

MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL BOSQUE HÚMEDO DE MONTAÑA EN MÉXICO

MODELLING THE POTENTIAL DISTRIBUTION OF THE MOUNTAIN HUMID FOREST IN MÉXICO

Ortiz, E.^{1*}; Villaseñor, J.L.¹

¹Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-233. C.P. 04510 México, D. F. Tel. 5622-9120.

*Autor de correspondencia: eortiz@ib.unam.mx

RESUMEN

Se evalúan las diferentes denominaciones del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) comparándolas con el concepto de Bosque Húmedo de Montaña (BHM) como un bioma. Esta evaluación se hace tanto en el espacio geográfico como en el ambiental. Las comparaciones se hacen con un modelo de distribución potencial del BHM e información proveniente de ejemplares de herbario para el estado de Veracruz, México y con mapas de vegetación del BMM. Se evalúa el impacto del cambio climático mediante la modelación de la distribución potencial de dos especies endémicas de ese bioma. El BHM abarca, geográfica y ambientalmente a las denominaciones del BMM. El cambio climático podría afectar de manera radical al BHM, pues las dos especies endémicas modeladas podrían perder más del 95% de su superficie.

Palabras clave: Bosque mesófilo de montaña, Bioma, Veracruz, México.

ABSTRACT

The different names for Mountain Mesophyll Forest (MMF) are evaluated, comparing them to the concept of Mountain Humid Forest (MHF) as a biome. This evaluation is made both in the geographic space and in the environmental one. The comparisons are made with a model of potential distribution of the MHF and information from specimens in the plant collection for the state of Veracruz, México, and with vegetation maps of the MMF. The impact of climate change is evaluated through modelling of the potential distribution of two endemic species of this biome. The MHF covers, geographically and environmentally, the MMF names. Climate change could affect in a radical way the MHF, since the two endemic species modelled could lose more than 95 % of their surface.

Keywords: mountain mesophyll forest, biome, Veracruz, México.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 1, enero. 2017. pp: 24-28.

Recibido: octubre, 2016. **Aceptado:** diciembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

Comprender cómo y por qué las especies se distribuyen en el espacio es un principio central de la investigación biogeográfica y ecológica. Los modelos de distribución potencial permiten cuantificar la correlación entre los factores ambientales y la distribución de las especies. El perfil ambiental que se obtiene de los organismos se puede emplear para describir y medir la importancia de los factores ambientales específicos y predecir la distribución de las especies a través de áreas no muestreadas, así como para examinar los cambios ambientales y sus consecuencias ecológicas (Franklin, 2010; Peterson *et al.*, 2011). Con toda probabilidad, el modelado de la distribución potencial es actualmente el método más adecuado que existe para estimar la distribución geográfica real y potencial de las especies (Guisan y Thuiller, 2005); sin embargo, uno de los retos de este método implica el modelado de comunidades (Baselga y Araújo, 2009; Steinmann *et al.*, 2009; Madon *et al.*, 2013; Clark *et al.*, 2014; Henderson *et al.*, 2014). Bajo esta óptica, Cruz-Cárdenas *et al.* (2012) modelaron la distribución potencial del Bosque Húmedo de Montaña en México (Villaseñor, 2010), empleando 78 especies restringidas a este bioma y 56 variables ambientales. El resultado de ese estudio fue un polígono que delimitaba la distribución del Bosque Húmedo de Montaña (BHM) con una superficie de 7% del territorio nacional; la modelación de la distribución potencial de este bioma continúa en evaluación (Villaseñor *et al.*, 2015) y la presente contribución tiene el objetivo de valorar la precisión del modelo del BHM para el estado de Veracruz, México, contrastado con datos de herbario y cartográficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr esta evaluación se hizo una búsqueda de los registros depositados en el Herbario Nacional de México, a través del portal de la UNIBIO (<http://unibio.unam.mx/>), correspondientes a los tipos de vegetación asociados al Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) para el estado de Veracruz. De los registros obtenidos fueron seleccionados aquellos que tuvieran coordenadas geográficas, con el propósito de poder emplearlos en un sistema de información geográfica (SIG). El modelo del BHM fue convertido a puntos equidistantes 1 km; para estos puntos y los registros de herbario georreferenciados, se extrajeron los datos de altitud (Hijmans *et al.*, 2005) y de promedio de días de niebla. El mapa de niebla fue creado por los autores, empleando la base de datos ERIC III versión 3.2 (IMTA, 2013) e interpolando los datos

de las estaciones a través del método 'Inverso de la distancia ponderada' (*IDW* por sus siglas en inglés) (Watson y Philip, 1985). Con los datos de altitud y promedio de días de niebla se realizó un gráfico de dispersión con el propósito de evaluar la superposición, en un espacio ambiental, del BHM y los tipos de vegetación asociados al BMM. Por otro lado, el modelo del BHM se comparó con los polígonos del BMM, de los mapas de Vegetación Potencial (Rzedowski, 1990) y Vegetación, Serie IV (INEGI, 2009), mediante el estadístico Kappa (Fielding y Bell, 1997) para estimar la capacidad predictora del modelo. Finalmente, se modeló la distribución potencial de dos especies de encinos (*Quercus hirtifolia* M.L. Vázquez, S. Valencia & Nixon y *Q. pinnativenuosa* C.H. Müll.) endémicos del BHM en la Sierra Madre Oriental y se evaluó el impacto del cambio climático para 2050 y 2080. Se empleó el programa Maxent y los registros de presencia de las especies se dividieron en 75% para entrenar el modelo y 25% para validarlo, además de las 19 variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005). El algoritmo se calibró para la Sierra Madre Oriental, en tanto que para la proyección a futuro se empleó el modelo de circulación general NIES 99, bajo un escenario severo (A2A), el cual estima una gran emisión de contaminantes a la atmósfera, un rápido incremento de la temperatura global y una acelerada tasa de crecimiento poblacional (IPCC, 2000). Los modelos de Maxent resultantes fueron convertidos a mapas de presencia/ausencia, empleando el umbral Maximum training sensitivity plus specificity (Liu *et al.*, 2013).

RESULTADOS

La búsqueda de información relativa al BMM en Veracruz y presente en la base de datos de la UNIBIO generó 18 denominaciones diferentes. Estas denominaciones incluyeron 7696 registros, de los cuales 3881 poseían coordenadas geográficas. La Figura 1 muestra la distribución geográfica de esos sitios, junto con el modelo del BHM. Los sitios duplicados fueron eliminados, quedando información disponible para emplear en el SIG solo para 12 de esos tipos de vegetación. La distribución de las diferentes denominaciones del BMM coincidió fielmente con la distribución geográfica del BHM. Los datos de altitud y promedio de días de niebla para estos 844 sitios únicos, junto con los de 11912 puntos del BHM, se muestran en el gráfico de dispersión de la Figura 2. Es destacable que, además de la coincidencia en un espacio geográfico de los sitios, mostrada en la Figura 1, el BHM abarca el espacio ambiental de las diferentes denominaciones del BMM en Veracruz.

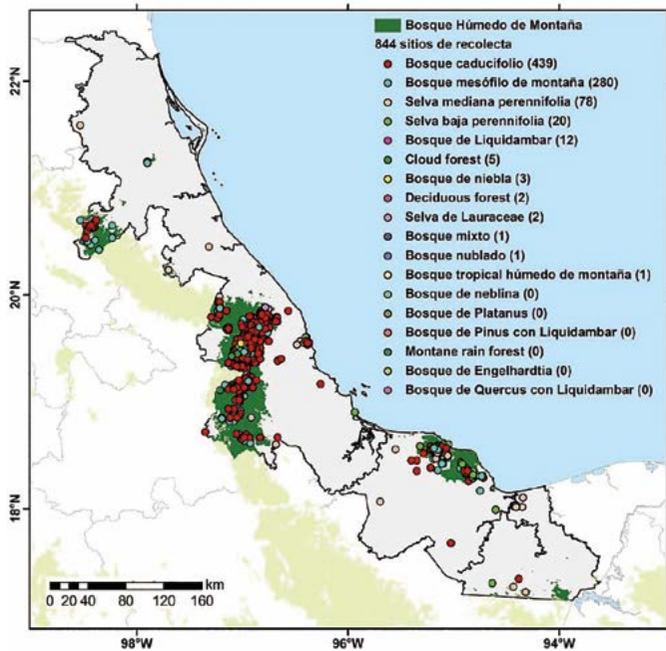


Figura 1. Distribución geográfica de los tipos de vegetación asociados al Bosque Mesófilo de Montaña en Veracruz, México. Se indica el número de sitios, además del modelo de distribución potencial del Bosque Húmedo de Montaña.

La superficie del BHM en el estado de Veracruz es de 9626.2 km², en tanto que la del BMM de Rzedowski (1990) es 3993.4 km² y del BMM de INEGI (2009), de 2850.4 km²; la Figura 3 muestra su distribución en Veracruz. El análisis de superposición del modelo del BHM con respecto a las dos propuestas de BMM mostró alta concordancia. De los 11912 puntos del BHM empleados en el estadístico Kappa, la precisión de clasificar el BMM como BHM fue elevada (90%), y la tasa de clasificación errónea de un sitio de BMM como no perteneciente al

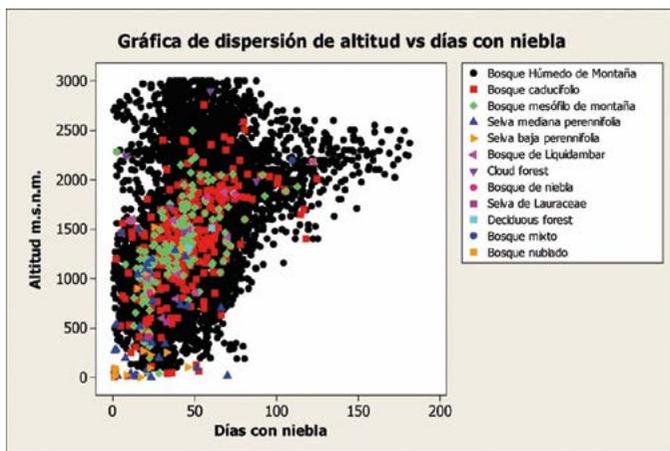


Figura 2. Dispersión de altitud contra promedio de días de niebla, para los tipos de vegetación asociados al Bosque Mesófilo de Montaña, contrastados con el Bosque Húmedo de Montaña.

BHM fue baja (10%) (Cuadro 1). Según INEGI (2009), se obtuvieron resultados similares en la comparación del BMM con una precisión de 89% en la correcta asignación de los sitios de BMM como pertenecientes al BHM y una tasa de clasificación errónea de 11%. Estos valores hacen que la sensibilidad (capacidad de predecir correctamente las presencias verdaderas) y la especificidad (capacidad de predecir correctamente las ausencias verdaderas) sean altas también.

La modelación de la distribución potencial de las dos especies de encino (*Quercus hirtifolia* y *Q. pinnativenulosa*) en el tiempo presente muestra una superposición muy parecida al BHM (Figura 4 a-b), en tanto que la distribución potencial bajo escenarios de cambio climático mostraron reducciones en su superficie, permaneciendo de 16% a 36% para 2050 y de 2.8% a 3.5% de la superficie actual para 2080. Otros estudios revelan también un impacto negativo sobre las comunidades montañas (Rojas-Soto *et al.*, 2009; Ponce-Reyes *et al.*, 2012; Estrada-Contreras *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

La comparación del modelo de distribución potencial del Bosque Húmedo de Montaña (BHM) con las diferentes denominaciones del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en el estado de Veracruz mostró que

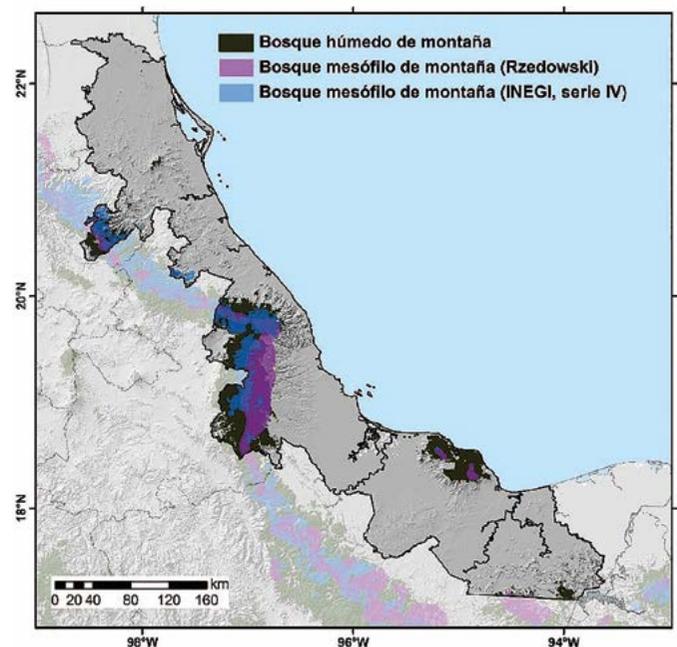


Figura 3. Distribución en el estado de Veracruz, México, del Bosque Húmedo de Montaña (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2012), el Bosque Mesófilo de Montaña *sensu* Rzedowski (1990) y el Bosque Mesófilo de Montaña *sensu* INEGI (2009).

Cuadro 1. Resultado del análisis mediante el estadístico Kappa, del Bosque Húmedo de Montaña comparado con el Bosque Mesófilo de Montaña *sensu* Rzedowski (1990) e INEGI (2009).

Bosque Húmedo de Montaña	Precisión	Tasa de clasificación errónea	Sensibilidad	Especificidad
Bosque Mesófilo de Montaña (Rzedowski, 1990)	0.90	0.1	0.90	0.90
Bosque Mesófilo de Montaña (INEGI, 2009)	0.89	0.11	0.89	0.89

el BHM es un concepto útil para la caracterización uniforme de estas comunidades vegetales. El empleo del modelo del BHM permitirá hacer inferencias generales que no se podrían hacer con una variedad de términos relativos al BMM. Una de esas inferencias generales que se pueden hacer es prever los cambios en la distribución y, por ende, en la conservación del BHM ante el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Algunos colegas han colaborado en el proyecto orientado a determinar la distribución y riqueza del Bosque Húmedo de Montaña en México, por lo que expresamos nuestro reconocimiento: Joselin Cadená, Gustavo Cruz-Cárdenas, Lauro López-Mata, Guadalupe Segura, Susana Valencia, entre otros. A través del Proyecto JM013, la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y el Instituto de Biología, UNAM, han proporcionado recursos tanto económicos como logísticos para el desarrollo de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Baselga A., Araújo M.B. 2009. Individualistic vs community modelling of species distribution under climatic change. *Ecography* 32: 55-65
- Clark J.S., Gelfand A.E., Woodall Ch.W., Zhu K. 2014. More than the sum of the parts: forest climate response from joint species distribution models. *Ecological Applications* 24: 990-999.
- Cruz-Cárdenas G., Villaseñor J.L., López-Mata L., Ortiz E. 2012. Potential distribution of humid mountain forest in Mexico. *Botanical Sciences* 90: 331-340.
- Estrada-Contreras I., Equihua M., Castillo-Campos G., Rojas-Soto O. 2015. Climate change and effects on vegetation in Veracruz, Mexico: an approach using ecological niche modelling. *Acta Botanica Mexicana* 112: 73-93.
- Fielding A.H., Bell J. F. 1997. A review of methods for the assessment of predictive errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
- Franklin J. 2010. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Guisan A., Thuiller W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Henderson E.B., Ohmann J.L., Gregory M.J., Roberts H.M., Zald H. 2014. Species distribution modelling for plant communities: stacked single species or multivariate modelling approaches? *Applied Vegetation Science* 17: 516-527.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- IMTA. 2013. ERIC III versión 3.2. Extractor Rápido de Información Climatológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- INEGI. 2009. *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie IV, escala: 1:250 000*. Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, Aguascalientes., México.

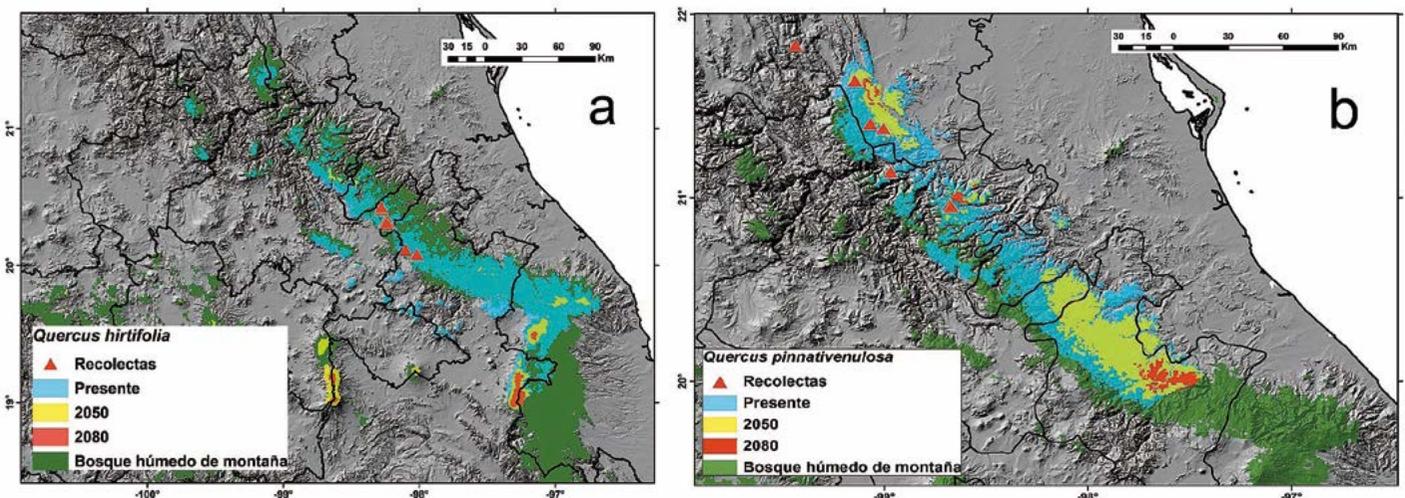


Figura 4. Distribución potencial bajo escenarios de cambio climático de: a) *Quercus hirtifolia* y b) *Quercus pinnatifidus*.

- IPCC 2000. *Intergovernmental Panel of Climate Change. Emission scenarios*. IPCC Special report. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Liu C., White M., Newell G. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography* 40: 778-789.
- Madon B., Warton D.I., Araujo M.B. 2013. Community-level vs species-specific approaches to model selection. *Ecography* 36: 1291-1298.
- Peterson A.T., Soberón J., Pearson R.G., Anderson R.P., Martínez-Meyer E., Nakamura M., Araujo M.B. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Phillips S., Anderson R., Schapire R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips S.J., Dudik M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Ponce-Reyes R., Reynoso-Rosales V.H., Watson J.E.M., VanDerWal J., Fuller R.A., Pressey R.L., Possingham H.P. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* 2: 448-452.
- Rojas-Soto O.R., Sosa V., Ornelas J.F. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation* 21: 2671-2690.
- Rzedowski J. 1990. *Vegetación Potencial. IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Steinmann K., Linder H.P., Zimmermann N.E. 2009. Modelling plant species richness using functional groups. *Ecological Modelling* 220: 962-967.
- Villaseñor J.L. 2010. *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Villaseñor J.L., López-Mata L., Cruz-Cárdenas G., Ortiz E., Cadena-Rodríguez J. 2015. *Modelación de la riqueza y distribución potencial del bosque húmedo de montaña*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JM013. México D. F.
- Watson D.F., Philip G.M. 1985. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing* 2: 315-327.

