



## ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

### MODELING THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE DISTRIBUTION OF *CEDRELA ODORATA* L. "CEDRO" IN THE PERUVIAN AMAZON

### MODELACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN DE *CEDRELA ODORATA* L. "CEDRO" EN LA AMAZONIA PERUANA

Miguel Laurente<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Universitaria de Post Grado - Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.  
mlaurente10@gmail.com

The Biologist (Lima), 13(2), jul-dec: 213-224.

#### ABSTRACT

Climate change is directly and indirectly affecting plants, having documented, among others, changing the distribution pattern until the species extinction; in this context the present study evaluated the effects of climate change on the distribution of *Cedrela odorata* in the Peruvian Amazon applying modeling techniques with Maxent. The current distribution and under future climate scenarios RCP 2.6, RCP 4.5, 6.0 and RCP 8.5 formulated to mitigate climate change from the 5<sup>th</sup> Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) were estimated. The occurrence data were obtained from reports from the Herbarium collections of the Faculty of Forestry at the Universidad Nacional Agraria La Molina, the Herbarium of the Missouri Botanical Garden and the National Forest and Wildlife Service, Lima, Peru. Bioclimatic, topographic and soil variables were obtained from the database Worldclim, Aster GDEM and the Directorate General of Agricultural, Environmental Affairs respectively. The potential results of the statistical test distribution underwent Area Under the Curve (AUC) analysis, determining a value of 0.8, which is good. The current distribution covers an area of 24,512,600.2 ha, and the effects of climate change by 2050 will affect 53% of the area in the four scenarios until the year 2070; this effect remains, except for the stage RCP 8.5 in which it diminishes.

**Keywords:** Climate change, species distribution, Modeling, *Cedrela odorata*, MaxEnt.

#### RESUMEN

El Cambio climático está afectando directa e indirectamente a las comunidades vegetales, habiéndose documentado, entre otros, la modificación del patrón distribución, hasta la extinción de especies, en ese marco el presente trabajo evaluó los efectos del cambio climático en la distribución de la *Cedrela odorata* en la Amazonia peruana aplicando técnicas de modelación con MaxEnt. Se estimó la distribución actual y bajo escenarios climáticos futuros de Vías de Concentración Representativa, RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 y RCP 8,5, formulados para mitigar el cambio climático, propios del quinto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Los datos de presencia se obtuvieron de los reportes de colecciones del Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Herbario del Jardín Botánico de Missouri y del Servicio Nacional forestal y de Fauna Silvestre, Lima, Perú. Las variables bioclimáticas, topográficas, y de suelos, fueron obtenidas de la base de *Worldclim*, *Aster GDEM* y la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios, respectivamente. Los resultados de distribución potencial se sometieron a la prueba estadística del Área Bajo la Curva (AUC) determinando un valor de 0,8, considerada como bueno. La distribución actual abarca una superficie de 24 512 600,2 ha, y los efectos del cambio climático para el año 2050 afectarán al 53% de la superficie en las cuatro escenarios, para año el 2070, este efecto mantiene, a excepción del escenario RCP 8,5 en cual disminuye.

**Palabras clave:** Cambio climático, Distribución de especie, Modelación, *Cedrela odorata*, MaxEnt.

## INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define al cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC 1992). El cambio climático es el resultado de desequilibrios en el balance energético de la Tierra, el Forzamiento Radiativo (FR) permite cuantificar las modificaciones en los flujos de energía provocados por los cambios. El FR antropogénica total de 2011, en relación con 1750, es de  $2,29 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (IPCC 2013). Por lo que, el calentamiento del sistema climático es inequívoco, la temperatura media global muestra un incremento de  $0,85 \text{ }^\circ\text{C}$  (entre  $0,65 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $1,06 \text{ }^\circ\text{C}$ ) en el período 1850-2012, además, los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios (IPCC 2013).

Dos terceras partes de las especies de plantas del mundo se encuentran en peligro de extinción con la presión de la creciente población humana, la modificación del hábitat y la deforestación, la explotación excesiva, y el creciente impacto del cambio climático (CDB 2009). *Cedrela odorata L.* es una especie forestal maderable que crece en tierras bajas de América Central y América del Sur, hasta el norte de Argentina y la mayoría de las islas del Caribe (Cintron 1990); sin embargo, estas áreas naturales de crecimiento se encuentran afectadas por la explotación extractiva y la actividad agrícola (Pennington 1981).

La distribución de las comunidades vegetales según Zunino & Zunili (2003) está determinada por diferentes factores ambientales como características de suelo y el clima, cuando alguno de estos factores cambia,

en especial las condiciones climáticas, la estructura y composición de los ecosistemas también pueden sufrir modificaciones, por lo que, se espera que el cambio climático altere la producción a nivel local, regional y mundial de productos y servicios de los ecosistemas forestales, la distribución de las especies, y otros (IPCC 2007a).

Araujo & Rahbek (2006) señalan que estudiar la distribución presente y proyectar los cambios a futuro, es fundamental para planificar y eventualmente mitigar los impactos sobre la biodiversidad una de las líneas de investigación más desarrolladas son los modelos de distribución, que consideran el registro de presencia de una determinada especie, las condiciones climáticas actuales y los escenarios climáticos futuros, fundamentándose en la teoría de nicho formalizada por Hutchinson (1957).

Bajo este contexto, el presente trabajo evalúa los efectos del cambio climático sobre la distribución para la *C. odorata*, cuyas proyecciones climáticas se realizaron con los escenarios de Vías de Concentración Representativa (RCP, por sus siglas en inglés) propios del Quinto Informe del IPCC, las cuales fueron desarrolladas considerando políticas para mitigar el cambio climático.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a la Amazonía peruana, ubicada en la zona intertropical de Sudamérica comprendida entre la Línea del Ecuador y el Trópico de Capricornio, con un área de más de  $78\,280\,000 \text{ ha}$ , constituida por el bioma de selva lluviosa cuya vegetación representativa es el bosque denso siempre verde de hoja ancha y su clima es tropical húmeda.

### Registros de presencia de la *C. odorata*

Fueron obtenidas de los muestras botánicas del Herbarios de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, del herbario del Jardín Botánico de Missouri, así como, los individuos reportados en la verificación realizada por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre de los años 2010 – 2013, Lima, Perú. Se registró un total de 1 277 puntos de presencia, siguiendo a Naoki *et al.* (2006) y Pliscoff & Fuentes-Castillo (2011). Se dividió en dos grupos, una para correr el modelo (70%), y el resto para evaluación.

### Variables ambientales

Las variables climáticas actuales, provienen de la base de datos de *WorldClim*, generados a partir de clima global promedio (1950-2000), 19 capas, de resolución espacial ~ 1 Km (Hijmans *et al.* 2005), las variables climáticas futuras, corresponden al Modelo de circulación general HadGEM2-ES elaborado por *Met Centro Hadley Oficina* con el *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, obtenido de la misma base de datos, las cuales fueron desarrolladas sobre la base de los cuatro escenarios (RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 y RCP 8,5) cuyos nombres provienen del FR que presentarán en el año 2100 (IPCC 2013). Las variables topográficas de elevación, pendiente y orientación, fueron determinadas del modelo digital de elevación, de resolución espacial de 90 m del ASTER GDEM, y la variable suelo fue alcanzada por la Dirección General Asuntos Ambientales Agrarios, desarrollada a una escala de 1:250 000.

Las capas fueron transformadas al formato "ASCII" (Scheldeman & Van Zonneveld 2011), de igual manera, su extensión y resolución se modificó acorde al territorio geográfico, con los software's "Quantum GIS 1.7.4" y "GRASS 6.4.2".

### Selección previa de variables

Para evitar la multicolinealidad entre

variables, se realizó una selección previa de las variables ambientales, se extrajeron los valores de cada píxel value, con ello se calculó el nivel de correlación con el software "R 2.14.2", cuando dos variables compartían un coeficiente de correlación de Pearson mayor que 0,8 se seleccionó la variable más significativa a nivel biológico (Rissler & Apodaca 2007).

### Modelación de distribución de la *C. odorata*

Se utilizó el software de Máxima Entropía "MaxEnt 3.3.1" que en estudios comparativos previos demostraron que se desempeña bien incluso con muestras pequeñas (Elith *et al.* 2006, Benito & Peñas 2007). Este estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución de máxima entropía (lo más uniforme posible) sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincide con su media empírica (Phillips *et al.* 2006). El programa se corrió utilizando las características por defecto, se seleccionó la opción Jackknife, para medir la importancia de las variables.

### Evaluación de modelos

Para evaluar la capacidad predictiva del modelo, se usó la prueba estadística del Área Bajo la Curva (AUC, por sus siglas en inglés) a partir de la curva operada por el receptor (ROC, por sus siglas en inglés) (Hanley & Mcneil 1982).

### Umbral de corte

Como umbral fue determinada sobre el valor promedio de los valores de todos los píxeles de la distribución (Liu *et al.* 2005).

### Limitaciones de la investigación

La idoneidad del hábitat, que se representa en el presente trabajo de investigación no diferencia las áreas de cambio de uso, efectuado por actividades antropogénicas o catástrofes naturales. No se ha incorporado al proceso de modelación, las relaciones bióticas,

la capacidad evolutiva de la especie, debido a que estas variables no se pueden representar en mapas digitales, no obstante, estas muestran un efecto importante a escala local, situación que no se ajusta a nuestro trabajo, el cual se realizó a escala regional.

## RESULTADOS

La distribución de *C. odorata* en el Perú (Fig. 1), presenta áreas muy significativas en los departamentos de Loreto, Madre de Dios y Ucayali, establecida en forma de una franja longitudinal a lo largo del país, con una superficie de 24 512 600,2 ha.

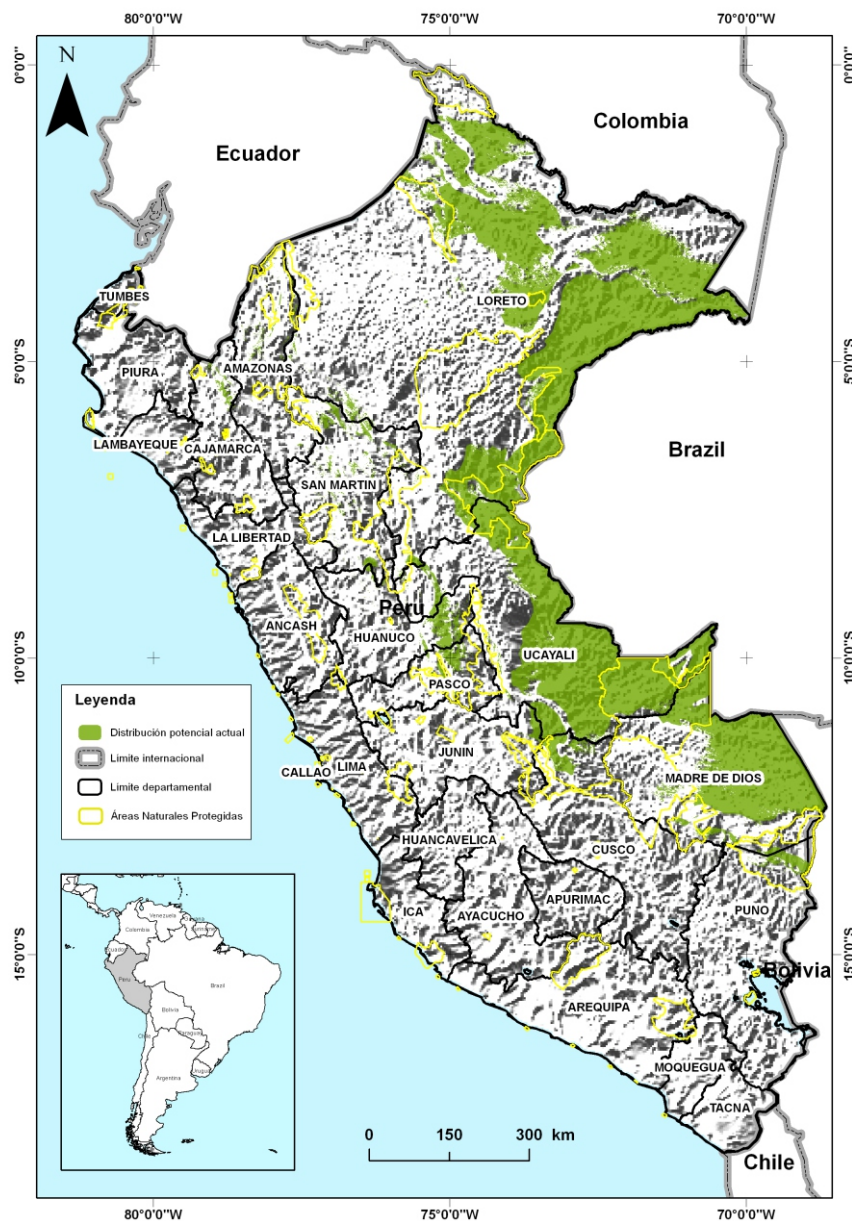


Figura 1. Modelo de distribución de *Cedrela odorata*.

La prueba estadística de la evaluación del modelo es AUC=0,881 (Fig. 2), que cataloga a la capacidad predictiva del modelo como bueno.

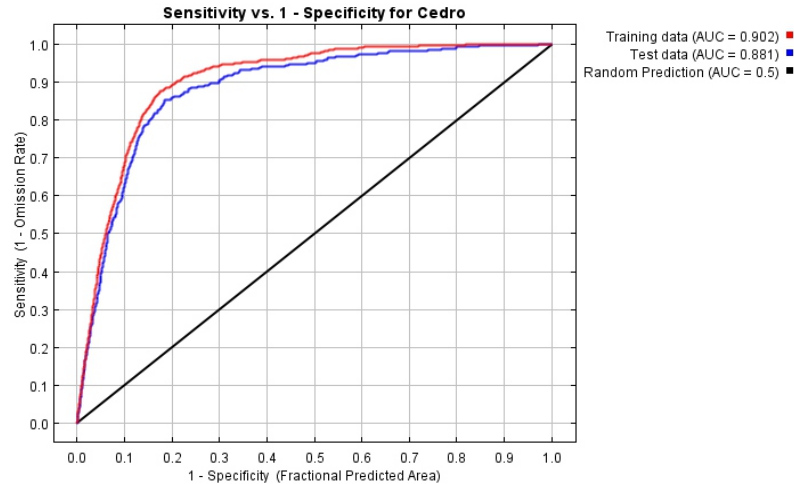


Figura 2. Curva ROC y el Área bajo la curva AUC de la modelación de distribución de *Cedrela odorata*.

La prueba Jackknife (Fig. 3a), muestra que las variables ambientales de mayor importancia para la obtención del modelo son: la Temperatura media anual (bio 1) y el Suelo.

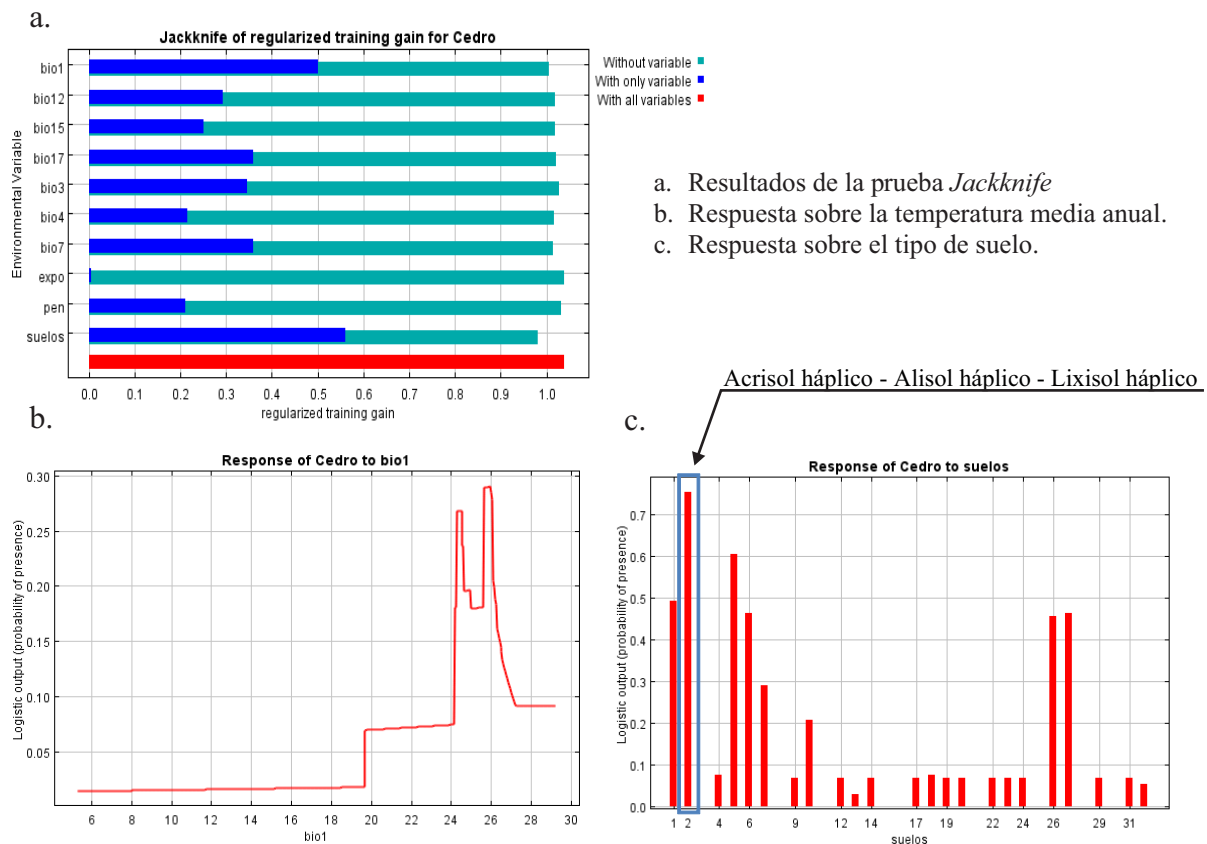


Figura 3. Variables de importancia en la Distribución de la *Cedrela odorata*.

El cambio climático para el 2050 (Fig. 4), muestra un efecto severo generalizado en los cuatro escenarios a partir del límite del departamento de Madre de Dios con Ucayali

hacia el norte, con a una superficie en los diferentes escenarios que varía entre los 12 699 342,12 ha hasta las 13 542 094,13 ha.

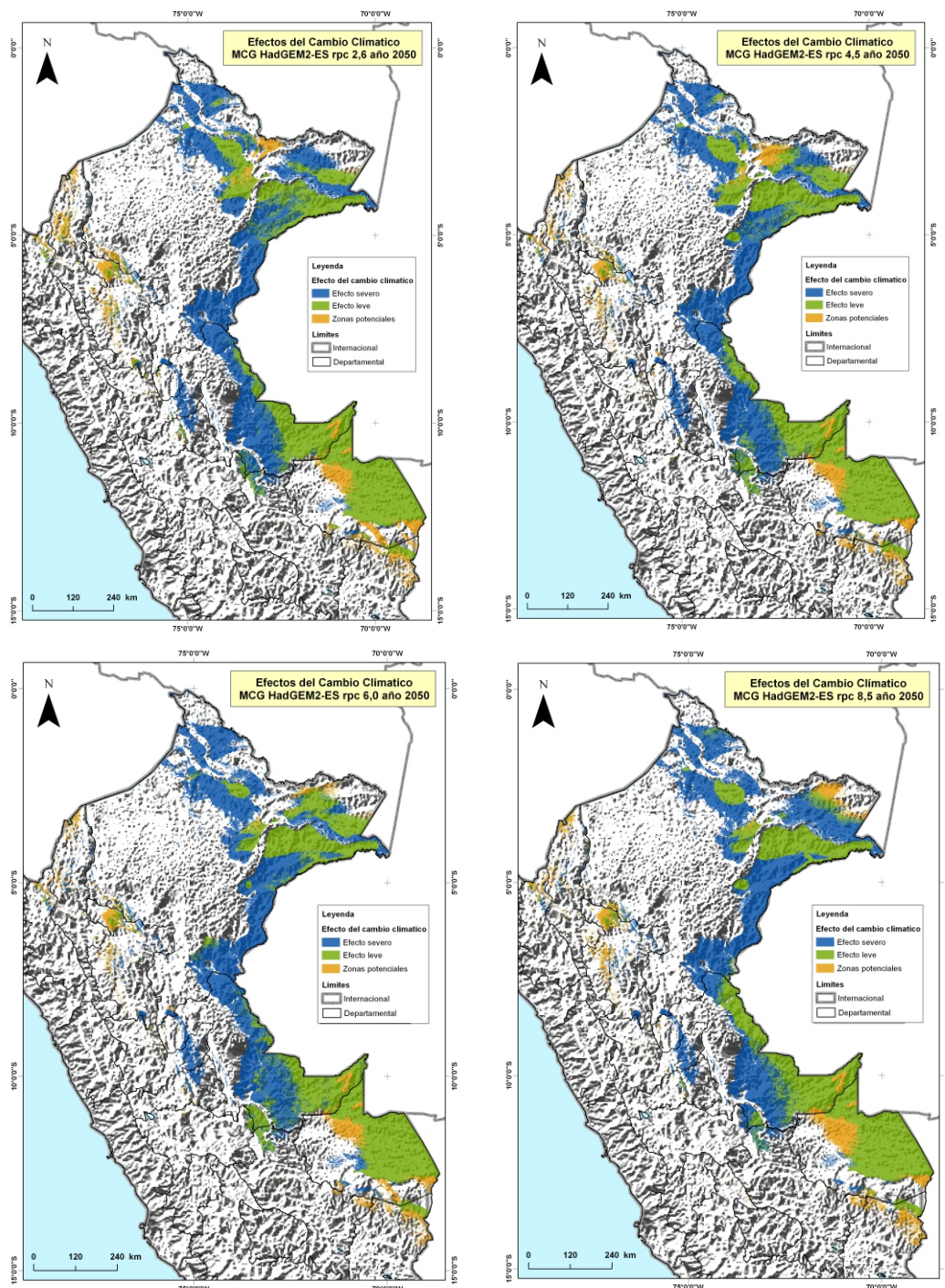


Figura 4. Efectos del cambio climático al año 2050.

Para el año 2070, los efectos del cambio climático (Fig. 5) se mantiene para los diferentes escenarios en relación al año 2050, a excepción del escenario RCP 8,5, en el cual se

evidencia que las áreas de efecto severo se han reducido, llegando a una superficie de 7 795 926,1 ha.

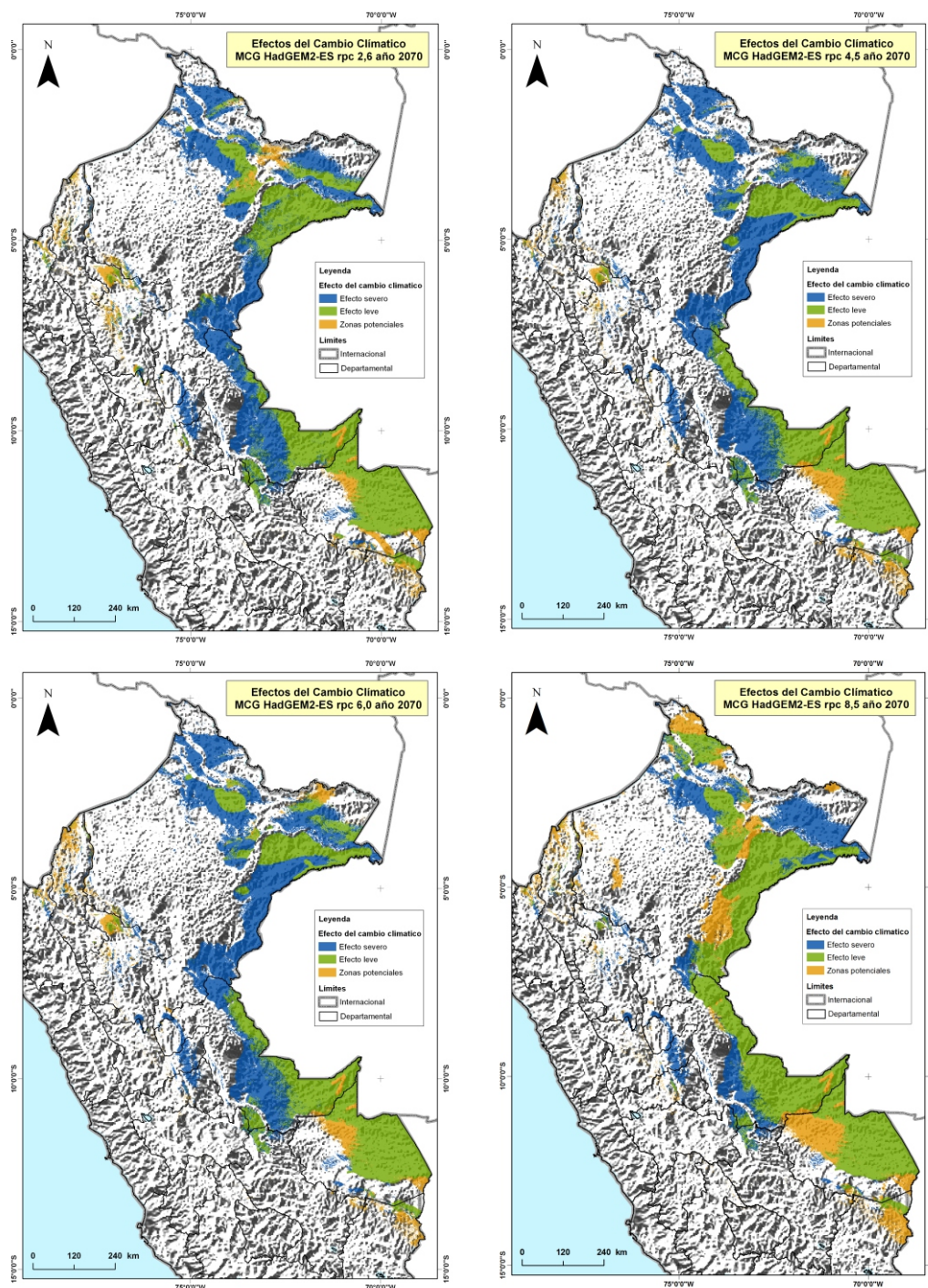


Figura 5. Efectos del cambio climático al año 2070.

## DISCUSIÓN

### De la distribución potencial

La distribución de la *C. odorata* en el Perú se concentran principalmente en los departamentos Madre de Dios, Ucayali y Loreto (Fig. 1), superficie en las que la altitud sobre el nivel del mar es baja, conocido como el llano amazónico, Pennington (1981), Cintron (1990) y Jiménez *et al.* (2002), indican que esta especie crece en todas las tierras bajas de América Central y América del Sur, hasta el norte de Argentina y la mayoría de las islas del Caribe. En América Central y México se da sólo en lugares no inundados, con frecuencia en piedra caliza bien drenada, a diferencia de las áreas amazónicas de Perú y Brasil donde es común sobre todo en suelos fértiles inundados periódicamente por el flujo y reflujo del Amazonas y sus principales afluentes (Pennington 1981), en efecto, los espacios determinados, son zonas inundables por los afluentes del río Amazonas.

Dicha distribución abarca Áreas Naturales Protegidas (ANP), Zona Reservada Sierra del Divisor y Parque Nacional de Alto Purús, en los departamentos de Loreto y Ucayali, respectivamente. Parkswatch (2003) indica que esta especie es una de las más destacadas del Parque Nacional Alto Purús. Cabe señalar que las ANP's son una de las herramientas de manejo y conservación más importantes en la actualidad, éstas pueden a futuro facilitar la dispersión de especies, manteniendo ambientes originarios.

### De la evaluación de la distribución potencial

El estadístico de evaluación del modelo (Fig. 2), muestra que el AUC es de 0,881, en relación a los datos de la prueba, el cual corresponde a un modelo calificado como bueno (Araujo *et al.* 2005, siendo entonces el modelo de distribución de *C. odorata*, de muy buena significancia y que presenta gran capacidad de predicción.

### De las variables de importancia

La distribución de la *C. odorata*, se encuentra muy relacionada a las variables de la temperatura media anual (bio 1) y el Suelo, debido a que cuando éstas se utilizan solas para determinar la distribución, presentan mayor ajuste a los resultados conseguidos con todas las variables, por lo que se puede señalar que estas presentan características relevantes en la distribución de la especie.

En relación a la temperatura, Malimbwi (1978) señala que *C. odorata* se desarrolla en la región tropical de América del Sur, en una temperatura promedio de 28 °C, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y una temperatura máxima promedio de 32 °C, asimismo, Webb *et al.* (1984) mencionan que la temperatura promedio anual como hábitat para esta especie corresponde a un rango entre 20 a 30 °C; estos estudios son concordantes con lo observado en los resultados de distribución, debido a que la de las zonas idóneas para la *C. odorata* determinadas en el modelo comprenden un rango de temperatura media anual de 20 a 30 °C (Fig. 3b).

*Cedrela odorata* prefiere el tipo de suelo Acrisol háplico - Alisol háplico - Lixisol háplico (Fig. 3c), que corresponde a una descripción general, en asociación a las unidades de suelo, debido a la variabilidad edáfica de los suelos en el Perú. Entre las características principales de éstos, se destacan que son tierras profundas, de formación antigua, desarrolladas a partir de limonitas y arcillitas, presentan perfiles ABC bien marcados en su mayoría, son suelos de reacción acida, con un pH que varía entre 4,0 a 5,0, se presentan en paisajes de lomadas y colinas, ubicadas generalmente en la llanura amazónica (INRENA 1996). No obstante, las unidades de suelos requeridos por esta especie presentan contraste en la propiedad de la textura, toda vez que, la unidad de suelo Alisosles háplicos, comprende suelos arcillosos, que difiere con los suelos Acrisoles



háplicos, los cuales son muy drenados (arenosos), este resultado es concordante con la información señalada por Ramírez (1964), que indica que la especie se encuentra de manera común en suelos de arcillas, a diferencia de Pennington (1981), que menciona que en América Central esta especie se da sólo en suelos aireados y bien drenados.

### De los efectos del cambio climático

Desde el punto de vista de la biodiversidad se ha documentado que el cambio climático afecta directa e indirectamente a individuos, poblaciones y especies, así como, a los ecosistemas en su composición y función (Parmesan 2006). De los resultados del proceso de modelación para los cuatro escenarios se observó que las áreas actuales de distribución de *C. odorata* para el año 2050 (Fig. 4), se reducirán en un 53%, acentuándose a partir del límite del departamento de Madre de Dios con Ucayali en dirección hacia el norte. Estas áreas no poseerán las condiciones requeridas para la distribución de esta especie, que se alinea con Peterson *et al.* (2002) y Lemoine *et al.* (2007), quienes mencionan que el cambio climático puede generar pérdida del hábitat, así como, aumento en la distribución de especies invasoras, modificaciones en los patrones de migración de los organismos, en el tamaño y distribución de las poblaciones, entre otros aspectos. Se debe considerar que las simulaciones de distribución potencial de especies sobre escenarios de cambio climático deben ser interpretadas con cautela, ya que las proyecciones en el tiempo pueden sobreestimar el declive, al no considerar las cualidades de las especies para adaptarse *in situ* a nuevas condiciones, o persistir fuera de las condiciones en las que han sido observadas (Lamont & Connell 1996).

Para el año 2070 (Fig. 5) los efectos se mantienen para los diferentes escenarios en relación al año 2050, a excepción del escenario RCP 8,5, en el cual se evidencia que las áreas de efecto severo se han reducido

considerablemente, llegando a una superficie de 7 795 926,1 ha, que representa un efecto severo en la distribución potencial de 31%.

Es importante señalar que los escenarios de RCP, fueron desarrolladas considerando generalmente políticas orientadas a mitigar el cambio climático (IPCC 2007b) y sus nombres se deben al FR que poseerán al año 2100, el RCP 2,6 pretende limitar el forzamiento radiativo a  $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , por lo que, comprende, entre otros, tecnologías de almacenamiento y captura de carbono *Carbon Capture and Storage* (CCS), así como, disminución de emisiones de bio-energías, gas natural, petróleo y carbono a partir del año 2020 (Van Vuuren *et al.* 2011), el RCP 4,5 y 6,0 son escenarios de estabilización (Thomson *et al.* 2011, Masui *et al.* 2011) y el RCP 8,5 incluyen como principales supuestos el alto crecimiento poblacional, relativamente bajo crecimiento de PBI, con tasas modestas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética, lo que lleva a importantes demandas energéticas y consecuentes emisiones de gases de efecto invernadero, no implementándose políticas de cambio climático (Riahi *et al.* 2011). El efecto del cambio climático en la distribución de la *C. odorata* para el año 2050 ha sido severo y similar en los cuatro escenarios, el cual se debe a que los aspectos políticos planteados en los supuestos de estos escenarios no han sido suficientes para mitigar el impacto, según Locatelli *et al.* (2009) la mitigación del cambio climático ya no es suficiente, debemos adaptarnos a los cambios inminentes a medida que estos surjan; o anticiparnos a dichos cambios mediante estrategias de adaptación, por lo que resulta importante concentrar acciones para la adaptación ante el cambio climático. Para el año 2070 se observa que estos efectos se mantienen en relación al 2050, que presupone que las políticas de mitigación serán significativas a largo plazo. Para el escenario RCP 8,5, las condiciones climáticas mejoran para la distribución de *C. odorata*, es decir que se recuperan áreas de distribución,

siendo un tanto contradictorio, puesto que, en este escenario no se ha considerado la implementación de políticas para mitigar el cambio climático, si bien las condiciones climáticas pueden mejorar, en este escenario se considera un uso desmesurado de los recursos naturales, que involucra entre otros, el cambio de uso de suelo, factores limitarían la distribución de esta especie.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, M.; Pearson, R.; Thuiller, W. & Erhard, M. 2005. Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11: 1504-1513.
- Araujo, M. & Rahbek, C. 2006. *How Does Climate Change Affect Biodiversity*, *Science*, 313: 1396-1397.
- Benito, B. & Peñas, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus*, 7: 100-119.
- Cintron, B. 1990. *Cedrela odorata L. Cedro hembra, Spanish cedar*. In: Russell, B.; Honkala, M. & Barbara, H. (eds). *Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Agric. Handb. 654: 250-257.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 2009. *Informe sobre la conservación de las especies vegetales: una revisión de los progresos realizados en la aplicación de la estrategia mundial para la conservación de plantas*. GSPC, Montreal. En: www.cbd.int. leído el 09 de junio de 2014.
- Elith, J.; Graham, C.; Anderson, R.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.; Huettmann, F.; Leathwick, J.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.; Loiselle, b.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.; Peterson, A.; Phillips, S.; Richardson, K.; Scachetti, R.; Schapire, R.; Soberón, J.; Williams, S.; Wisz, M. & Zimmermann, N. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129-151.
- Hanley, J. & McNeil, B. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143: 29–36.
- Hijmans, R.; Cameron, S.; Parra, J.; Jones, P. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land area. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Hutchinson, G. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbos Symposia on Quantitative. Biology*, 1: 415-427.
- INRENA (Instituto de Recursos Naturales Renovables). 1996. *Mapa de Suelos del Perú*. Lima, Perú.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group in to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007b. *Climate change 2007: Exploración de nuevos escenarios para el análisis de las emisiones, del cambio climático, de sus impactos y de las estrategias de respuesta*. En: www.ipcc.ch leído el 15 de julio de 2014.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. *Cambio Climático 2013 bases físicas: contribución del grupo de trabajo I al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. En: www.ipcc.ch leído el 05 de febrero de 2014.
- Jiménez, M.; Rojas, R.; Rojas, CH. & Rodríguez, S. 2002. *Árboles maderables de Costa Rica: ecología y silvicultura*.

- Editorial Tecnológica de Costa Rica INBio. 361.
- Lamont, B. & Connell, S. 1996. Biogeography of *Banksia* in southwestern Australia. *Journal of Biogeography*, 23: 295–309.
- Lemoine, N.; Schaefer, H. & Böhning-Gaese, K. 2007. Species richness of migratory birds is influenced by global climate change. *Global Ecology Biogeography*, 16: 55–64.
- Liu, C.; Berry, P.; Dawson, T. & Pearson, R. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28: 385–393.
- Locatelli, B.; Kanninen, M.; Brockhaus, M.; Colfer, C.J.P.; Murdiyarso, D. & Santoso, H. 2009. *Ante un futuro incierto: cómo se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático*. Perspectivas forestales No. 5. CIFOR, Indonesia.
- Malimbwi, R. 1978. *Cedrela species international provenance trial (CFI at Kwamsambia, Tanzania)*. En: *Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees*. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute.
- Masui, T.; Matsumoto, K.; Hijioka, Y.; Kinoshita, T.; Nozawa, T.; Ishiwatari, S.; Kato, E.; Shukla, P.; Yamagata, Y. & Kainum, M. 2011. An emission pathway for stabilization at 6 Wm<sup>-2</sup> radiative forcing. *Climatic Change*, 109: 59–76.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 637–669.
- Parkswatch 2003. *Park Profile – Perú Alto Purús Reserved Zone*. En: www.parkswatch.org leído el 15 de julio de 2014.
- Pennington, T. 1981. *Flora Neotropica; monograph 28. Meliaceae*. New York, Botanic Garden.
- Peterson, A.; Ball, L. & Cohoon, K. 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. *Ibis*, 144: 7–32.
- Phillips, S.; Anderson, R. & Schapire, R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231–259.
- Pliscoff, P. & Fuentes-Castillo, T. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 48: 61–79.
- Ramírez, J. 1964. Investigación preliminar sobre biología ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. Venezuela, 16: 54–77.
- Riahi, K.; Rao, S.; Krey, V.; Cho, Ch.; Chirkov, V.; Fischer, G.; Kindermann, G.; Nakicenovic N. & Rafaj, P. 2011. RCP 8.5 A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. *Climatic Change*, 109: 33–57.
- Rissler, L. & Apodaca, J. 2007. Adding more ecology into species delimitation: ecological niche models and phylogeography help define cryptic species in the black salamander (*Aneides flavipunctatus*). *Systematic Biology*, 56: 924–942.
- Scheldeman, X. & Van Zonneveld, M. 2011. *Manual de capacitación en análisis espacial de diversidad y distribución de plantas*. Bioersivity International. Italia.
- Thomson, A.; Calvin, K.; Smith, S.; Kyle, G.; Volke, A.; Patel, P.; Delgado-Arias, S.; Bond-Lamberty, B.; Wise, M.; Clarke, L. & Edmonds, J. 2011. RCP4.5: A pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109: 77–94.
- Van Vuuren, D.; Stehfest, E.; Den Elzen, J.; Kram, T.; Van Vliet, J.; Deetman, S.; Isaac, M.; Goldewijk, K.; Hof, A.; Mendoza, A.; Oostenrijk, R. & van Ruijven, B. 2011. RCP2.6: exploring the

possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. *Climatic Change*, 109: 95–116.

Webb, D.; Wood, P. & Smith, J. 1984. *A guide to species selection for tropical and subtropical plantations*. Oxford. Commonwealth Forestry Institute.

Zunino, M. & Zullini, A. 2003. *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica. Sección de Ciencia y Tecnología, México.

Received June 17, 2015.  
Accepted September 18, 2015.