

Áreas potenciales para plantaciones forestales con *Brosimum alicastrum* Sw., con fines de restauración

Potential surface areas for forest plantations of *Brosimum alicastrum* Sw. for restoration purposes

H. Jesús Muñoz Flores^{1*}, J. Trinidad Sáenz Reyes¹, Agustín Rueda Sánchez², Martín Gómez Cárdenas¹, David Castillo Quiroz³ y Francisco Castillo Reyes³

Abstract:

Restoration forest plantations are an alternative to recover degraded land and prevent erosion, as well as the reconversion to forest use of dismantled soils for agricultural and livestock purposes. The objective of this study was to determine the potential areas of forest plantations with *Brosimum alicastrum*, for restoration purposes in the state of *Michoacán*, through the use of geographic information systems. The delimitation of the areas was done with the programs IDRISI 32 and ArcView, and the environmental requirements of the species. The variables considered were precipitation, temperature, soil, altitude and slope. Twelve maps were generated in total, 10 for five regions and two for the state, showing the potential areas for the establishment of forest plantations for the restoration of this species in slope ranges of 0-15 % (mechanized) and 15 -30 % (not mechanized). The total area with potential to establish plantations for restoration purposes in the entity was 86 408 ha, of these 71 687 ha correspond to slopes of 0-15 %, and 14 721 ha in slopes of 15-30 %. The plantations can be established in the region: IV *Oriente*, V *Tepalcatepec*, VIII *Tierra Caliente*, IX *Sierra Costa* and X *Infiernillo*. The dry tropic of the state of *Michoacán* due to its ecological, geological, physiographic, and topographic characteristics, presents favorable conditions for the potential development of forest plantations of restoration with *Brosimum alicastrum*.

Key words: *Brosimum alicastrum* Sw., tropical plantations, productive potential, agroecological requirements, restoration of ecosystems, Geographic Information Systems.

Resumen:

Las plantaciones forestales con fines de restauración son parte de una estrategia para recuperar los terrenos degradados y la prevención de la erosión, así como para la reconversión de suelos desmontados con fines agrícolas y pecuarios al uso forestal. El objetivo del presente trabajo fue determinar las áreas potenciales para plantaciones forestales con *Brosimum alicastrum*, con fines de restauración en el estado de *Michoacán*, mediante el uso de los sistemas de información geográfica. La delimitación de las superficies se realizó con los programas IDRISI 32 y ArcView, a partir de los requerimientos ambientales de la especie; las variables consideradas fueron: altitud, precipitación total anual, temperatura media anual, pendiente, uso y tipo de suelo. Se generaron mapas para dos condiciones de pendiente (12 en total) para cinco regiones forestales (10) y para la entidad (2), en los que se muestran las áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones en intervalos de pendiente de 0-15 % (mecanizadas) y de 15-30 % (no mecanizadas). La superficie total con potencial fue de 86 408 ha, de estas 71 687 ha corresponden a pendientes de 0-15 %, y 14 721 ha de 15-30 %; localizadas en las regiones: IV *Oriente*, V *Tepalcatepec*, VIII *Tierra Caliente*, IX *Sierra Costa* y X *Infiernillo*. El trópico seco de *Michoacán* por sus características ecológicas, geológicas, fisiográficas y topográficas presenta condiciones favorables para el desarrollo potencial de plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum*.

Palabras clave: *Brosimum alicastrum* Sw., plantaciones tropicales, potencial productivo, requerimientos agroecológicos, restauración de ecosistemas, Sistemas de Información Geográfica.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de marzo de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 16 de agosto de 2017.

¹Campo Experimental Uruapan-CIR-Pacífico Centro. INIFAP. México.

²Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-CIR-Pacífico Centro. INIFAP. México.

³Campo Experimental Saltillo-CIR Noreste. INIFAP. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx

Introducción

En el estado de Michoacán, la superficie prioritaria para reforestación se compone por áreas erosionadas y zonas de pastizal inducido, que en su conjunto suman 641 971 ha equivalentes a 10.9 % de la superficie estatal (Cofom, 2014). Debido a la necesidad que existe de restablecer la capacidad de los ecosistemas forestales para generar servicios ambientales y actividades productivas, a partir de un aprovechamiento sustentable, es fundamental recuperar las áreas que estuvieron cubiertas por vegetación, a través de la ejecución de acciones de reforestación y obras de restauración de suelos (Conafor, 2007).

Por sus características ecológicas, geológicas, fisiográficas, y topográficas, Michoacán presenta condiciones favorables para el desarrollo de plantaciones forestales con diversas especies (Muñoz *et al.*, 2012), entre ellas *Brosimum alicastrum* Sw. es una alternativa para la restauración de ecosistemas del trópico seco, que además benefician a las comunidades rurales, mediante los usos diversos que tienen.

Brosimum alicastrum, Moraceae (Trópicos, 2017), conocida en la región como ramón, es nativa de regiones tropicales de América; habita en áreas de clima cálido, semicálido, tropical y templado, desde los 10 hasta 1 600 msnm; crece de manera silvestre, asociada a distintos tipos de vegetación (Pellicer, 2005; Batis *et al.*, 1999).

En la selva baja caducifolia se considera con un amplio potencial forrajero, al mismo tiempo brinda importantes servicios ambientales como la conservación del suelo, control de la erosión y contrarresta los efectos de los vientos fuertes; asimismo, se utiliza para la recuperación de terrenos degradados (Peters y Pardo, 1982; Batis *et al.*, 1999; Carranza-Montaña *et al.*, 2003; CNIC, 2005). Se emplea como cerca viva en los agrohábitats, barrera rompevientos, sombra y refugio para la fauna silvestre. Además, la madera se usa para elaborar chapa, duela, parquet, cajas para empaques, asientos de silla de montar y mangos para herramientas; por sus

características estéticas, de dureza y de estabilidad dimensional puede utilizarse para la fabricación de muebles (carpintería), implementos agrícolas, lambrín, artículos deportivos (bolos para boliche), palos para escobas y hormas para calzado (Zavala, 1999; MAE y FAO, 2014; CIBTS, 2016).

Con la finalidad de seleccionar las especies más adecuadas para cada sitio o región geográfica, es indispensable contrastar los requerimientos agroecológicos del taxón en estudio con las características ambientales de la región elegida (Martínez, 1999; Rueda *et al.*, 2013). Mediante el uso de sistemas de información geográfica es posible agrupar los factores ambientales y sus interacciones, para de esta manera definir las regiones donde se cumplen las condiciones para lograr resultados esperados. La experiencia indica que dicha técnica tiene utilidad para propósitos de toma de decisiones sobre planes de ordenamiento ecológico, monitoreo de recursos forestales, diagnóstico de potencial productivo y áreas con riesgo de deterioro.

La generación de mapas recientes de potencial productivo para especies forestales se hace usando sistemas de información geográfica, sustentados en programas como *ArcGIS* e *IDRISI*, previa definición de los requerimientos ambientales tales como: precipitación anual, temperatura media anual, altitud, pendiente, clima, tipo y uso de suelo (Rueda *et al.*, 2006 y 2007; Díaz, 2007; Muñoz *et al.*, 2016a; 2016b); e incluye el análisis georreferenciado de los mismos, los más restrictivos, frecuentemente, han sido los altitudinales, edafológicos y climáticos como temperatura y precipitación para *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp. (Flores y Moreno, 1994; Flores *et al.*, 1997); y las fases químicas del suelo, para *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham. Mientras que para *Turnera difusa*, la temperatura mínima y el suelo sin fases físicas son los más restrictivos (Meza, 2003).

El objetivo del presente estudio fue determinar las áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de *Brosimum alicastrum*, con fines de restauración en el estado de Michoacán, a través del uso de sistemas de información geográfica.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. El estado de Michoacán se localiza en la porción occidente del país, entre las coordenadas 20°23'43" - 18°09' 47" de latitud N y 100°04'45" - 103°44'49" de longitud O; posee un territorio de 59 864 km², conformado por 113 municipios. La Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Cofom) lo divide en 10 regiones forestales (Figura 1): I Lerma-Chapala, II Bajío, III Cuitzeo, IV Oriente, V Tepalcatepec, VI Meseta Purépecha, VII Pátzcuaro-Zirahuen, VIII Tierra Caliente, IX Sierra Costa y X Infiernillo (Cuadro 1) (Cofom, 2014).

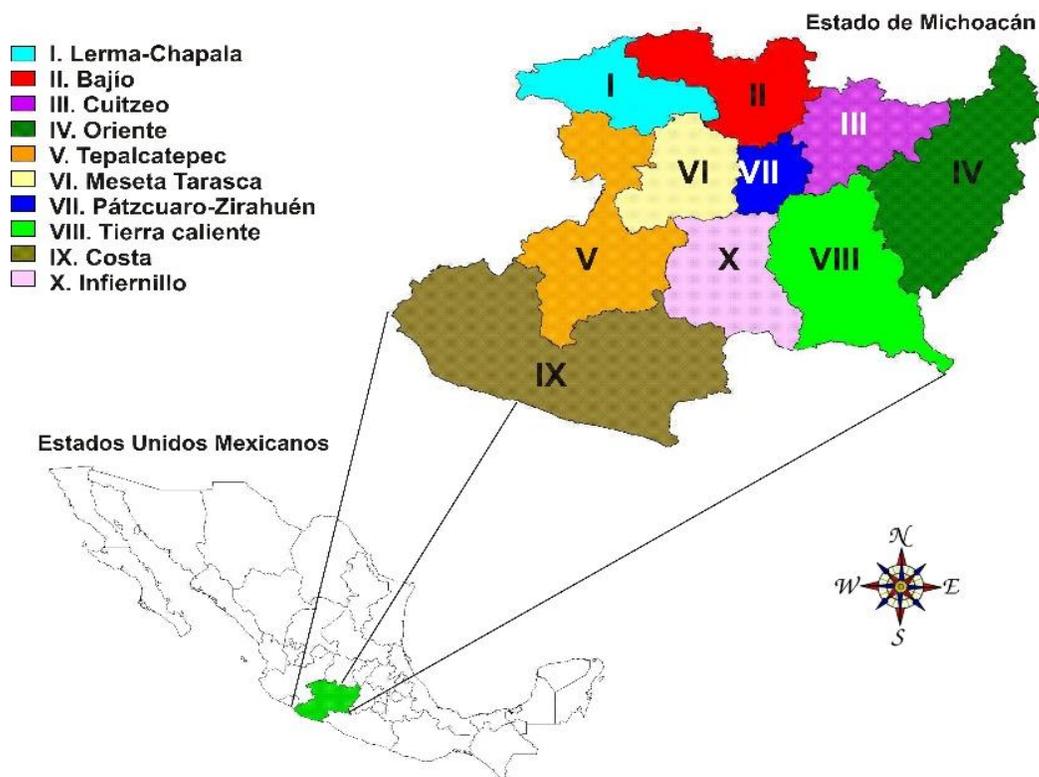


Figura 1. Localización del área de estudio.

Cuadro 1. Regionalización del estado de Michoacán de acuerdo a la Comisión Forestal del Estado de Michoacán.

Región	Municipios
I. Lerma-Chapala	Briseñas, Chavinda, Cojumatlán, Ixtlán, Jacona, Jiquilpan, Marcos Castellanos, Pajacuarán, Purépero, Sahuayo, Tangamandapio, Tangancícuaro, Tlazazalca, Venustiano Carranza, Villamar, Vista Hermosa, Zamora.
II. Bajío	Angamacutiro, Coeneo, Churintzio, Ecuandureo, Huaniqueo, Jiménez, José Sixto Verduzco, Morelos, Numarán, Penjamillo, La Piedad, Paníndicuaro, Puruándiro, Tanhuato, Yurécuaro, Zináparo, Zacapu.
III. Cuitzeo	Acuitzio, Álvaro Obregón, Copándaro, Cuitzeo, Charo, Chucándiro, Huandacareo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro, Zinapécuaro.
IV. Oriente	Angangeo, Aporo, Contepec, Epitacio Huerta, Hidalgo, Irimbo, Juárez, Jungapeo, Maravatío, Ocampo, Senguio, Susupuato, Tlalpujahuá, Tuxpan, Tuzantla, Tiquicheo, Tzitzio, Zitácuaro.
V. Tepalcatepec	Aguililla, Apatzingán, Buenavista, Cotija, Tepalcatepec, Tingüindín, Tocumbo, Parácuaro, Peribán, Los Reyes.
VI. Meseta Tarasca	Charapan, Cherán, Chilchota, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Tancítaro, Taretan, Tingambato, Uruapan, Ziracuaretiro.
VII. Pátzcuaro-Zirahuén	Erongarícuaro, Huiramba, Lagunillas, Pátzcuaro, Quiroga, Salvador Escalante, Tzintzuntzan.
VIII. Tierra caliente	Parácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas, Tacámbaro, Turicato.
IX. Costa	Aguila, Arteaga, Coahuayana, Coalcomán, Chinicuila, Lázaro Cárdenas, Tumbiscatío.
X. Infiernillo	Ario de Rosales, Churumuco, La Huacana, Gabriel Zamora, Múgica, Nuevo Urecho.

Fuente: Cofom (2014)

La distribución de los climas en el estado está fuertemente relacionada a los contrastes altimétricos del relieve; se tienen los siguientes tipos: A (w), cálido subhúmedo; A (C) (m), semicálido húmedo; A (C) (w), semicálido subhúmedo; C (m), templado húmedo; C (w), templado subhúmedo; C (E) (m), semifrío húmedo; y BS1 (h), seco y semiseco muy cálido y cálido. Las temperaturas medias mensuales varían de 13 a 29 °C; las más elevadas se registran en las regiones de la Costa y Tierra Caliente, particularmente, en las porciones de menor altitud, en donde los valores promedio anuales alcanzan extremos cercanos a 30 °C; y las temperaturas más bajas se presentan en las zonas montañosas; las temperaturas máximas extremas oscilan de 27 a 48 °C y las mínimas extremas de -7 a 18 °C. La precipitación fluctúa de 600 a 1 600 mm anuales (Inegi, 1985; Anguiano *et al.*, 2007).

Se identifican 17 unidades de suelos: Acrisol, Andosol, Cambisol, Castañozem, Feozem, Fluvisol, Gleysol, Histosol, Litosol, Luvisol, Planosol, Ranker, Regosol, Rendzina, Solonchak, Vertisol, y Xerosol; predominan los volcánicos (andosoles), localizados en el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. En las partes bajas de la región Depresión del Balsas se encuentran los suelos Vertisol, Gleysol, Rendzina, Fuvisol, Litosol y Regosol (Cofom, 2014; Inafed, 2016).

Distribución natural y requerimientos ambientales. Para la obtención de la distribución natural y los requerimientos ambientales de *B. alicastrum*, se realizó una amplia revisión bibliográfica (Rzedowski, 1981; Chavelas y Dewall, 1988; Vega 1989; Von Carlowitz *et al.*, 1991; Batis *et al.*, 1999; Vega *et al.*, 2003; CNIC, 2005; Pellicer, 2005; SIRE, 2005). La información se obtuvo de manera general para las condiciones del trópico seco del estado, una vez sistematizada, se procedió a definir los requerimientos para *B. alicastrum*.

Las variables ambientales para la estimación de las áreas potenciales fueron: altitud, precipitación total anual, temperatura media anual, pendiente, uso y tipo de suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Requerimientos ambientales de *Brosimum alicastrum* Sw. para determinar las áreas potenciales para plantaciones forestales de restauración en el estado de Michoacán.

Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura Media Anual (°C)	Tipo de Suelo
0-800	800-1 200	23-31	Vertisol y Rendzina

Elaboración de los mapas de áreas potenciales. La delimitación de las áreas potenciales se realizó con el empleo del programa *IDRISI 32* ver. 4.0 (Eastman *et al.*, 2009), que trabaja con Sistemas de Información Geográfica (SIG); además de la información cartográfica y climática digital generada en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Para elaborar los mapas, se utilizó el comando *RECLASS*, por medio del cual se descartaron las áreas de la región que no reunieron las características específicas para la especie de interés. Para ello, se diseñó un sistema de estratificación de las áreas potenciales, que se basó en las siguientes categorías o niveles de aptitud: No apto= 0, comprende áreas que no presentan condiciones propicias para el desarrollo y crecimiento de las especies en estudio y áreas; Aptas = 1, comprende las que garantizan la adaptación de la especie, al presentar condiciones propicias para su desarrollo. Estas cubiertas contienen, en forma individual, el intervalo de cada variable asociada a la distribución. Las imágenes obtenidas se sobrepusieron mediante el comando *OVERLAY* (al que se accede dando un clic en menú *Analysis/DataQuery/Overlay*); así, se generaron las áreas potenciales para el taxón. Con el comando *AREA*, se calculó la superficie de dichas áreas. Las imágenes en formato *RASTER*, se convirtieron a vector con el comando *REFORMAT*, posteriormente, se exportó cada imagen a formato *shapefile*, para trabajar en SIG *ArcView* versión 3.2 (Zeiler, 1999), con el cual se elaboraron imágenes escala 1: 100 000 y 1:250 000.

Verificación en campo. La verificación de los mapas generados se llevó a cabo mediante el levantamiento de sitios de verificación, con y sin vegetación forestal; esto se hizo con el propósito de comprobar si los mapas coincidían con la realidad del terreno. La actividad incluyó las siguientes acciones: primero, se elaboró un cuestionario para captar la información que se consideró importante para la evaluación y caracterización de cada sitio de verificación. Después, con base en los mapas generados por región forestal, se ubicaron los sitios y se georreferenciaron con GPS, lo que permitió hacer una comparación de las demandas ambientales de la especie bajo estudio con la existencia real del área, o lugar señalado como potencial. Además, se consideraron sitios de muestreo en plantaciones establecidas en años anteriores, para corroborar si se localizan en las áreas potenciales determinadas en este estudio. También, en algunos sitios de verificación se recolectaron muestras de suelo, que se enviaron para su análisis fisicoquímico a laboratorio de suelos BELTEC, S. DE R.L. en Uruapan, Michoacán, para comparar los resultados con las características edafológicas citadas en la literatura con relación a los requerimientos edafológicos de *B. alicastrum*.

Resultados y Discusión

Se generaron dos mapas que muestran las áreas potenciales para *B. alicastrum*. Las plantaciones no mecanizadas (pendiente de 15 a 30 %) son aquellas en las que de manera manual se llevan a cabo las labores, para abrir las cepas donde se plantará, y las mecanizadas (pendientes de 0 a 15 %) en las que se utiliza maquinaria para abrir surcos, lo que hace más rápida la plantación, pero requiere de una inversión de capital.

Mapas de áreas potenciales. En la región IV Oriente, los municipios que presentan áreas potenciales con pendiente de 0-15 % son: Tuzantla y Tiquicheo, con un total de 7 470 ha, mientras que en sitios con pendientes de 15-30 %, Tiquicheo tuvo 778 ha (Figura 2).

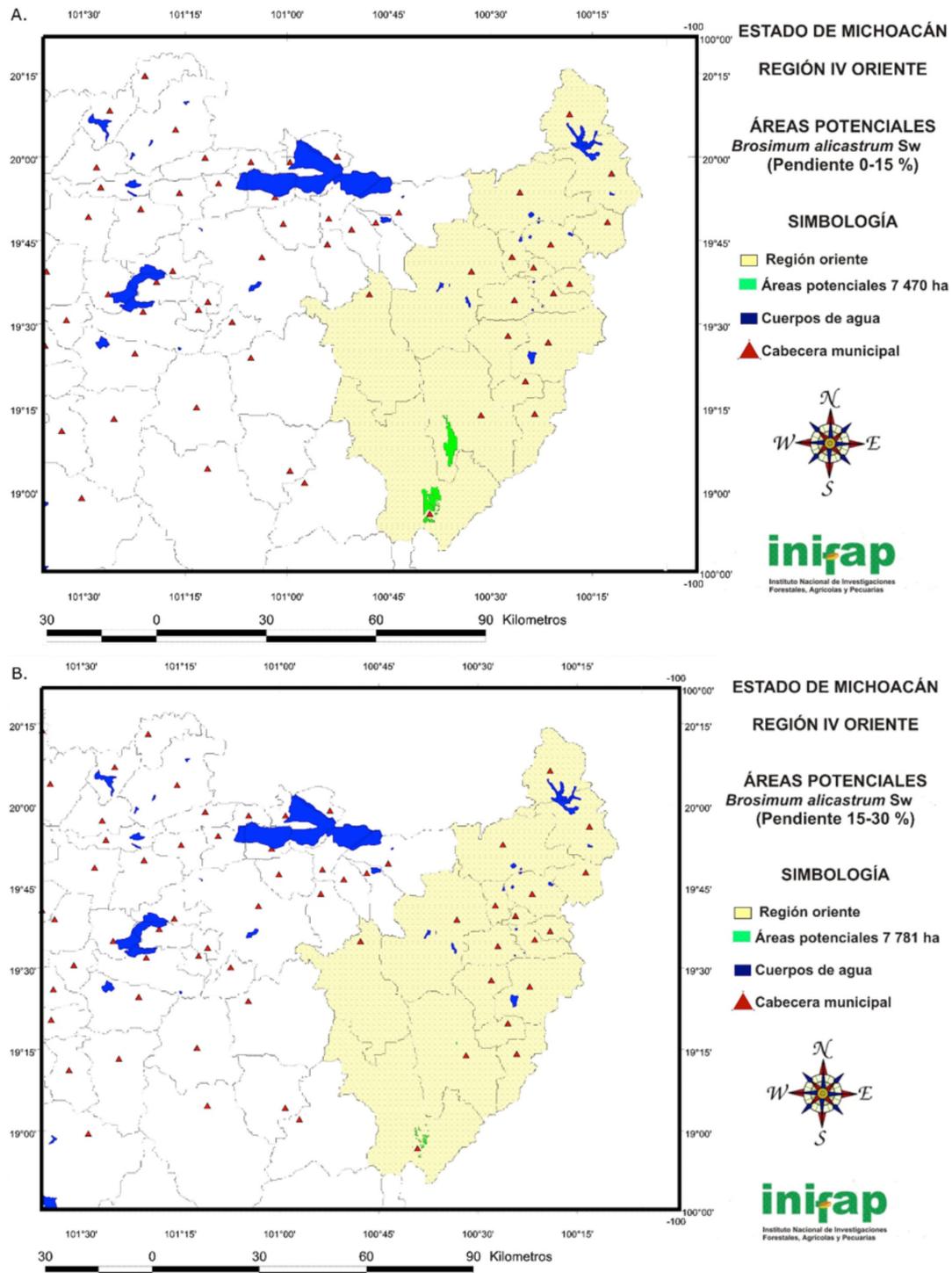


Figura 2. A. Áreas potenciales (pendiente 0-15 %), B. Áreas potenciales (pendiente 15-30 %) para plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum* Sw., en la región IV Oriente del estado de Michoacán.

Una pequeña superficie con potencial (8 248 ha) ubicada en ambas pendientes, se debe, principalmente, a que la mayoría de los municipios que la conforman tienen clima templado-frío, y solamente los municipios Tuzantla y Tiquicheo presentan clima tropical, con suelo Vertisol, precipitación media anual de 700 a 1 000 mm y un gradiente altitudinal menor a 1 000 m.

En la Región V Tepalcatepec, las áreas potenciales con pendiente de 0-15 %, corresponden a los municipios Aguililla, Buenavista, Tepalcatepec y Parácuaro, con un total de 19 053 ha; las pendientes de 15-30 % corresponden a Aguililla, Buenavista, Tepalcatepec y Parácuaro con 829 ha (Figura 3).



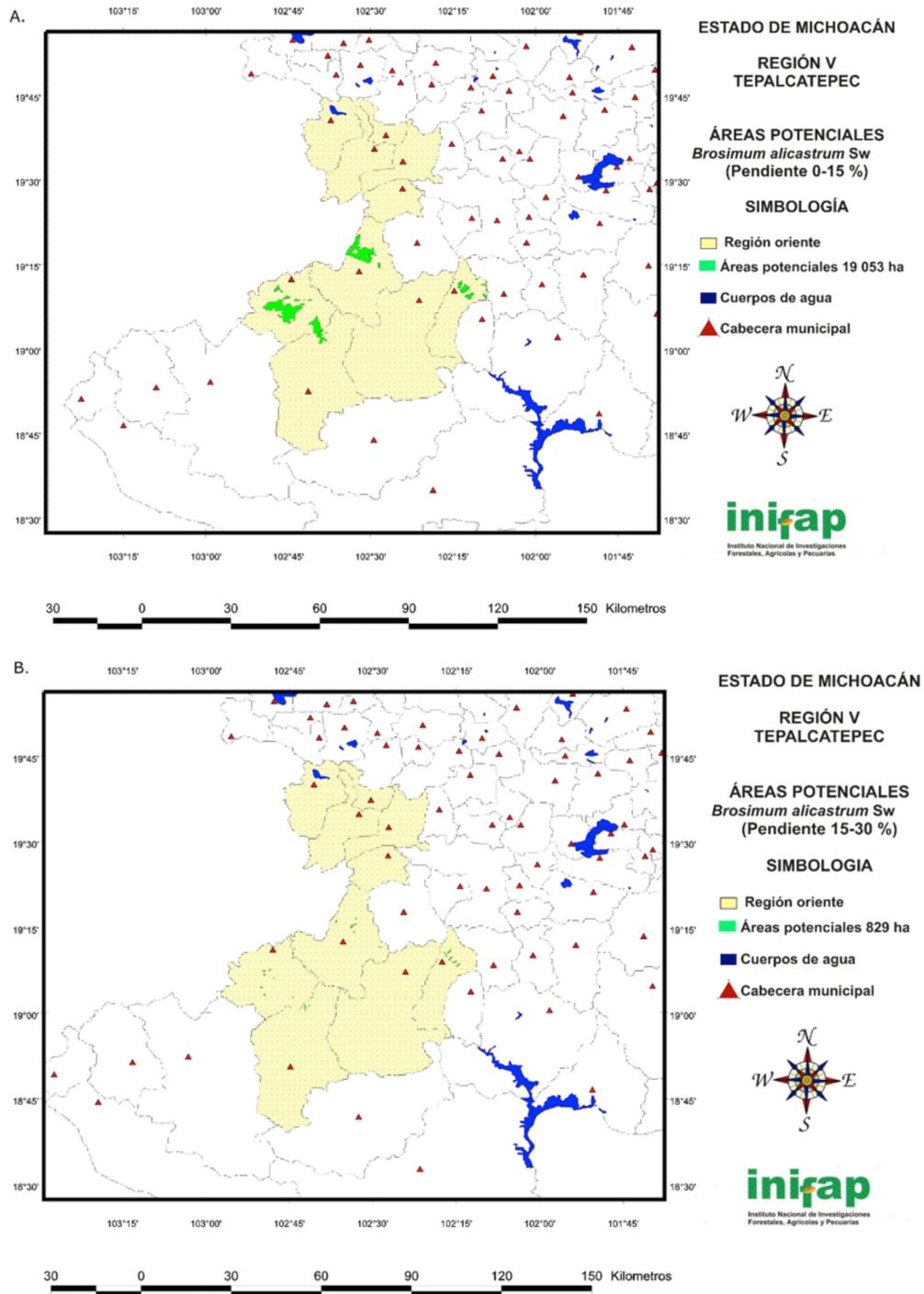
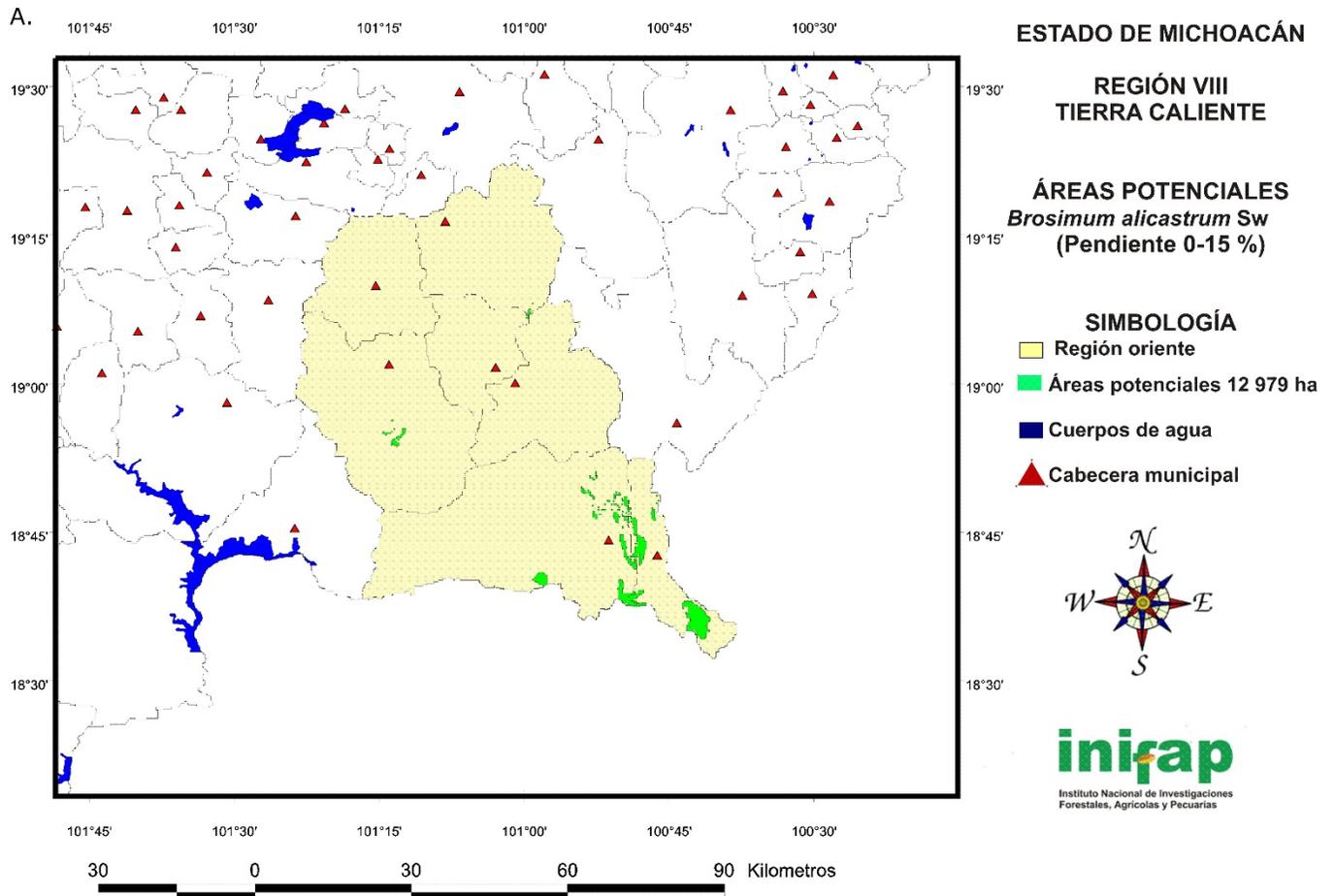


Figura 3. A. Áreas potenciales (pendiente 0-15 %), B. Áreas potenciales (pendiente 15-30 %) para plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum* Sw., en la región V Tepalcatepec del estado de Michoacán.

En la Región VIII Tierra Caliente, los municipios con áreas potenciales en pendiente de 0- 15 % son San Lucas, Huetamo, Turicato, Madero, Nocupétaro y Carácuaro, con un total de 12 979 ha; para las pendientes de 15-30 %, San Lucas, Huetamo, Turicato, Madero y Nocupétaro, con un total de 3 572 ha (Figura 4).



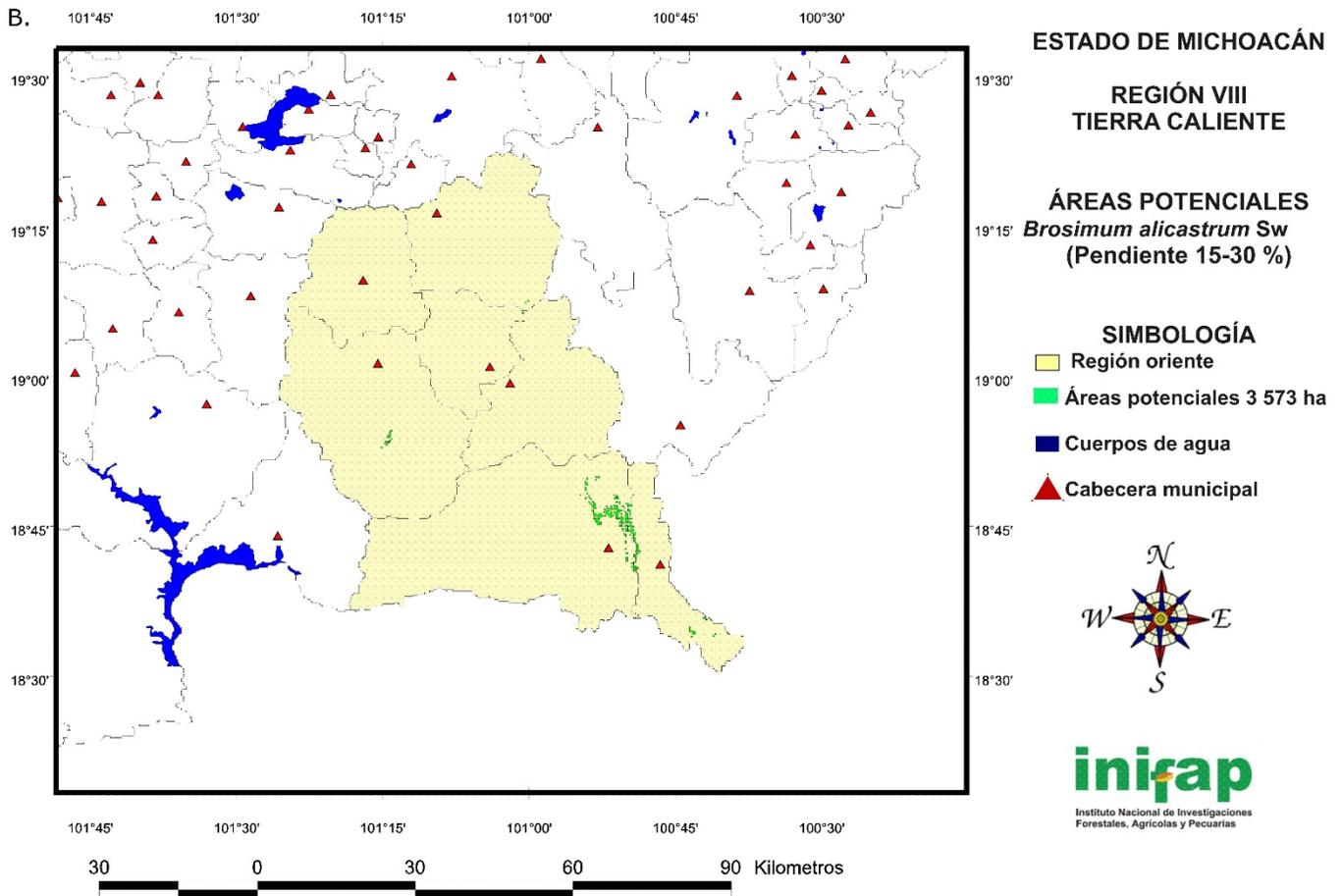


Figura 4. A. Áreas potenciales (pendiente 0-15 %), B. Áreas potenciales (pendiente 15-30 %) para plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum* Sw., en la región VIII Tierra Caliente del estado de Michoacán.

En la Región IX Costa, los municipios con áreas potenciales para los dos intervalos de pendiente 0-15 % y 15-30 % son Aquila, Coahuayana, Chinicuila y Coalcomán, con 18 773 ha y 8 883 ha, respectivamente (Figura 5).

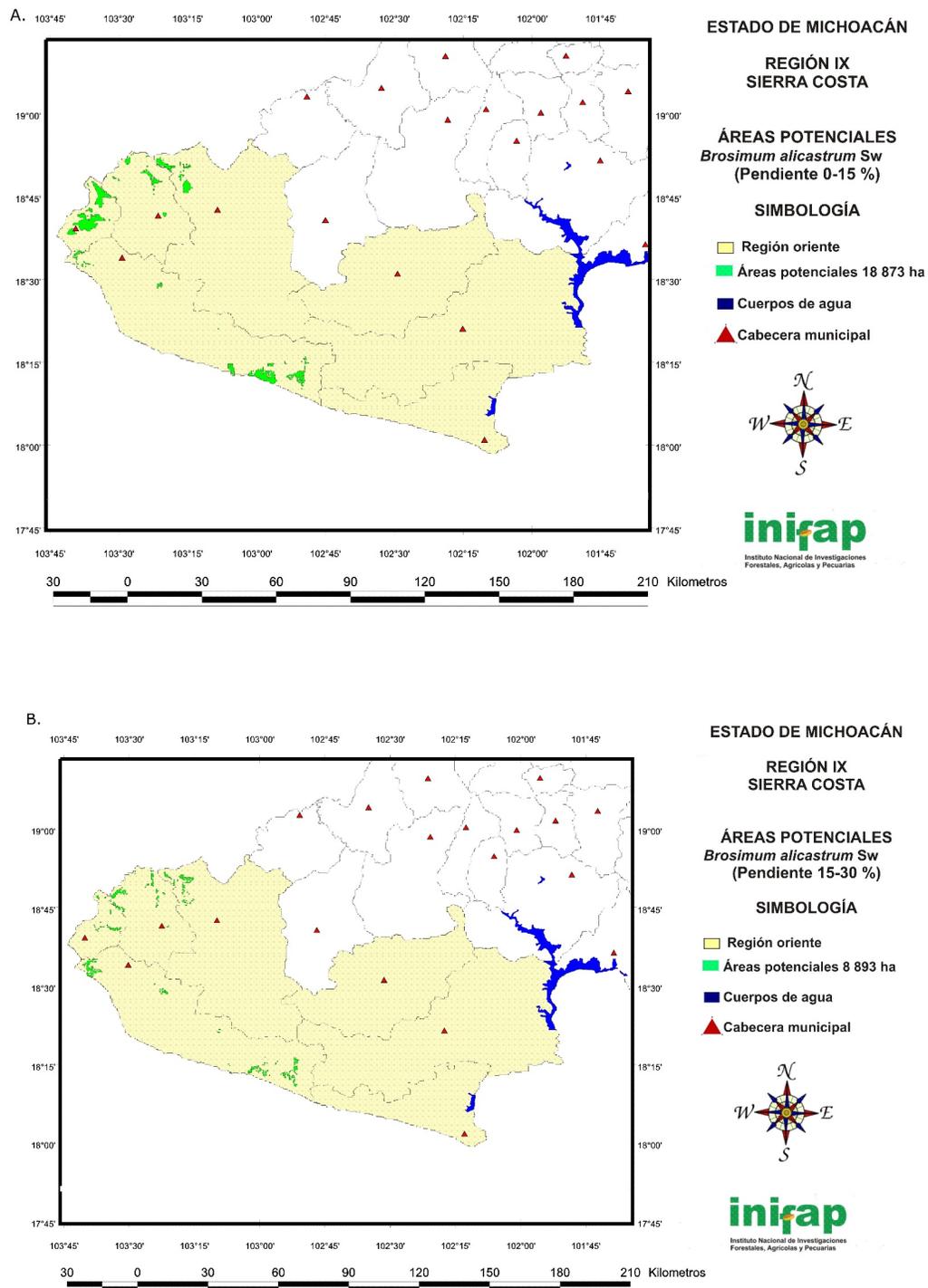
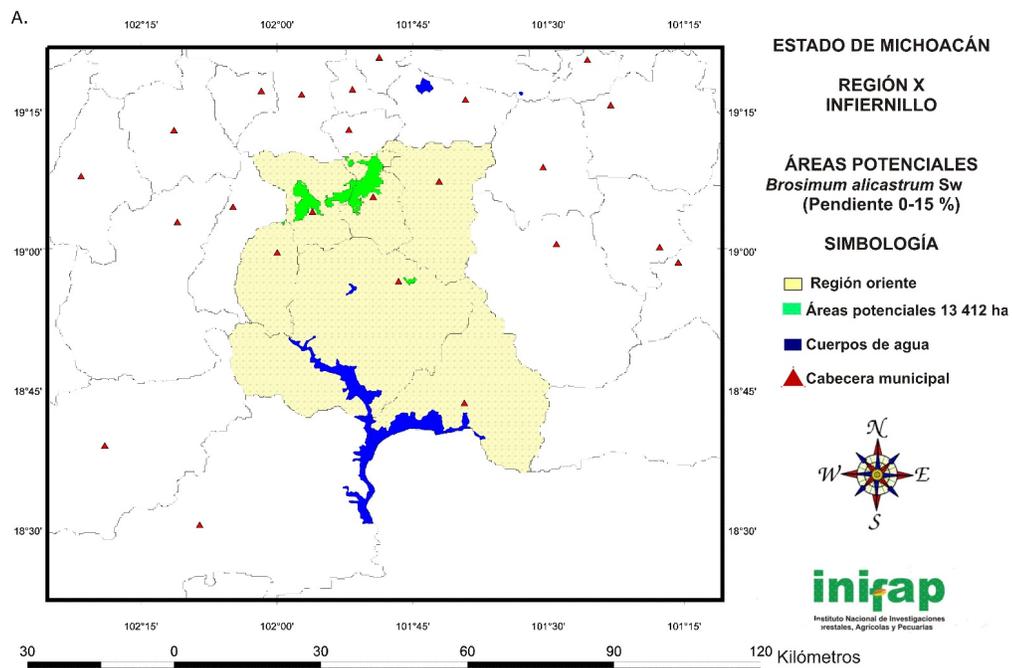


Figura 5. A. Áreas potenciales (pendiente 0-15 %), B. Áreas potenciales (pendiente 15-30 %) para plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum* Sw., en la región IX Costa del estado de Michoacán.

La mayor superficie con potencial para establecer plantaciones de restauración con *B. alicastrum* coincide con las zonas ecológicas donde se distribuye en forma natural (selva mediana subperennifolia); además Cotecoca registró en 1979 a este tipo de vegetación como el mejor distribuido en la Costa del Pacífico (3 757 850 ha). *B. alicastrum* es una especie arbórea dominante en la selva mediana subperenifolia (Vega *et al.*, 2003).

En la Región X Infiernillo, los municipios con áreas potenciales en pendientes de 0-15 % son Nuevo Urecho, Ario de Rosales, Gabriel Zamora y La Huacana, con un total de 13 412 ha; y con pendiente de 15-30 %: Nuevo Urecho, Gabriel Zamora y La Huacana con un total de 648 ha (Figura 6).



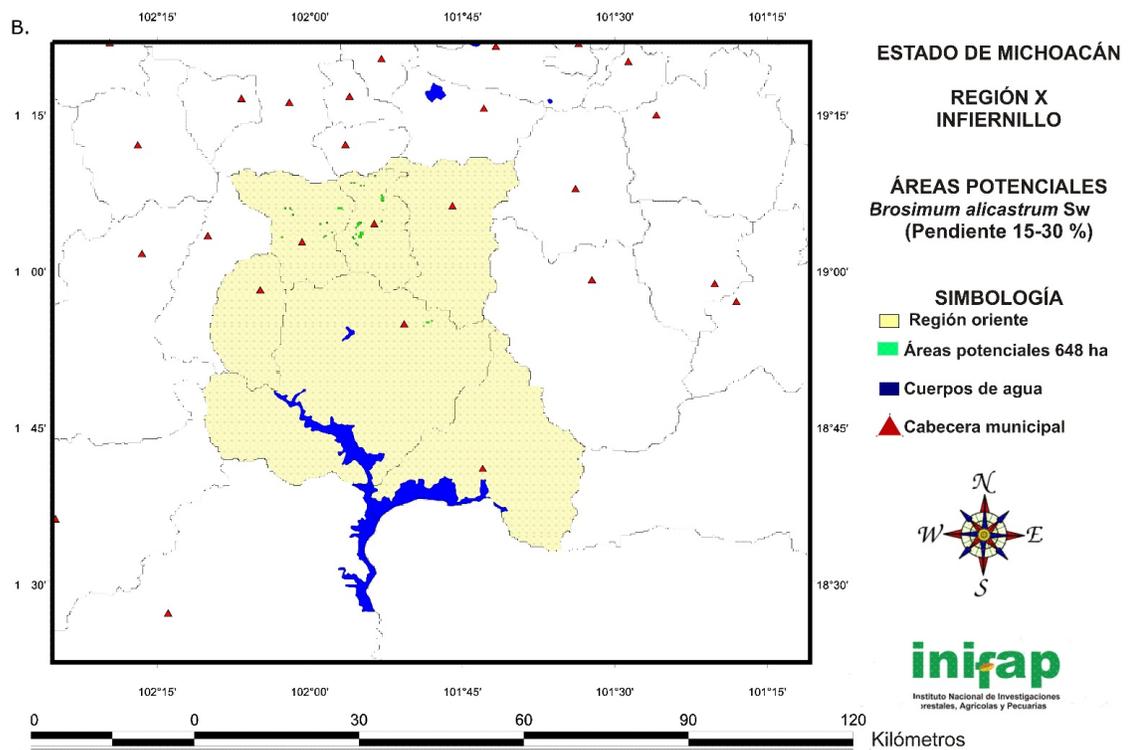


Figura 6. A. Áreas potenciales (pendiente 0-15 %), B. Áreas potenciales (pendiente 15-30 %) para plantaciones forestales de restauración con *Brosimum alicastrum* Sw., en la región X Infiernillo del estado de Michoacán.

Las áreas potenciales para establecer plantaciones forestales de restauración con *B. alicastrum* mediante el uso de maquinaria para pendientes de 0-15 % y por región forestal se localizan en: IV Oriente (7 470 ha), V Tepalcatepec (19 053 ha), VIII Tierra Caliente (12 979 ha), IX Sierra Costa (18 773 ha) y X Infiernillo (13 412 ha). La superficie potencial en el estado corresponde a 71 687 ha (Figura 7).

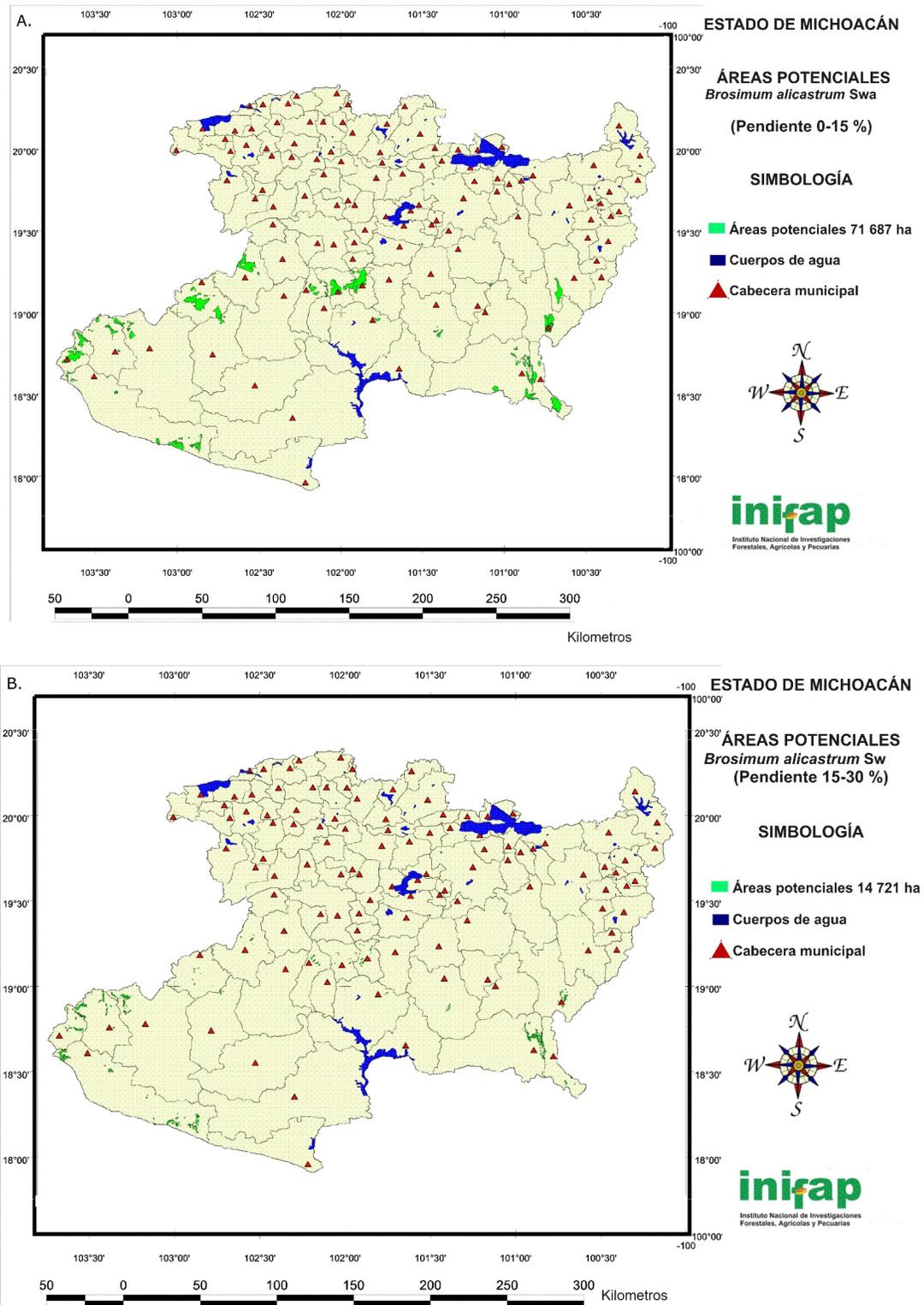


Figura 7. A. Áreas potenciales para plantaciones forestales de restauración de *Brosimum alicastrum* Sw., con una pendiente del 0-15 %, B. Áreas potenciales con pendiente de 15-30 % en el estado de Michoacán.

El potencial para establecer plantaciones no mecanizadas o manuales con *B. alicastrum*, a nivel estatal, en sitios con pendiente de 15-30 % cubren una superficie total de 14 721 ha (Figura 7), y se localizan en las regiones: IV Oriente (778 ha), V Tepalcatepec (829 ha), VIII Tierra Caliente (3 573 ha), IX Sierra Costa (8 893 ha) y X Infiernillo (648 ha).

El potencial productivo total corresponde a 86 408 ha, que se distribuyen, principalmente, en las regiones V y IX (Tepalcatepec y Sierra Costa), con 47 548 ha. El límite inferior del intervalo altitudinal se consideró desde el nivel del mar y el superior hasta 800 m, tal como se presenta en la Costa del Pacífico (Vega *et al.*, 2003).

Estos resultados tienen similitud a lo señalado por Rueda *et al.* (2006) y Rueda *et al.* (2007), quienes utilizaron las mismas variables en la generación de mapas de áreas potenciales para plantaciones forestales de 11 especies de pino y seis tropicales en el estado de Jalisco. También coincide con Sáenz *et al.* (2000), autores que usan variables edafoclimáticas similares para la determinación de áreas potenciales para plantaciones con *A. religiosa*, *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. michoacana* Martínez, *P. montezumae* Lamb., *P. teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl., *P. lawsonii* Roezl ex Gordon y *P. herrerae* Martínez, en la región oriente de Michoacán.

De igual manera concuerdan con los registros de Sáenz *et al.* (2011a y 2012) para plantaciones forestales comerciales y para sistemas silvopastoriles en Michoacán; con Meza (2003), en su estudio para ubicar zonas potenciales para el establecimiento de plantaciones de *Turnera diffusa* Willd. (damiana); así como con Sáenz *et al.* (2011) y Muñoz *et al.* (2016a; 2016b), para la determinación de zonas potenciales de plantaciones forestales comerciales en el estado de Michoacán.

En cuanto a la verificación de los mapas, la información obtenida en campo se confrontó con los requerimientos ambientales existentes en la bibliografía a fin de establecer el grado de confiabilidad de los mapas generados. El propósito fue

corroborar si un área que se delimitó como potencial para la especie en estudio, correspondía a las condiciones de clima y suelo señaladas por diversos autores (Batis *et al.*, 1999; Chavelas y Dewall, 1988; Von Carlowitz *et al.*, 1991; SIRE, 2005; Vega *et al.*, 2003; Vega 1989; Rzedowski, 1981; CNIC, 2005; Pellicer, 2005). El muestreo de los cuatro sitios ubicados en los municipios de San Lucas, Huetamo, y Nuevo Urecho confirma que las condiciones edafoclimáticas registradas en estos corresponden al tipo de suelo, pendiente, altitud y tipo de vegetación documentada en la literatura para *B. alicastrum*. Sin embargo, fueron insuficientes, ya que la verificación se realizó en dos de las cinco regiones forestales de Michoacán que tuvieron potenciales para establecer plantaciones con fines de restauración con esta especie (Cuadro 3).

Cuadro 3. Altitud, pendiente y tipo de suelo de los sitios de muestreo para la verificación de las áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales de *Brosimum alicastrum* Sw., en el estado de Michoacán.

Sitio	Municipio	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Tipo de suelo
1	San Lucas	440	0-15	Vertisol
2	Huetamo	433	0-15	Vertisol, Cambisol y Rendzina
3	Nuevo Urecho	625	15-30	Vertisol, Rendzina y Planosol
4	Nuevo Urecho	514	0-15	Vertisol

Con la generación de los mapas de potencial y la implementación de buenas prácticas de reforestación con especies nativas (Vanegas, 2016), se tendrá la posibilidad de recuperar la capacidad de los ecosistemas forestales para generar servicios ambientales y actividades productivas, a partir de su aprovechamiento sustentable, ya que es fundamental recuperar las áreas que estuvieron arboladas con anterioridad en las diferentes regiones forestales de Michoacán.

Además, de cubrir la superficie estatal prioritaria para reforestación, compuesta por áreas erosionadas y zonas de pastizal inducido, que en conjunto suman 641 971 ha, equivalentes a 10.9 % de la superficie total, y dar prioridad a las regiones forestales con mayor área degradada, según registros de la Comisión Forestal del estado de Michoacán, a través del Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Michoacán de Ocampo, donde se indica la necesidad de reforestar en la región Sierra-Costa, 185 396 ha (29%); Oriente con 106 836 ha (17%); y en Tierra Caliente, con 96 284 ha (15%) (Cofom, 2014).

Conclusiones

La superficie total con potencial para el establecimiento de plantaciones de *B. alicastrum* con fines de restauración en el estado de Michoacán es de 86 408 ha; de estas, 71 687 ha corresponden a pendientes de 0-15 %, y 14 721 ha a pendientes de 15-30 %; distribuidas en las regiones: IV Oriente, V Tepalcatepec, VIII Tierra Caliente, IX Sierra Costa y X Infiernillo. Debido a sus características ecológicas, geológicas, fisiográficas, y topográficas, el trópico seco de la entidad presenta condiciones favorables para el desarrollo de las plantaciones propuestas. La información generada constituye una guía para la toma de decisiones, respecto al establecimiento de plantaciones forestales de restauración.

Agradecimientos

A la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Cofom) por el apoyo otorgado al proyecto de potencial productivo de plantaciones forestales en el estado de Michoacán.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

H. Jesús Muñoz Flores: desarrollo de la investigación, captura y análisis de la información, redacción y estructuración del manuscrito; J. Trinidad Sáenz Reyes: apoyo en los resultados y discusión del escrito; Agustín Rueda Sánchez: selección de variables y revisión del manuscrito; Martín Gómez Cárdenas: trabajo de campo, y revisión del manuscrito; David Castillo Quiroz: revisión general del documento y correcciones finales; Francisco Castillo Reyes: redacción y revisión del manuscrito, relativo al *abstract*.

Referencias

- Anguiano C., J., R. Toledo B., J. A. Ruíz C., J. A. Ruíz R., y J. J. Alcántar R. 2007. Clasificación climática del Estado de Michoacán. Libro técnico Núm. 6. INIFAP-CIRPAC. CE. Uruapan. Uruapan, Mich., México. 155 p.
- Batis M., A. I., M. I. Alcocer S., M. Gual D., C. Sánchez D. y C. Vázquez Y. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Conabio-Instituto de Ecología-UNAM. México, D. F., México. 263 p.
- Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). 2005. Árboles encontrados en zonas cafetaleras. Bogotá, Colombia. 149 p.
- Centro de Investigación del Bosque Tropical Seco (CIBTS). 2016. Bosque seco. <http://www.acguanacaste.ac.cr/1999/educacion/sectorbs.html> (5 de junio de 2016).
- Carranza-Montaña, M. A., L. R. Sánchez-Velásquez, M. R. Pineda-López y R. Cuevas-Gúzman. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37: (2): 203-210.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Semarnat. Tres60 editores. 3^o edición. Guadalajara, Jal., México. 298 p.

Comisión Forestal del Estado de Michoacán (Cofom). 2014. Inventario estatal forestal y de suelos Michoacán de Ocampo 2014. Vol. 1. Núm.1. Morelia, Mich., Michoacán. 376 p.

Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca). 1979. Memoria regional de coeficientes de agostadero de los estados de Michoacán y Colima. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F., México. 161 p.

Chavelas P., J. y S. Dewall M. 1988. Árboles útiles de la parte Tropical de América del Norte. Grupo de estudio de silvicultura. Comisión Forestal de América de Norte. Núm. 3. Washington, DC, USA. 45 p.

Díaz F., J. 2007. Localización de zonas potenciales para el desarrollo de seis especies forestales en el estado de Tlaxcala. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 79 p.

Eastman, J. R., F. Sangermano, B. Ghimire, H. Zhu, H. Chen, N. Neeti, Y. Cao and S. Crema. 2009. Seasonal Trend Analysis of Image Time Series, International Journal of Remote Sensing 30: (10). 2721-2726.

Flores A., E. y F. Moreno S. 1994. Potencial productivo para el establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus radiata* en el estado de México. *In:* Memoria de la IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. 19 al 21 de julio. México, D.F., México. pp. 143-150.

Flores G., J. G., J. A. Ruíz C. y A. Rueda S. 1997. Uso de sistemas de información geográfica en la ubicación de condiciones ambientales favorables para cinco especies forestales en Jalisco. SAGAR-INIFAP- SEFUNCO de Jalisco. Guadalajara, Jal., México. 151 p.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (Inegi) 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Inegi. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F., México. 341 p.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo (Inafed). 2016. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16058.html> (5 de mayo de 2016).

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. MAE, MFSCC, FAO. Quito, Ecuador. 105 p.

Martínez B., O. U. 1999. Metodología para ubicar áreas con potencial productivo de especies vegetales del estado Coahuila. *In: SAGAR, INIFAP (eds.)*. 500 Tecnologías Llave en Mano. División forestal. SAGAR-INIFAP. México, D.F., México. 60 p.

Meza S., R. 2003. Identificación de áreas con potencial productivo para Damiana en Baja California Sur.
<http://intranet.inifap.gob.mx/infoteca/inifap/Forestal/Folleto1179.pdf> (20 de abril del 2016).

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R. y A. Rueda S. 2012. Monografías de especies forestales para plantaciones comerciales en clima tropical de Michoacán. Sagarpa-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Libro Técnico Núm. 15. Uruapan, Michoacán, México. 202 p.

Muñoz F., H. J., J. T. Sáenz R., A. Rueda S., D. Castillo Q., F. Castillo R. and D. Y. Avila F. 2016a. Areas with Potential for Commercial Timber Plantations of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. in Michoacan, Mexico. *Open Journal of Forestry* 6: 476-485.
<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2016.65036> (12 de enero de 2017).

Muñoz F., H. J., D. Castillo Q., F. Castillo R., J. T. Sáenz R., D. Ávila F. and A. Rueda S. 2016b. Potential Areas for Commercial Timber Plantations of *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. in Michoacan, Mexico. *Open Journal of Forestry* 7: 48-57.

<http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2017.71004> (13 de enero de 2017).

Peters, C. M. and E. Pardo-Tejeda. 1982. *Brosimum alicastrum* (Moraceae): Uses and Potential in Mexico. *Economic Botany* 36 (2): 166-175.

Pellicer, L. 2005. La nuez de los mayas. Las semillas del ramón, antiguo alimento maya, tiene posibilidades de ser comercializada en Estados Unidos.

<http://www.prensalibre.com/pl/domingo/archivo/revistad/2005/Junio05/050605/dambiente.shtml> (5 de diciembre de 2016).

Rueda S., A., J. A. Ruiz C., J. G. Flores G. y E. Talavera Z. 2006. Potencial productivo para 11 especies de pino en Jalisco. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. CIRPAC, INIFAP. Libro Técnico Núm. 1. Guadalajara, Jalisco México. 175 p.

Rueda S., A., J. A. Ruiz C., J. D. Benavides S. y J. G. Flores G. 2007. Definición de áreas favorables para seis especies forestales tropicales en el estado de Jalisco. Sagarpa-CIRPAC-INIFAP. Libro Técnico. Núm. 5. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. México. 165 p.

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, Jalisco, México. 239 p.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F., México. 432 p.

Sáenz R., J. T., J. Jiménez O., A. Rueda S., C. Ibañez R. y J. J. García M. 2011a. Regionalización de áreas potenciales para sistemas silvopastoriles en clima templado de Michoacán. Sagarpa-INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Folleto Técnico Núm. 23. Uruapan, Mich., México. 42 p.

Sáenz R., J.T., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., F. J. Villaseñor R. y J. Anguiano C. 2011b. Regionalización de Áreas potenciales para plantaciones forestales en Michoacán. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Libro Técnico Núm. 12. Uruapan, Mich., México. 254 p.

Sáenz R., J. T., J. Anguiano C., H. J. Muñoz F., F. J. Villaseñor R., A. Rueda S. y J. J. García M. 2012. Áreas potenciales para plantaciones forestales comerciales en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. *In:* Bravo-Espinosa, M., G. Barrera-Camacho, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena-Juárez y R. Sánchez-Martínez (eds.). Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan, UNAM- Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Morelia, Mich., México. pp. 269-278.

Sistema de Información para la Reforestación (SIRE). 2005. Paquetes tecnológicos. *Brosimum alicastrum* Swartz. CONABIO-PRONARE.

<http://www.icraf.cgiar.org/treesd/AFT/Images/IMG00334.jpg> (15 de enero de 2016).

Trópicos. 2017. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/Von> (17 de enero de 2017).

Vanegas L., M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". Conafor, Conabio, GEF-PNUD. México, D.F., México. 158 p.

Vega L., A., J. I. Valdez H. y V. M. Cetina A. 2003. Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la Costa del Pacífico Mexicano. *Madera y Bosques* 9(1):27-53.

Vega L., A. 1989. Metodología para la delimitación de los trópicos húmedo y seco de México por medio de los tipos de vegetación. SARH-Cotecoca. México, D. F., México. 86 p.

Von Carlowitz, P. G., G. V. Wolf and R. E. M. Kemperman. 1991. The Multipurpose and Shrub Database. An information and decision support system. Nairobi, Kenya: ICRAF. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=Q19100253> (17 de enero de 2017).

Zavala Z., D. 1999. Secado de maderas tropicales en estufas convencionales. *Revista Ciencia Forestal en México* 24 (86):65-82.

Zeiler, M. 1999. Modeling our world: the ESRI guide to geodatabase design. ESRI. Redlands, CA, USA. 192 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.