

Hornero 22(1):72–75, 2007

## SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE RAPACES

---

RODRÍGUEZ-ESTRELLA R Y BOJORQUEZ TAPIA LA (2004)  
*Spatial analysis in raptor ecology and conservation*.  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste  
y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso  
de la Biodiversidad, México DF. 212 pp. ISBN 968-  
5715-14-9. Precio: US\$ 95.00 (rústica)

---

Cuando me pidieron revisar este libro no dudé; sin embargo, reflexionaba sobre qué pensarían los estudiosos de las aves sobre mi intervención. Dos cosas saqué en claro a lo largo de la revisión. Por un lado, que debía tratar de que mi especialización en análisis espacial pueda ser aprovechada por los ornitólogos. Por el otro, me reencontré con los autores de quienes primero leí sobre Modelos Lineales Generalizados (GLM) y regresiones de asociación de la distribución de especies con el ambiente. ¡Habían sido ornitólogos! Por estos motivos pido al lector que intente soportar mi sesgo hacia el comentario sobre los modelos y tome mis críticas constructivamente.

El análisis espacial ha sido mencionado para infinidad de tipos de análisis, desde los más triviales (como, por ejemplo, cuántos puntos hay dentro de un polígono) hasta los más sofisticados. Este libro incluye una introducción general y nueve capítulos escritos por diferentes autores que tratan sobre estudios espaciales de aves rapaces, en algunos casos con un objetivo de conservación y, en otros, de estudio ecológico. El orden se ajusta a una complejidad creciente en el tipo de análisis, desde el simple uso de sistemas de información geográfica (SIG) como herramientas para manejar datos georeferenciados y mapas hasta métodos de regresión múltiple o árboles de decisión. Tiene un índice temático y las referencias bibliográficas divididas por capítulo. La presentación del libro es buena, con páginas plastificadas, fotos color en cada carátula de capítulo, figuras y mapas en color cuando es necesario.

En el primer capítulo los editores del libro describen por qué el uso de SIG resulta ideal

para los estudios de conservación de aves rapaces, mencionando la gran cantidad de información que existe y las cualidades de estas aves para ser usadas como indicadores de diversidad para la conservación. Queda claro en este capítulo que el objetivo del libro se limita a abarcar sistemas de información geográfica y rapaces, en vez de análisis espaciales y rapaces como menciona el título. Las citas bibliográficas me parecen muy pertinentes como para rastrear el análisis espacial de distribuciones de especies, aunque faltaría algo sobre modelado de nichos ecológicos<sup>1</sup>.

El segundo capítulo trata sobre la construcción de una base geográfica de datos en línea capaz de ser actualizada continuamente. El estudio se refiere al Águila de Cabeza Blanca (*Haliaeetus leucocephalus*) en Alaska y se describe el uso de geoposicionadores satelitales, SIG y la necesidad de un administrador para coordinar el monitoreo de los nidos de esta especie. Con esta técnica logran unificar la información histórica con aquella generada por diversos grupos y establecer protocolos estandarizados. Además, se evitaría que en monitoreos futuros se superpongan las zonas de estudio.

En el tercer capítulo se describe la distribución histórica en Panamá de una especie en peligro, la Harpía (*Harpia harpyja*), en relación a la cobertura de bosques, los asentamientos humanos y los establecimientos agro-ganaderos. La técnica usada para determinar las zonas prioritarias de conservación es la superposición de mapas digitales de avistajes con aquellos de las variables de interés. Los resultados indican que la deforestación, el aumento de tierras dedicadas a la agricultura y de la población humana se asocian a la declinación en la población de esta especie.

En el capítulo 4 se estudia la relación entre las zonas de vuelo del Buitre Común (*Gyps fulvus*) y del Águila Real (*Aquila chrysaetos*) con las corrientes ascendentes de aire. Aquí se incorporan al uso de SIG algunos procedi-

mientos más elaborados. Por un lado, se usan técnicas de interpolación para generar superficies de uso del hábitat: el área de estudio se representa con una grilla de celdas para cada una de las cuales hay información sobre uso del hábitat. Por otro lado, se construye un complejo y detallado modelo para describir la eficiencia térmica y las corrientes de aire. Los autores concluyen que existe una coincidencia marcada entre las zonas de mayor uso y las de corrientes ascendentes, aunque esto no se deduce tan claramente en las figuras.

El quinto capítulo trata sobre cuatro rapaces de bosque en España: *Hieraaetus pennatus*, *Circaetus gallicus*, *Accipiter gentilis* y *Buteo buteo*. Se usan datos de ocupación de parches por estas aves para probar tres modelos diferentes de metapoblaciones. Los modelos consideran tasas de colonización constante o dependiente del aislamiento de los parches y tasas de extinción dependientes del tamaño de los parches. Los datos incorporados al SIG sirven para calibrar los modelos con datos reales de campo. Se incorpora la información espacial de modo de ver la proporción de parches ocupados en función del tamaño de los parches y de la distancia a otros parches ocupados por la misma especie. Los resultados son interesantes, ya que muestran que la distancia entre parches y el aislamiento no influyen en la probabilidad de extinción, mientras que sí lo hace el área de los parches. Dado que el aislamiento afectaría la posibilidad de colonización, y que ésta está dada en mayor medida por la distancia de dispersión, no extraña que estas rapaces puedan minimizar los efectos del aislamiento con su capacidad de volar largas distancias.

Ya en el capítulo 6, con las lechucitas *Athene noctua* (Lechucita Europea) en Bélgica y con la conservación como objetivo, se realiza un trabajo impecable de asociación de la distribución de una especie al ambiente. En este caso pudieron realizar una estimación relativa de la población y, a la vez, determinar el hábitat preferido, identificando las variables que se encuentran asociadas a la distribución de la especie. Como ingrediente interesante se destaca que consideran varias escalas de asociación, punto importante ya que una misma especie en una misma área puede diferir en su asociación al ambiente según la

escala de estudio. La validación del modelo se realiza separando al principio grupos de datos para luego poder evaluar la capacidad predictiva de los modelos (alta, por cierto: por encima del 60%). Es el capítulo más largo del libro, con algunas tablas que podrían omitirse, pero valioso.

En el séptimo capítulo son protagonistas nuevamente las lechuzas de bosque, pero en Australia. También con la conservación en mente, se realiza un modelo de distribución en función del ambiente mediante regresión logística. Se consideran cuatro escalas espaciales usando diferentes radios alrededor de los puntos de presencia de las aves. Este procedimiento consiste en usar, por ejemplo, el promedio de una variable ambiental en un círculo alrededor del punto de presencia. Por ello, las diferentes escalas trabajan sobre las mismas variables ambientales. Otra opción podría ser utilizar variables cualitativamente diferentes respecto a la escala (e.g., a una escala la cobertura vegetal y a otra más detallada la composición específica). Respecto a los modelos, si bien hay predicciones para proponer áreas de protección, no se realiza la validación de los mismos.

El capítulo 8 trata sobre el Milano Real (*Milvus milvus*) en España. Se utilizan modelos lineales generalizables mixtos, técnicas muy actuales y versátiles. Utilizan dos escalas (como en el caso anterior, usando radios diferentes) e incorporan un término de correlación espacial (mediante el término de efecto aleatorio del modelo mixto). La importancia de la autocorrelación espacial en ecología es indiscutible hoy día; mientras que antes se consideraba que minaba los análisis estadísticos, actualmente se ha vuelto un tema en sí mismo. No se busca eliminar la correlación espacial sino entenderla, incorporarla al análisis, porque puede explicarnos funcionamiento o relaciones biológicas (interacciones) de interés. Volviendo al modelo, para la variable respuesta (presencia–ausencia de milanos) generaron al azar los puntos negativos; esto se hace comúnmente para lograr tener una variable respuesta dicotómica y no limitarse a modelos de presencia sola. Sin embargo, debo aclarar que los modelos de presencia sola están muy avanzados y logran, en ocasiones, mejores resultados (e.g., en trabajos de mo-

delado de nicho ecológico). En otra parte del análisis este trabajo deja claramente expuesta la necesidad de estabilidad de la distribución de la especie que se quiere modelar. En el último periodo de estudio hubo una disminución abrupta de la densidad, por lo que se encontró a los milanos indistintamente en áreas óptimas y subóptimas; esto cuestiona los parámetros de los modelos resultantes, ya que se supone que la distribución responde a necesidades de la especie y que identifica las zonas más propicias para ésta. Si la especie se distribuye indistintamente por el hábitat, el modelo se aproximará más a un resultado estocástico.

El penúltimo capítulo estudia la asociación de los hábitats de alimentación y de nidificación de varias rapaces en ambientes modificados por el hombre en el Mediterráneo. Es original para mí el planteo de conservar zonas intervenidas por el hombre desde tiempos inmemoriales, que solían tener pasturas y están cambiando a matorrales y bosques al ser abandonadas, poniendo en riesgo a especies animales. También son interesantes los resultados, ya que las distribuciones de estas rapaces son explicadas en gran parte por los ambientes intervenidos por el hombre. Respecto al modelo GLM de regresión múltiple, es escalonado (se agrega de a una variable por vez) y manual, una técnica más ardua que la automática pero también más conservadora y precisa. Para considerar la dependencia espacial se usan las coordenadas geográficas agregadas como variable explicativa en la regresión múltiple, lo cual puede quitar la dependencia referida a la posición absoluta, llamada "variación de gran escala" (e.g., gradientes) pero no la de escala chica o local, relacionada a la vecindad (mayor parecido de observaciones vecinas) y llamada "autocorrelación propiamente dicha". Lamentablemente, no se realiza validación externa de los modelos.

En el último capítulo se busca modelar la distribución de las rapaces en México. Para ello se comparan los modelos tradicionales de regresión logística con los árboles de decisión. El uso de imágenes satelitales para obtener los datos de variables explicativas se menciona, pero no creo que hoy día resulte una novedad, sino más bien una simplificación (económica

y de esfuerzo) de cómo obtener variables ambientales sobre las cuales realizar los modelos. Respecto a los árboles de decisión, pueden resultar mucho más precisos para predecir, como se ve en este trabajo. Sin embargo, a veces cuesta entender biológicamente el por qué de los puntos de corte seleccionados. En este capítulo se incorpora el uso de curvas ROC (siglas que provienen de Receiver's Operating Characteristic); estas curvas son ideales para elegir la probabilidad de corte en la función logística. Permite apartarse de la típica regla de ausencia para valores menores a 0.5 y presencia para los mayores o iguales. Además, posibilita elegir los puntos de corte más eficientes para clasificar los datos que generaron el modelo, o aún los datos de validación, ya que se puede decidir qué errores de clasificación son más importantes en nuestro estudio (e.g., proporción de falsos positivos o proporción de falsos negativos). Respecto al uso de Componentes Principales en lugar de las variables por separado para la Regresión Múltiple, es una técnica que intenta sobrellevar el problema de la colinealidad entre variables explicativas y, a la vez, disminuir el número de éstas en el modelo. En su contra se puede decir que es de difícil interpretación, que a veces no se obtiene una buena representación de la variabilidad con los primeros ejes (como en este trabajo) y que, además, está sujeto a la dicotomía de estandarizar (generando una relación equivalente entre variables, a veces ficticia) o usar la relación de "escala" que tienen los datos crudos (pudiendo algunas variables quedar eclipsadas por otras con mayor rango de variación).

Para finalizar, el libro da un panorama general y amplio de qué tipos de análisis se están realizando en temática de rapaces. Es indispensable recurrir a la literatura original si queremos incorporar estas técnicas a nuestros estudios, dado que no se entra en detalles sobre ellas. Está un poco ausente el tema de la autocorrelación espacial en los estudios, aunque se mencionan algunas técnicas para "neutralizar" la correlación espacial a gran escala. A pesar de que se menciona el modelado geoespacial, no se refiere a la geoestadística, que es una de las líneas de análisis espacial explícito que modela la autocorrelación propiamente dicha (como también lo hace el aná-

lisis de patrones de puntos o de grillas láctice<sup>2</sup>). Se observa que la tendencia del análisis espacial proviene de los modelos GLM, y quedarían por delante algunas otras técnicas, como los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) y el modelado de nichos ecológicos que está creciendo rápidamente (para una revisión de todas estas técnicas puede consultarse el libro de Scott y colaboradores<sup>3</sup>). De todos modos, estos comentarios los agrego para actualizar sobre la temática de distribución de especies en relación al ambiente y no como crítica a un libro que recopila satisfactoriamente lo hecho en su área. A favor puedo agregar que, al incluir un gradiente variado de técnicas de análisis espacial, permite que todos encuentren su punto de entrada a este tipo de estudios y desde ahí avancen hacia los más sofisticados.

Los trabajos provienen de Europa, países de América Central y del Norte, de Eurasia y Australia; América del Sur no está representada. Ojalá que un futuro libro sobre esta

temática incluya trabajos de nuestros pagos. Este libro es una linda recopilación de trabajos sobre rapaces con una amplia variedad de complejidades en cuanto al estudio espacial, que presenta opciones para todos.

<sup>1</sup> SOBERON J Y PETERSON AT (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1–10

<sup>2</sup> CRESSIE NA (1993) *Statistics for spatial data*. John Wiley & Sons, Nueva York

<sup>3</sup> SCOTT JM, HEGLUND PJ, MORRISON ML, HAUFLE JB, RAPHAEL MG, WALL WA Y SAMSON FB (2002) *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, Washington DC

ANÍBAL E. CARBAJO

*Departamento de Ecología, Genética y Evolución,  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad de Buenos Aires.  
Piso 4, Pab. 2, Ciudad Universitaria,  
C1428EHA, Buenos Aires, Argentina.*

*manimal@ege.fcen.uba.ar*

---