la clasificación, se estimó el coeficiente *Kappa*, que representa el porcentaje en que una clasificación dada es mejor que la resultante de aplicar un clasificador aleatorio. El coeficiente *Kappa* se calculó con la siguiente expresión (Congalton, 1991):

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{x^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})} \quad (2)$$

Donde:

r = Número de filas en la matriz

x_{ij} = Número de observaciones en elemento de la fila i y la columna j (diagonal mayor de la matriz)

x_{i+} = Número total de observaciones en la fila

x_{+i} = Número total de observaciones en la columna

N = Número total de observaciones incluidas en la matriz

Resultados y Discusión

La Figura 4 ilustra la distribución de los 114 conglomerados del INFyS donde se registró la presencia de *P. oocarpa* en Chiapas, los cuales se distribuyeron a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas, en la Altiplanicie Central y las Montañas de Oriente. Las características dasométricas se resumen en el Cuadro 1.

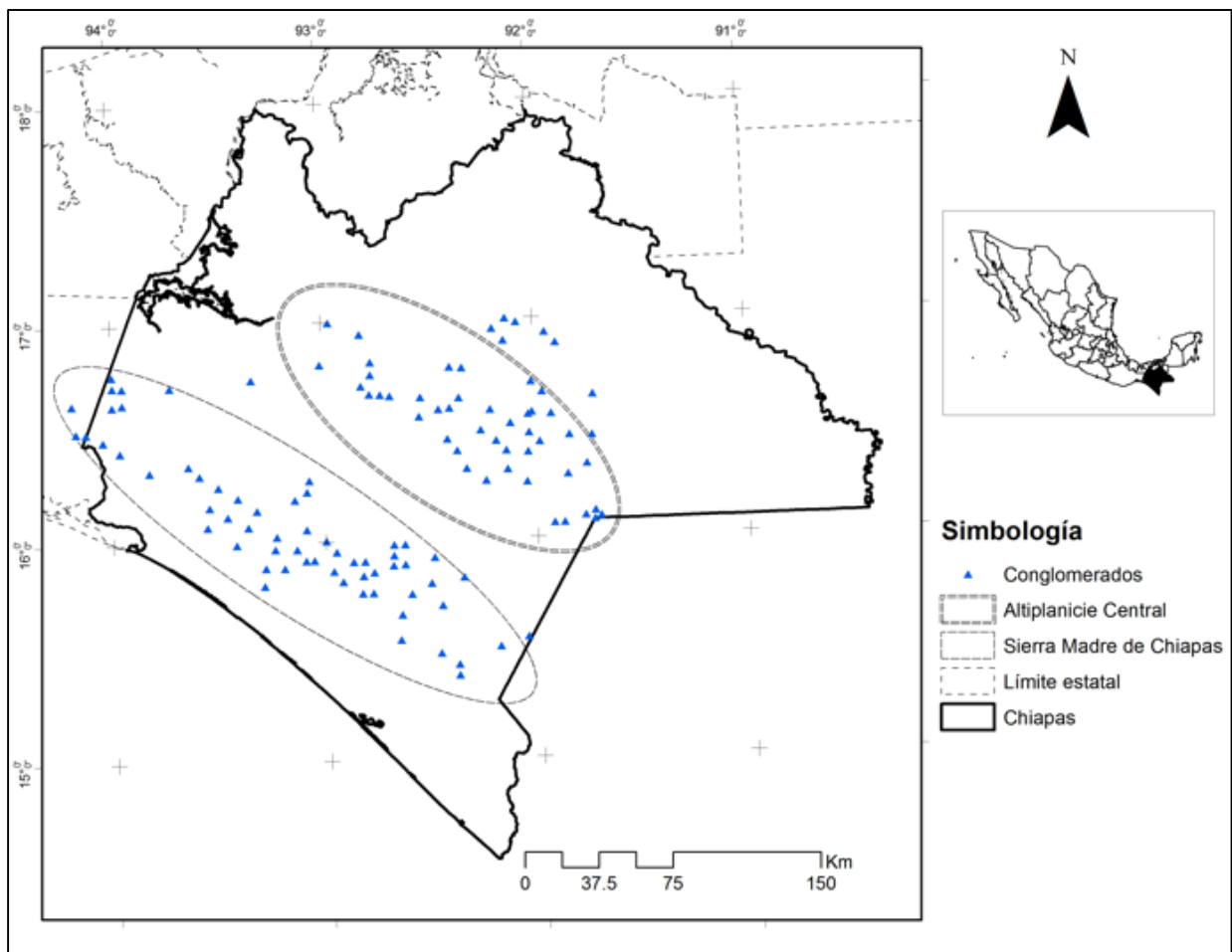


Figura 4. Conglomerados del INFyS donde se identificaron árboles de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl. en el estado de Chiapas (Conafor, 2011).

Cuadro 1. Parámetros dasométricos promedio de los conglomerados del INFyS donde se detectó la presencia de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

Parámetro	Diámetro normal (cm)	Diámetro de copa (m)	Altura total (m)	Altura fuste (m)	Altura comercial (m)
Promedio	31.05	3.41	13.4	7.17	9.94
Máximo	85	8.69	33.69	22.73	30.44
Mínimo	9.25	0.65	4.99	1.49	1

El resultado de la definición de la variación espacial de la densidad de conglomerados con *P. oocarpa* permitió dimensionar y limitar su distribución (Figura 5). Asimismo, se debe tomar en cuenta que, a través de la estimación de la densidad *Kernel*, se definió el número de conglomerados que, probabilísticamente, pueden ocurrir dentro de un área circular de un km² (Silverman, 1986); de tal manera que, cada celda contiene el valor de densidad (conglomerado km⁻²) que le corresponde en referencia a la distribución original de los conglomerados del INFyS. Es importante señalar que, aunque es posible, en este estudio no se consideró la densidad de árboles de *P. oocarpa* que se ubicaba en cada conglomerado, por lo que solo se trabajó con la condición de que se tenía presencia de la especie.



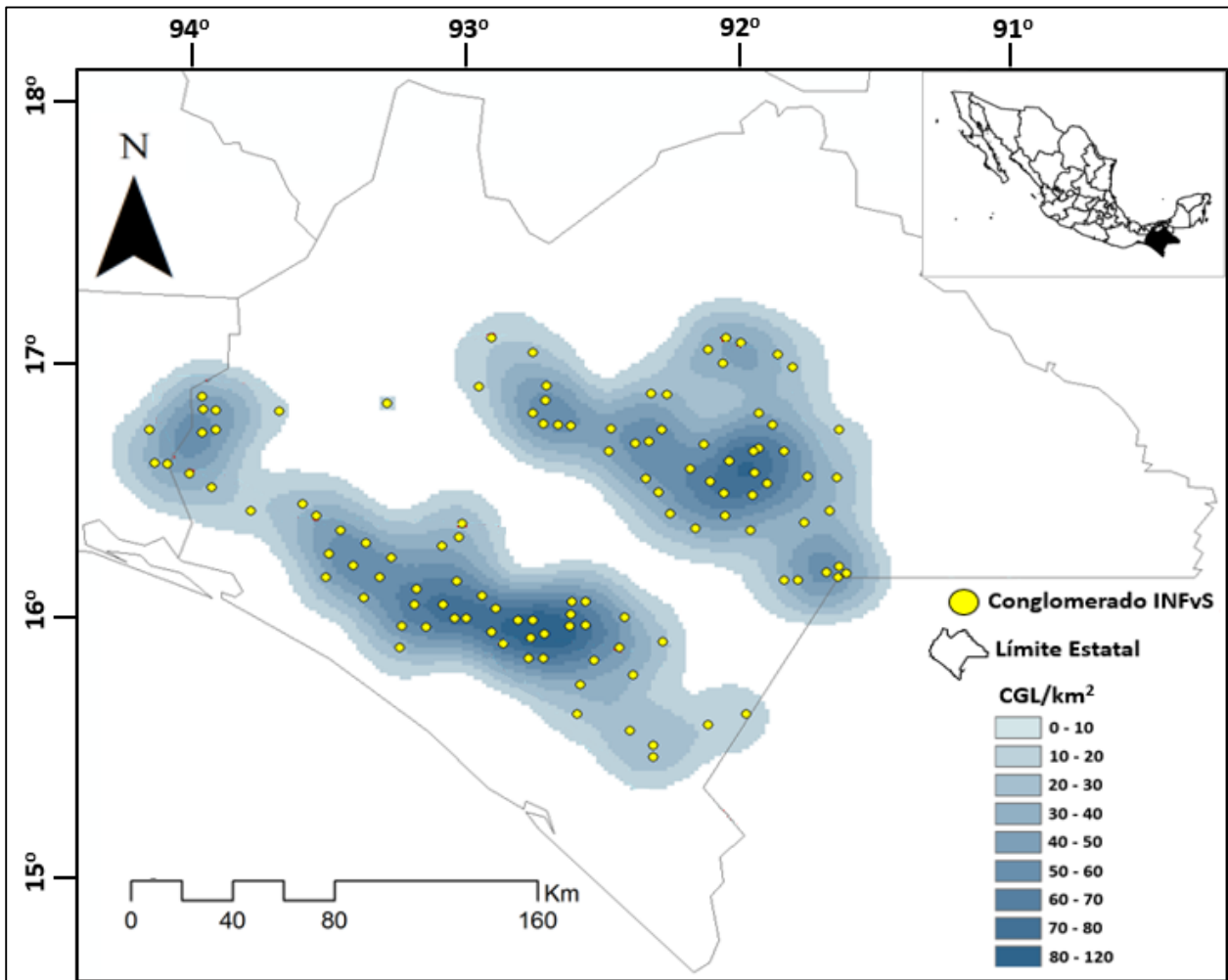


Figura 5. Estimación de la distribución espacial del *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., basada en la estimación de densidad *Kernel*.

En el análisis comparativo de las propuestas de la distribución geográfica de *P. oocarpa* se consideraron los casos más recientes (Figura 6). Por lo que respecta al análisis cualitativo, coincidió en gran medida con los resultados del análisis cuantitativo que se muestran en el Cuadro 2; en principio, se indica que la distribución con la mayor precisión general fue la propuesta por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (1974). En segundo término, se tienen a las distribuciones de Farjon *et al.* (1997) y Eguiluz-Piedra (1985), con precisiones generales muy similares. Por otra parte, la propuesta de Perry (1991) evidencia una división geográfica entre la distribución en la AC y la SMC, lo que implicaría

una mejor aproximación a la distribución real de *P. oocarpa*, en comparación con la distribución de Eguiluz-Piedra (1985).

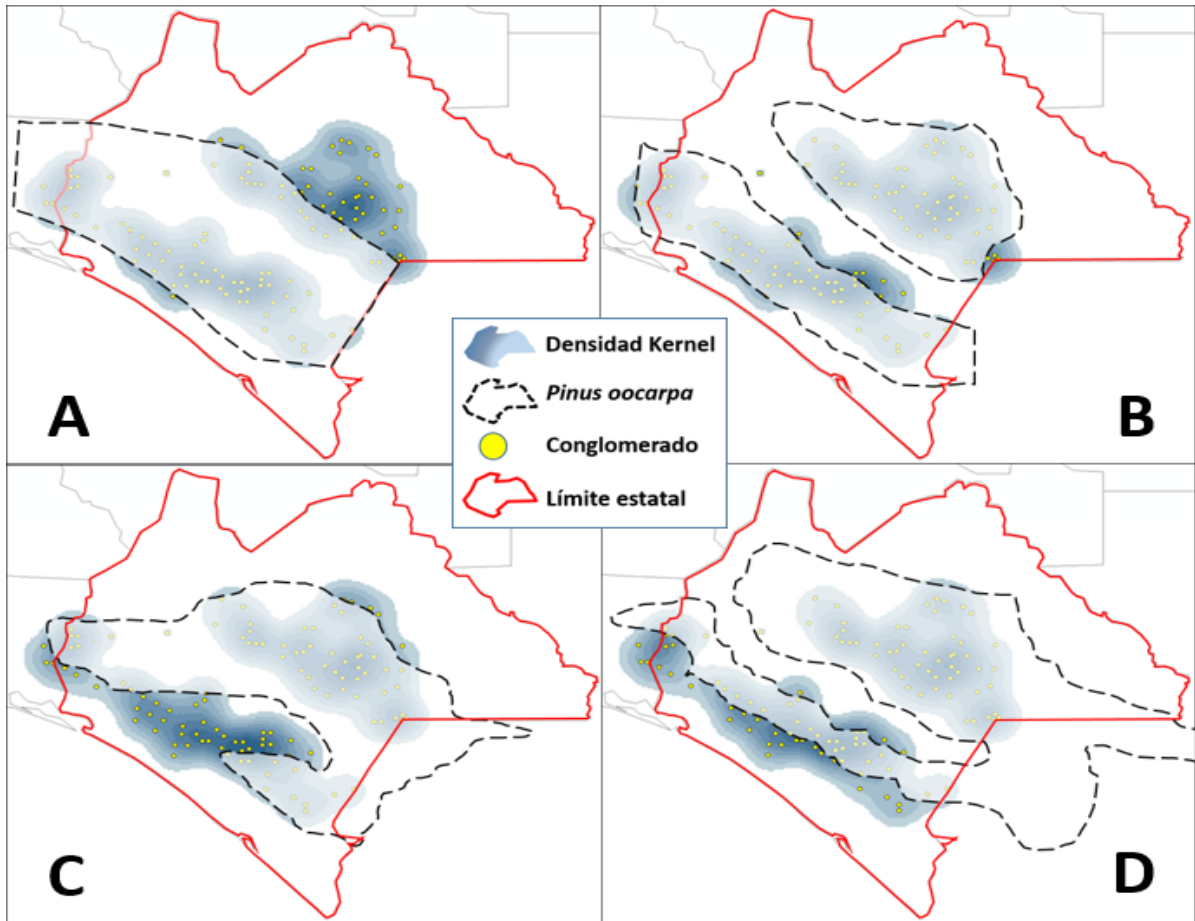


Figura 6. Comparación gráfica de la distribución de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schtdl. en el estado de Chiapas: A. Eguiluz-Piedra, 1985; B. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1974; C. Perry, 1991; D. Farjon *et al.*, 1997.



Cuadro 2. Estadísticos resultantes del análisis de la matriz de confusión al comparar diferentes mapas referentes a la distribución de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttdl. en Chiapas.

Estadístico	1	2	3	4
Precisión general	67.873	69.231	68.326	80.995
<i>Kappa</i>	35.695	38.354	36.837	62.065
Error omisión	34.862	30.392	27.885	13.889
Error comisión	31.731	34.259	35.345	22.500

1. Perry, 1991; 2. Eguiluz-Piedra, 1985; 3. Farjon *et al.*, 1997; 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1974.

Sin embargo, los resultados del análisis de la matriz de confusión correspondiente indicaron que la propuesta de Eguiluz-Piedra (1985) implica una mayor precisión general. Todo lo anterior, se confirma con base en los valores del índice *Kappa* resultantes.

En el mapa de localización de *P. oocarpa*, se observa que su distribución está, principalmente, a lo largo de la SMC y la AC. Por lo que respecta a la información contenida en los conglomerados del INFyS destacó la existencia de arbolado de casi 85 cm de diámetro normal (a 1.30 m de altura del árbol), aunque en muy baja frecuencia. También se observó que en promedio la altura del arbolado es baja; es decir, que la mayor parte del arbolado está en etapa juvenil, o bien que la especie se ubica en lugares de baja calidad de sitio; lo que se refleja en la altura comercial que, en general, también es baja.

De acuerdo con la distribución definida por la estimación de la densidad *Kernel*, se confirma que *P. oocarpa* se ubica, básicamente, a lo largo de la SMC y la AC, lo cual coincide, en general, con la mayoría de las ilustraciones de su distribución geográfica. No obstante, es claro que estas últimas muestran una distribución muy aproximada, principalmente, en los mapas previos a los años 90 (Mirov, 1955; Sánchez y Huguet, 1959; Eguiluz-Piedra, 1985). Aunque ha sido más definida en las versiones de Farjon *et al.* (1997) y Perry (1991).

Asimismo, se obtuvo que la distribución determinada a través de la estimación de la densidad *Kernel*, también coincide con la ubicación puntual (sitios de muestreo) de algunos trabajos de recolecta de semillas (FAO, 1977) e investigaciones sobre plagas (Howell y Mathiasen, 2004).

Sin embargo, se observó que algunos sitios de muestreo con *P. oocarpa* se ubicaron en áreas no identificadas en el INFyS, principalmente al SE del área entre la SMC y la AC, y en la parte centro norte del estado. Debido a que esos sitios se muestrearon en forma aislada, sin propósito de definir la distribución de la especie, y no se integraron en la estimación de densidad.

Desde una perspectiva cualitativa y al considerar la distribución real resultante de la estimación de la densidad *Kernel*, la distribución geográfica de *P. oocarpa* citada por Eguiluz-Piedra (1985) coincide principalmente con el área que cubre la Sierra Madre de Chiapas (SMC); pero no cubre buena parte de la región de la Planicie Central (PC). Por el contrario, la propuesta de Perry (1991) abarca bien la distribución de *P. oocarpa* en la región de la AC, aunque no la región de la SMC, sobre todo en su zona centro. Al respecto, la distribución de Farjon *et al.* (1997) si comprende el largo de la SMC, sin embargo se aprecian omisiones en algunas zonas a lo ancho. Finalmente, la propuesta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (1974) es la que más concuerda con la definida en el presente estudio, a partir de la densidad *Kernel*; no obstante, se registró una ligera sobreestimación espacial de esta propuesta.



Conclusiones

Los datos del INFyS permiten definir una distribución espacial de *P. oocarpa* que coincide, en general, con algunas áreas de propuestas anteriores. Sin embargo, se observan diferencias, básicamente enfocadas a una sobreestimación de la superficie de distribución en los estudios previos, lo cual responde a: a) una definición poco exacta de los límites de los polígonos de distribución; o b) a una disminución del área de distribución de *P. oocarpa*, por aprovechamiento excesivo, o cambio de uso de suelo. Por otro lado, también se definen nuevas zonas con presencia de *P. oocarpa*.

Existen pocos trabajos sobre la distribución espacial de *P. oocarpa*, la cual está referida específicamente en mapas; sin embargo, la información es muy aproximada a través de polígonos, cuyos límites no están, geográficamente, referidos. Por lo que, la intensidad de muestreo que significó el trabajo de campo del INFyS en el estado de Chiapas permite asegurar una mejor determinación de la distribución espacial de *P. oocarpa*, lo cual está solo condicionada a la correcta identificación de la especie en los conglomerados de muestreo.

El uso de estrategias, como la estimación de la densidad *Kernel* permite aprovechar la información recabada en forma intensiva a través del INFyS, de tal forma que se genera información que puede utilizarse para apoyar actividades de restauración y fomento relacionadas con *P. oocarpa* en el estado de Chiapas.

La metodología propuesta se puede emplear en otras regiones donde se cuente con información de inventarios forestales (nacionales, estatales, regionales, de manejo, etc.), cuya definición de la distribución de la especie de interés tendrá como límite el área que cubra el diseño de muestreo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

José Germán Flores Garnica: investigación bibliográfica, modelación y análisis de los resultados y escritura del documento; Oscar Reyes Cárdenas: investigación bibliográfica, análisis de los resultados y escritura del documento.

Referencias

- Alba-López, M. P., M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y M. A. Castillo-Santiago. 2003. Determinantes de la distribución de *Pinus* spp. en la altiplanicie central de Chiapas, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 73: 7-15.
- Amatulli, G., F. Pérez-Cabello and J. de la Riva. 2007. Mapping lightning/human-caused wildfires occurrence under ignition point location uncertainty. Ecological Modelling. 200(3-4): 321-333. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2006.08.001
- Breedlove, D. E. 1986. Flora and R. A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse México: mammalian diversity, endemism, and endangerment. Ecological Applications 8(1):8-17.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jal., México. 64 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2011. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Manual y procedimientos para el muestreo de campo. Re-muestreo 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Zapopán, Jal., México. 140 p.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment. 37 (1): 35-46. DOI: 10.1016/0034-4257(91)90048-B.

- Domínguez-Sánchez, B., J. E. Macías-Sámano, N. Ramírez-Marcial y J. L. León-Cortés. 2008. Respuesta kairomonal de coleópteros asociados a *Dendroctonus frontalis* y dos especies de *Ips* (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 175- 183.
- Eguiluz-Piedra, T. 1985. Origen y evolución del género *Pinus* (con referencia especial a los pinos mexicanos). *Dasonomía Mexicana* 3 (6): 5-31.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1977. Informe de la Cuarta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. Roma. Italia. 83 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. Royal Botanic Garden y Universidad de Oxford. Richmond, Londres, Inglaterra. 151 p.
- Fuenzalida D., M., V. Cobs M. y R. Guerrero E. 2013. El territorio como unidad de análisis en estudios sobre las determinantes sociales de la salud. *Argos* 30(59): 87-106.
- Gutiérrez V., B. N.; M. Gómez C.; S. Valencia M.; E. Cornejo O.; J. A. Prieto R. y M. H. Gutiérrez V. 2010. Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttdl. del estado de Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):75-78.
- Howell, B. E. and R. L. Mathiasen. 2004. Growth impacts of *Psittacanthus angustifolius* Kuijt on *Pinus oocarpa* Schiede in Honduras. *Forest Ecology and Management*. 198(1-3): 75-88. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.03.047.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 1974. Informe sobre la recolección de procedencias de "*Pinus oocarpa*" Schiede y "*Pinus patula*" Schl. et Cham. en México (1972-1973). Departamento de Mejoramiento de Arboles Forestales. México. <http://www.fao.org/docrep/006/e4209s/E4209S06.htm> (7 de mayo de 2018).

- Kulldorff, M. and N. Nagarwalla. 1995. Spatial Disease Clusters: Detection and Inference. *Statistics in Medicine*. 14(8): 799-810. DOI: 10.1002/sim.4780140809.
- Martínez, M. 1992. Los pinos mexicanos. 3ª. edición. Ediciones Botas. México, D.F, México. 361 p.
- Mirov, N. T. 1955. Composición de las trementinas de los pinos mexicanos. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://www.fao.org/docrep/x5373s/x5373s06.htm> (4 de abril de 2018).
- Mullerried, F. K. G. 1957. Geología de Chiapas. Publicaciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chis., México. 180 p.
- Perry, Jr. J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Inc., Portland, OR USA. 231 p.
- Price, A. R., A. Liston and S. H. Strauss. 1998. Phylogeny and systematics of *Pinus*. *In*: Richardson, D. M. (ed.). *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 548 p.
- Sáenz-Romero, C., R. R. Guzmán-Reyna and G. E. Rehfeldt. 2006. Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico. Implications for seed zoning, conservation, tree breeding and global warming. *Forest Ecology and Management* 229: 340–350.
- Salvati, L. and A. Ferrara. 2015. Profiling agro-forest landscape types at the wildland–urban interface: an exploratory analysis. *Agroforestry Systems* 89(2): 291–303.
- Sánchez M., N. y L. Huguet. 1959. Las coníferas de México. FAO, ONU. *Unasylva* 3(1).
- Silverman, B. W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman and Hall. London, England. 175 p.

Tobler, W. 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography* 46(2): 234-240.

Turlach, B. A. 1999. Bandwidth selection in kernel density estimation: A review. Institut de Statistique Université Catholique de Louvain. Belgium. 33 p.

Vargas Á., J. C. 2008. Ecogeografía del género *Pinus* (Linnaeus, 1753) en la subcuenca Tecuantepec-Apulco, México. Tesis Maestría en Ciencias. Escuela Nacional de Ciencia Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., México. 104 p.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.