

# APLICACIÓN DE LA MODELIZACIÓN PREDICTIVA DE LA DISTRIBUCIÓN DE 10 ESPECIES VEGETALES EN EL PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

Cristhian Aguirre-Mendoza\*<sup>1</sup>

Claudia Chamba-López\*<sup>2</sup>

\*Egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad nacional de Loja.

<sup>1</sup>crsthian.aguirre@gmail.com

<sup>2</sup>mariclau\_986@hotmail.com

## RESUMEN

Se estudió la aplicación de modelos predictivos para conocer los cambios que pueden ocurrir en la distribución espacial de especies nativas de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Para ello se utilizó herramientas informáticas (IDRISI Taiga versión 16.04). Para lo cual se usaron datos climáticos y topográficos. Entre los datos climáticos se usó información relacionada con la temperatura y precipitación, los cuales fueron generados a partir de la base de datos worldClim, y los topográficos fueron generados a partir de estudios anteriores realizados en la zona de estudio. Como resultados de este estudio se pudo determinar que los cambios de temperatura y precipitación pueden alterar significativamente la distribución natural de las especies, en todas las 10 especies estudiadas. Por ejemplo la especie *Valeriana necrophylla* experimenta un cambio en su distribución del 1.4% a 0.2% de todos los páramos del PNP. Concluyendo que procesos de modelamientos, puede ser herramientas útiles para puede ser usados no solamente para conocer el cambio de las especies, sino también pueden ayudar a diseñar estrategias de adaptación al cambio climático.

Palabras claves. Paramos del PNP, Cambio climático, Modelos predictivos, distribución de especies, Sistemas de Información Geográfica.

## Abstract

We studied the application of predictive models for changes that may occur in the spatial distribution of species native to the paramos of the Podocarpus National Park. For this, we used the information tools (e.g., IDRISI Taiga version 16.04), used for topographic and climatic data. Among the climatic data we used information relating to temperature and precipitation, which were generated from the WorldClim database, and the topographical data were generated from previous studies in the study area. As results of this study we determined that changes in temperature and precipitation can significantly alter the natural distribution of species in all 10 species studied. For instance *Valeriana microphylla* showed a change in distribution from 1.7% to 0.2% of all paramo. Concluding that process model can be useful tools can be used not only to know the change of species, but also may help design adaptation strategies to climate change.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se está produciendo un desarrollo muy importante en las técnicas aplicadas a la generación de modelos de distribución de especies, gracias a la amplia oferta de lenguajes de programación, la amplia difusión de información geoespacial y el desarrollo de las técnicas SIG. Los modelos resultantes de estas técnicas se están mostrando eficaces para establecer planes de conservación, buscar nuevas localizaciones de especies raras y amenazadas, avanzar en la comprensión de los patrones espaciales de la biodiversidad, o evaluar el impacto del cambio global sobre la distribución de los organismos (Guisan *et al.* 2006, Benito de Pando *et al.* 2007).

Según Hannah (2003) las salidas de información producidas por los modelos de clima regional pueden ser usadas en modelos de proyección de impacto en la biodiversidad, dado que sustituyen el factor tiempo en un determinado espacio a nivel de especies y sus nichos. Estos modelos usan los ámbitos de tolerancia al clima actual de las especies para inferir los posibles cambios en la distribución debidos a las alteraciones climáticas. Las herramientas más utilizadas incluyen los modelos de clima global, regional, modelos de equilibrio dinámico de la vegetación, modelos bioclimáticos para especies y análisis de sensibilidad en sitios específicos.

Los modelos de distribución de especies indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad Ferrier y Guisan (2006), calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores. Estos modelos permiten optimizar el trabajo de campo y enfocar las actividades en áreas más pequeñas, conociendo que esas cumplen con ciertas características (Habitat Models 2005), y así mismo excluir muchas áreas con poco o nulo potencial de estar ocupados por la especie.

La presente investigación forma parte del proyecto Monitoreo del Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad de Ecosistemas de Páramo en el Parque Nacional Podocarpus (MICCAMBIO) el mismo que está vinculado con el proyecto GLORIA y cuyo propósito es establecer sitios permanentes a largo plazo para generar información que fundamente el entendimiento del cambio climático y facilite el estudio comparativo de sus impactos en la biodiversidad de los ecosistemas de páramo con otras regiones de los Andes (Aguirre 2008).

El objetivo de este artículo es dar a conocer la distribución geográfica futura de 10 especies de plantas vasculares del páramo del PNP e indagar de qué manera los factores climáticos afectarían su presencia y ausencia en el futuro.

## **MÉTODOS**

### **Área de investigación**

La investigación se desarrolló en los páramos del PNP, ubicado en la región sur del Ecuador. El PNP tiene una superficie de 146 280 hectáreas, dentro de un rango altitudinal entre 1 000 y 3 600 msnm, en las provincias de Loja y Zamora.

### **Selección de especies indicadoras de cambio climático**

En primer lugar se realizó la selección de especies indicadoras de cambio climático (EICC), esta selección se hizo tomando como referencia la línea base florística generada por Eguiguren y Ojeda (2009) como parte de la primera fase del Proyecto MICCAMBIO, y en base a ello se seleccionó 10 especies de acuerdo a los siguientes criterios:

- (1) Especies con elevada densidad dentro del páramo
- (2) Especies con mayor dominancia en los páramos
- (3) Especies presentes en las tres cimas
- (4) Especies semileñosas o leñosas longevas
- (5) Especies que se encuentren en mal estado de conservación.

### **Distribución potencial actual de las especies**

Se utilizaron los mapas de distribución actual de cada una de las 10 EICC respectivamente generadas. Estos mapas están contruidos en formato raster con una resolución espacial de un kilómetro (variable dependiente).

### **Generación de una base de datos medioambiental**

La base de datos, fue generada en base a dos tipos de información. Por un lado se utilizó los datos climáticos, especialmente temperatura y precipitación de las proyecciones del clima futuro, existentes en la base de datos WorldClim con el modelo de circulación general HadCM3

escenario A2a, de 1 km<sup>2</sup> de resolución para el 2020 (Tyndall Center 2005); también se usaron la temperatura máxima, mínima y la precipitación generadas en WorldClim, estos datos fueron adaptadas para la zona de estudio mediante el módulo Macro de IDRISI Taiga 16.04. En segundo lugar se procedió a construir un modelo de pendientes del terreno elaborado en ArcGIS 9.3 con datos primarios (variables independientes), las cuales fueron generadas en proyectos anteriores (Programa Podocarpus 2004).

Se eligió el escenario A2a, en razón que representa una proyección de mayores emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC 2002). Bajo este escenario se proyecta que la temperatura tendrá un aumento generalizado entre 0,5 y 2°C, mientras que la precipitación se comportara con una tendencia generalizada de disminuciones leves.

### Modelo de distribución de las especies

Para la generación de los mapas de potencial distribución para cada una las especies indicadoras de cambio climático, se usó herramientas informáticas (IDRISI Taiga versión 16.04), con el modelo matemático de distancia de Mahalonobis aplicado para la generación de la distribución potencial de las especies (ver figura 1), con la diferencia que para este modelamiento se usaron datos de temperatura y precipitación proyectados para el año 2020, los mismos que fueron obtenidos con el Modelos de Circulación General HadCM3 escenario A2a de la base de datos WordlClim.

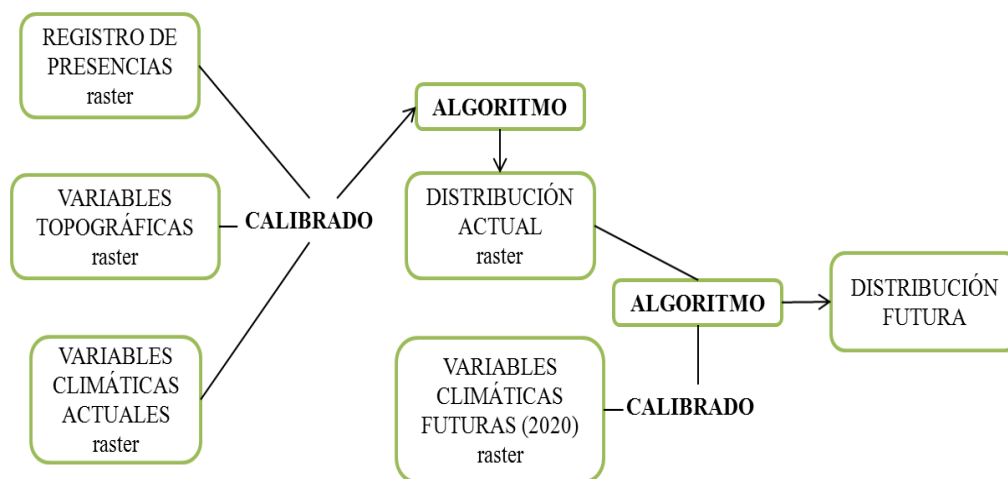


Figura 1: Diagrama del modelo conceptual usado para la generación de los mapas predictivos para cada una de las especies en el páramo del PNP.

## RESULTADOS

Como puede observarse en la figura 2, el modelo de distribución actual de las especies se uso como base para generar las proyecciones para el 2020, dicho modelo refleja su credibilidad en función de las variables explicativas utilizadas. Además estos modelos permiten conocer ciertos patrones generales de distribución los mismos que se mencionan a continuación: i) En general, no existe un patrón definido de la distribución de las especies estudiadas para los páramos sur orientales del PNP. ii) Especies como: *Arcytophyllum setosum*, *Disterigma empetrifolium*, *Escallonia myrtilloides*, *Miconia dodsonii*, presentan un patrón agrupado, con amplia distribución en la dirección norte-sur. iii) *Bomarea brachysepala*, *Ilex myricoides*, *Vaccinium floribundum*, *Weinmannia fagaroides*, en cambio presentan un patrón aleatorio con amplia distribución en todo el páramo del PNP. iv) Dos especies: *Chusquea neurophylla* y *Valeriana microphylla* tienen un patrón agrupado, con distribución restringida a dos sectores Cajanuma y El Tiro del páramo del PNP.

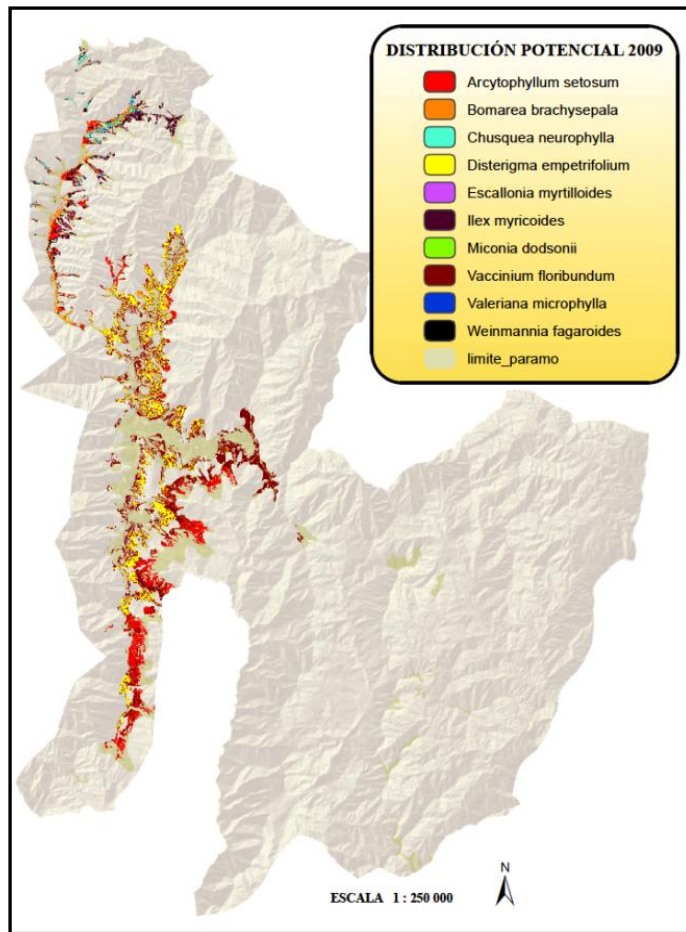


Figura 2: Distribución actual de las especies indicadoras de cambio climático del páramo del PNP

El impacto del cambio climático sobre la biodiversidad es evidente en las respuestas individuales de las especies, las cuales tendrán tres opciones: tolerar las alteraciones climáticas, desaparecer o cambiar su distribución geográfica. El cambio climático no afectará a todas las especies de igual forma, algunas serán más propensas a la extinción, particularmente aquellas con limitados rangos climáticos, requerimientos restringidos de hábitat y dificultades para regenerarse. Por ejemplo *Chusquea neurophylla* y *Valeriana microphylla* tienen un rango de distribución restringido por lo que son más vulnerables al cambio climático. En general los modelos elaborados en este estudio evidencian pérdida del área de ocupación de las especies estudiadas como se puede observar en la figura 3.

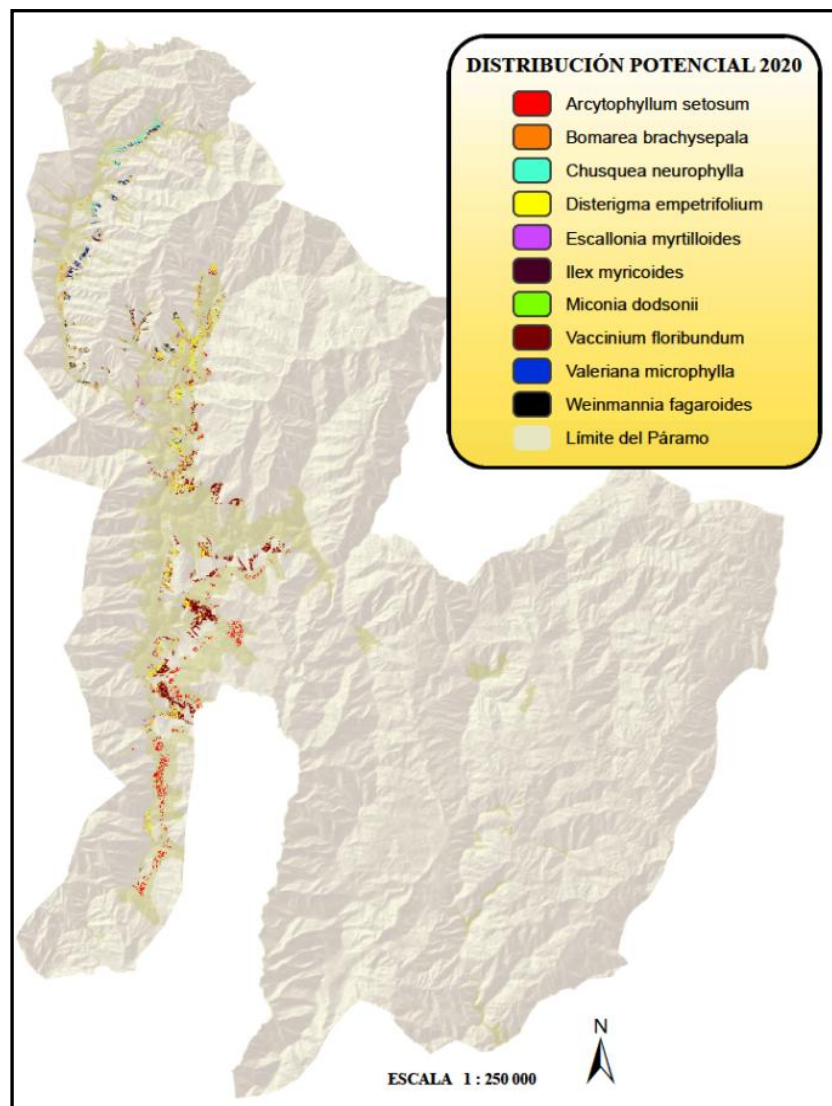


Figura 3: Distribución futura (2020) de las especies indicadoras de cambio climático del páramo del PNP.

En la figura 4 se presenta el cambio de distribución de las ante el cambios en la temperatura y precipitación, en proporciones diferentes en función de la especie.

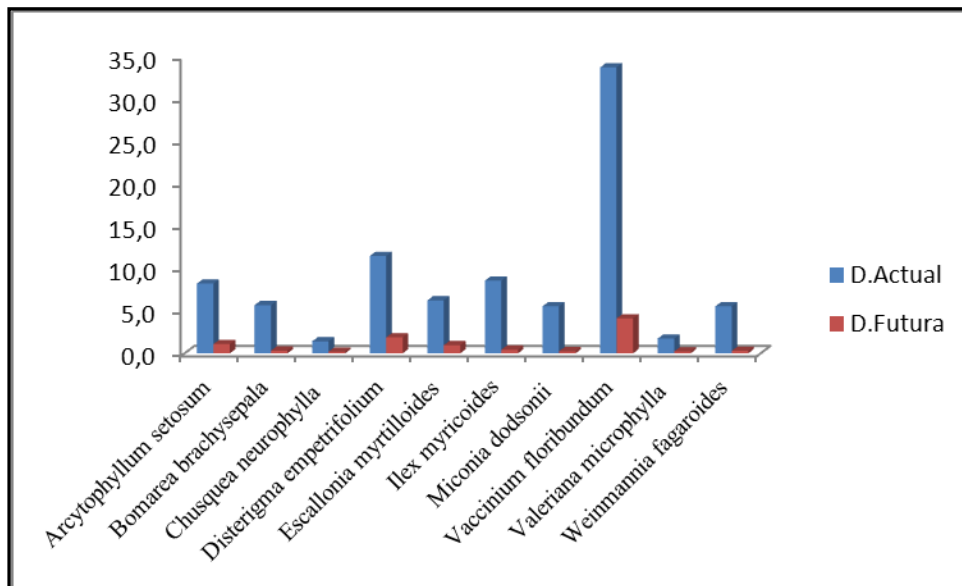


Figura 4: Porcentajes de ocupación de las especies: Distribución actual con un promedio de temperatura de 11,2 °C y 102,2 mm para un periodo de 50 años, ocupando un área de distribución que borde 88,2 % del territorio del páramo del PNP. Distribución futura con un aumento promedio de temperatura y precipitación de 12.8 °C y 110 mm ocupando un área de distribución de 9,8 % del páramo del PNP.

## DISCUSIÓN

Al analizar los cambios proyectados por las especies del páramo del PNP, relacionado con la distribución y superficie en términos porcentuales, se tiene que para el año 2020 las especies más impactadas serán *Chusquea neurophylla*, *Valeriana microphylla*, y *Miconia dodsonii*, las cuales podrían disminuir del 8,7 % al 0,6 % de área de ocupación en el territorio del páramo.

Por otro lado, todas las 10 especies presentan tendencias a disminuir sus tamaños de poblaciones, por lo tanto, posiblemente puedan ocasionar una degradación de los páramos del PNP y en un futuro podría ocasionar su desaparición. Esta tendencia concuerda con los resultados obtenidos por Jiménez (2009) quien menciona que uno de los ecosistemas con mayores cambios como resultado del cambio climático corresponde al páramo; por su parte Enquist (2002) llegó a

concluir que los ecosistemas que están ubicados a mayores altitudes son más sensibles a incrementos en la temperatura que a incrementos o disminución en la precipitación.

Finalmente, la desaparición de las especies está estrechamente vinculada a los efectos del calentamiento global, en razón que las diferentes especies no están preparadas para adaptarse y sobrevivir a estos cambios (Verela 2009). Esta condición puede complicarse en razón que los cambios en los ecosistemas pueden ocurrir con rapidez. Condición que concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación donde todas las 10 especies evidencian disminuciones en su distribución geográfica.

## **CONCLUSIONES**

Las técnicas de modelización mediante un algoritmo de solo presencia, permiten obtener la distribución de la entidad modelada con un alto grado de precisión.

En base a las diferencias en los valores de temperatura y precipitación, se estima que las especies más afectadas en el páramo del PNP son: *Chusquea neurophylla*, *Valeriana microphylla*, y *Miconia dodsonii*, las cuales podrían disminuir del 8,7 % al 0,6 % de área de ocupación en el territorio del páramo.

A partir de modelos predictivos es posible confeccionar mapas de riesgos que pueden favorecer las labores de identificación de amenazas y conservación de especies en peligro

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer la financiación de esta investigación al Centro de Estudios y Desarrollo de Amazonía CEDAMAZ de la Universidad Nacional de Loja. Agradecemos igualmente a Nikolay Aguirre, Zhofre Aguire y Emmanuelle Quentin, por sus invaluables aportes para la realización de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre N. (2008) Proyecto para monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de páramo en el Parque Nacional Podocarpus, Provincia de Loja, Ecuador (MICCAMBIO). Universidad Nacional de Loja, Ec.
- Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. (2007): “Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica”, Unidad de Conservación Vegetal, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avda. Severo Ochoa, C.P. 18071, Granada, España. 119p.
- Eguiguren P y Ojeda T. (2009). Línea Base para el Monitoreo a largo Plazo del Impacto del Cambio Climático, sobre la Diversidad Florística en una Zona Piloto del Ecosistema Paramo del Parque Nacional Podocarpus. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Forestal. 101p.
- Ferrier, S., Guisan, A. (2006): “Spatial modelling of biodiversity at the community level”, *Journal of Applied Ecology*, 43, pp. 393-404.
- Guisan, A., Broennimann, O., Engler, R., Vust, M., Yoccoz, N.G., Lehmann, A., y Zimmermann, N.E. (2006): “Using niche-based models to improve the sampling of rare species”, *Conservation Biology*, 20, 2, pp- 501-511.
- Habitat models (2005) EcoModels/habmodel. disponible en [www.esd.ornl.gov/programs/SERDP/](http://www.esd.ornl.gov/programs/SERDP/)
- Panel Intergubernamental de expertos sobre cambio climático – IPCC- (2002) Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC. Eds. H. Gitay; A. Suárez; RT. Watson; DJ.Dokken. 85 p.
- Tyndall Center (2005) Climate data are available from different sources and in different resolutions. This dataset is freely available for academic and other non-commercial use. Redistribution or commercial use is not allowed without prior permission. Climate data. disponible en [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org). (Consultado 07.15.09).
- Hannah, L. 2003. Regional Biodiversity Impact Assessments for Climate Change, A Guide for Protected Area Managers. In Hansen, LJ; Biringer, JL; Hoffman, JR. eds. *Buying Time: A user’s Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*. WWF. p 235-244.
- Programa Podocarpus (2004) Sistema Microregional de Conservación Podocarpus. Tejiendo (micro) corredores de conservación hacia la cogestión de una Reserva de Biosfera Cónдор – Podocarpus. Soluciones gráficas D&G Cía. Ltda. Loja – Ecuador. 151pp.
- Jiménez M. (2009) Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. Tesis para optar por el grado de: Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y biodiversidad. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación a la Escuela de Posgrado del CATIE. Turrialba – Costa Rica. 140 p.

Enquist C.A.F (2002) Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution diversity of tropical forest in Costa Rica. *Journal of Biogeography* no.29:519-534.

Verela S (2009) Extinción de especies a causa del cambio climático. Disponible en [www.elblogverde.com/extincion-de-especies-a-causa-del-cambio-climatico](http://www.elblogverde.com/extincion-de-especies-a-causa-del-cambio-climatico). (Consultado 03-02-2010).