

Modelos bioclimáticos: herramienta para predecir dónde podrían crecer especies arbóreas

Trevor Booth
John Fryer

Resumen

Los modelos de interpolación espacial permiten la estimación confiable de promedios mensuales de factores climáticos para casi cualquier lugar del mundo. Los especialistas que usan estos datos climáticos, así como datos del suelo, han desarrollado métodos de análisis del ambiente (modelos bioclimáticos) para predecir en cuáles zonas se podrían adaptar diferentes árboles tropicales.

Este artículo demuestra las posibilidades y desafíos de estos modelos, los cuales podrían tener mucha importancia en una región como América Central, que cuenta con condiciones climáticas variadas y donde se está plantando nuevas especies.

Summary

Bioclimatic models: a tool for predicting where tropical forestry species will grow. Through spatial interpolation, some recently developed models permit reliable estimates of climatic conditions in essentially all parts of the world. Specialists using these climatic data, in conjunction with soil data, have developed methods to predict in which areas various tropical species could be grown.

This article describes the possibilities and challenges of this method, which could be particularly useful in a region such as Central America, which has varied environmental conditions and in which many species of trees are being considered for planting for the first time.

Palabras claves: factores climáticos; clima; distribución natural; modelos bioclimáticos.

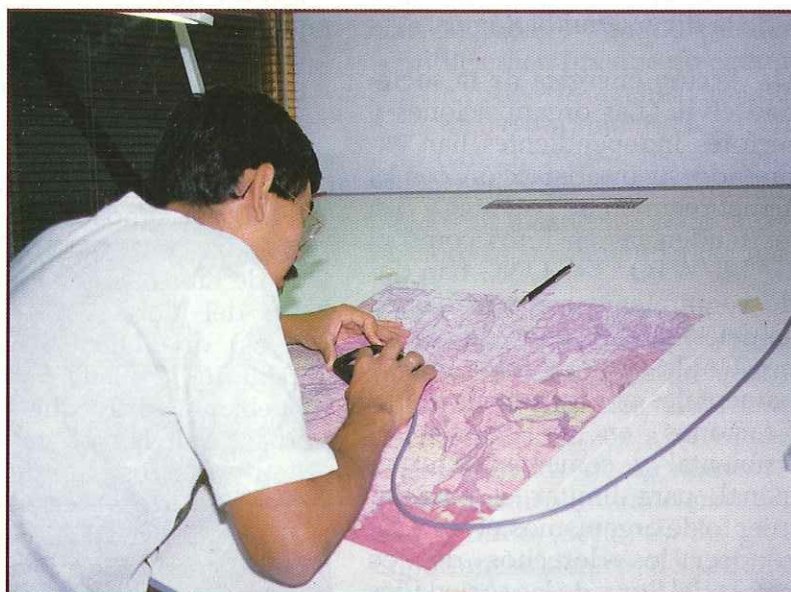


Foto: R. Jiménez.

Hace pocos años, predecir la distribución de diversas especies de árboles podría haber parecido inalcanzable. Sin embargo, hoy es posible estimar los requerimientos climáticos y construir la distribución probable de una especie, usando diferentes modelos bioclimáticos.

En este artículo, los autores dan a conocer algunos de estos modelos. Unos pueden estimar las condiciones climáticas para cada localidad y proyectar posibles superficies de clima apropiado para diferentes especies, mientras otros combinan la información climática y edafológica y permiten hacer predicciones sobre el crecimiento.

La perspectiva de estos modelos es que en un futuro se pueda contar con archivos que describan los requerimientos ambientales y el probable crecimiento de las especies prioritarias para la región centroamericana.

Técnicas de interpolación

Los programas de mapeo climático han sido desarrollados como resultado de los recientes adelantos en técnicas de interpolación espacial, que permiten estimar las condiciones de clima para cualquier localidad, dado que se cuenta con la información necesaria aportada por estaciones meteorológicas y con modelos numéricos precisos de elevación (Booth, 1990).

Los modelos desarrollados últimamente en el Centro de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Australia (Hutchinson, 1991), han sido usados para desarrollar afinidades de interpolación detalladas para varios países de Asia y África. En Australia, el trabajo de Hutchinson ha producido afinidades que pueden estimar el promedio de precipitación mensual de cualquier localidad, con un margen de error de menos del 10 por ciento. Los errores para las estimaciones de promedios de temperaturas máximas y mínimas mensuales, usualmente son menores de 0,5 por ciento.

Predicciones de distribución

Programa BIOCLIM

Las afinidades de interpolación han sido usadas para implementar el programa de análisis bioclimático denominado BIOCLIM, que ayuda a contestar la pregunta ¿dónde crecerá una especie? El Programa, que acepta sólo datos con códigos geográficos (latitud, longitud y elevación), estima los promedios de las condiciones climáticas para cada localidad, basado en factores que son importantes para determinar la distribución de diferentes especies de plantas y animales.

Una de las primeras aplicaciones de BIOCLIM fue en el análisis de la distribución natural de *Eucalyptus citriodora* en Australia. En este caso se usó BIOCLIM para estimar el rango de 12 factores climáticos en 84 sitios donde esta especie crece naturalmente. Se determinó que el rango promedio de temperatura anual es de 18 a 24°C y el rango promedio de precipitación de 350 a 1 900 milímetros. Posteriormente, se aplicó esta infor-

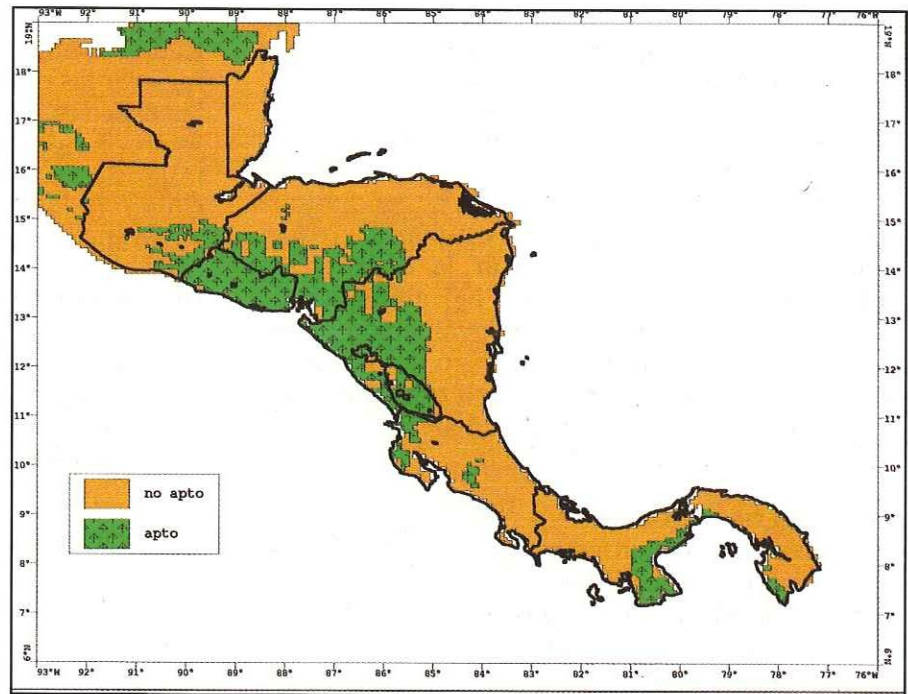


Figura 1. Las áreas de América Central con temperatura promedio anual entre 21 y 27°C y precipitación promedio anual entre 670 y 4300 mm, son los rangos climáticos aptos para *Acacia mangium*, según la base de datos del sistema MIRA.

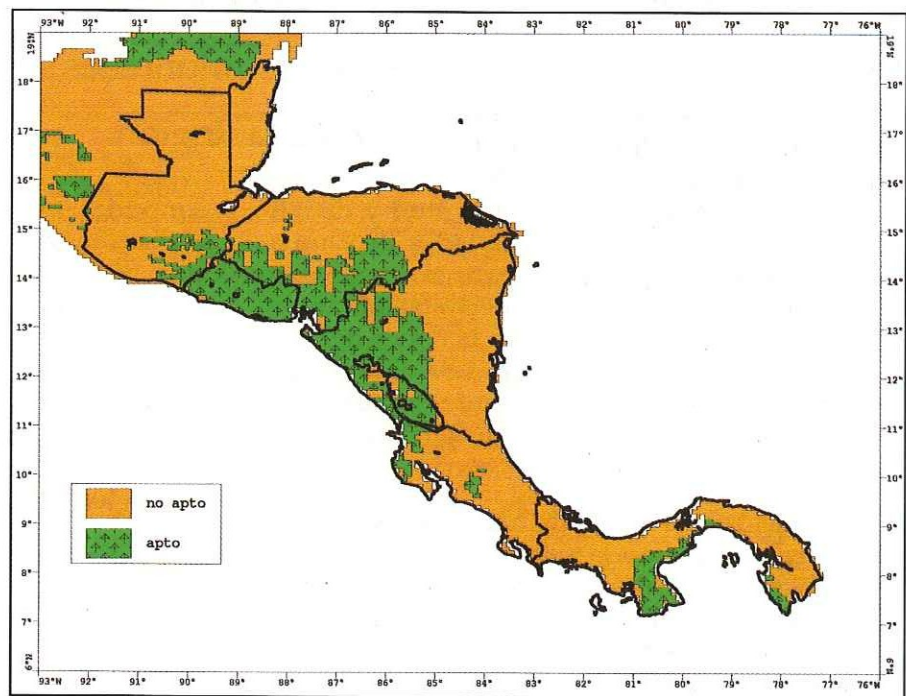


Figura 2. Según la base de datos del sistema MIRA, temperaturas promedio anuales de 20 y 27°C y precipitación promedio anual entre 800 y 2200 mm, con estación seca de tres a cinco meses, son los rangos climáticos aptos para *Bombacopsis quinatum* en la región centroamericana.



mación en la evaluación de 508 localidades en Africa, para determinar aquellas con climas aptos para la introducción de *E. citriodora*.

Se ha usado exitosamente BIOCLIM para predecir la distribución natural de diferentes especies. Según las experiencias, aun de un pequeño número de observaciones, se pueden estimar los requerimientos climáticos y construir la distribución probable de una especie. Es una herramienta para iniciar ensayos preliminares de evaluación de especies nuevas para una región, pero no indica cómo crecerá la especie en una determinada zona. Para contestar esta pregunta, se deben considerar también las limitaciones de suelo.

Aplicación de BIOCLIM

La necesidad de proyectar posibles superficies de climas apropiados, condujo al desarrollo de otros programas que pueden usarse en computadoras sencillas (PC). El primero se creó para Africa, donde se analizaron datos de 1 100 estaciones meteorológicas y se produjeron afinidades de interpolación para valores promedios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación.

Estos valores se estimaron para más de 10 000 localidades en el continente africano, según una cuadrícula de medio grado de longitud y de latitud. En cada una de estas localidades, se estimaron seis factores importantes para el crecimiento de los árboles: promedio de precipitación anual, variación de la precipitación con la época del año, duración de la estación seca, promedio de temperatura máxima del mes más caliente, promedio de la temperatura mínima del mes más frío y promedio de la temperatura anual.

Estos factores sirvieron de base para la elaboración de una guía para la selección de especies en plantaciones tropicales y subtropicales, cuya segunda versión contiene descripciones de los requerimientos climáticos de 173 especies y procedencias (Webb *et al.*, 1984). Cualquiera de estas descripciones se puede ingresar al programa de mapeo climático, el cual puede generar un mapa de las localidades que satisfagan los requerimientos climáticos de esas especies.

Los programas de mapeo climático han demostrado ser un método muy eficaz para comprobar y mejorar las descripciones de los requerimientos de las especies. Ya se han desarrollado relaciones de interpolación y programas de mapeo climático en miles de localidades de varios países, incluyendo China, Tailandia, Indonesia, Vietnam, Zimbabue y Australia.

Programa CEN

Se ha desarrollado un programa de mapeo climático también para América Central y Sur América, que usa datos interpolados suministrados por el Dr. Peter Jones del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. Este programa, denominado CEN, se puede usar para identificar regiones y climas apropiados para diversas especies de árboles, utilizando descripciones de requerimientos ambientales (Figuras 1 y 2).

Realizando pruebas con este programa utilizando especies arbóreas australianas en América Central, se demostró que se subestima la zona de aptitud climática, es decir, una especie se puede plantar fuera de la zona climática descrita, con un crecimiento exitoso.

La tendencia observada obedece al hecho que las limitaciones climáticas para cada especie no son bien

conocidas; provienen de estimaciones del clima de la distribución natural de la misma y de la información disponible sobre su comportamiento en ambientes diferentes, como lo indican Webb *et al.* (1984), y Booth y Pryor (1991). Consecuentemente, se requiere acumular más información de diversas zonas del mundo, para poder definir con más confianza las limitaciones climáticas efectivas de los centenares de especies y procedencias de árboles utilizados en las zonas tropicales y subtropicales.

Predicciones sobre el crecimiento

Programa PLANTGRO

Existe también necesidad de contar con modelos sencillos, que puedan suministrar predicciones preliminares sobre el crecimiento de las plantas. El modelo PLANTGRO, desarrollado originalmente por la División de Recursos de Tierra y Agua del CSIRO, Australia, trata de satisfacer esta necesidad (Hackett, 1991).

En el futuro se podrá
contar con archivos que
describan con más
precisión los
requerimientos
ambientales de
especies prioritarias
para la Región.

PLANTGRO usa información sobre 12 factores importantes de suelo, incluyendo pH, niveles de nitrógeno y fósforo, así como datos semanales o mensuales sobre temperatura máxima, precipitación, evaporación y radiación solar. El modelo incluye un programa sencillo de balance de agua, así como submodelos de luz y temperatura. Las relaciones se emplean para clasificar las limitaciones de suelo y clima, en una escala de 0 a 9, donde el 0 significa condiciones ideales y 9 condiciones no aptas. Los efectos de factores limitantes se combinan usando la ley del mínimo de Lieberg, según la cual el factor más limitante determina el nivel de comportamiento de las plantas.

El PLANTGRO tiene gran aceptación en agromonía, pero su utilización en forestería es incipiente. Uno de los primeros usos fue la elaboración del Plan para Plantaciones Nacionales en Indonesia.

Sistema MIRA

Desde 1980, el Proyecto Madeleña del CATIE, ha llevado a cabo varios ensayos formales en parcelas demostrativas, para probar el comportamiento de árboles de uso múltiple en diferentes sitios de América Central. Estos datos se almacenan y procesan en el sistema Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos (MIRA) que contiene información sobre el crecimiento de más de 100 especies, y datos sobre clima y suelo de más de 400 sitios de ensayo (Ugalde, 1988).

Los datos de MIRA se están empleando para comprobar los archivos de plantas, ya desarrollados para algunas especies importantes en plantaciones tropicales. *Eucalyptus camaldulensis*, cuyo crecimiento ha sido registrado en 180 sitios en diferentes lugares de América Central, es una de las especies prioritarias evaluadas por Madeleña (Fryer y Ugalde, 1995). Los datos de suelo y clima de algunos de estos sitios se están convirtiendo al formato de PLANTGRO, y las predicciones realizadas por este programa se están comparando con los crecimientos efectivos. Estas comparaciones permiten el proceso continuo de refinamiento y modificación del modelo para usarlo con nuevas especies y sitios.

Hacia el futuro

En el futuro, se espera desarrollar un programa de mapeo climático más detallado para América Central, en colaboración con otras instituciones regionales como el CIAT, usando Sistemas de Infor-

mación Geográfica para su presentación. De hecho el Laboratorio de Análisis Geográfico del Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales del CATIE, está actualmente generando superficies de clima para Costa Rica, con una precisión de 200 a 900 metros.

Si las pruebas con el programa PLANTGRO demuestran resultados satisfactorios, se podrían convertir datos de suelo y clima de MIRA a formato PLANTGRO, lo que permite, progresivamente, el desarrollo de archivos que describan más precisamente los requerimientos ambientales de las especies prioritarias para la región. Este conocimiento, mejorado y complementado con información silvicultural y socioeconómica, podría proporcionar información relevante para promover programas de reforestación más efectivos en la región centroamericana.

Trevor Booth
CSIRO Division of Forestry
Banks Street
Yarralumla, ACT 2600
Australia

John Fryer
Australian Centre for International
Agricultural Research
GPO Box 1571,
Canberra ACT
Australia

Literatura citada

- BOOTH, T.H. 1990. Mapping regions climatically suitable for particular tree species at the global scale. *Forestry Ecology and Management* (Holanda) 36(1):47-60.
- BOOTH, T.H.; PRYOR, L.D. 1991. Climatic requirements of some commercially important eucalypt species. *Forestry Ecology and Management* (Holanda) 43(1-2):47-60.
- FRYER, J.H.; UGALDE, L.A. 1995. Results of trials of provenances and families of *Eucalyptus camaldulensis* in Central America. Turrialba, Costa Rica. sin publicar.
- HACKETT, C. 1991. PLANTGRO: a software package for coarse prediction of plant growth. Australia, CSIRO. 242 p.
- HUTCHINSON, M.F. 1991. The application of thin-plate smoothing splines to continent-wide data assimilation. In: *Data assimilation systems*. Ed. by J.D. Jasper. Melbourne, Australia, Bureau of Meteorology. BMRC Research Report Nº 27. p. 104-113.
- UGALDE, L. A. 1988. The MIRA management information system for fuelwood and multi-purpose tree species research in tropical areas. In: *Workshop on Data Base Management Applications in Forest Research* (1988, Turrialba, C.R.). Proceedings. Ed. by D.W. Rose and L. Ugalde. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 86-103.
- WEBB D.B.; WOOD, P.J.; SMITH, J.P.; HENMAN, G.S. 1984. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. 2 ed. rev. Oxford, U.K., Commonwealth Forestry Institute. *Tropical Forestry Papers* No. 15. 256 p.

Nota de la Editora: El Programa CEN se puede encontrar en el Laboratorio de Análisis Geográfico y PLANTGRO-MIRA en el Proyecto MADELEÑA, ambos del CATIE. BIOCLIM fue desarrollado en el Centro de Estudios en Recursos y Ambiente (CRES) de la Universidad Nacional de Australia.