

CARTOGRAFÍA PREDICTIVA DE *FALCO ELEONORAE* EN LAS ISLAS COLUMBRETES

Gerardo Urios Pardo, Doctor en Biología
Departament de Biología Vegetal
Universitat de València, C/Dr. Moliner, 50
46100 Burjassot, Valencia, Spain

Introducción y Objetivos

El trabajo trata de analizar cuáles son los requerimientos de la especie a efectos de la selección de hábitat de nidificación y, más concretamente, qué variables y en qué medida, intervienen en la selección del lugar de nidificación en el halcón de Eleonor (*Falco eleonorae* Gené).

El halcón de Eleonor, (*Falco eleonorae*), es una rapaz migrante cuyo área de cría se concentra en el Mediterráneo, si bien sus cuarteles de invernada se sitúan en el Índico (Cramp y Simmons, 1980).

Su distribución mediterránea se amplía algo hacia el oeste, llegando a las costas atlánticas de Marruecos y las Islas Canarias (Walter, 1979), donde existen algunas pequeñas colonias.

Partiendo de la hipótesis que el proceso de selección de hábitat de nidificación depende de variables orográficas, climáticas, antrópicas y bióticas, se utilizarán las capacidades del los SIG y MDT para su generación y, una vez obtenidas, se analizará estadísticamente su intervención en dicho proceso.

Las variables que se modelizan son las que siguen. En el grupo de las orográficas: elevación, pendiente, orientación, rugosidad y curvatura. Entre las climáticas: insolación potencial, radiación, índice de radiación y exposición al viento. Entre las antrópicas: las cuencas visuales desde zonas antrópicas y linterna del faro, así como la distancia a zonas antrópicas. Finalmente, en el grupo de las bióticas, la vegetación.

Alguna de las variables generadas, como es el caso de los índices de radiación y la rugosidad, implican la elaboración de programas específicos para su obtención, partiendo de algoritmos contrastados existentes en la bibliografía.

Otro de los objetivos es la construcción de un modelo logístico que permita conocer el hábitat de cría más adecuado disponible para esta especie. El modelo permitirá conocer su extensión y ubicación, al tiempo que permite un mejor diseño de medidas de conservación y gestión aplicables *in situ*.

La metodología utilizada es una aplicación a escala geográfica de detalle de los modelos de distribución potencial o más concretamente la cartografía predictiva de las especies.

Material y Métodos

El análisis de las relaciones entre las especies y su medio ambiente ha sido siempre un asunto central en ecología. Esta cuantificación (en términos probabilísticos) de las relaciones entre las especies y su ambiente representa el núcleo, de la modelización geográfica predictiva en ecología o, más concretamente, en la cartografía predictiva.

Conociendo cuáles son los factores que determinan la selección de hábitat de nidificación de una especie, y teniendo información sobre la distribución espacial de estos factores, es posible predecir la distribución espacial del hábitat adecuado para dicha especie y, como en el caso que nos ocupa, llegar a establecer un modelo que establezca la probabilidad de presencia en áreas no investigadas (Guisan et al., 2002).

El avance de potentes técnicas estadísticas y las herramientas SIG han determinado el extraordinario auge de los modelos predictivos de hábitat en ecología. En la actualidad cualquier acción efectiva de conservación requiere de modelos predictivos precisos que relacionen las distintas especies y su ambiente.

En este contexto los MDT juegan un papel central en la construcción de cartografía predictiva al constituir la base para generar información ambiental, rectificar la fotografía aérea -lo que ha permitido obtener mapas derivados como el de vegetación- así como planificar los trabajos de campo (diseño de los muestreos).

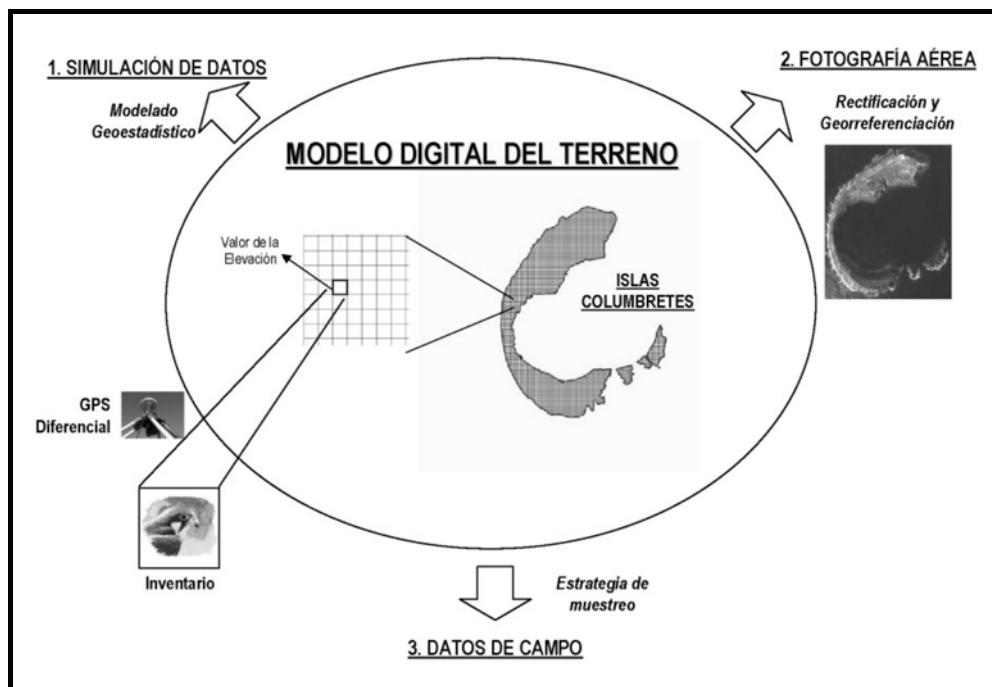


Figura 1. Obtención del Modelo Digital de Elevaciones

El modelo final es el que muestra la imagen siguiente.



Figura 2. Modelo Digital de Elevaciones, Columbrete Grande, Mancolibre y Mascarat

Dado que la mayoría de métodos de regresión precisan relaciones lineales entre las variables, es necesario en ocasiones linealizarlas mediante algún tipo de transformación, lo que complica sustancialmente los análisis. Por ello y dado que las variables biológicas no siguen generalmente una distribución normal ni sus relaciones internas son lineales (pueden ser parabólicas, exponenciales, potenciales), el uso de Modelos Lineales Generalizados (en adelante, GLM) se está imponiendo cada vez más (McCullagh y Nelder, 1983; Crawley, 1993). Los GLM son una clase de modelos estadísticos de los que la regresión lineal constituye un caso particular.

El proceso de selección de variables ha sido el de eliminación hacia atrás por pasos, donde partimos de un modelo con todas las variables de entrada (habiéndole eliminado las que estuvieran claramente correlacionadas entre sí), así como nueve variables más asociadas a la posición en coordenadas UTM y en pasos sucesivos se van excluyendo aquellas que no son relevantes para pronosticar la presencia-ausencia de nidos.

Por tanto, el análisis que aquí se plantea utiliza variables que recogen diversidad de factores de tipo climático, antrópico, orográfico y bióticos para la construcción del modelo, que han demostrado tener una influencia significativa

en el análisis univariante efectuado (Urios y Martínez-Abraín, 2006). Algunos de los factores analizados coinciden con los utilizados por otros autores, como es el caso de la radiación solar, pendiente, insolación o la distancia a áreas antropizadas (Bustamante, 1997; Palomo y Gisbert 2002), si bien otros no tienen cabida, al plantearse el análisis a una escala de mayor detalle. Este es el caso de la irregularidad pluviométrica, temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial y real, humedad relativa y escorrentía, muchos de los cuales pueden ser considerados homogéneos a las escalas que aquí se utilizan.

El umbral se determina de forma que los valores de sensibilidad sean máximos, definida la sensibilidad como el número de teselas con nido, correctamente clasificadas, dividido por el total de teselas positivas de la muestra. No obstante, dicha elevada sensibilidad reduce la especificidad o relación entre el número de teselas negativas correctamente clasificadas y el total de teselas negativas de la muestra (Pearce y Ferrier, 2000).

Resultados y Discusión

En función del estadístico de Wald, las variables que mayor influencia tienen en el modelo son, por este orden: la altura sobre el nivel medio del mar, la insolación potencial, la vegetación, la pendiente, el viento, la curvatura y la orientación en el eje X. En último lugar aparecen las cuencas visuales desde las zonas antrópicas, dentro del grupo de factores antrópicos.

Es de destacar que en el área analizada queda todavía un número elevado de ubicaciones (teselas), susceptibles de ser utilizadas por nuevas parejas de la especie como hábitat de cría. No obstante la extensión superficial del mismo es bastante reducida, tal y como muestra la figura 2.

La capacidad discriminatoria del modelo viene determinada por diversos estimadores de bondad del ajuste:

- Porcentaje de casos correctamente clasificados: el modelo de regresión logística clasifica correctamente el 99, 5 % de los casos.
- Estadístico de Kappa, el modelo mejora en un 5 % lo alcanzado por mero azar
 - Área bajo la curva ROC: El área bajo la curva ROC es de 0, 989. Un valor muy adecuado si se compara con otros modelos predictivos disponibles para rapaces ibéricas.

La utilización del hábitat por parte de *Falco eleonorae* no es al azar sino seleccionando fuertemente las zonas donde ubicar los nidos entre todas las zonas disponibles. La escasez de zonas de calidad podría indicar un cierto nivel de saturación o de lento crecimiento de la colonia que le ha llevado a su estancamiento poblacional.

Las zonas detectadas por el modelo son altamente adecuadas para el establecimiento de áreas que actúen como zonas de reserva donde se limiten o reduzcan al máximo las molestias humanas.

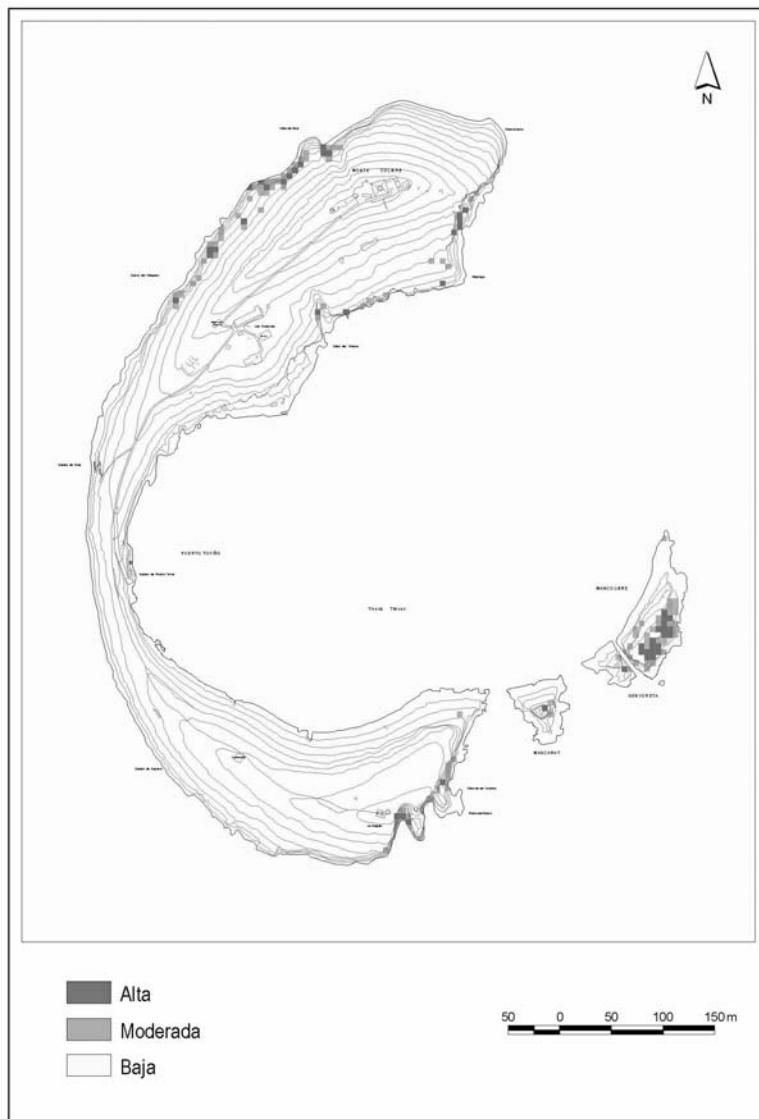


Figura 2. Adecuación del hábitat para *Falco eleonorae* en la Columbrete Grande

Así, la superficie estimada de hábitat de calidad potencialmente utilizable como hábitat de cría es de 48 cuadriculas, lo que se corresponde con una superficie de 0,17 hectáreas en la Columbrete Grande. En conjunto, el hábitat calificado de alta y moderada adecuación asciende a 0,5 hectáreas, lo que supone un 3,8 % del total disponible.

Dichas zonas especialmente aptas se sitúan en el Mancolibre y ladera sur de las Casernas, así como en los acantilados orientales del faro, entre Punta Bonita y la restinga. Otra de las zonas potencialmente utilizables por la especie se encuentra en la ladera norte, entre el faro y las casernas, si bien su extensión es mucho más reducida.

Estas zonas pueden considerarse como de elevada probabilidad de presentar nidos en un futuro y en general como zonas en los que el hábitat presenta una alta adecuación para las aves.

Como se ha visto, *F. eleonorae* utiliza de una forma compleja pero no al azar, el hábitat disponible, seleccionando fuertemente las áreas donde ubicar el nido, del conjunto de áreas disponibles en la Columbrete Grande.

El modelo es capaz de explicar la distribución del hábitat de cría con unas probabilidades de acierto muy elevadas si se compara con otros modelos

existentes para el caso de rapaces (Bustamante, 1997; Osborne et al., 2001; Seoane et al., 2003).

La escasez de ubicaciones idóneas para la instalación de nidos comienza a ser limitada dentro del grupo de la Columbrete Grande, lo que implica un cierto nivel de saturación de la colonia como ha sido puesto de manifiesto en otras colonias mediterráneas (Ristow y Wink, 1982).

Este hecho puede ser entendido a la luz de los datos disponibles de parejas reproductoras, correspondientes ya a algo más de una década. Dichos datos reflejan un crecimiento sostenido en el número de nidos y parejas que ha pasado de 15 (1985) a 28 (2002).

Alguna de las referencias más antiguas sobre Columbretes, atestigua la inexistencia de halcones nidificantes en la Columbrete Grande, probablemente porque éstos eran cazados y perseguidos en sus nidos de manera masiva (Salvator, 1895).

El modelo es aplicable a la misma especie pero en otras islas e islotes que componen el archipiélago de las Columbretes, donde la especie también nidifica, en especial el grupo de la Ferrera y la Foradada.

Conforme se disponga de cartografía digital de dichas islas podrá elaborarse nueva cartografía de adecuación del hábitat para la especie en el resto del archipiélago, lo que permitirá mejorar, con criterios científicos, la gestión del mismo, al establecer con un orden de precisión elevado dónde se encuentran las áreas mejores para la nidificación de la especie y proponer así medidas encaminadas a su adecuada protección.

El modelo permite determinar si otras islas o zonas de la Comunidad Valenciana (como Tabarca, el islote de Benidorm, Ifach), disponen o no de áreas adecuadas para la nidificación de *F. eleonorae*, lo que permitiría predecir si pudieron albergar en el pasado alguna colonia de esta especie, o lo podrían hacer en el futuro.

El modelo es asimismo extrapolable a otras especies de aves marinas nidificantes que pudieran ser igualmente sensibles a los factores analizados. Esto es especialmente cierto en el caso de la gaviota de Audouin (*Larus audouinii*), gaviota patiamarilla (*L. cachinnans*), cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) o paíño (*Hydrobates pelagicus*). Todos ellos (a excepción de *L. cachinnans*) y aunque con diversos estatus legales, protegidos por la legislación nacional e internacional.

El modelo predictivo elaborado va más allá de la caracterización del hábitat utilizado por una especie y permite mejorar la gestión en el seno de una Reserva Natural y Marina de las más emblemáticas de la Comunidad Valenciana.

La interpretación de la cartografía pone de manifiesto el elevado grado de importancia que para dicha especie tiene el Mancolibre, donde se concentra buena parte del hábitat de cría más interesante para la especie. Son también altamente interesantes las laderas situadas en el cuarto cuadrante, al noroeste de la isla, donde existen acantilados potencialmente adecuados para la especie. Dichas áreas se ubican entre el Cabo del Rossí y la Cueva del Malpaso. También albergan hábitat altamente adecuado, las áreas situadas en las cercanías del cabo de las Tórtolas y, en menor medida, la zona de acantilados situada entre la Restinga y Punta Bonita.

En dichas zonas –especialmente el Mancolibre-, podría plantearse la creación de un área de reserva para la especie en la que se reduzcan o eliminen al máximo las molestias humanas (Urios, 1996).

El resto de áreas potenciales, que se encuentran algo más dispersas, son adecuadas para plantear medidas positivas de gestión, como la introducción de cajas anidaderas, como ha sido propuesto en otras colonias de cría (Ristow, et al., 1988). La adopción de dichas medidas podría permitir alojar un mayor número de parejas, lo que redundaría en una mejor conservación de la especie.

El interés de la cartografía predictiva para esta u otras especies en el archipiélago, reside en el hecho de que permite dotar de herramientas a la planificación y gestión de la avifauna de las islas –uno de sus principales valores ambientales- y apoyar con argumentos científicos la misma.

Esto es así dado que la existencia de zonas adecuadas para su nidificación que pudieran encontrarse no ocupadas, es altamente informativa sobre problemas puntuales de conservación, indicando áreas donde podrían llevarse a cabo acciones positivas de gestión como las anteriormente propuestas (Lawton y Woodroffe, 1991; Osborne et al., 2001).