

**Proyecto final:** Modelado de distribución potencial de dos especies de ardillas en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas

**Autor:** M. en C. J. Vladimir Rojas Sánchez

**Introducción:** La coexistencia de especies depende de la partición de nicho por alimento y espacio. La competencia en especies emparentadas es mayor debido a la similaridad de rasgos y requerimientos ecológicos. Estudiar los procesos involucrados puede proveer información sobre los factores involucrados en su coexistencia. En virtud de que los ambientes antropizados generan variabilidad ambiental, se esperan diferencias en la asociación de las ardillas con las características del hábitat.

**Antecedentes:** La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (RBLT) alberga dos especies de ardillas congéneres, *Sciurus aureogaster* y *S. deppei*. Mientras *S. aureogaster* es conocida por ser una especie generalista, ya que comunmente habita áreas antropizadas (Koprowski *et al.* 2017), *S. deppei* tiene una mayor afinidad con sitios más conservados (Best 1995). Otro aspecto importante en su uso diferencial del espacio es el hecho que mientras *S. aureogaster* en la región es estrictamente arborícola (Coates-Estrada y Estrada, 1986), *S. deppei* es adepta a forrajear tanto a nivel de piso como en el dosel (Coates-Estrada y Estrada; Flores-Martínez *et al.*, 2021). Lo anterior propicia a que haya una relación más estrecha entre la altura del dosel y *S. aureogaster* respecto a *S. deppei* (Rojas-Sánchez *et al.*, 2025). En contraparte *S. deppei* tiene una mayor afinidad con la altitud de la región (Rojas-Sánchez *et al.*, 2025), lo cual se asocia con el hecho de que las partes altas de la RBLT, son aquellas que contienen los sitios más conservados (Von Thaden *et al.*, 2020). Por lo anterior, tanto la altura del dosel, como la elevación son calificadas como variables importantes en la presencia de sciuridos en la RBLT. Considerando a la RBLT como un área que reúne diferentes niveles de antropización, así como características topográficas variadas (Von Thaden *et al.*, 2020), el modelado de la distribución potencial de ambas especies, representa un ejercicio interesante para desarrollar este tipo de análisis a pequeña escala.

**Materiales y desarrollo del ejercicio:** Los registros de presencia de las especies se obtuvieron de dos fuentes, en primer lugar un set de datos derivado de un proyecto de fototrampeo arbóreo realizado en la zona núcleo 1 de la RBLT (ocho registros/sitios para *S. aureogaster* y 10 para *S. deppei*). Así mismo, se descargaron los datos de ambas especies a través del paquete *rgbif* en R, los cuales se filtraron aquellos fuera de la extensión de la RBLT (49 registros para *S. aureogaster* y 39 para *S. deppei*). Los primeros fueron usados como datos de validación y los subsecuentes de calibración.

Se descargaron tres tipos de capas, en primer lugar las relacionadas a las variables bioclimáticas de Worldclim a una resolución de 30 arco segundos, así mismo, como el Modelo Digital de Elevación para México a través de 15 arco segundos con el paquete *geodata* en R. Finalmente se descargó a través de AWS una capa de altura del dosel desarrollado por Meta AI a una resolución de 1 metro. Todas las capas fueron reproyectadas

al sistema de coordenadas EPSG:4326.y cortadas a la extensión de la RBLT con los paquetes *sf* y *terra* en R.

Para correr los primeros análisis, se ajustaron las resoluciones de las capas del DEM y del dosel a la de las variables bioclimáticas para que todos los rasters tuvieran las mismas dimensiones. Los mismos fueron exportados a formato ASCII, y en conjunto con los datos de calibración y validación de cada especie se ingresaron a Maxent.

**Ejercicio 1.** En un primer momento, se corrió múltiples veces el programa ajustando tanto el multiplicador de regularización, como las features. Sin embargo, aunado a la baja resolución de los mapas debido al tamaño de pixel de la capa de datos bioclimáticos, se observó que las variables de altura del dosel, y elevación, resultaban ser las de mayor aportación en el análisis de contribución de variables (Figura 1).

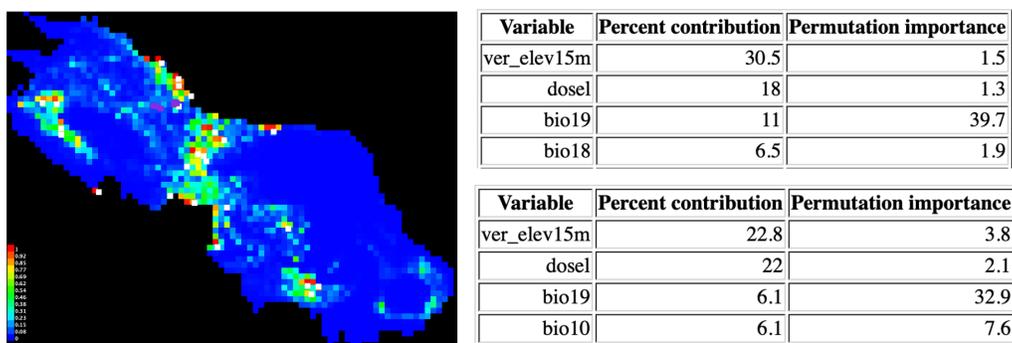


Figura 1. Mapa derivado del análisis utilizando los tres tipos de capas (bioclimáticas, DEM, y de altura del dosel), así como tablas del análisis de contribución de variables.

Lo anterior, en conjunto con los antecedentes que respaldan la importancia de tales tipos de variables sobre las especies en cuestión, se decidió hacer un segundo ejercicio utilizando únicamente las capas del DEM y de altura del dosel. Antes de correr Maxent, se reajustó la capa de altura del dosel para igualar la resolución de la capa del DEM.

**Ejercicio 2.** Similar a lo observado en los ejercicios realizados en la Tarea 4, al correr el programa el ajuste tanto del multiplicador de regularización así como de las features utilizadas tiene una fuerte influencia sobre los mapas obtenidos. De tal forma, después de varias repeticiones se llegó a la conclusión de que un valor de 0.1 en el multiplicador de regularización permitía discriminar en los mapas más detalles. Así mismo, se corrieron pruebas utilizando una sola feature, o varias al mismo tiempo. Se probaron también aquellas como la de threshold y hinge features, y a pesar de que los resultados eran interesantes no se seleccionaron debido a que el output era muy distinto a lo comprendido en clase.

Finalmente la combinación Linear y Quadratic features con un multiplicador de 0.1 fue el que resultó ser el más favorable, y se aplicó para ambas especies (Figura 2).

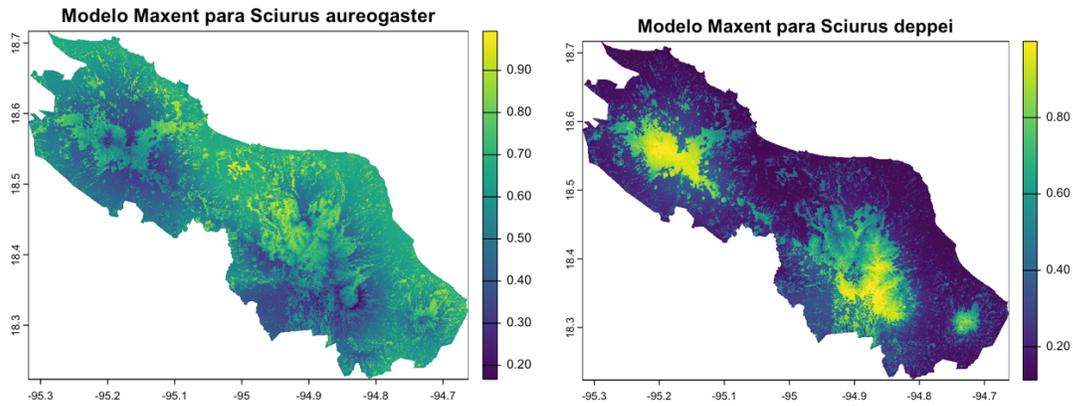


Figura 2. Mapas de distribución potencial para *S. aureogaster* (izquierda) así como para *S. deppei* (derecha) dentro de la RBLT.

Respecto al método utilizado para definir la binarización de los mapas resultantes se evaluaron diferentes aspectos. Por ejemplo, a pesar de que se encontró que varias reglas presentaban una tasa de omisión nula o extremadamente baja, el porcentaje de área descrita era demasiado alto, llegando a valores desde 0.8 hasta 0.9. En contraparte, también se encontraron algunos casos con áreas descritas bajas, pero tasas de omisión de hasta el 80%. Por lo anterior en el caso de *S. aureogaster* se utilizó la regla de *10 percentile training presence* que arrojó un área predicha de 0.615 y una tasa de omisión del 9.7% en los datos de entrenamiento. En el caso de *S. deppei* se aplicó la regla de *Maximum test sensitivity plus specificity* la cual predijo un área de 0.347 con una tasa de omisión del 20% en los datos de entrenamiento y del 10% en los datos de validación (Figura 3).

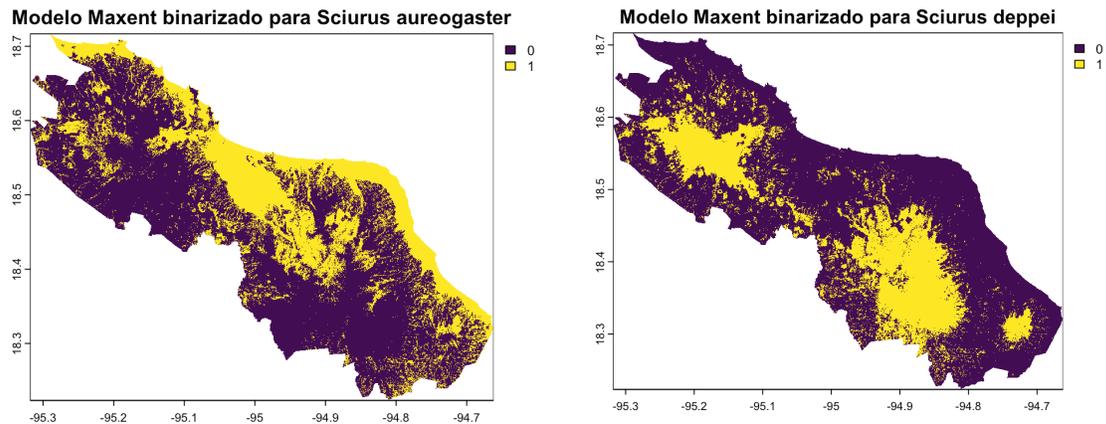


Figura 3. Mapas binarizados de distribución potencial para *S. aureogaster* (izquierda) así como para *S. deppei* (derecha) dentro de la RBLT.

**Interpretación de los resultados.** Tanto el DEM como la altura del dosel resultaron ser variables útiles para hacer un análisis exploratorio de la distribución de las especies de ardillas en la RBLT. Lo anterior debido a que como la literatura señala, estas especies tienen rasgos característicos que las hacen ocupar de manera diferencial su espacio. La flexibilidad

de *S. aureogaster* para ocupar sitios tanto sitios con cobertura original como antropizados (Koprowski *et al.* 2017) se hace manifiesta en su mapa de distribución potencial (Figura 2), en el cual se puede observar valores intermedios en su probabilidad de ocupación en la mayoría del área. En contraparte, *S. deppei* presenta un mapa con valores más contrastantes, en los cuales sitios correspondientes a áreas destinadas a la agricultura o la ganadería arrojan valores bajos de probabilidad de ocupación. Así, esta especie, al tener requerimientos más estrictos en cuanto a la integridad de su hábitat (Best, 1995), tiene mayor afinidad con regiones con la mayor cobertura vegetal original, que dicho sea paso, están recluídas en los sitios más altos de la región de Los Tuxtlas (Von Thaden *et al.*, 2020).

Tales diferencias en la ocupación del hábitat también es observable en los mapas binarizados, donde una vez más se puede observar que los sitios más elevados son aquellos donde se podría esperar la presencia de *S. deppei*, mientras que las zonas más bajas y costeras, parecen ser más idóneas para la presencia de *S. aureogaster* (Figura 3).

**Consideraciones.** Si bien, la información obtenida resulta interesante, es importante resaltar que existen diversos componentes del modelo Maxent que debido a la falta de familiaridad no fueron tomados en cuenta propiamente. Un ejemplo de ello es la utilización de ciertos features, que al ser implementados mostraban mapas interesantes. Así mismo, el integrar únicamente dos variables, resulta evidente que existen otros factores relacionadas con las características del hábitat en la región que no están siendo consideradas. Por ejemplo, en cierto punto del proyecto se evaluó incorporar métricas como la cobertura vegetal, la distancia al borde antrópico más cercano, y la distancia a asentamientos humanos dentro de los modelos. Si bien, la cobertura y la distancia al borde pudieron ser calculados para todos los puntos de presencia de ambas especies, la delimitación de criterios como su evaluación en buffers, o el como incorporarlos en un mapa que pudiera ser incluido en Maxent, son cuestiones que requerirán más tiempo. A pesar de tales limitaciones, el ejercicio parece ser adecuado para los fines prácticos del curso, por lo que la incorporación de análisis vistos en clase en las últimas sesiones, seguramente nutrirá sustancialmente este proyecto.

### **Literatura citada.**

Best, T. L. 1995. "*Sciurus deppei* (Rodentia: Sciuridae)." Mammalian Species 505: 1–5.

Coates- Estrada, R. I., and A. Estrada. 1986. "Manual de identificación de campo de los mamíferos de la Estación de Biología "Los Tuxtlas." Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Flores- Martínez, J. J., R. Coates, V. Sánchez- Cordero, *et al.* 2022. "Spatiotemporal Coexistence of Mesopredators and Their Prey in a Defaunated Neotropical Rainforest." Tropical Conservation Science 15:194008292210842.

Koprowski, J. L., A. Nieto- Montes De Oca, G. H. Palmer, N. *et al.* 2017. "*Sciurus aureogaster* (Rodentia: Sciuridae)." Mammalian Species 49, no. 951: 81–92.

Rojas-Sánchez, J. V., Coates, R. I., Sánchez-Cordero, *et al.* 2025. "Diversity and abundance of the species of arboreal mammals in a Tropical Rainforest in southeast Mexico". Ecology and Evolution 15:e70812.

Von Thaden, J. J., J. Laborde, S. Guevara, and P. Mokondoko- Delgadillo. 2020. "Dinámica de los cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (2006- 2016)." Revista Mexicana de Biodiversidad 91: 913190.