

Introducción

Myioborus miniatus es un ave passeriforme que habita en las montañas neotropicales, con una distribución discontinua que va desde el sur de México hasta el norte de Argentina. Esta especie ocupa altitudes que van entre los 1,000 y 3,500 metros, en bosques nubosos, húmedos y de montaña media. Hasta la fecha se reconocen doce subespecies, las cuales presentan diferencias en detalles de coloración del plumaje, tamaño corporal y preferencias de microhábitat.

La presencia de doce subespecies sugiere que, a lo largo de su rango geográfico, *M. miniatus* ha experimentado procesos de aislamiento y adaptación local. Entender cómo ha evolucionado su nicho ecológico es clave para explicar esta diversificación. Como primer paso, en este estudio proponemos evaluar la evolución del nicho de *M. miniatus* mediante modelos basados en elipsoides ambientales. Compararemos su nicho actual con escenarios climáticos pasados para identificar patrones de expansión, contracción o estabilidad en su área de distribución y así comprender las respuestas de la especie a cambios ambientales y geográficos.

Objetivo

- Evaluar la evolución del nicho ecológico de *Myioborus miniatus* comparando su distribución actual con la del Último Máximo Glaciar (LGM por sus siglas en inglés) (ca. 21 ka).

Metodología

Para llevar a cabo el modelado del nicho ecológico de *Myioborus miniatus* se recopilaron 179 registros de presencia: 126 para calibrar los modelos y 53 para validarlos. Cada punto de ocurrencia se delimitó a un área de calibración definida por un buffer de 300 km de radio, asegurando que el entorno ambiental analizado coincidiera con la zona realmente accesible para la especie. Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas de CHELSA v1.2 (2019) a 5 min de arco; tanto para modelar el nicho actual como para reconstruir el nicho durante el Último Máximo Glaciar (LGM). Tras evaluar correlaciones y la importancia de cada variable, se seleccionaron cinco parámetros clave: temperatura media anual (bio1), isothermalidad (bio3), temperatura máxima del mes más cálido (bio5), precipitación anual (bio12) y precipitación del mes más seco (bio14).

El modelado se realizó con el paquete Ntbox en R, aplicando la técnica de elipsoides ambientales. Para cada uno de los dos escenarios: actual y LGM, se exploraron todas las combinaciones posibles de dos a cinco de las variables seleccionadas. Se fijó una tasa de omisión de 0.05 y se evaluó el desempeño de cada réplica mediante ROC parcial. Con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados, cada combinación se repitió 100 veces.

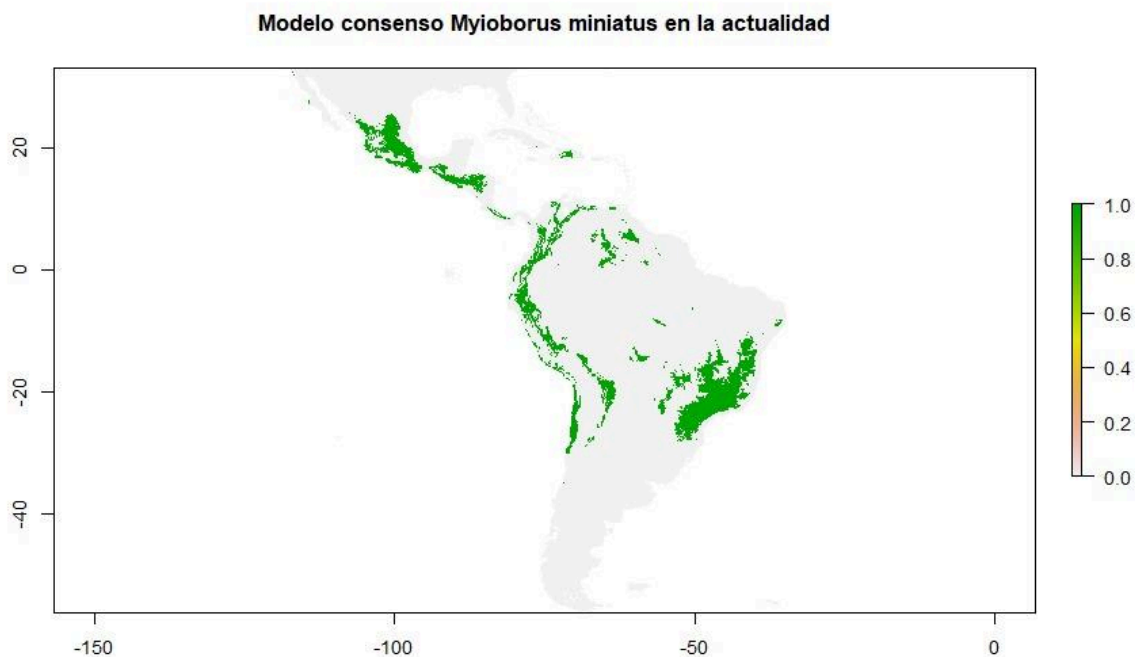
Con los resultados de estas réplicas, se utilizó el percentil 10 de las probabilidades predichas como criterio de selección de los mejores modelos. A partir de las réplicas elegidas se construyó un modelo consenso, el cual se binarizó usando el mismo umbral del percentil 10 para obtener mapas de presencia/ausencia comparables entre ambos periodos.

Finalmente, se superpusieron los mapas binarizados del presente y del LGM para identificar las zonas de expansión, contracción y estabilidad del nicho geográfico de *M. miniatus*. En paralelo, se calcularon los volúmenes de los elipsoides en el espacio ambiental y se cuantificó su grado de solapamiento, permitiendo así medir la magnitud y dirección de los desplazamientos del nicho ecológico a lo largo del tiempo.

Resultados:

Figura 1

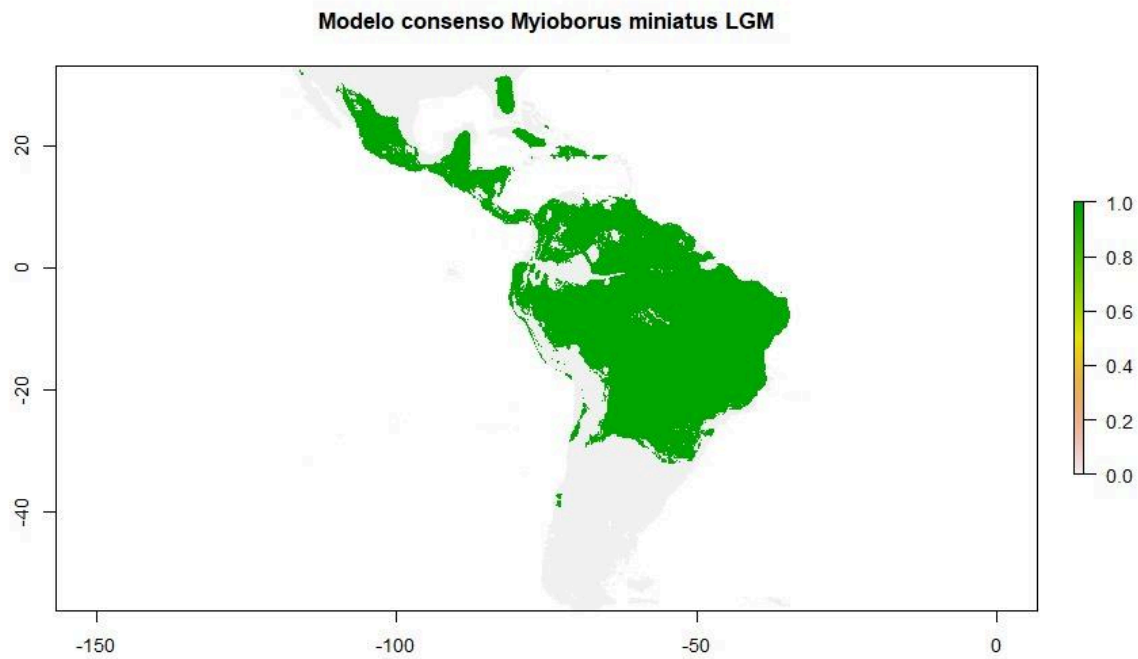
Modelo consenso en el presente de Myioborus miniatus



La figura presenta el modelo consenso de distribución potencial de *Myioborus miniatus* en la actualidad. Se aprecia una ocupación discontinua a lo largo de los sistemas montañosos neotropicales, desde el norte de México hasta el norte de Argentina, coherente con la preferencia de la especie por bosques de gran altitud.

Figura 2

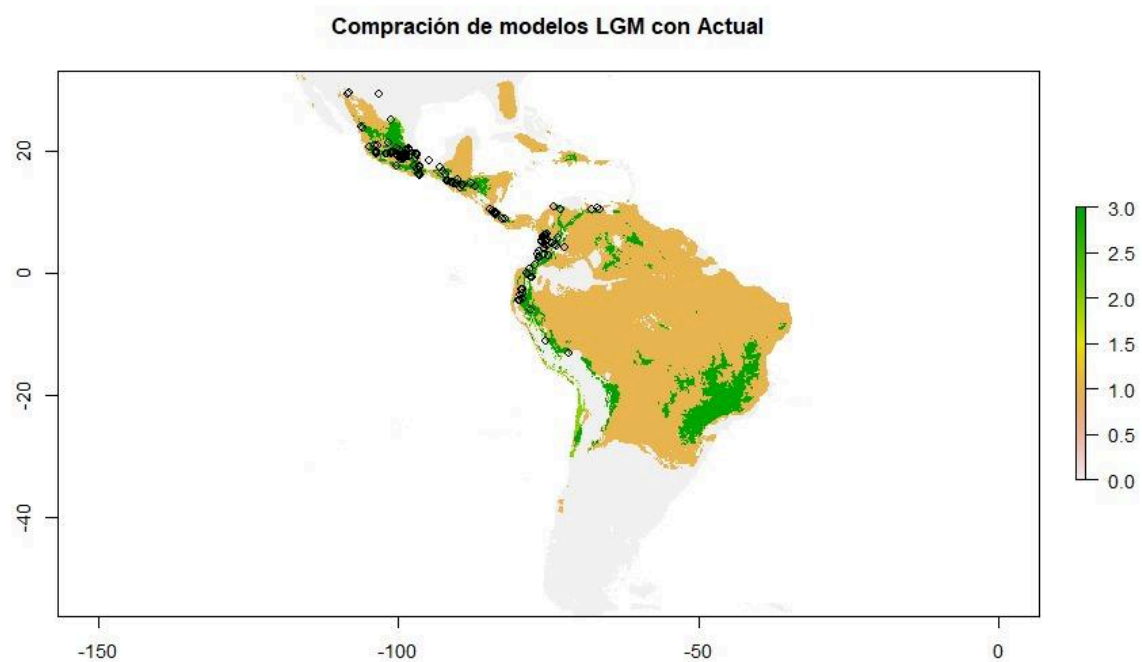
Modelo consenso de Myioborus miniatus durante el Último Máximo Glaciar (LGM)



La proyección muestra una extensión más amplia y continua que en la actualidad, abarcando no solo las montañas neotropicales, sino también regiones de tierras bajas como la Amazonía y la península de Yucatán. Este patrón evidencia un nicho potencial más homogéneo y expansivo en el pasado glacial.

Figura 3

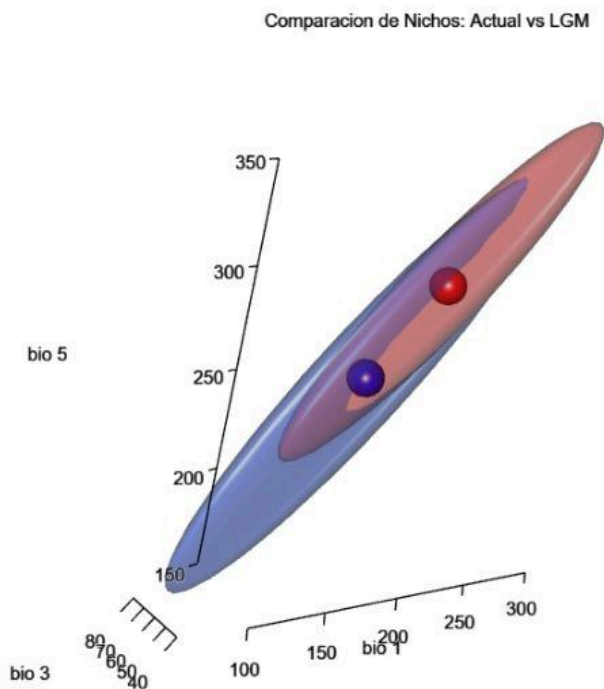
*Comparación de las distribuciones potenciales de *Myioborus miniatus* entre el LGM y la actualidad*



La superposición de ambos mapas revela que, durante el Último Máximo Glacial, el nicho ecológico de la especie era más continuo y abarcaba tanto montañas como

amplias zonas de tierras bajas. En contraste, el modelo actual muestra una distribución claramente más fragmentada, con pérdidas de hábitat en zonas bajas y una mayor estabilidad en las regiones montañosas.

Figura 4
Comparación de los nichos con las elipsoides



El elipsoide azul corresponde al nicho actual y muestra una expansión mayor, mientras que el elipsoide rojo representa el nicho durante el LGM, siendo más compacto y completamente contenido dentro del actual. Además, hay un desplazamiento del centroide desde el LGM hacia el presente, lo que refleja la ocupación de un rango más amplio de condiciones ambientales por *Myioborus miniatus*.

Discusión de resultados y conclusiones

Durante el periodo glaciario, *Myioborus miniatus* ocupaba un corredor continuo de bosques montañosos que se extendía desde el norte de México hasta el norte de Argentina. El clima frío y relativamente uniforme favorecía esa amplia conexión, de modo que la especie tenía acceso a un hábitat casi ininterrumpido.

En la actualidad, la retracción de los bosques y el aumento de la variabilidad climática han fragmentado ese corredor original en parches aislados de montaña, formando "islas" donde persiste la especie. Esta fragmentación ha obligado a las poblaciones a adaptarse a microclimas locales, lo que explica la diversidad de coloración y otros rasgos entre las subespecies. En conjunto, estos resultados muestran cómo los cambios en el clima y la cobertura forestal han dado forma tanto a la distribución actual como a la variedad biológica de *Myioborus miniatus*.