

## PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GORGOJO DESCORTEZADOR DEL PINO (*Dendroctonus frontalis*) EN CUATRO ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA HONDURAS, USANDO EL PROGRAMA MAXENT

Héctor Orlando Portillo Reyes<sup>1</sup> y Fausto Elvir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundación en Ciencias para el Estudio y Conservación de la Biodiversidad (INCEBIO). Autor de correspondencia: [hectorportilloreyes@gmail.com](mailto:hectorportilloreyes@gmail.com)

---

### RESUMEN

Se modeló la distribución potencial del gorgojo descortezador de pino para Honduras en cuatro escenarios climáticos siendo estos: clima caliente, clima frío, clima húmedo y frío y clima normal. Los resultados muestran que los escenarios en clima caliente y frío presentan una distribución potencial óptima para el gorgojo descortezador del pino, los escenarios de clima húmedo y frío y clima normal, condicionan y limitan la distribución potencial del gorgojo, especialmente en los departamentos del occidente de Honduras. El escenario en clima frío no muestra ser una condición restrictiva del todo en la distribución potencial de gorgojo descortezador del pino. Hay una carencia de información de las relaciones ecológicas entre los gorgojos descortezadores y el ecosistema de pino que separan aún más la brecha entre el conocimiento y formas correctas del manejo de la plaga en estos ecosistemas. El impacto ambiental, económico y social predichos en los escenarios 1 y 2 vendrían a situar en precario todo el país, especialmente en aspectos de la vulnerabilidad a la que actualmente somos sensibles.

Palabras clave: Predicción, escenario climático, distribución potencial, brotes, gorgojo.

### SUMMARY

We model the potential distribution of bark pine beetle for Honduras in four climate scenarios: hot weather, cold weather, wet/cold weather and normal weather. The results show that the scenarios in hot and cold weather have an optimum climate for potential distribution for pine beetle. Wet/cold and normal weather, limit and restricts the potential distribution of the pine beetle, especially in the departments of western Honduras. Cold weather scenarios do not show to be a determining factor to restrict at all the potential distribution of the pine beetle. There is a lack of information on the ecological relationships between bark pine beetle and pine ecosystem, producing a huge gap between knowledge and the correct management of the outbreaks of bark pine beetle in these ecosystems. The environmental, economic and social impact predicted in scenarios 1 and 2 would come to affect the country especially in aspects of vulnerability to which we are currently sensitive.

Keywords: Prediction, climate scenario, potential distribution, outbreaks, pine beetle.

### INTRODUCCIÓN

Honduras cuenta con un área de vocación forestal de 9.8 millones de hectáreas, la cobertura forestal alcanza 5.4 millones de hectáreas, de los cuales 2.5 millones corresponden a bosques de pino localizados principalmente en la parte centro oriental y occidente del país (AFE-COHDEFOR,

2000). Estos bosques por años frecuentemente han estado sometidos a diferentes presiones entre humanas y naturales como ser: huracanes, sequías, incendios forestales y plagas (Billings *et al.*, 2004). La combinación de estos fenómenos han producido efectos negativos sobre los recursos forestales de Honduras (Billings *et al.*, 2004). El efecto del cambio climático conocido como el niño en la década de los 1990 produjo sequías e incendios forestales graves, lo cual representó una alarmante cifra en hectáreas pérdidas por incendios en el país. En los años 1999 al año 2003 se registró una invasión sin precedentes en toda la región de gorgojos descortezadores afectando unas 90,000 hectáreas de pinares (Billings *et al.*, 2004). Se han documentado varias plagas forestales de impacto económico para los pinares de la región siendo el gorgojo descortezador (Ver figura 1), *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, (Coleóptera: Curculionidae, Scolitynae). Este insecto es considerado la principal plaga de los pinares de Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (CATIE, 1991; Billings *et al.*, 2004). En Honduras se han registrado plagas importantes de esta especie en los periodos de 1962 a 1965, 1982 a 1984, 1987 a 1988, 2001, 2002 y 2005. Actualmente de acuerdo a datos del Instituto de Conservación Forestal (ICF) hasta enero del año 2016, Honduras ha sido afectada por la plaga del gorgojo descortezador en unas 368,000 hectáreas de pino (com personal), en sus tres fases de afectación (figura 2). Son varios los factores que podrían ayudar a explicar el desarrollo de brotes epidémicos, entre los que se puede mencionar la variabilidad climática.

En diferentes investigaciones se ha tratado de relacionar los factores climáticos con el estrés de los árboles de pino y el cambio en la intensidad de los brotes; sin embargo estos estudios quedaron sin conclusiones claras que pudieran permitir un entendimiento preciso en esta relación (McNulty *et al.*, 1998). Otros autores ligan al parecer la ocurrencia de brotes a factores como disturbios climáticos, características intrínsecas como la dinámica poblacional del insecto y la alta densidad de árboles en bosques no manejados (Ray y Hicks, 1980). En Honduras no se ha desarrollado un programa de investigación que permita entender los factores que influyen en la ocurrencia de plagas de *D. frontalis* (Rivera-Rojas *et al.*, 2010). Los escasos estudios realizados se han centrado en describir las especies de gorgojos de los pinos (Thunes *et al.*, 2005), las técnicas de manejo de la plaga (Billings, 1982; Nuñez, 2001; Billings *et al.*, 2004) y las áreas con mayor riesgo de ser afectadas por *Dendroctonus spp* basadas en las áreas afectadas en los años 2004 y 2005 (Rivera, 2005). Considerando los aspectos del clima futuro para Centroamérica, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) estima que se proyecta una disminución paulatina de la precipitación durante la época de lluvias, particularmente en la región del pacífico (IPCC, 2001). Otro estudio sobre la evolución del clima en la región Centroamericana concluye que en los últimos 40 años no se ha observado una disminución significativa en la precipitación total promedio anual, no obstante, han aumentado los días en que llueve con mayor intensidad y el número de días secos por año, lo que sugiere un cambio en el régimen de lluvias (Aguilar *et al.*, 2005).

Entendiendo que el cambio del clima pasó de ser un mito y se ha convertido en una realidad ineludible, es necesario que dentro de la planificación del manejo forestal sostenible se considere los posibles efectos del cambio climático y se planteen estrategias de adaptación, aun cuando se

carece del conocimiento claro y preciso de la vulnerabilidad a que están sometidos los bosques (Spittlehouse, 2005). El objetivo de este estudio es predecir en cuatro escenarios climáticos hipotéticos (clima caliente, clima frío, clima húmedo y frío y clima normal) la distribución potencial del gorgojo descortezador del pino para Honduras y conocer su posible expansión y sus variables climáticas significativas.



Fig 1. Gorgojo descortezador del pino, *Dendroctonus frontalis* (fuente: <http://www.barkbeetles.org/centralamerica/0605s.html>).



Fig 2. Brotes de gorgojo mostrando las tres fases de su desarrollo en el departamento de Yoro.

## METODOLOGÍA

Hasta el ocho de enero del año 2016, el área afectada por brotes del gorgojo descortezador para Honduras según datos proporcionados por el Instituto de Conservación Forestal era de 390,411

hectáreas lo que representan 52,266 sitios con brotes de gorgojo en el país según mapa digitalizado proporcionado por ICF (com personal).

Se seleccionaron 2,278 puntos que representan un 4.3% de los sitios con brotes del gorgojo distribuidos en los departamentos de Olancho, Yoro, Francisco Morazán, El Paraíso, Comayagua, Choluteca, La Paz, Intibucá, Lempira, Ocotepeque, Copán, Santa Bárbara y Cortés. De los 2,278 puntos se seleccionaron cinco puntos al azar por cada 100, haciendo un total de 115 puntos para todo el territorio nacional usados para la modelación de la distribución potencial del gorgojo descortezador usando el programa MaxEnt.

#### Modelo de la distribución potencial

Para establecer la distribución potencial del *D. frontalis* se utilizó un modelo de nicho ecológico usando registros de presencia de la especie de 115 localidades diferentes, considerando como eventos únicos en los diferentes sitios de brotes. El análisis se desarrolló utilizando el programa MaxEnt.3.3.3a, que utiliza el sistema de máxima entropía (Phillips *et al.*, 2006; Phillips y Dudik., 2008), el cual utiliza un algoritmo que evalúa similitudes bioclimáticas entre los registros de presencia de la especie que se usan en la modelación, estimando que cada pixel de la región estudiada contenga a la especie, dada las relaciones no aleatorias entre los puntos de presencia del gorgojo y las variables ambientales utilizadas (Person *et al.*, 2007). En este modelo de distribución potencial se utilizaron 19 variables (temperatura, humedad y precipitación) para Honduras procedente de la base de datos Worldclim ([www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)).

BIO\_1 = Temperatura Media Anual, BIO\_2 = Rango Medio Diario (Media Mensual = (Temperatura Máxima – Temperatura Mínima), BIO\_3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) X (100), BIO\_4 = Temperatura Estacional (Desviación Standard) X (100), BIO\_5 = Temperatura Máxima del Mes Más Caliente, BIO\_6 = Temperatura Mínima del Mes Más Helado, BIO\_7 = Rango Anual de Temperatura, BIO\_8 = Temperatura Media del Cuarto Más Húmedo, BIO\_9 = Temperatura Media del Cuarto Más Seco, BIO\_10 = Temperatura Media del Cuarto Más Caliente, BIO\_11 = Temperatura Media del Cuarto Más Frío, BIO\_12 = Precipitación Anual, BIO\_13 = Precipitación del Mes Más Húmedo, BIO\_14 = Precipitación del Mes Más Seco, BIO\_15 = Precipitación Estacional (Coeficiente de Variación), BIO\_16 = Precipitación del Cuarto Más Húmedo, BIO\_17 = Precipitación del Cuarto Más Seco, BIO\_18 = Precipitación del Cuarto Más Caliente, BIO\_19 = Precipitación del Cuarto Más Frío.

Para la construcción del modelo de nicho ecológico se usó el 80% de los datos (n= 92) como puntos de entrenamiento y 20% (n=23) como puntos de prueba. Se utilizó el método de validación cruzada para las interacciones (n=1000) con los puntos seleccionados. Se modeló con la opción básica con cinco (5) repeticiones para cada uno de los escenarios. Se eliminaron los puntos (sitios de brote) duplicados. Para evaluar el desempeño del modelo se consideró el valor del área bajo la curva (AUC) el cual da un valor, entre más cercano a uno mayor sensibilidad a la prueba (Moisen *et al.*, 2013). Se manejó la distribución probabilística cuyos valores están entre 0 y 1 para generar los modelos con los requerimientos ambientales; esta distribución representada en un mapa de salida

que usa la escala de colores que indican esta probabilidad. Los valores entre 0.62-1 indican condiciones óptimas para la distribución de la especie. Los valores entre 0.38-0.62 indican condiciones intermedias y los valores de 0 a 0.38 indican condiciones desfavorables para la distribución potencial basados en las correlaciones presencia condiciones bioclimáticas (Phillips, 2005; Phillips *et al.*, 2006).

De los cinco modelos obtenidos se selecciona el que presenta mayor sensibilidad (UAC) (Phillips *et al.*, 2006), el cual representa las condiciones intermedias y optimas prediciendo la distribución potencial del *D frontalis* para Honduras. Se aplicó la prueba de Jackknife con el fin de establecer las variables climáticas más importantes del modelo basado en el valor de AUC.

#### VARIABLES CLIMATICAS USADAS POR ESCENARIO MODELADO

##### Escenario climático con temperaturas calientes (Escenario 1)

- **BIO\_5** = Temperatura Máxima del Mes Más Caliente.
- **BIO\_9** = Temperatura Media del Cuarto Más Seco.
- **BIO\_10** = Temperatura Media del Cuarto Más Caliente.
- **BIO\_14** = Precipitación del Mes Más Seco.
- **BIO\_17** = Precipitación del Cuarto Más Seco.
- **BIO\_18** = Precipitación del Cuarto Más Caliente.

##### Escenario climático con temperaturas frías (Escenario 2)

- **BIO\_6** = Temperatura Mínima del Mes Más Helado.
- **BIO\_11** = Temperatura Media del Cuarto Más Frío.
- **BIO\_19** = Precipitación del Cuarto Más Frío.

##### Escenario climático con humedad y frío (Escenario 3)

- **BIO\_6** = Temperatura Mínima del Mes Más Helado.
- **BIO\_8** = Temperatura Media del Cuarto Más Húmedo.
- **BIO\_11** = Temperatura Media del Cuarto Más Frío.
- **BIO\_13** = Precipitación del Mes Más Húmedo.
- **BIO\_16** = Precipitación del Cuarto Más Húmedo.
- **BIO\_19** = Precipitación del Cuarto Más Frío.

##### Escenario climático normal (Escenario 4)

Incluye las 19 variables climáticas de la base de datos de Worldclim (ver en la metodología las 19 variables climáticas). (El término de un cuarto representa tres meses en el escenario climático).

## RESULTADOS

A continuación se presentan los cuatro escenarios de la predicción de la distribución potencial del *D. frontalis* para Honduras en los bosques de pino. Los resultados de los cuatro escenarios responden a una predicción hipotética basados en las tendencias de las variables dirigidas a climas extremos con la excepción del escenario número 4.

Escenario 1.

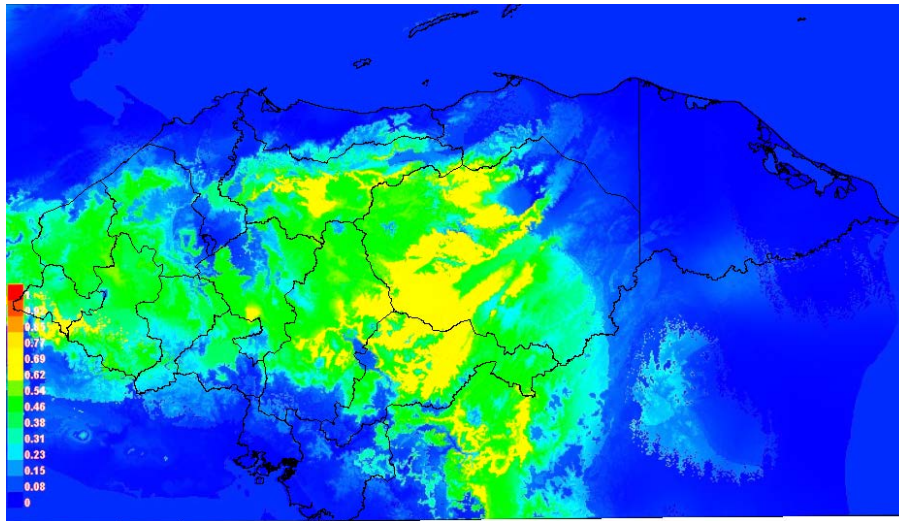


Fig 3. Mapa de la distribución potencial de gorgojo en condiciones calientes.

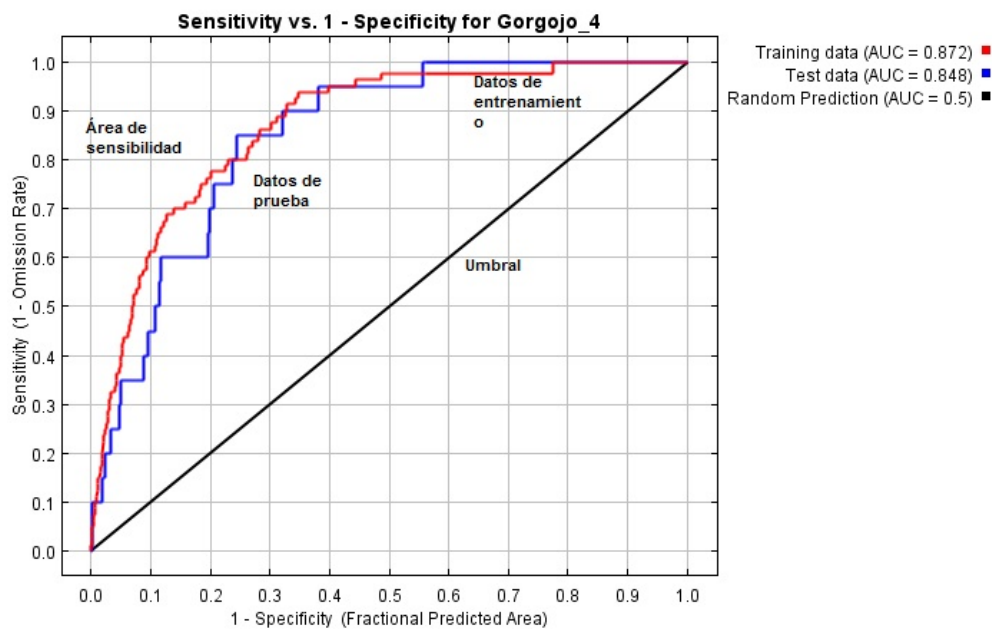


Fig 4. Gráfico de la sensibilidad del modelo en condiciones calientes.

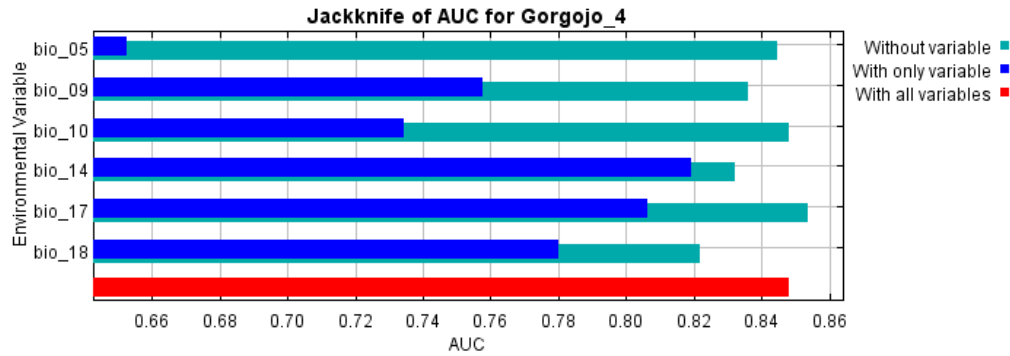


Fig 5. Variables climáticas de mayor importancia en el modelo.

Los resultados de sensibilidad de la prueba AUC (0.872), del escenario 1, muestra que existe una correspondencia entre variables climáticas y los sitios de los brotes, en donde se proyecta según figura 1, condiciones intermedias y óptimas para la distribución potencial en los departamentos de Olancho, El Paraíso, Yoro, Francisco Morazán, en menos proporción en Comayagua, Lempira Ocotepeque y Copán. Las variables de mayor significancia son: BIO\_14, BIO\_17 y BIO\_18, que son aquellas condiciones de altas temperaturas que se darse podrían propiciar los ambientes climáticos para dicho escenario.

#### Escenario 2.

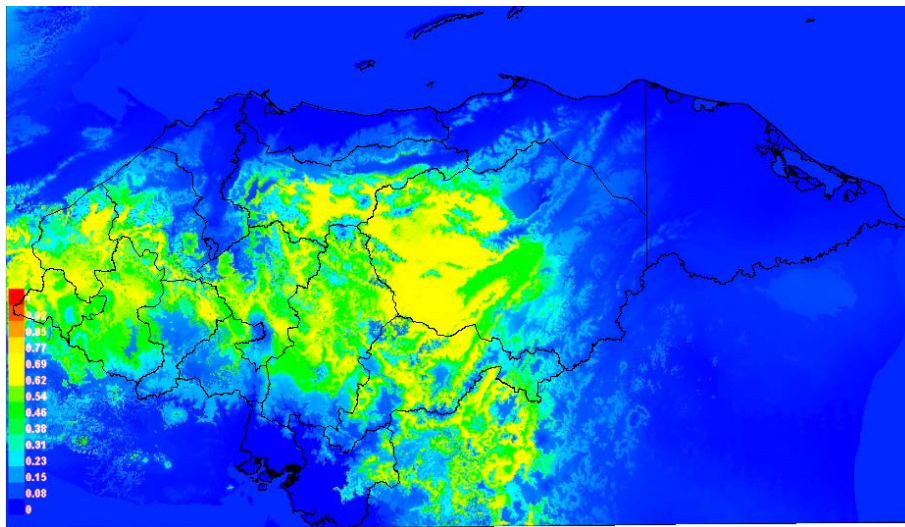


Fig 6. Mapa de la distribución potencial de gorgojo en condiciones frías.



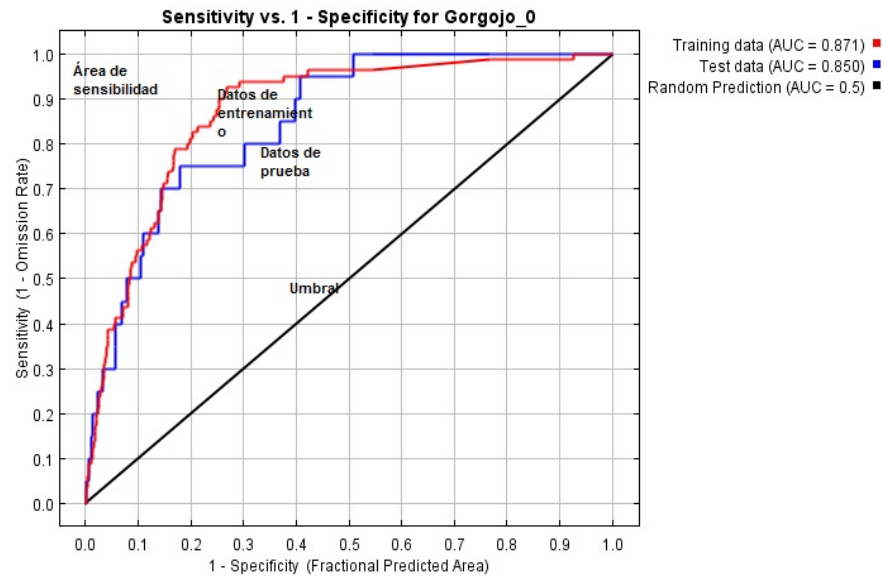


Fig 7. Gráfico de la sensibilidad del modelo en condiciones frías.

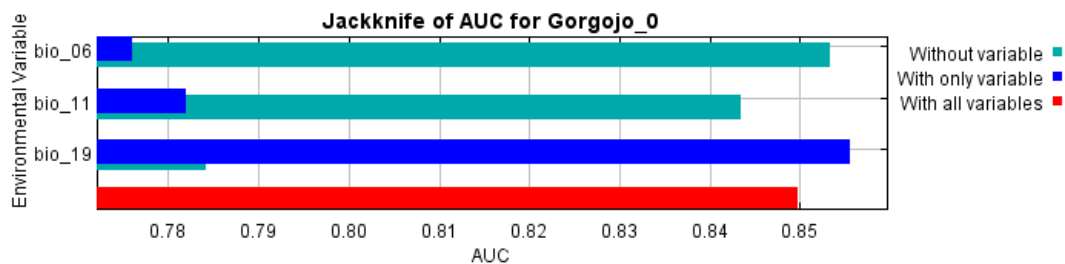


Fig 8. Variables climáticas de mayor importancia en el modelo.

Los resultados de la AUC (0.871) del escenario 2, muestra la correspondencia entre variables climáticas y los sitios de los brotes tal como lo muestra la figura 6, dando mayores condiciones óptimas a la distribución potencial del gorgojo en los departamentos de Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso, Yoro, Comayagua, Lempira, Copán, Ocotepeque, Intibucá, Santa Bárbara y La Paz. Las variables con mayor significancia son: BIO\_19 y BIO\_11 que son condiciones de baja temperatura, al modelar el escenario 2 con tres variables puede limitar la distribución potencial del gorgojo en vista que el estimador (Jackknife) puede verse afectado al solo trabajar con tres variables. El modelo predice en condiciones de bajas temperaturas, una distribución optima en sitios con altitudes mayores a los 2,000 msnm en los ecosistemas de pino, especialmente en los departamentos de La Paz, Lempira y Ocotepeque.



## Escenario 3.

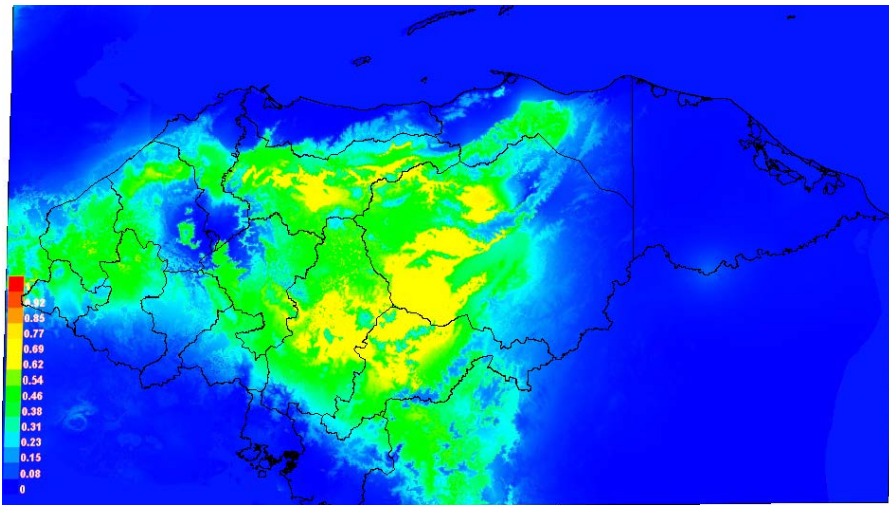


Fig 9. Mapa de la distribución potencial de gorgojo en condiciones húmedas y frías.

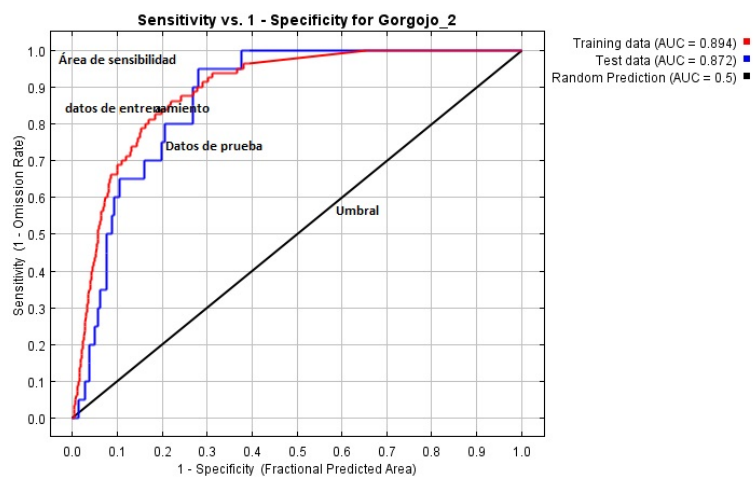


Fig 10. Gráfico de la sensibilidad del modelo en condiciones humedad y condiciones frías.

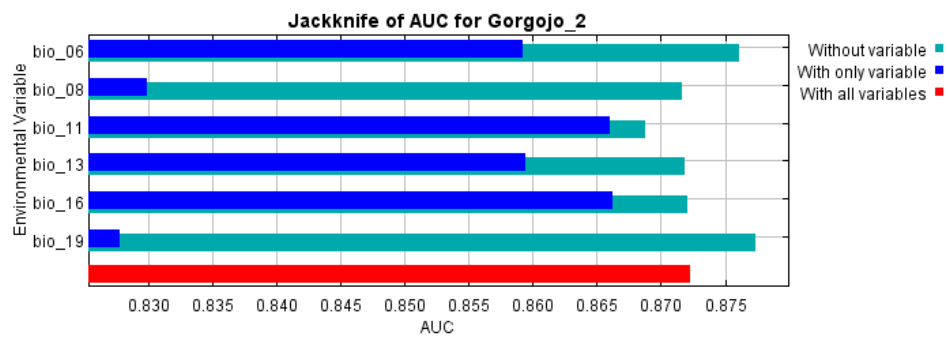


Fig 11. Variables climáticas de mayor importancia en el modelo.

Para el escenario 3 la AUC (0.894) donde se muestra la correlación de las condiciones climáticas de humedad y frío con los sitios de brotes de gorgojo tal como la muestra la figura 9, se mantiene la tendencia de mayores condiciones óptimas para la distribución potencial del gorgojo descortezador en los departamentos de Olancho, El Paraíso, Francisco Morazán y Yoro, y en menos proporción en Comayagua, Santa Bárbara, Copán y Lempira. Las variables con mayor significancia son: BIO\_16, BIO\_11, BIO\_13 y BIO\_06 las cuales son una combinación de precipitaciones y bajas temperaturas.

#### Escenario 4.

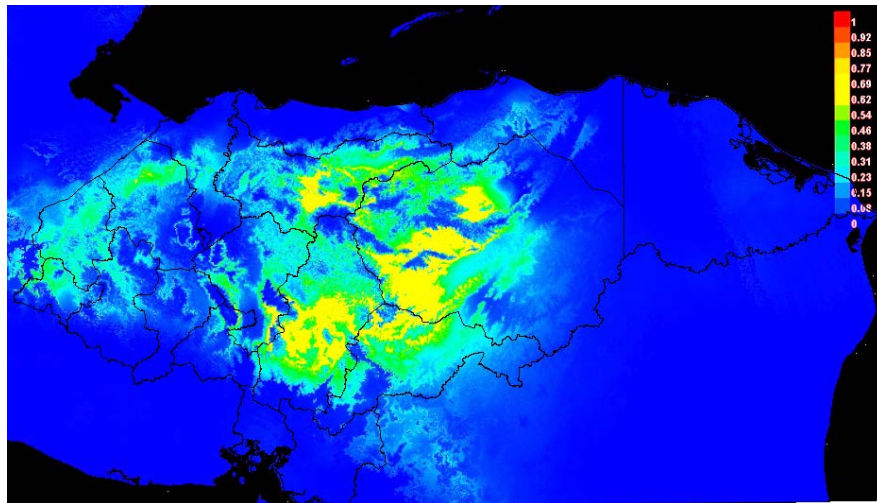


Fig 12. Mapa de la distribución potencial de gorgojo en condiciones de un clima normal.

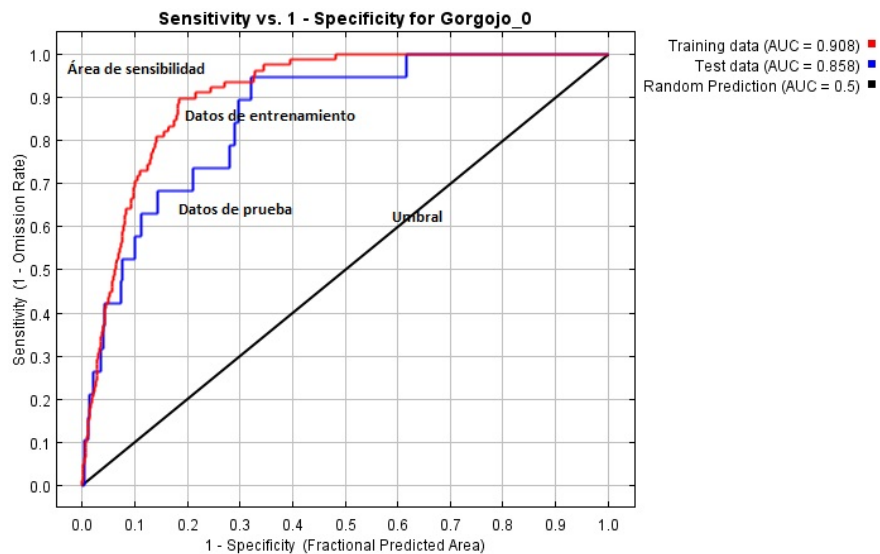


Figura 13. Gráfico de la sensibilidad del modelo en condiciones de un clima normal.

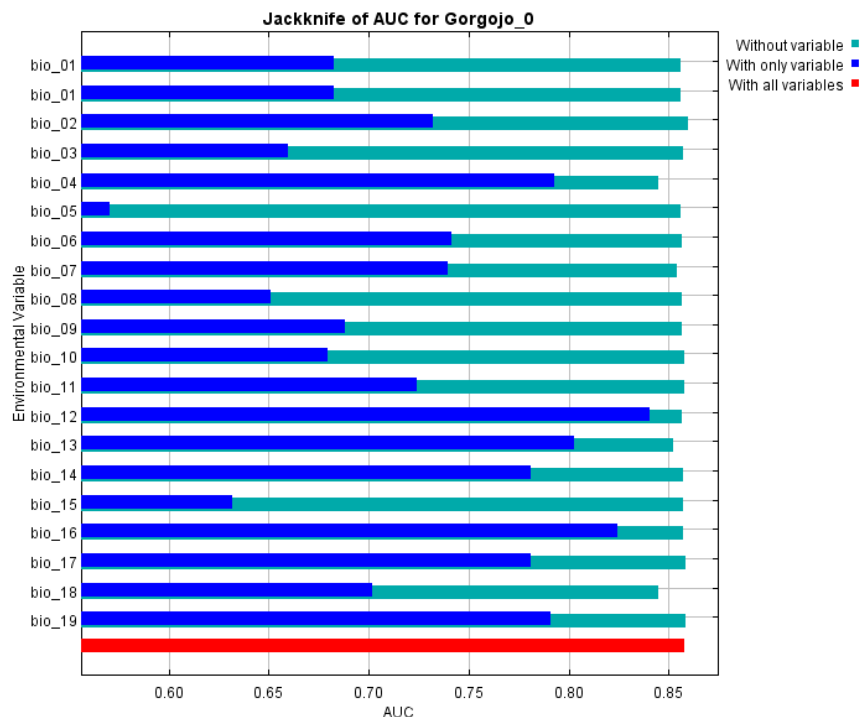


Figura 14. Variables climáticas y su sensibilidad con valores de respuesta AUC.

En el escenario 4 la UAC (0.908) se observa la correspondencia más alta que correlaciona un escenario normal con los sitios de brotes del gorgojo tal como lo muestra la figura 12, donde se muestra las condiciones óptimas para la distribución potencial del gorgojo en los departamentos de Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso y Yoro y en mucha menor proporción en Comayagua y Santa Bárbara. En este caso las variables con mayor significancia son: BIO\_04, BIO\_12, BIO\_13, BIO\_16 y BIO\_19 las cuales son combinaciones de variables estables de precipitación, humedad y frío, este escenario es el más incierto de los cuatro, en vista de la irregularidad de condiciones climáticas normales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa MaxEnt es una herramienta complementaria a otras para la toma de decisiones, que predicen y ayudan a conocer la distribución potencial de plagas como el gorgojo descortezador en los ecosistemas de pino para Honduras. La robustez estadística del programa MaxEnt, la procedencia de los datos, la base climática usada (Worldclim) garantiza la credibilidad de los escenarios modelados (Phillips, 2005; Phillips *et al.*, 2006; Moisen *et al.*, 2013).

El *Dendroctonus frontalis* es una especie propia que habita en los bosques de pino, en la modelación el color verde simboliza condiciones intermedias propias, que representan su permanencia normal en los bosques de pino. La coloración amarillo y rojo representan sitios con las condiciones climáticas para una distribución potencial de los brotes de manera explosiva por

las condiciones climáticas probables. La manipulación de las variables condiciona los escenarios en cada una de las modelaciones realizadas lo cual permite establecer tendencias y la dispersión del gorgojo descortezador en condiciones extremas y normales de las variables climáticas.

De acuerdo a los escenarios modelados el número 1 y 2 son los escenarios pesimistas donde se ve una dispersión agresiva por parte de la plaga del gorgojo descortezador. Los escenarios 3 y 4 son los escenarios optimistas en donde la precipitación es la variable que condiciona y limita la distribución potencial óptima para el gorgojo descortezador. De mantenerse las tendencias en los escenarios 1 y 2, la región del occidente de Honduras, tendrá las condiciones óptimas para la dispersión y la distribución del gorgojo descortezador. Los departamentos de Olancho, Francisco Morazán, Yoro y El Paraíso. De acuerdo a las modelaciones en este escenario, presentan la mayor tendencia para la distribución y permanencia del gorgojo por las condiciones actuales lo que permite la dispersión del gorgojo en estos departamentos.

La condición climática y su variabilidad son factores determinantes en eventos de brotes explosivos como el actual, pasando de ser un mito a una realidad con el gorgojo descortezador (Spittlehouse, 2005). Los escenarios analizados en este estudio serán cambiantes en tanto la incertidumbre de la variabilidad climática este presente, por lo que eventos extremos de este tipo serán más frecuentes en los ecosistemas de pino.

La investigación es fundamental para entender las relaciones y procesos ecológicos, y biológicos en la correcta toma de decisiones. En Honduras no se ha desarrollado un programa de investigación que permita entender los factores que influyen en la ocurrencia de plagas de *Dendroctonus frontalis* (Rivera-Rojas *et al.*, 2010). Los pocos estudios realizados se han enfocado en describir las especies de gorgojos de los pinos (Thunes *et al.*, 2005), las técnicas de manejo de la plaga (Billings, 1982; Nuñez, 2001; Billings *et al.*, 2004) y las áreas con mayor riesgo de ser afectadas por *Dendroctonus spp* (Rivera, 2005). Hay una carencia de información de las relaciones ecológicas entre los gorgojos descortezadores y el ecosistema de pino, que separa aún más la brecha entre el conocimiento y formas correctas del manejo de la plaga de estos ecosistemas. El impacto ambiental, económico y social predichos en los escenarios 1 y 2 vendrían a poner en precario el país, especialmente en aspectos de vulnerabilidad a la cual actualmente estamos expuestos. Las predicciones de distribución potencial deben de considerarse como información útil en escenarios pesimistas para proponer estrategias y mecanismos de adaptación en respuesta al cambio climático.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades del ICF por el apoyo proporcionado para el desarrollo de este análisis. Al INCEBIO por confiar en los criterios técnicos y científicos de los trabajos desarrollados. A Cesar Cerrato por facilitar bibliografía para las consultas de este manuscrito.

**BIBLIOGRAFIA**

- AFE-COHDEFOR, 2000. Plan Nacional Forestal de las Áreas Protegidas y de la Vida Silvestre, 2002-2016. Tegucigalpa HH. 69 pp.
- AGUILAR E., PETERSON T., RAMÍREZ P., FRUTOS R., RETANA J., SOLERA M., SOLEY J., GONZÁLEZ I., ARAUJO R., SANTOS A., VALLE V., BRUNET M., AGUILAR L., ÁLVAREZ ., BAUTISTA M., CASTAÑÓN C., HERRERA L., RUANO E., SINAY J., SÁNCHEZ E., HERNÁNDEZ G., OBED F., SALGADO J., VÁZQUEZ J., BACA M., GUTIÉRREZ M., CENTELLA C., ESPINOSA J., MARTÍNEZ D., OLMEDO B., OJEDA C., NÚÑEZ R., HAYLOCK M., BENAVIDES H., MAYORGA, R., 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003. *Journal of Geophysical Research* 110, 23-107.
- BILLINGS R., 1982. Informe a la corporación hondureña de desarrollo forestal sobre la evaluación y recomendaciones de control de la plaga de *Dendroctonus* en los pinares de Honduras. Tegucigalpa. HN. 45 pp.
- BILLINGS R., CLARKE S.R., ESPINO J.V., CORDÓN B., MELÉNDEZ J., CAMPOS R., BAEZA G., 2004. Bark beetle outbreaks and fire: a devastating combination for Central America's pine forests. *Unasylva* 55, 15-21.
- CATIE, 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central: guía de campo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, CR. 185 pp.
- IPCC, 2001. Tercer informe de evaluación: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Ginebra, Suiza. 101 pp.
- MOISEN G.G., E. A. FREEMAN, J. A. BLACKARD, T. S. FRESCINO, E. Z. NICKLAUS, T.C. EDWARDS JR. 2006. Predicting tree species presence and basal area in Utah. A comparison of stochastic gradient boosting, generalized additive models and, tree-based methods. *Ecological Modeling*, 199(1):102-117.
- MCNULTY S.G., LORIO P.L., AYRES M.P., REEVE J.D., 1998. Predictions of southern pine beetle populations using a forest ecosystem model. In: The productivity and sustainability of southern forest ecosystems in a changing environment. *Ecological Studies*. New York 128(33), 617-634.
- NÚÑEZ D., 2001. Manejo integrado del gorgojo del pino *Dendroctonus frontalis*. Programa Regional Forestal para Centroamérica, Siguatepeque, HN. 37 pp.
- PEARSON, R. G., C. J. RAXWORTHY, M. NAKAMURA Y T. PETERSON. 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1):102-117.
- PHILLIPS, S.J. 2005. A brief tutorial on Maxent. <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial.doc>.

- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P. & SCHAPIRE, R.E. 2006. Modelling Distribution and Abundance with Presence Only-Data. *Journal of Applied Ecology*, 43, 405-412.
- PHILLIPS, S.J. Y M. DUDÍK. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2):161-175.
- RAY R., HICKS J.R., 1980. Climatic, site, and stand factors. In: The southern pine beetle (Thatcher R.C., Searcy J.L., Coster J.E., Hertel G.D., eds). The southern pine beetle. Technical Bulletin 1631. USDA Forerst Service, Science and education Administration, Washington, DC. pp. 55-68.
- RIVERA-ROJAS. M., LOCATELLI.B & BILLINGS. L., 2010. Cambio Climático y eventos epidémicos del gorgojo descortezador del pino *Dendroctonus frontalis* en Honduras. *Forest Systems*.19(1), 70-76 [www.inia.es/forestsystems](http://www.inia.es/forestsystems).
- RIVERA K.L., 2005. Áreas vulnerables al ataque del *Dendroctonus* spp. basado en tres variables climáticas de Honduras. Tesis (Ing). ESNACIFOR, Siguatepeque, HN. 72 pp.
- SPITTLEHOUSE D., 2005. Integrating climate change adaptation into forest management. The Forestry Chronicle 81(5), 691-695.
- THUNES K., MIDTGAARD F., KIRKENDALL L., LEVERON O., ESPINO J.V., 2005. Los gorgojos del pino en Honduras: descripción de especies, asociaciones de hospederos y métodos de monitoreo y control. Tegucigalpa, HN. 35 pp.



***Leopardus pardalis*** (Ocelote o Manigordo) alimentándose de ***Didelphis marsupialis*** (Guazalo o Zarigüeya) en un bosque seco maduro en occidente de Honduras. Cortesía de las actividades de foto trapeo de Mariel E. Cálix.