

Informe final* del Proyecto GT028
Distribución potencial del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el Altiplano Mexicano a través de monitoreo y modelos HSI basados en sistemas de información geográfica

Responsable: M en C. María Guadalupe Bravo Vinaja
Institución: Protección de la Fauna Mexicana AC
Protección de la Fauna Mexicana-Sección Chihuahua
Dirección: Ramírez #1602, Pacífico, Chihuahua, Chih, 31030, México
Fecha de inicio: Abril 15, 2009.
Fecha de término: Noviembre 7, 2014.
Principales resultados: Informe final, cartografía.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Bravo-Vinaja, M. G. y J.C. Guzmán-Aranda. 2014. Distribución potencial del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el Altiplano Mexicano a través de monitoreo y modelos HSI basados en Sistemas de Información Geográfica. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. **Informe Final SNIB-CONABIO, proyecto No. GT028** Ciudad de México.

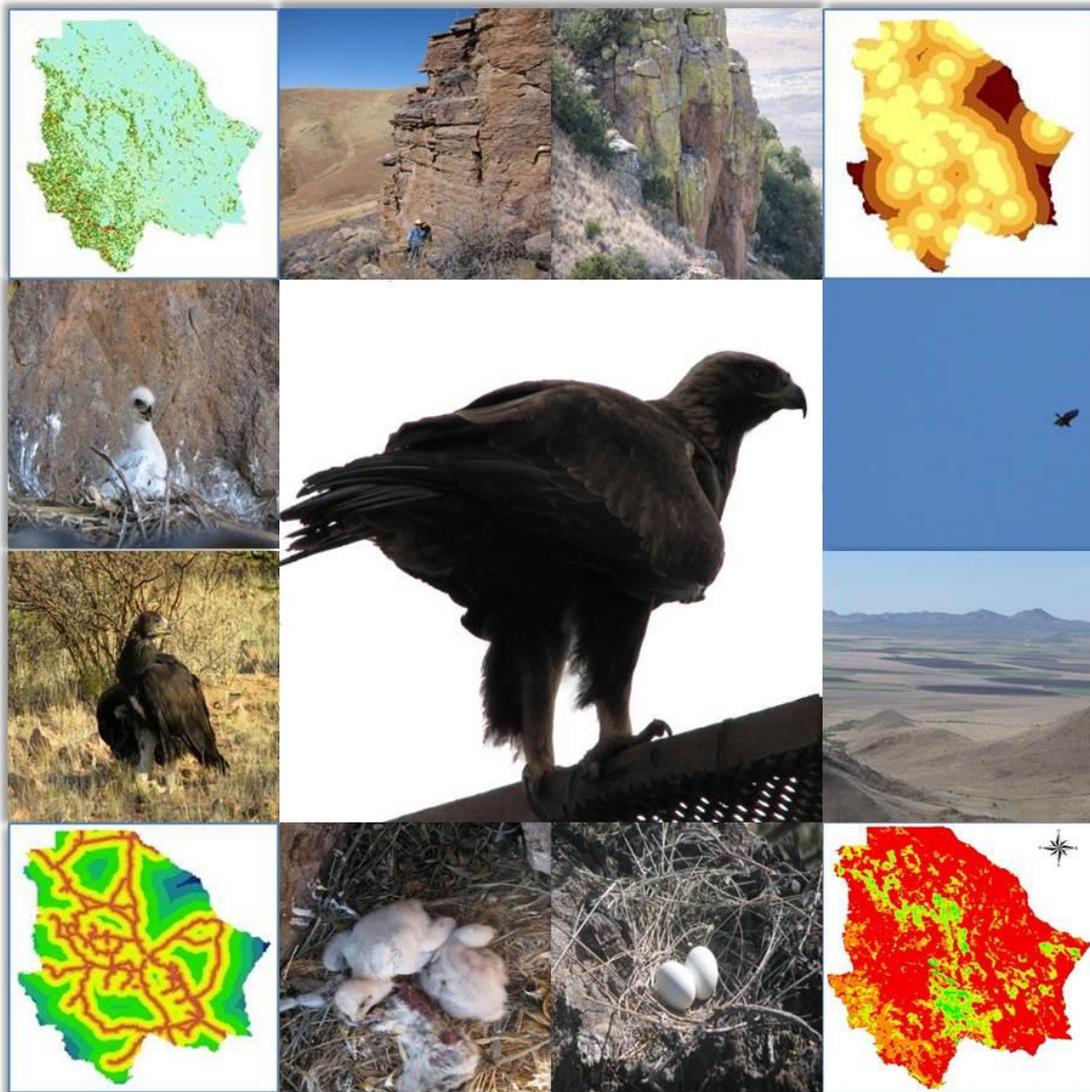
Resumen:

La información sobre el hábitat y la dinámica poblacional del águila real en México es escasa y fragmentada, lo cual limita el desarrollo de estrategias de manejo y conservación. El presente proyecto propone obtener información básica sobre la especie, incluyendo su distribución potencial, dinámica reproductiva, características del hábitat y factores limitantes. El proyecto será coordinado por Protección de la Fauna Mexicana A.C. (PROFAUNA)

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

DISTRIBUCION POTENCIAL DEL AGUILA REAL (*Aquila crhytaetos*) EN EL ALTIPLANO MEXICANO A TRAVES DE MONITOREO Y MODELOS HSI BASADOS EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

INFORME FINAL



Autores: Ma. Guadalupe Bravo Vinaja¹ y Juan Carlos Guzmán Aranda²

¹ Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Va 24060.

²Ave. Rio de Janeiro 528, col. Panamericana Chihuahua, Chih.

Julio 15, 2013

Resumen ejecutivo

El análisis de las características geográficas de los territorios de águila real en el estado de Chihuahua sugiere que la especie tiene una marcada preferencia por las áreas de pastizal y una distribución dependiente de estructuras rocosas que proveen lugares adecuados para anidación. Se localizaron y monitorearon 30 territorios de anidación de águila real en el estado de Chihuahua. El 96.66% (n=29) de los territorios se encontró activo en el 2010, mientras que al menos el 33.33% (n=10) de los territorios tuvieron actividad reproductiva. Todos los nidos localizados dentro de los 30 territorios de anidación se encuentran ubicados en áreas con alta rugosidad del terreno, con presencia de acantilados con estructuras adecuadas para anidación como plataformas y cuevas. Se extrajeron atributos del paisaje de un sistema de información geográfica y mediante un modelo de regresión logística múltiple se identificaron las áreas con una calidad óptima para el águila real. El modelo de Índice de Idoneidad de Hábitat desarrollado para el estado de Chihuahua puede ser aplicado a regiones con atributos geográficos y paisajísticos similares para predecir la calidad del hábitat y la probabilidad de presencia de águila real.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Cita sugerida | 2 |
| Resumen ejecutivo | 2 |
| 1. INTRODUCCION | 4 |
| 2. ANTECEDENTES | 5 |
| 3. METODOLOGIA | 7 |
| 3.1. Localización de territorios de anidación de águila real..... | 8 |
| 3.2 Estructura de la vegetación e indización de abundancia de presas. | 9 |
| 3.3 Estimación de Parámetros Reproductivos..... | 9 |
| 3.4 Extracción de datos del hábitat a partir de Sistemas de Información Geográfica y construcción del modelo HSI. | 10 |
| 3.5 Construcción del modelo HSI e integración con SIG. | 12 |
| 4. RESULTADOS..... | 13 |
| 4.1 Localización de territorios de Águila Real..... | 13 |
| 4.2 Estructura de la vegetación e índice de abundancia de presas. | 14 |
| 4.3 Parámetros reproductivos..... | 15 |
| 4.4 Análisis estadístico de los datos de hábitat para la determinación del modelo HSI. | 17 |
| 5. FACTORES QUE LIMITAN LAS POBLACIONES DE AGUILA REAL..... | 23 |
| 5.1. Disponibilidad de sitios de anidación. | 23 |
| 5.2. Abundancia de hábitat de forrajeo. | 24 |
| 5.3. Muertes por electrocución, ahogamiento y envenenamiento. | 25 |
| 5.4. Caza y saqueo de huevos y polluelos..... | 27 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 28 |
| BIBLIOGRAFIA | 29 |

1. INTRODUCCION

El Águila Real (*Aquila chrysaetos canadensis*, Linnaeus 1758) se distribuye en el continente Americano desde Alaska y Canadá hasta la parte central de México, en una amplia gama de ambientes y climas que va desde los fríos paisajes árticos hasta los calurosos y áridos desiertos. Se considera que en décadas recientes sus poblaciones disminuyeron debido a la pérdida, fragmentación y degradación del hábitat producto de los cambios en el uso de suelo por las actividades humanas. Las poblaciones boreales de águilas reales migran durante el invierno a latitudes menos adversas, cruzando fronteras internacionales y por lo tanto, su conservación debe ser de interés y competencia trasnacional.

Objeto de múltiples estudios en los Estados Unidos, la situación de las poblaciones Mexicanas de águila real ha permanecido inexplorada durante décadas y actualmente poco se sabe sobre su ecología y las interrelaciones con su hábitat de distribución (Rodríguez-Estrella 2002, Rodríguez-Estrella 2006). Tampoco existen estudios formales que evidencien la disminución de sus poblaciones, sin embargo se calcula que las poblaciones declinaron significativamente y que actualmente se encuentran restringidas a pequeñas áreas remanentes con hábitat adecuado.

Además de su incuestionable importancia socio-cultural por ser el ave nacional de México, el águila real es indicadora de la salud de los ecosistemas que habita, por lo que su conservación es prioritaria para el Gobierno Mexicano desde su inclusión en la lista de especies en peligro de extinción en 1994 (SEDESOL 1994). El águila real está protegida por las leyes federales de Canadá (FWCA 1917), los Estados Unidos (BGEPA 1940, MBTA 1918 y Lacey Act 1900) y México (DOF 2002), y a pesar que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) la considera una especie de menor preocupación debido a su amplio rango geográfico y a la estabilidad de sus poblaciones, el comercio de la subespecie *A. c. canadensis* está prohibido desde su inclusión en el Apéndice II de CITES en 1975 (Birdlife International 2012).

La principal amenaza que enfrenta el águila real a lo largo de su amplio rango geográfico es la pérdida y fragmentación de su hábitat, sin embargo, otros factores asociados con el hombre son responsables de una alta tasa de mortalidad: electrocución en postes, colisiones con vehículos, colisiones con líneas de tendido eléctrico y otras estructuras, y el envenenamiento

por consumo de presas contaminadas con plomo (Franson et al. 1995). La caza de adultos y el saqueo de polluelos y huevos con fines de comercio ilegal, así como el ahogamiento de ejemplares en pilas de agua en los ranchos ganaderos pudiera tener un efecto detrimental en algunas poblaciones locales de águila real.

Ya que la supervivencia a largo plazo del águila real depende en gran medida de la eficacia de los esfuerzos de conservación en el hábitat de la especie a nivel de paisaje, el éxito en los programas de manejo orientados a la conservación del águila real requiere de información precisa sobre la ecología de la especie que permita tomar decisiones adecuadas.

El presente estudio inventarió 30 territorios de anidación águila real en el estado de Chihuahua e investigó las características de su hábitat mediante sistemas de información geográfica (SIG). Se desarrolló un Índice de Idoneidad de Hábitat (HSI, por sus siglas en inglés) en base a los requerimientos biológicos de la especie y a partir de los datos obtenidos a través de los SIG. El modelo de índice de idoneidad de hábitat identifica la calidad del paisaje en relación con los atributos geográficos, y predice la probabilidad de presencia de la especie de interés. Los modelos HSI representan meras hipótesis de las relaciones de las especies de interés con su hábitat, y no deben ser traducidas como relaciones causa-efecto. La importancia de dichos modelos radica en que son constituyen una guía que ayuda a entender las interrelaciones especie-hábitat y facilitar la toma de decisiones de manejo con fines de conservación.

El estudio y monitoreo de las poblaciones de águila real y su hábitat de distribución es fundamental para: 1) el desarrollo de un línea de base que anteceda a la planeación y desarrollo en el hábitat del águila real, 2) analizar el impacto de dichos planes en la especie a través de modelos de simulación, 3) desarrollar un plan de mitigación y/o compensación para la especie y 4) promover el manejo adaptativo y la conservación a largo plazo de la especie.

2. ANTECEDENTES

Diferentes estudios han documentado las características del hábitat del águila real dentro de su amplio rango geográfico en algunos países de Europa (Fabrizio et al. 2006, Watson 1997) y en los Estados Unidos (Dixon 1937, Johnsgard 1990, Kochert y Steenhof 2002, MacLaren et al. 1988, McGahan 1968, McIntyre et al. 2006, Menkens y Anderson 1983, Menkens y Anderson

1987, Olendorff 1973, Spofford 1971). Sin embargo, en México se carece de información precisa sobre la distribución de las poblaciones de águila real que permita establecer estrategias de manejo y conservación.

Las poblaciones Mexicanas de águila real han declinado en las últimas décadas debido a la reducción de su hábitat de distribución. Una vez distribuidas en aproximadamente 50% del territorio Mexicano, actualmente las poblaciones de águila real se encuentran restringidas a aquellas áreas remanentes de hábitat adecuado (Rodríguez-Estrella 2002). Los esfuerzos formales de conservación del águila real en México comenzaron en 1999 con la constitución del Subcomité Técnico Consultivo para la Protección, Conservación y Recuperación del Águila Real, entre cuyos objetivos figuraba la identificación de aquellas áreas de distribución del águila real susceptibles de ser recuperadas y protegidas (INE 1999). Sin embargo, debido a la falta de estudios sistemáticos sobre las poblaciones y el hábitat de distribución del águila real, la representación de su distribución geográfica está basada en unas cuantas observaciones incidentales y la opinión de los expertos, y no en la idoneidad del hábitat para mantener poblaciones saludables.

Diferentes componentes del hábitat influyen en la calidad del hábitat y determinan la ocurrencia de una especie dentro de cierta área, su abundancia, su supervivencia y su éxito reproductivo. Por ende, la presencia de una especie en determinada área, su abundancia y su permanencia a largo plazo son función de la calidad del hábitat (Southwood 1977, Bock and Jones 2004), con algunas excepciones (Van Horne 1983, Wheatley et al. 2002). Al seleccionar hábitats de alta calidad los animales incrementan sus probabilidades de supervivencia y reproducción, por lo tanto, el entendimiento de los requerimientos ecológicos de las especies y el su distribución es elemento clave para un manejo efectivo de las poblaciones (Scott et al. 2002, Sinclair and Fryxell 2006).

El modelaje de la distribución de las especies se basa en la hipótesis de que los animales seleccionan aquellos sitios que les proporcionan condiciones ambientales óptimas, por lo que a partir de los datos de algunos sitios con presencia de la especie bajo estudio es posible reconstruir su nicho ecológico. Estos modelos estiman el nicho potencial (el que *puede usar*) o el nicho real (el que *usa*) de la especie de interés, y representan la capacidad del hábitat para sostenerla y potencialmente su probabilidad de ocurrencia (Franklin 2009). Entre los múltiples nombres que se han dado a los modelos de nicho ecológico está el de Modelos de Idoneidad de

Hábitat (Habitat Suitability Models, HSI) (Hirzel and Le Lay 2008), and “Modelos de Idoneidad de Hábitat Espacialmente Explícitos” (Rotenberry et al. 2006).

La integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con modelos de distribución de las especies se ha convertido en una herramienta útil en la biología de la conservación. Los modelos HSI fueron inicialmente desarrollados como parte de los Procedimientos de Evaluación de Hábitat (HEP por sus siglas en inglés) para la planeación del manejo y evaluaciones de impacto ambiental. Sin embargo, dichos modelos son útiles para predecir la sensibilidad del hábitat a diferentes perturbaciones y para dirigir los esfuerzos de conservación (Van Horne and Wiens 1991).

Para construir un modelo HSI es necesario conocer los requisitos de vida de la especie en cuestión, ya sea a través de estudios designados *ex profeso* o a partir de la síntesis estudios disponibles (Brooks 1997, Chadwick et al. 2007). Los modelos HSI representan meras hipótesis de las relaciones fauna - hábitat y son una forma práctica de determinar el potencial de cierta área para proveer de hábitat apropiado para una especie cuando no es posible realizar estudios exhaustivos y detallados.

Asumiendo que la ocurrencia de la especie refleja la idoneidad del hábitat, los modelos HSI permiten el desarrollo de mapas predictivos de la distribución de la especie. Una vez que se identifican los factores que determinan la distribución de la una especie dentro de un área, los datos se pueden extrapolar geográficamente para identificar el hábitat potencial o predecir la probabilidad de la ocurrencia de la especie en una área mucho mayor.

3. METODOLOGIA

Para propósitos del presente documento se consideró como un territorio de anidación de águila real a toda aquella área que contenga, o históricamente haya contenido uno o más nidos dentro del ámbito hogareño de una pareja reproductora. Un territorio de anidación de águila real fue, por ende, todo aquel lugar determinado donde se encuentre uno o más nidos de águila real establecidos durante años consecutivos y donde solamente una pareja se reproduce (Steenhof y Newton 2007). Por tanto, la palabra “territorio” dentro del presente documento no debe ser entendida como un área con forma y tamaño definidos que forma parte del ámbito hogareño de

una pareja de águilas y que es defendido de conespecíficos. Asimismo, cuando hable de **inventario** me estaré refiriendo a las observaciones sistematizadas del número y distribución geográfica de las águilas reales y sus recursos como hábitat adecuado y presas; **monitoreo** consiste inventariar observaciones repetidas a intervalos regulares de tiempo, usando métodos comparativos que permitan detectar cambios temporales y/o espaciales.

3.1. Localización de territorios de anidación de águila real.

Durante el verano/2009 y Enero-Junio/2010 se realizó un inventario de sitios de anidación de águila real en Chihuahua partiendo de una base de datos compilada por Protección de la Fauna Mexicana A. C. (en lo sucesivo PROFAUNA) que incluía reportes de seis sitios de anidación, 26 de aves volando, 12 de aves perchando y un registro de un águila muerta. Los registros de PROFAUNA consistían solamente en avistamientos incidentales confiables reportados por personal de campo y ganaderos, sin embargo no se contaba en ningún caso con la localización geográfica de los nidos o del territorio de anidación. La mayoría de los reportes compilados por PROFAUNA provenían de áreas de pastizales y del desierto, aunque hubo un par de reportes confiables en el bosque de coníferas en la Sierra Madre Occidental (Javier Cruz, Gustavo Quintana, comunicación personal), y múltiples observaciones de águilas reales en las zonas adyacentes a la laguna de Babícora durante el invierno. Debido a la creciente inseguridad en la zona montañosa asociada a la producción y comercio de estupefacientes, el mayor esfuerzo de búsqueda de territorios de águila real se realizó en la zona del desierto y los pastizales del Desierto Chihuahuense, donde había condiciones relativamente más seguras.

La detección de águila real es difícil incluso durante la temporada reproductiva debido a su naturaleza secretiva. Mientras numerosas rapaces son relativamente fáciles de detectar debido a que emiten vocalizaciones o a una mayor conspicuidad, el águila real raramente emite sonidos y abandona las áreas de manera silenciosa cuando alguien se aproxima, en ocasiones sin ser detectada. La búsqueda y localización de territorios de águila real se hizo mediante observación con binoculares y telescopios en territorio potencial. Al detectar algún ejemplar de águila real, mi equipo y yo buscamos en las inmediaciones hasta localizar el(los) nido(s) presentes en el territorio. Hubo ocasiones que primero detectamos los nidos y posteriormente confirmamos presencia de águila real.

3.2 Estructura de la vegetación e indización de abundancia de presas.

Se midió la estructura de la vegetación en transectos de 50 m aleatoriamente dispuestos dentro de un área circular de 28.27 km² (3000 m radio) adyacente a los sitios de anidación de águila real. Se registró el tipo de vegetación que intersectó la línea cada 2 m, midiendo las variables suelo desnudo o roca (SD), hojarasca o materia orgánica (MO), pasto o hierba (PH), material leñoso (ML), arbusto de 0 a 1 m (Ar1), arbusto de 1 a 3 m (Ar3) y árbol (A). Se registró un total de 25 puntos de intercepción en cada transecto, y se realizaron en total 533 transectos.

En los mismos lugares donde se midió la estructura de la vegetación se contabilizó los grupos de heces fecales (en lo sucesivo GHF) para elaborar un índice de la densidad de las principales especies presa del águila real (liebres y conejos) en diferentes sitios. El conteo de heces fecales ha sido utilizado para estimar la densidad de lagomorfos en diferentes regiones (Calvete et al. 2004, Homyack et al. 2006, Krebs et al. 2001, Murray et al. 2002, Pietz y Tester 1983, Wolfe 1982), incluida la ecorregión Desierto Chihuahuense; A pesar de que no existen estudios sobre la variación espacio-temporal de la abundancia ni de la relación entre los conteos de GHF y la densidad de individuos, una mayor cantidad de GHF representa una mayor densidad de individuos. El área muestreada en cada sitio fue de 100 m² (50 m x 2 m). Se realizó un conteo de los GHF de liebres y conejos encontrados en dicha área. El conteo se realizó en algunos sitios en la temporada previo a la reproducción de águila real (octubre 2009 a enero del 2010) y en otros sitios durante la temporada reproductiva (febrero a junio del 2010). Un GHF fue definido como todo aquel conjunto de 3 pellets o más, no separados entre sí por más de 10 cm. Para evitar sesgo de inclusión, se contó solo el 50% de los grupos de heces que cayeron en el borde de la parcela. Particularmente en suelos forestales y pastizales amacollados densos fue difícil la detección de heces fecales, por lo que solo se contabilizaron aquellos visibles y no los que pudieran estar incorporados en la capa de materia orgánica.

3.3 Estimación de Parámetros Reproductivos

Una vez localizados los territorios de águila real mediante la observación de nidos y ejemplares adultos de águila real en las inmediaciones, se determinó que existía actividad reproductiva en los territorios de anidación de águila real si se observó: 1) ejemplares adultos de águila real empollando, o 2) presencia de aguiluchos dentro del nido. Se estableció un protocolo

de tres visitas en los territorios donde se detectó actividad reproductiva para monitorear el progreso de la misma, con intervalos de un mes entre visitas. En cada territorio de anidación reproductivamente activo se registró el número de huevos cuando fue posible, el número de polluelos eclosionados, y el número de polluelos que sobrevivió hasta dejar el nido (volantón). Se calculó la productividad reproductiva para la población monitoreada, consistente en el número total de polluelos que sobreviven hasta la etapa de volantón dividido entre el número de parejas de adultos que criaron exitosamente al menos un polluelo.

3.4 Extracción de datos del hábitat a partir de Sistemas de Información Geográfica y construcción del modelo HSI.

Utilizando como centro la localización media de los nidos dentro de cada territorio de águila real, se estableció un área circular de 3000 m de radio, representando el área promedio de un territorio correspondiente a una pareja de águilas (Kochert et al. 2002). Dentro de cada área se extrajo el porcentaje de cada tipo de cobertura vegetal, la distancia del centroide a cada característica de origen antrópico que pudiera influir en la distribución del águila real, y el área y longitud de cada variable dentro de cada territorio. Asimismo, se establecieron 60 puntos aleatorios como control y se obtuvo la misma información en ellos (Cuadro 1, Figura 1).

Los modelos HSI permiten entender las interrelaciones ecológicas y predecir la ocurrencia de las especies a través del paisaje en base a la idoneidad del hábitat, implicando extrapolaciones espacio-temporales (Franklin 2009). Entre las ventajas de estos modelos resalta su practicidad para determinar el potencial de cierta área para proveer de hábitat apropiado para una especie cuando no es posible realizar estudios exhaustivos y detallados. Asumiendo que la ocurrencia de la especie refleja la idoneidad del hábitat, los modelos HSI permiten el desarrollo de mapas predictivos de la distribución de la especie. Los modelos HSI califican el hábitat de acuerdo a la idoneidad para soportar a una especie con valores que van desde 0 (baja calidad) a 1 (calidad óptima). Los modelos HSI fueron inicialmente desarrollados como parte de los Procedimientos de Evaluación de Hábitat (HEP por sus siglas en inglés) para la planeación del manejo y evaluaciones de impacto ambiental. Sin embargo, dichos modelos son útiles para predecir la sensibilidad del hábitat a diferentes perturbaciones y para dirigir los esfuerzos de conservación (Hirzel y Le Lay 2008, Store y Jokimaki 2003, Van Horne and Wiens 1991).

Cuadro 1. Variables del paisaje medidas en 30 territorios de anidación de águila real y 60 parcelas aleatorias (28.27 km²) en el estado de Chihuahua en 2010

| TIPO | VARIABLE | DESCRIPCIÓN | |
|-----------------------|-----------------------|--|---|
| Topográficas | ALTX (m) | Altitud promedio del territorio | |
| | ALTMAX (m) | Altitud máxima del territorio | |
| | PENX (g) | Pendiente promedio del territorio | |
| | PENMAX (g) | Pendiente máxima del territorio | |
| | A2D (m ²) | Área plana de cada territorio | |
| | A3D (m ²) | Área rugosa de cada territorio | |
| | IRT | Índice de Rugosidad del Terreno | |
| | Antrópicas | NUMLOC | Numero de asentamientos humanos por territorio |
| DCG (m) | | Distancia a áreas urbanas (> 1000 ha) | |
| DCM (m) | | Distancia al áreas urbanas >100 y < 1000 ha | |
| DP (m) | | Distancia a áreas urbanas < 100 ha | |
| DPAV (m) | | Distancia a la carretera pavimentada más cercana | |
| DTERR (m) | | Distancia a la terracería más cercana | |
| DBRE (m) | | Distancia a brecha más cercana | |
| DVER (m) | | Distancia a la vereda/camino más cercano | |
| DELEC (m) | | Distancia a cualquier tipo de línea eléctrica | |
| DTORR (m) | | Distancia a línea de torres eléctricas | |
| DDOUBLE (m) | | Distancia a líneas de posteroío sencillas | |
| DSENCILLO(m) | | Distancia a líneas de posteroío dobles | |
| DAGRI (m) | | Distancia a campo agrícola más cercano | |
| ACG (m ²) | | Área de ciudad grande dentro del área territorial | |
| ACM (m ²) | | Área de ciudad mediana dentro del área territorial | |
| AP (m ²) | | Área de poblado pequeño dentro del área territorial | |
| LPAVED (m) | | Longitud total de carretera pavimentada dentro del área territorial | |
| LTERR (m) | | Longitud total de terracería dentro del área territorial | |
| LBRE (m) | | Longitud total de brecha dentro del área territorial | |
| LVER (m) | | Longitud total de vereda dentro del área territorial | |
| LELEC (m) | | Longitud total de línea eléctrica dentro del área territorial | |
| LTORRES (m) | | Longitud total de línea de torres dentro del área territorial | |
| LDOBLES (m) | | Longitud total de línea de posteroío doble dentro del área territorial | |
| LSENCILLO (m) | | Longitud total de posteroío sencillo dentro del área territorial | |
| Paisaje | | COBER (%) | Porcentaje de cada tipo de cobertura vegetal y asociaciones vegetales |
| | | DH20 (m) | Distancia al cuerpo de agua permanente o efímero más cercano |

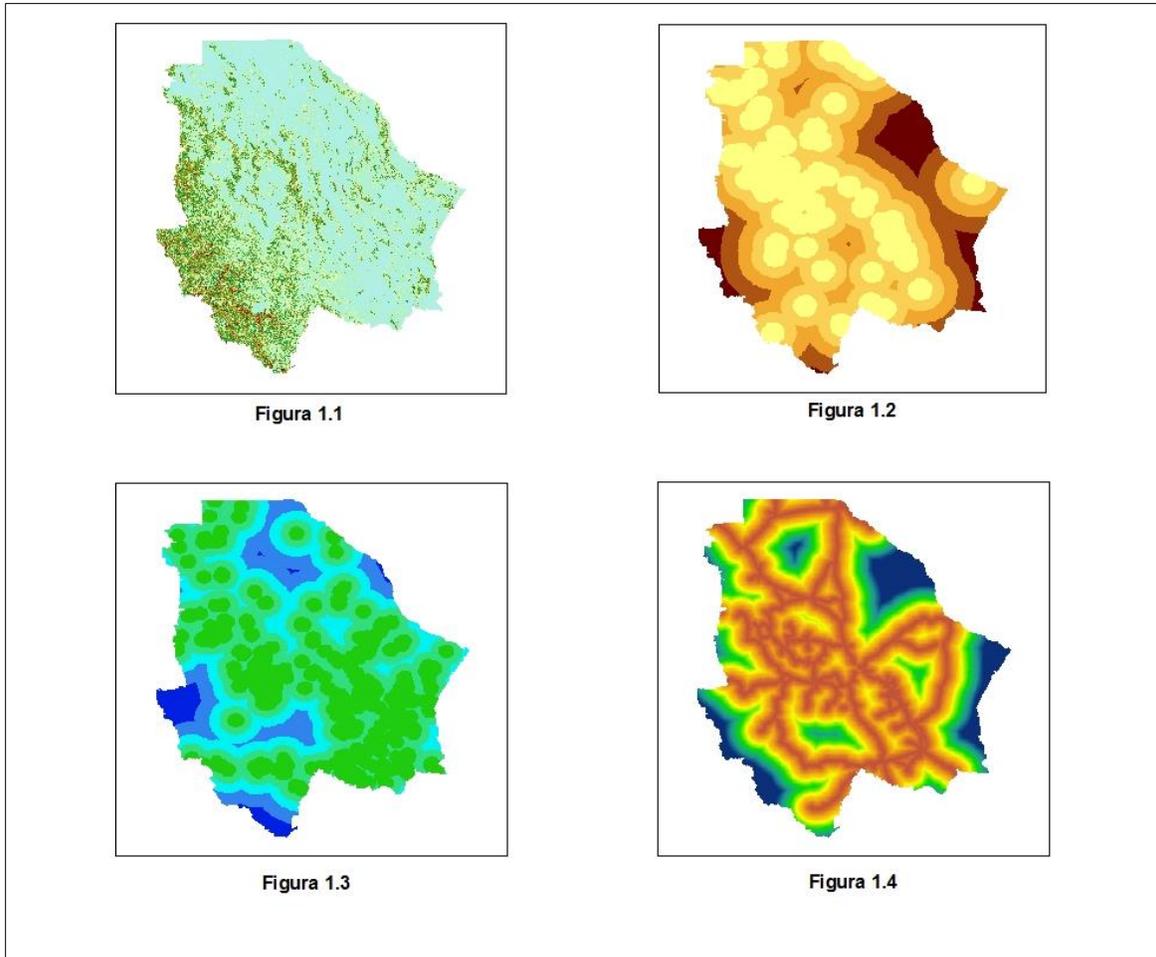


Figura 1. Ejemplos de variables medidas en los territorios de águila real (n=30) y parcelas aleatorias (n=60). La Figura 1.1 representa el Índice de Rugosidad del Terreno derivado a partir de un MED de 30 m resolución espacial. La Figura 1.2 representa la distancia euclidiana de cada pixel a las ciudades de entre 100 y 1000 ha. La Figura 1.3 representa la distancia euclidiana de cada pixel a los cuerpos permanentes o efímeros de agua. La Figura 1.4 representa la distancia euclidiana de cada pixel a las carreteras pavimentadas.

3.5 Construcción del modelo HSI e integración con SIG.

Mediante análisis de regresión logística se construyeron diferentes modelos univariados y multivariados utilizando combinaciones lógicas de las variables del paisaje que fueron extraídas dentro de las áreas evaluadas. Primordialmente se utilizaron combinaciones de variables que efectivamente diferenciaron entre las características del paisaje de los territorios de águilas y los sitios aleatorios. Para construir el mapa de la distribución potencial del águila real en Chihuahua se seleccionó el mejor modelo de acuerdo al valor dado por el Criterio de Información de Akaike

(en lo sucesivo AIC) (Akaike 1973). Con el modelo seleccionado se desarrolló una fórmula para calcular el modelo HSI para el águila real en todo el estado de Chihuahua, extrapolar los valores de las variables del paisaje de los territorios de anidación de águila real.

4. RESULTADOS

4.1 Localización de territorios de Águila Real.

Se localizaron 30 territorios de anidación de águila real en el estado de Chihuahua. Los territorios localizados se encuentran dispersos en las zonas de pastizales y de matorrales del Desierto Chihuahuense (Figura 2).

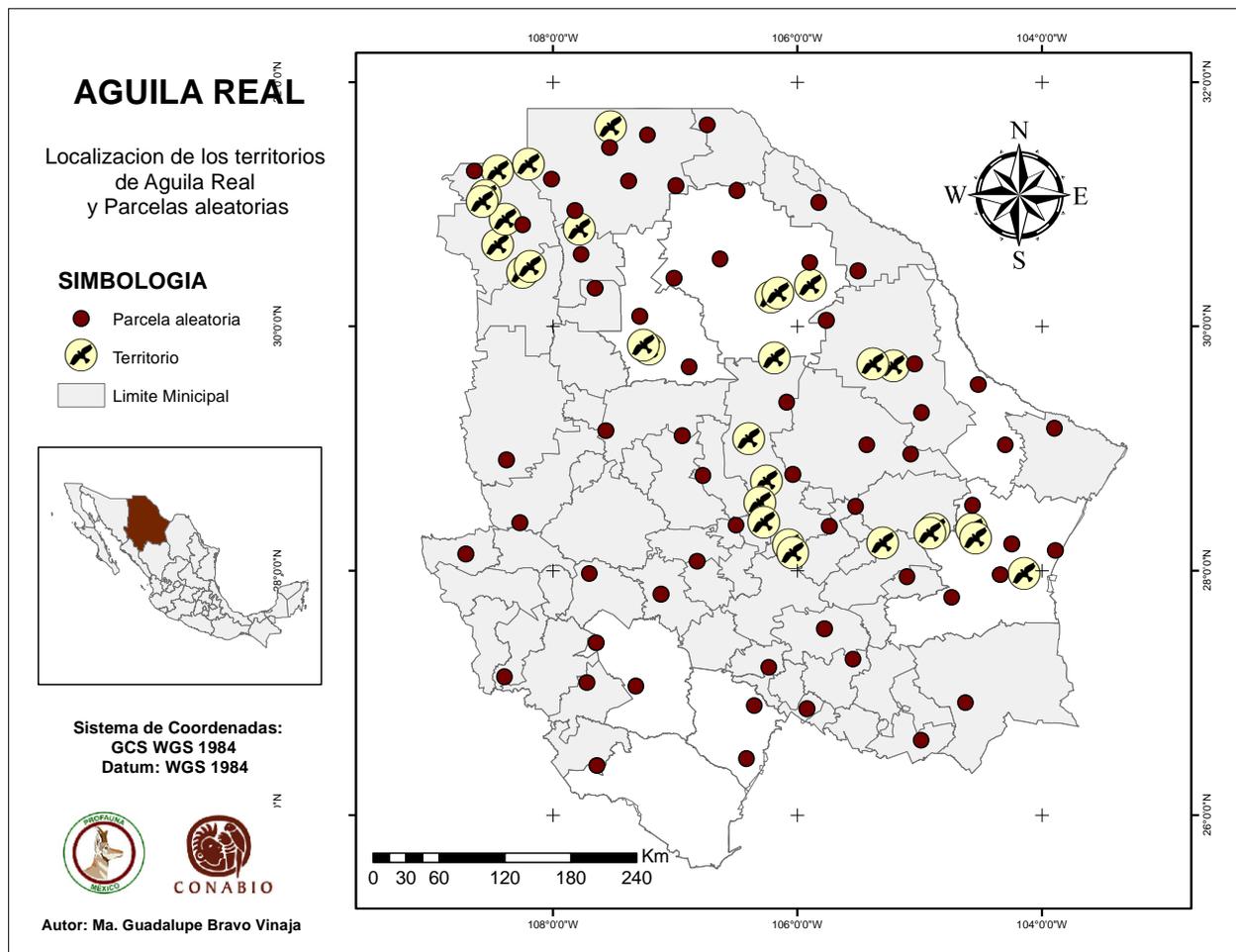


Figura 2. Localización de los territorios de anidación de águila real y parcelas aleatorias en el estado de Chihuahua.

Debido a que las águilas reales exhiben una alta fidelidad por los territorios de anidación y utilizan los mismos nidos año tras año, las localizaciones precisas de los territorios de anidación se mantienen confidenciales para evitar cualquier intromisión o perturbación a los ejemplares.

4.2 Estructura de la vegetación e índice de abundancia de presas.

El matorral desértico y las áreas adyacentes a zonas agrícolas presentaron el mayor porcentaje de suelo desnudo (44.49% y 44%, respectivamente), mientras que el bosque de encino y encino-pino presentó un porcentaje menor. En contraparte, la cubierta vegetal herbácea (PH) fue mayor en el bosque de encino y encino pino, así como en el pastizal que en los otros tipos de cobertura. La cubierta arbustiva de 0-1 m (Ar 0-1) y 1-3 m (Ar 1-3) fue más alta en el matorral desértico que en el resto de los tipos de cobertura vegetal. Los resultados mostraron una variación en el número de GHF de lagomorfos entre los diferentes tipos de cobertura del suelo ($P < 0.001$). La densidad GHF varió de acuerdo a la estructura de la vegetación, específicamente hablando de la cobertura de arbustos de 0-1 m ($P < 0.05$) y árboles ($P < 0.001$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura de la cobertura del suelo e índice de abundancia de lagomorfos (liebres y conejos) en diferentes tipos de cobertura los sitios adyacentes a los territorios de anidación del águila real en el estado de Chihuahua durante 2009 y 2010.

| Tipo de cobertura | SD (%) | MO (%) | ML (%) | PH (%) | AR1 (%) | AR3 (%) | Ar (%) | Índice de Abundancia de liebres y conejos |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---|
| Area Agrícola | 44 | 22 | 2 | 38 | 2 | 0 | 1.15 | 8.66 |
| Bosque de Coníferas | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 1.083 |
| Bosque de Encino y Encino-Pino | 25.93 | 22.53 | 2.64 | 53.24 | 5.29 | 3.94 | 15.15 | 15.517 |
| Matorral Desértico | 44.49 | 13.36 | 4.92 | 37.98 | 14.08 | 9.94 | 0.061 | 20.11 |
| Pastizal | 35.21 | 17.35 | 1.66 | 48.5 | 11.26 | 4.99 | 1.153 | 16.57 |

SD = suelo desnudo, MO = material orgánica (hojarasca o mantillo), ML = material leñoso, PH = pasto o hierba, AR1 = arbusto menor de 1 m, AR3 = arbusto entre 1 y 3 m de altura, Ar = árbol.

En general, la abundancia de GHF fue mayor en el matorral desértico, que agrupa al matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, mezquital desértico, vegetación de desiertos arenosos y áreas sin vegetación aparente. La segunda mayor densidad de GHF de lagomorfos ocurrió en los pastizales, que incluye pastizales naturales, cultivados e inducidos,

mientras que las densidades más bajas ocurrieron en los bosques de encino y bosques mixtos (encino-pino y pino-encino)

Estos datos deben ser tomados con cautela debido a que: 1) representan solo una ventana de tiempo muy reducida; 2) existe incertidumbre asociada a la metodología que contabilizó GHF y no pellets individuales 3) no se estimó de la tasa de descomposición de pellets, y 4) diferentes personas hicieron los conteos. Además, factores como los escurrimientos pudieron haber influido en la detectabilidad de GHF debido a que los pellets son arrastrados y depositados en las partes más bajas del terreno; los encharcamientos pueden acelerar la degradación de los pellets, influyendo también en la precisión del método.

4.3 Parámetros reproductivos.

Se localizaron 30 territorios de anidación de águila real en el estado de Chihuahua y dos en Durango (Apéndice 1). Se confirmó actividad en la mayoría de los territorios, y durante el 2010 el 33% de los territorios de Chihuahua presentaron actividad reproductiva. No fue posible determinar actividad de águila real en un territorio en Chihuahua y en uno en Durango, sin embargo, se confirmó presencia de nidos y avistamientos de águilas en las inmediaciones. Los resultados presentados en el presente reporte corresponden solamente al estado de Chihuahua.

No se recabaron datos suficientes para estimar el número promedio de huevos por pareja, debido a la imposibilidad de monitorear todos los nidos al mismo tiempo y a que se evitó perturbar a las parejas que se encontraban empollando a fin de no constituir una causa de abandono de nido. Tampoco fue posible determinar el número de polluelos eclosionados debido a las razones anteriores y a que en ocasiones los territorios fueron localizados cuando los polluelos ya habían eclosionado. De los 10 territorios que estuvieron activos reproductivamente durante el 2010 dos nidadas sufrieron abandono; en dichos territorios el número de huevos fue uno y dos, respectivamente. Tres territorios produjeron dos polluelos cada uno, mientras que se confirmó la eclosión de un polluelo en otro territorio. En los cuatro territorios reproductivamente activos restantes asumimos la eclosión de un solo polluelo.

Solamente en uno de los tres territorios que produjeron dos polluelos los dos polluelos sobrevivieron hasta la etapa de volantón, mientras que en los dos territorios restantes el polluelo más pequeño murió por una combinación de inanición y fratricidio.

Los detalles de la actividad reproductiva de los 30 territorios de anidación identificados en el estado de Chihuahua se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Parámetros reproductivos de una población de águila real (n=30) en el estado de Chihuahua durante 2010

| PARÁMETRO | AÑO 2010 | OBSERVACIONES |
|----------------------------|-------------|--|
| Número de Territorios | 30 (100%) | Incluye un territorio donde no se detectó águila real pero se localizaron nidos y avistamientos de ejemplares en las inmediaciones |
| Intentos de anidación | 15 (50%) | Incluye territorios donde las parejas anidaron y aquellos donde se observó cortejo y/o reconstrucción de nidos |
| Territorios con anidación | 10 (33.33%) | Territorios donde se observó águilas incubando o polluelos en los nidos |
| Nidadas fallidas | 2 (20%) | Abandono de nidos por causa desconocida en un caso y probable exceso de actividad humana en el segundo |
| Nidadas exitosas | 8 (80%) | Nidadas donde los polluelos sobrevivieron hasta la etapa de volantón |
| Productividad reproductiva | 1.12 | Numero de polluelos por pareja exitosa |

El águila real se reproduce una vez al año y su reproducción está relacionada con la disponibilidad de presas (Steenhof et al. 1997, Watson et al. 1992). El 50% de la población de águilas reales de Chihuahua mostró intentos de anidación en el 2010 y se confirmó actividad reproductiva en una tercera parte del total de territorios. El éxito reproductivo de la población de águilas reales en Chihuahua fue al menos del 80%, ya que si bien hubo abandono de nido en dos casos, las águilas pudieron haber reanidado en otro nido dentro del mismo territorio. En 2010 el éxito reproductivo fue de 1.12 polluelos por pareja exitosa. Este dato, si bien corresponde a solo un año de observaciones, es similar a datos de estudios previos, por ejemplo, Thompson et al. (1982) reportaron un promedio de 1.08 volantones por territorio, 1.7 volantones por nido exitoso y 51% de éxito en las nidadas en un periodo de 15 años. A su vez, Beecham and Kochert (1975) reportaron 1.1 volantones por intento de nidada, 1.8 volantones por nido exitoso y 65% de éxito en las nidadas en Idaho. Hunt et al. (1998) reportaron 1.44 a 1.62 volantones por nido.

Los datos anteriores, si bien constituyen información valiosa sobre la dinámica poblacional del águila real en Chihuahua, deben ser tomados con precaución ya que provienen

solo de un año de monitoreo y no representan necesariamente los parámetros promedio de la dinámica poblacional de la especie en la región.

4.4 Análisis estadístico de los datos de hábitat para la determinación del modelo HSI.

Se utilizó regresión logística múltiple para modelar la probabilidad de distribución del águila real en base a los atributos del paisaje. El modelo de idoneidad de hábitat desarrollado mediante regresión logística múltiple nos proporciona la probabilidad de ocupación de águila real en determinado sitio dadas las condiciones del medio ambiente. Dicha probabilidad está determinada por la ecuación:

$$\Psi_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_u X_{iu}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_u X_{iu}}} \quad \text{dónde:}$$

ψ_i = probabilidad de ocupación en la i -ésima unidad

x_i = valor de la variable u medida en la i -ésima unidad

β_i = coeficiente de regresión

β_0 = intercepto

i = número de unidades muestrales o sitios

u = número de variables del modelo

El mejor modelo de regresión logística incluyó al porcentaje de pastizal, la pendiente máxima y el número de asentamientos humanos dentro de cada territorio de 28.27 km² como las variables más fuertemente asociadas con los territorios de anidación del águila real. Para obtener los archivos raster para la construcción del modelo HSI, se calcularon los valores de cada una de las tres variables incluidas en el modelo de regresión logística a una resolución espacial de 30 x 30 m, mediante la utilización de una ventana móvil del mismo tamaño que el área utilizada para extraer la información espacial, y que representa el promedio de un territorio de águila real (área circular de 3000 m radio); la ventana móvil es una herramienta para el análisis espacial disponible en ArcMap 10.1 permite calcular la(s) estadística(s) requerida(s) en la celda central del área definida tomando en cuenta los valores de las celdas adyacentes, posteriormente la

ventana se desplaza una posición hacia la derecha y calcula el valor central de la nueva parcela, cubriendo así toda el área requerida.

El porcentaje de pastizal fue la variable que mejor discriminó entre los territorios de anidación del águila real y los sitios aleatorios ($Z= 4.84, P<0.0001$). Las superficies mayores de pastizales se localizan en las zonas Noroeste y Centro-Sur del estado de Chihuahua. Resalta la presencia de áreas de pastizal relativamente pequeñas en el Suroeste del Estado, que corresponde a las profundidades de la Sierra Madre Occidental (Figura 3) y que representan en su mayoría pastizales inducidos en aclareos en medio de zonas boscosas.

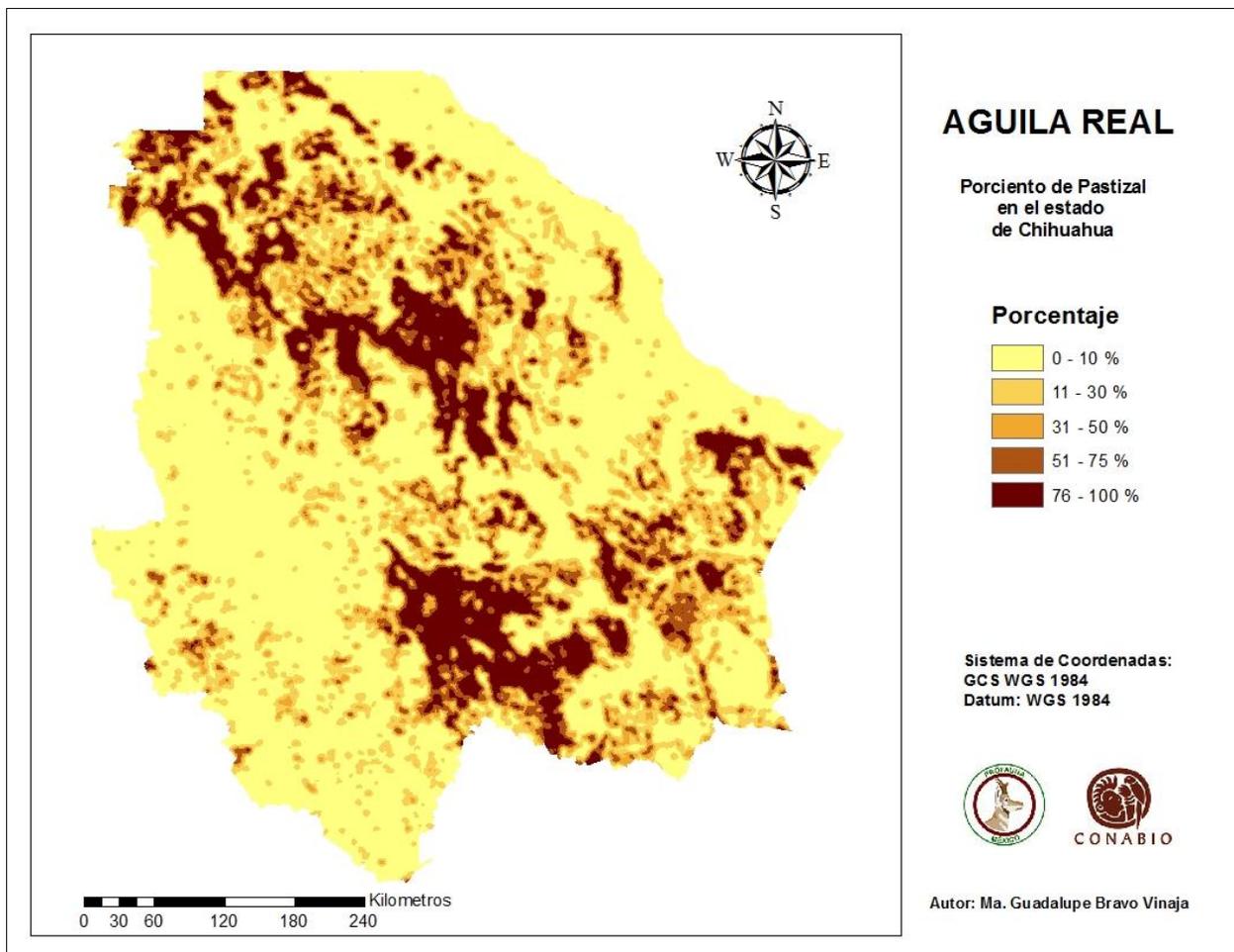


Figura 3. Porcentaje de pastizal en el estado de Chihuahua calculado para cada celda de 30 x 30 m mediante el uso de una ventana circular móvil de 3000 m de radio.

La pendiente máxima fue la segunda variable que mejor discriminó entre los territorios de anidación del águila real y los sitios aleatorios ($Z=3.25, P<0.05$), y que fue utilizada en la

regresión logística. La pendiente máxima se calculó para cada celda de 30 x 30 m, utilizando una ventana móvil de 3000 m de radio a partir del MED de Chihuahua de 30 m de resolución espacial. Las áreas con pendientes más inclinadas se localizan en la Sierra Madre Occidental principalmente, si bien en la región de los llanos se observan pendientes muy pronunciadas intercaladas con áreas planas (Figura 4).

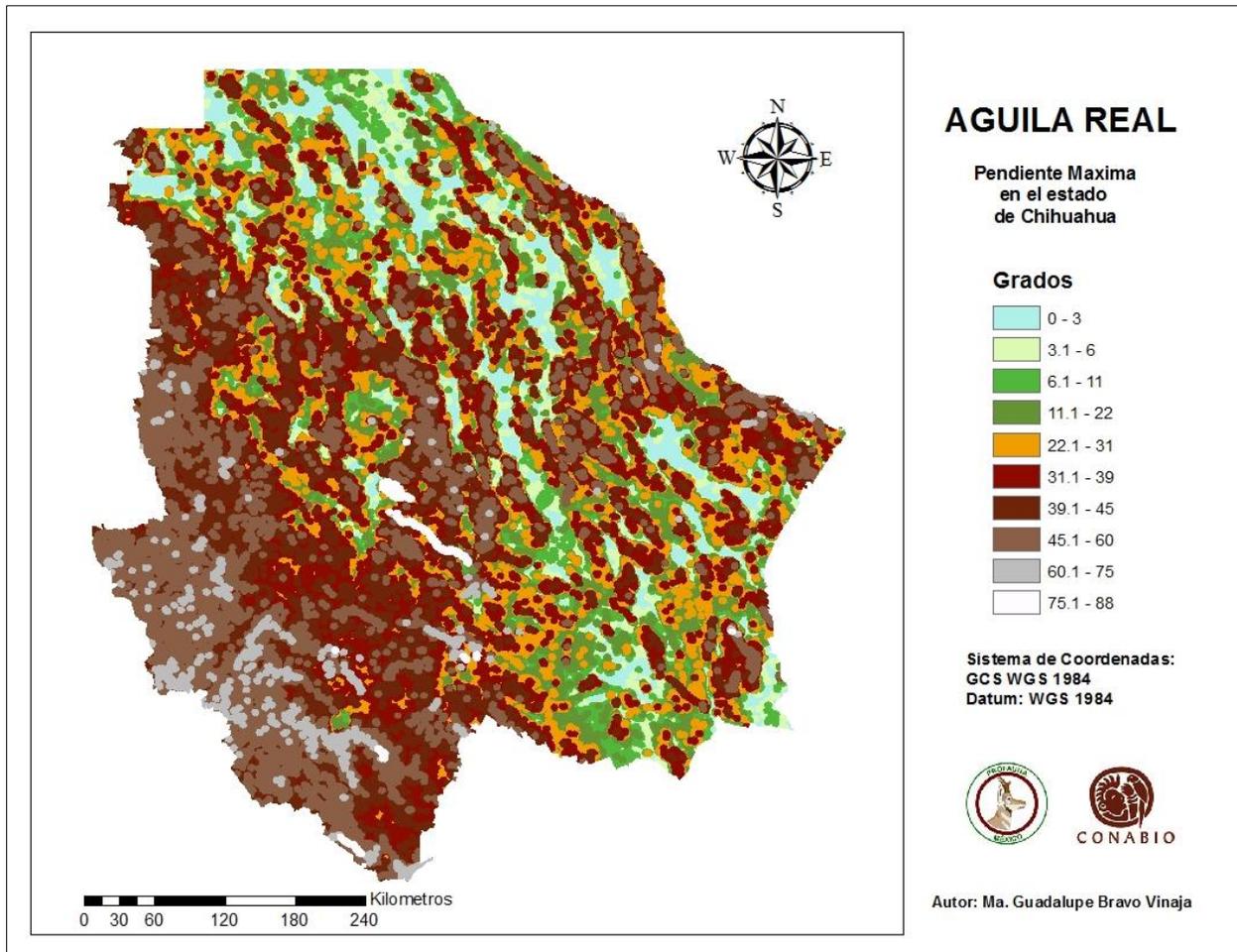


Figura 4. Pendiente máxima en el estado de Chihuahua calculada para cada celda de 30 x 30 m mediante el uso de una ventana circular móvil de 3000 m radio.

Entre las variables de origen antrópico que constituyen fuentes de perturbación y fragmentación, la cantidad total de asentamientos humanos dentro de un área circular de 3000 m radio distinguió sitios verdaderos de sitios aleatorios ($Z=-2.97$, $P<0.05$) y fue utilizada en el modelo logístico. Si bien los asentamientos humanos están dispersos por todo el estado, se observa una mayor densidad en la zona serrana Tarahumara que en el resto del estado (Figura 5).

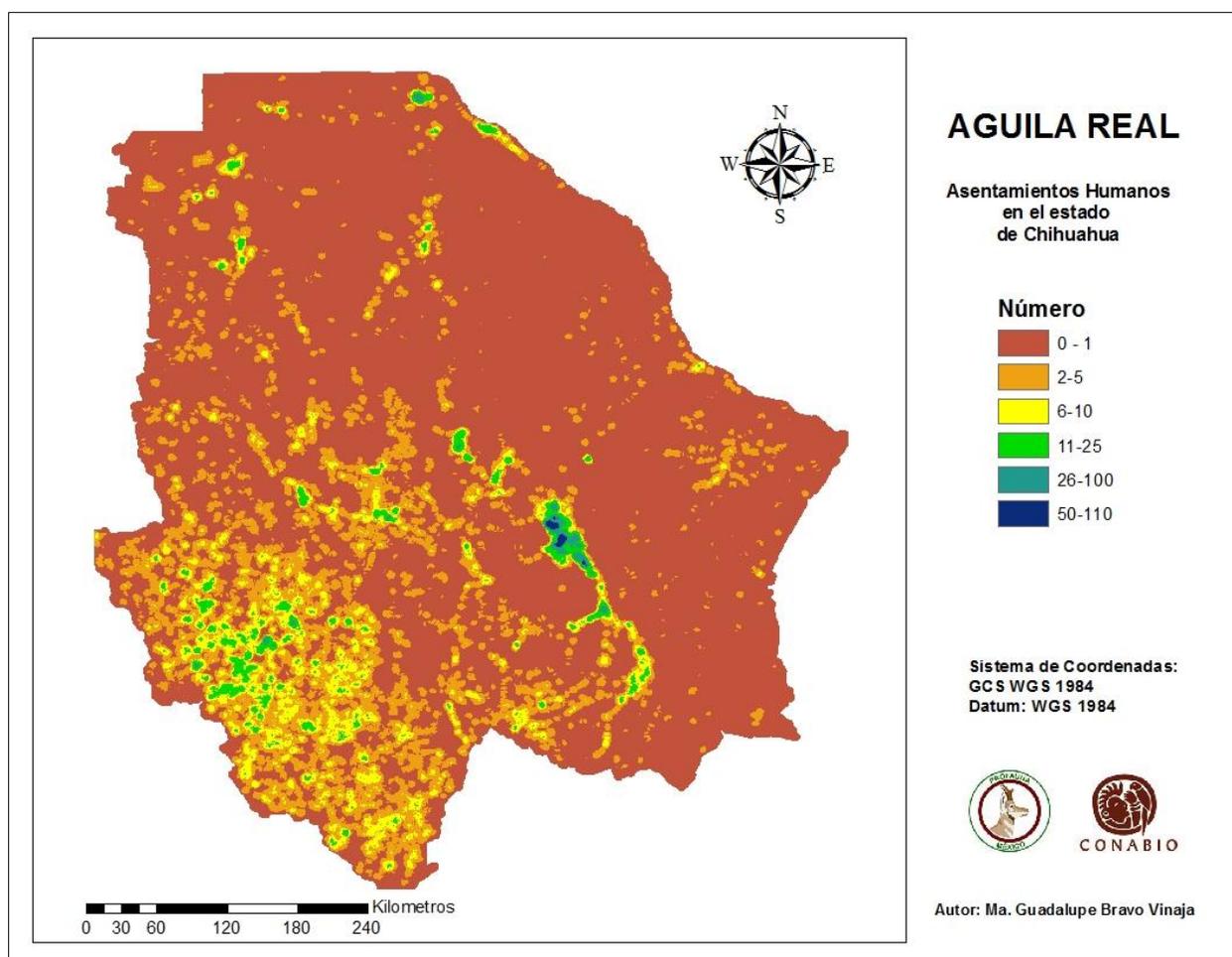


Figura 5. Cantidad de asentamientos humanos en el estado de Chihuahua calculado para cada celda de 30 x 30 m utilizando una ventana móvil de 3000 m de radio.

El modelo más adecuado de acuerdo al Criterio de Información de Akaike ($AIC = 82.39$), presentó un nivel de concordancia del 87.10%, el cual se considera muy bueno tratándose de datos ecológicos. Los coeficientes de regresión tanto del porcentaje de pastizal y de la pendiente máxima tuvieron una asociación positiva con los territorios de águila real, mientras que el número de asentamientos humanos se asoció negativamente a los territorios de águila real.

El mapa de la Figura 6 representa el índice de idoneidad del hábitat para el águila real en el estado de Chihuahua. El índice de idoneidad puede variar de 0 hasta 1, indicando hábitat de mala calidad (0) o hábitat con calidad óptima (1). De acuerdo a este modelo de idoneidad, el 65.98% de la superficie del estado de Chihuahua tiene un valor $HSI < 0.25$, el 23.02% del área

tiene valores >0.25 y <0.5 , el 7.91% del estado tiene valores 0.51 y 0.75 y solo el 3.08% del estado tiene un HSI > 0.75 .

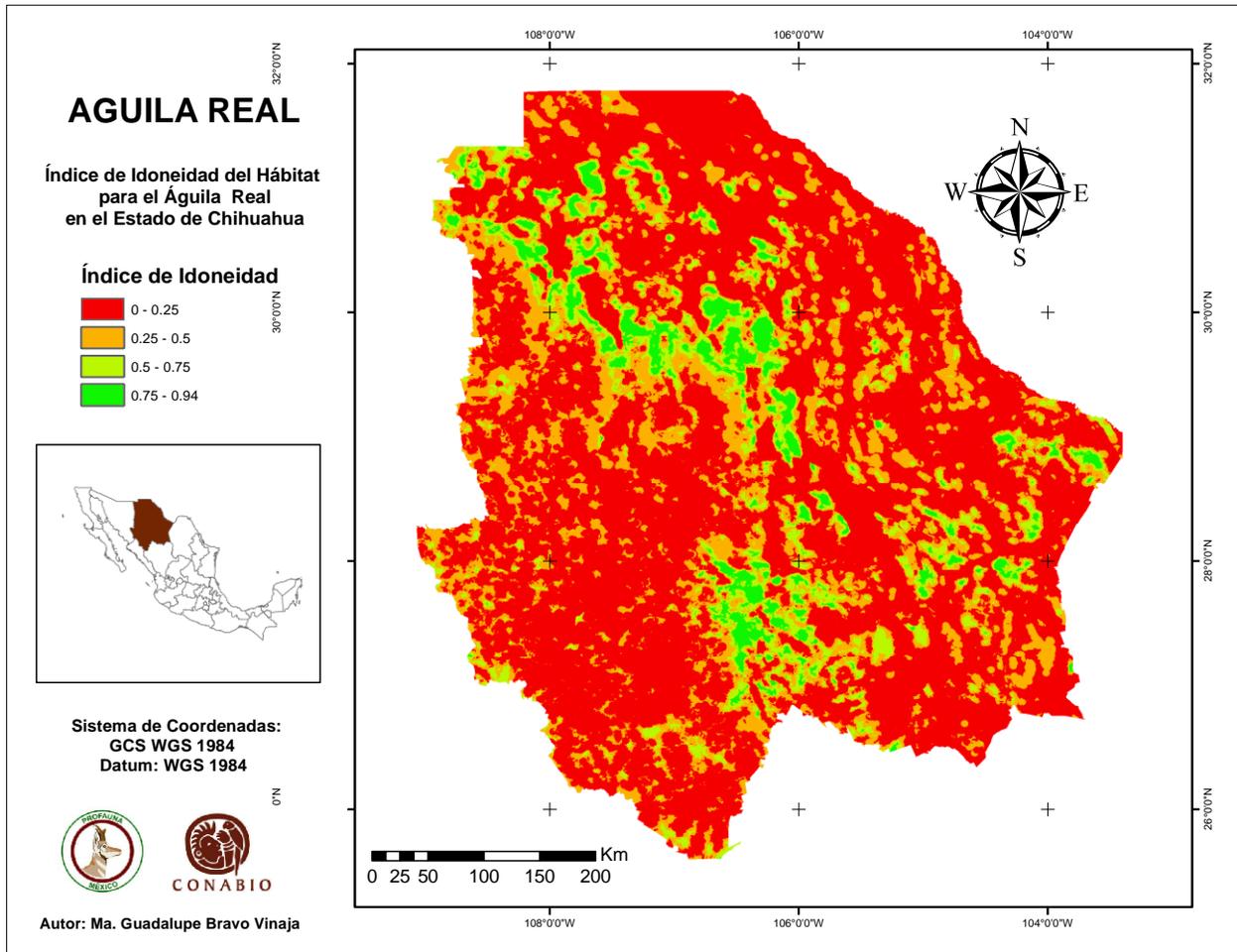


Figura 6. Índice de Idoneidad de Hábitat para el Águila Real en el estado de Chihuahua

La presencia de territorios de anidación de águila real en hábitat identificado por el modelo como de “baja calidad” se puede deber, además de la interacción de las tres variables explicativas, a la resolución espacial de los datos digitales utilizados para desarrollar el modelo espacialmente explícito. Los autores consideran que parte de la incertidumbre o error asociados al presente modelo se debe a la resolución espacial del MED utilizado para derivar la pendiente, por ejemplo, en el caso de dos territorios de anidación las dimensiones de las estructuras rocosas donde se localizan los nidos de águila real no están correctamente representadas en el MED de 30 m de resolución.

La Figura 7 representa el Índice de Idoneidad de Hábitat para el águila real en el Altiplano Mexicano. Para la elaboración de dicho mapa se utilizó el modelo desarrollado para el estado de Chihuahua, extrapolándose hacia la región Altiplano Mexicano en su parte correspondiente a los estados de Durango y Zacatecas.

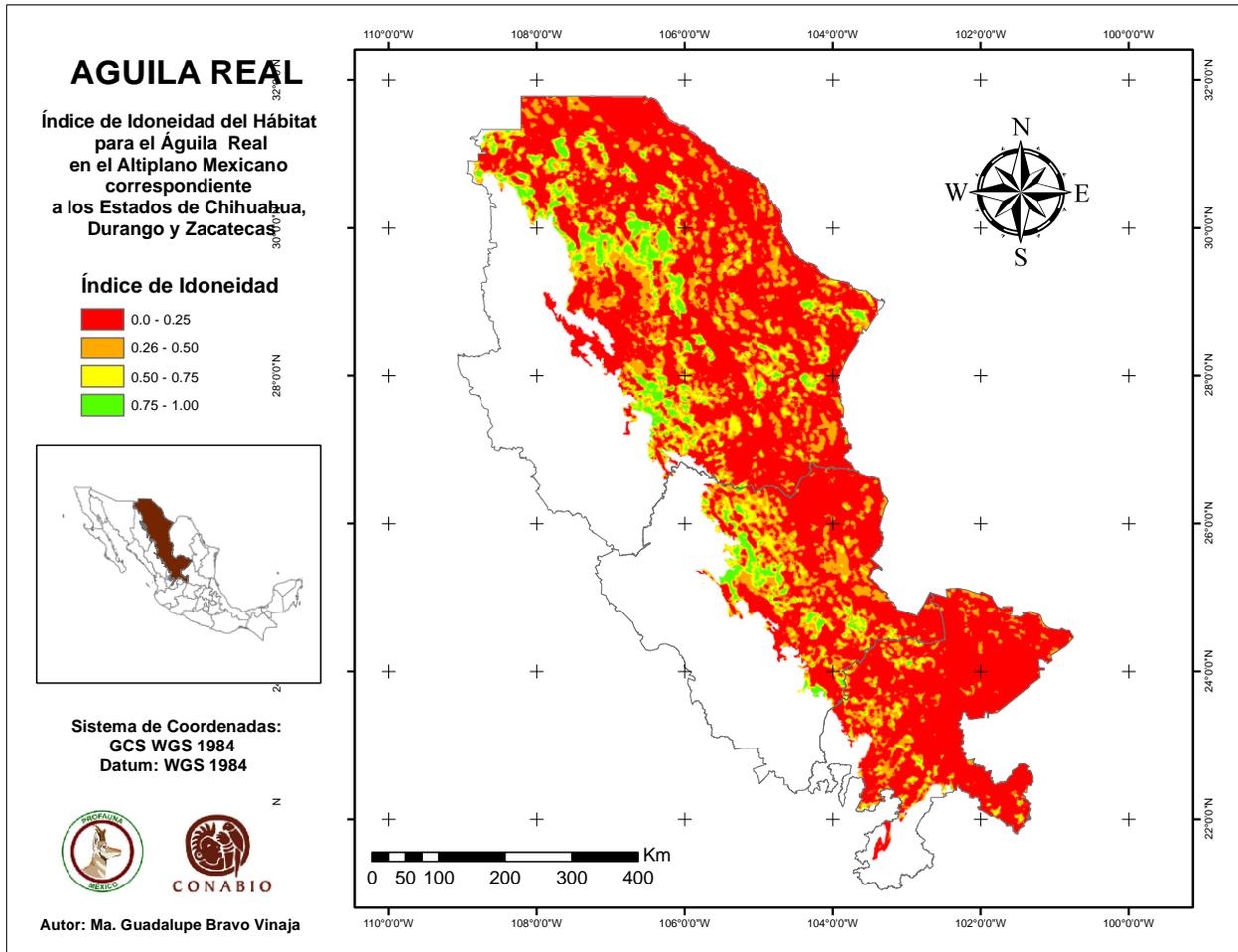


Figura 7. Índice de Idoneidad de Hábitat de Águila Real en el Altiplano Mexicano correspondiente a los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas

El índice de idoneidad de hábitat para águila real indica no solo la calidad del hábitat de anidación y forrajeo, sino que también es un indicador de la probabilidad de presencia de la especie a lo largo y ancho del paisaje. Es notorio que la calidad del hábitat para el águila real fluctúa considerablemente a través del territorio, dependiendo de sus características fisiográficas, de cobertura, y de los asentamientos humanos, y que los estados de Durango y Chihuahua poseen

una mayor cantidad de hábitat de óptima calidad para el águila real en comparación con el estado de Zacatecas.

5. FACTORES QUE LIMITAN LAS POBLACIONES DE AGUILA REAL

5.1. Disponibilidad de sitios de anidación.

La selección de hábitat es un proceso por medio del cual los animales eligen aquellas características del medio ambiente que se relacionan directa o indirectamente con los recursos requeridos para sobrevivir y reproducirse. De acuerdo a Johnson (1980) existen tres niveles jerárquicos de selección de hábitat. Los resultados del presente estudio sugieren que las águilas reales tienen una marcada preferencia por las áreas abiertas como pastizales y matorrales (selección de primer orden). Estas áreas generalmente tienen solamente uno o dos estratos de vegetación, y carecen de cobertura arbórea con estructuras adecuadas para la anidación de las águilas reales. Por ende, los territorios de anidación están distribuidos en aquellos lugares con estructuras rocosas como acantilados y riscos para construir nidos (selección de segundo orden). Estos sitios se encuentran a menudo en lugares con pendientes muy pronunciadas, escarpados y de difícil acceso, lo cual a la vez que limita la localización y estudio de los mismos, pudiera resultar benéfica para las poblaciones de águila real ya que los territorios de anidación tienen un menor riesgo de ser perturbados por actividades humanas.

Todos los nidos de águila real ubicados en los estados de Chihuahua y Durango se localizaron en riscos, acantilados o barrancas de más de 10 m de altura y pendientes muy pronunciadas. En la Sierra Madre Occidental se localizan grandes áreas de terreno rugoso con acantilados de pendientes pronunciadas y estructuras adecuadas que pudieran soportar nidos de águila real, sin embargo, durante las visitas de prospección no fue posible localizar ningún territorio de anidación de águila real, aun y cuando a juicio del personal encargado del inventario, los riscos proveían de estructuras excelentes para anidación como plataformas rocosas y cuevas. Por lo tanto, los autores consideran que la disponibilidad de sitios adecuado para establecer nidos no es un factor que limite las poblaciones de águila real en el estado de Chihuahua.

5.2. Abundancia de hábitat de forrajeo.

Las águilas reales monitoreadas en el estado de Chihuahua mostraron una marcada preferencia por los espacios abiertos como los pastizales (100% de los territorios, 58.94% del área total), los matorrales (73.33% de los territorios, 36.32% del área total), y el bosque de encino (43.33% de los territorios, 14.39% del área total). No se localizaron águilas reales en los bosques de coníferas en la Sierra Madre Occidental. Se ha reportado que la proximidad de los sitios de forrajeo adecuados son un factor decisivo en la selección de sitios de anidación (Dixon 1937, McGahan 1968, Spofford 1971, Johnsgard 1990). En este sentido, los bosques de coníferas pudieran no constituir hábitat óptimo de forrajeo debido a que la densidad de la cobertura vegetal limita la accesibilidad a las presas.

El índice de abundancia de liebres y conejos fue mayor en las áreas de matorral desértico (20.11), en el pastizal (16.57), en el bosque de encino y encino-pino (15.52) y en las áreas ribereñas o de bosque de mezquites (14.00) que en las áreas cercanas a parcelas agrícolas (8.66) y de bosque de coníferas (1.08).

Particularmente se registró un menor conteo de GHF de liebres y conejos en los pastizales amacollados con poca cobertura arbustiva que en los pastizales con un mayor índice de interspersión de arbustos y en las zonas de matorral desértico. Los arbustos proveen alimento, refugio y cobertura de escape para las liebres y conejos, por lo que las áreas de matorral, pastizal y bosque bajo abierto con cobertura arbustiva constituyen hábitat de buena calidad para las especies presa del águila real, y representan por ende hábitat de forrajeo de alta calidad para las águilas reales.

Las áreas desprovistas de vegetación no constituyen hábitat de forrajeo óptimo para el águila real debido a una menor abundancia de especies presa. Asimismo, áreas con vegetación densa como el chaparral, los matorrales submontanos o los bosques de coníferas no son hábitat de forrajeo de alta calidad ya que las presas son menos detectables y accesibles.

La conversión de áreas de pastizal y matorral a tierras agrícolas reduce la abundancia de hábitat de forrajeo de buena calidad no solo durante el uso agrícola del terreno, sino también una vez que la tierra deja de cultivarse, ya que los procesos de erosión hídrica y eólica reducen la cubierta del suelo, y las especies invasoras colonizan tierras degradadas, acelerando el proceso de desertificación. Debido a la tasa de cambio de uso de suelo en el estado de Chihuahua, consideramos que la abundancia de hábitat de forrajeo podría ser un factor que limite las

poblaciones de águila real. Particularmente en un territorio de anidación en el municipio de Chihuahua, recientemente áreas de pastizal fueron convertidas a tierras agrícolas por una comunidad Menonita, en los límites del área de 30 km² de una pareja de águilas reales. Sin embargo, el caso más dramático es el de una pareja de águilas reales del municipio de Janos, que ha perdido más del 50% del área central de su territorio debido a la conversión de pastizal a tierras de cultivo y a asentamientos humanos.

5.3. Muertes por electrocución, ahogamiento y envenenamiento.

Además de la pérdida de hábitat por el cambio en el uso del suelo, a lo largo de su rango geográfico el águila real enfrenta otras amenazas asociadas a las actividades humanas que pueden tener un impacto significativo en su tamaño y crecimiento poblacional. Una de las amenazas principales la representan las líneas eléctricas. Se ha documentado que en los Estados Unidos las muertes por electrocución accidental representan la mayoría de la mortalidad de las águilas reales. Las líneas eléctricas son un factor de mortalidad no solo para las águilas reales, sino para numerosas especies de rapaces de distribución simpátrica, así como de zopilotes y cuervos. Las líneas eléctricas representan doble amenaza de mortalidad: 1) por la posibilidad de colisiones con los cables eléctricos y 2) por la posibilidad de electrocución cuando las aves se perchán en los postes. En algunas regiones de los Estados Unidos se documentaron hasta 37 aves muertas en 24 km de tendido eléctrico en Colorado, y 42 aves electrocutadas en 19 km en Utah (DeLong 2004). Las águilas juveniles parecen ser más vulnerables a morir por electrocución accidental.

El presente estudio no incluyó recorridos a lo largo de las líneas eléctricas para contar águilas reales electrocutadas, sin embargo, pudimos documentar la muerte por electrocución accidental de un ejemplar juvenil de águila real y de un ejemplar no determinado en el municipio de Janos durante el invierno 2009-2010. Muy probablemente las aves electrocutadas eran juveniles migratorios, o bien pudieron ser ejemplares juveniles sin territorio definido o “floaters” de la región.

Asimismo se registró la electrocución accidental de un ejemplar adulto de águila real en el ejido Ley 6 de Enero, municipio de Ascensión, Chihuahua, durante el verano de 2009. El

ejemplar fue encontrado con quemaduras pero vivo, por un vaquero de la región, quien lo recogió, lo alimentó y lo cuidó hasta que el ave se recuperó y fue liberada (Cuadro 4).

Otra de las principales amenazas para el águila real es el ahogamiento en pilas de agua en los ranchos ganaderos. Durante nuestros recorridos en campo documentamos la muerte por ahogamiento de varios ejemplares de águila real en diferentes ranchos ganaderos (Cuadro 4). En 2010 el único polluelo de un territorio en el municipio de Nuevo Casas Grandes pereció ahogado a los pocos días de haber dejado el nido, en una pila de agua que sirve como abrevadero para el ganado. La mayoría de las pilas o tanques de agua son metálicos y de forma cilíndrica, de aproximadamente 1.6 m de altura y un diámetro no menor de 3 m.

La mortalidad por envenenamiento es otro factor que incide de forma negativa en las poblaciones de águila real. En numerosos ranchos ganaderos se inyecta veneno a las carcasas de ganado bovino con el fin de matar a los coyotes que llegan a alimentarse de carroña, sin embargo, no solo los coyotes resultan afectados, sino todos los animales que son carroñeros obligados como los zopilotes, o carroñeros oportunistas como el águila real. Se documentó la muerte por envenenamiento de un ejemplar de águila real adulta, presumiblemente por consumo de carroña de un coyote envenenado en el municipio de Janos, Chihuahua, en la primavera del 2010. Este ejemplar podría ser uno de los dos individuos pertenecientes a un territorio de águila real, ya que en visitas posteriores al sitio de anidación en Marzo y Mayo del 2010 solo se observó a un ejemplar de águila real en dicho sitio.

Cuadro 4. Muertes de águila real durante los años 2009 y 2010 en el estado de Chihuahua

| MUNICIPIO | FECHA | NUMERO | EDAD | CAUSA |
|------------------|----------------|--------|-------------|----------------|
| Coyame del Sotol | Primavera 2009 | 1 | Desconocida | Ahogamiento |
| Ahumada | Verano 2009 | 1 | Desconocida | Ahogamiento |
| Coyame del Sotol | Verano 2009 | 1 | Adulta | Ahogamiento |
| Coyame del Sotol | Verano 2009 | 1 | Juvenil | Ahogamiento |
| Coyame del Sotol | Verano 2009 | 1 | Desconocida | Ahogamiento |
| Ascención | Verano 2009 | 1 | Adulta | Electrocución |
| Coyame del Sotol | Otoño 2009 | 1 | Juvenil | Ahogamiento |
| Janos | Invierno 2009 | 1 | Adulta | Envenenamiento |

| | | | | |
|---------------------|----------------|---|-------------|--------------------------|
| Janos | Invierno 2009 | 1 | Desconocida | Electrocución |
| Chihuahua | Primavera 2010 | 1 | Desconocida | Desconocida ^a |
| Nuevo Casas Grandes | Primavera 2010 | 1 | Juvenil | Ahogamiento |

^a No verificado

5.4. Caza y saqueo de huevos y polluelos.

Si bien se ha señalado a la caza y el saqueo de huevos y polluelos con fines de comercialización ilegal como un problema potencialmente grave para las poblaciones de águila real, el único caso que nos fue reportado sobre saqueo de polluelos se dio en el municipio de Santa Isabel. Se reportó que en al menos dos años anteriores al 2009 un individuo procedente de la ciudad de Chihuahua extrajo polluelos de águila real de los nidos con el fin de comercializarlos. Asimismo, se reportó en la misma localidad que otro individuo comercializó un polluelo de águila real a un circo o zoológico no especificado. Presumiblemente el polluelo habría caído del nido y encontrado por dicho individuo. Durante entrevistas con habitantes de ejidos, ganaderos y vaqueros pudimos constatar que la mayoría de las personas no son capaces de distinguir al águila real de otras especies de rapaces, confundiéndola a menudo con halcones, aguilillas, gavilanes y hasta con zopilotes. Sin embargo, también pudimos percibir ideas y actitudes conservacionistas hacia las águilas reales y otras especies silvestres, especialmente entre aquellas personas que si son capaces de distinguir al águila real de otras especies. En general no se recabó evidencia de caza de ejemplares de águila real o de sustracción de polluelos en los territorios localizados. Sin embargo, como medida precautoria, en algunos lugares donde localizamos territorios de anidación decidimos no informar a los dueños de los predios, al personal del rancho o a los pobladores, con el fin de evitar intrusiones en los territorios de anidación durante la época reproductiva.

AGRADECIMIENTOS.

Este estudio fue posible gracias al financiamiento de Comisión Nacional Para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y la colaboración de Protección de la Fauna Mexicana, A.C. (PROFAUNA). Mi más sincero y profundo agradecimiento a los ganaderos y ejidatarios del estado de Chihuahua quienes generosamente nos permitieron el acceso a sus tierras. Gracias muy especiales al Dr. Alberto Lafón Terrazas, al Dr. Enrique Carreón Hernández y a la Ing. Dora María Soto, por todo el apoyo logístico brindado, así como a Pedro Calderón y a Abel Duarte por el apoyo en campo. Gracias a la Biol. Paulina R. Lezama Núñez, quien con entusiasmo colaboró como voluntaria en la búsqueda de águilas. Gracias muy especiales a los “aguileros” Roberto Rodríguez, José Zúñiga y Cinthia Mireles, quienes hicieron este trabajo posible, porque con entusiasmo escudriñaron el horizonte durante largas horas en busca de las Cuahutlis, porque incansablemente caminaron kilómetros y kilómetros de montañas en busca de los nidos de águila real, soportando las condiciones climáticas más adversas y horarios extenuantes, porque genuinamente se alegraron cada vez que localizamos un territorio nuevo, y porque compartieron conmigo toda clase de aventuras, peligros y sinsabores.

“Chihuahua es Tierra de Águilas”

Guadalupe Bravo Vinaja

BIBLIOGRAFIA

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Páginas 267-281 in B. N. Petrov and F. Csaki, editors. Second international symposium on information theory. Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
- BGEPA 1940. Bald and Golden Eagle Protection Act, 16 U.S.C. 668-668d
- Beecham, J. J. and M. N. Kochert. 1975. Golden eagle breeding biology, Idaho. Wilson Bull 87:506-13.
- BirdLife International 2012. *Aquila chrysaetos*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **29 July 2012**.
- Bock, C. E., and Z. F. Jones. 2004. Avian habitat evaluation: should counting birds count?. Frontiers Ecology and the Environment 2:403-410.
- Brooks, R.P. 1997. Improving habitat suitability index models. Wildl. Soc. Bull. 25:163-167.
- Calvete C., R. Estrada, E. Angulo y S. Cabezas-Ruiz. 2004. Habitat factors related to wild rabbit conservation in an agricultural landscape. Landscape Ecology 19:531-542.
- Chadwick D. R., J. J. Millspaugh, A. B. Cooper, M. W. Hubbard, S. L. Sheriff y R. A. Gitzen. 2008. Modeling resource selection using polytomous logistic regression and kernel density estimates. Environ. Ecol. Stat. 15:39-47.
- DeLong, J. P. 2004. Effects of management practices on grassland birds: Golden Eagle. Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND. 22 pages.
- Dixon J.B. 1937. The golden eagle in San Diego County, California. The Condor 2:49-56
- Documento Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. México (DF).
- Fabrizio S., P. Pedrini, F. Rizzolli y L. Marchesi. 2006. Adaptive range selection by golden eagles in a changing landscape: A multiple modeling approach. Biological Conservation 133:32-41.
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions, spatial inference and predictions. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 320 pag.

- Franson, J. C., L. Sileo y N. J. Thomas. 1995. Causes of eagle deaths. Pag. 68 *in* E. T. LaRoe, G. S. Farris, C. E. Puckett, P.D. Doran y M. J. Mac, eds. Our living resources. U.S. Department of Interior, National Biological Service, Washington, D.C.
- FWCA 1917. Fish and Wildlife Conservation Act.
- Hizrel, A. H. y G. Le Ray. 2008. Habitat Suitability Modeling and niche theory. *Journal of Applied Ecology* 45: 1372-1381.
- Homyak, J. A., D. J. Harrison, J. A. Litvaitis y W. B. Krohn. 2006. Quantifying densities of snowshoe hares in Maine using pellet plots. *Wildl. Soc. Bulletin* 34: 74–80.
- Hunt, W. G., R. E. Jackman, T. L. Brown, D. E. Driscoll y L. Culp. 1998. A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: population trend analysis 1997. Report to National Renewable Energy laboratory, Subcontract XAT-6-16459-01. Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz.
- Instituto Nacional De Ecologia. 1999. Proyecto de protección, conservación y recuperación del Aguila Real. Report of Subcomite Tecnico Consultivo para la Conservación del Aguila Real (*Aquila chrysaetos*) en Mexico. México, D.F.
- Johnsgard, P. A. 1990. Hawks, eagles and falcons of North America: biology and natural history. Smithsonian Institution Press, Washington and London. 403 pp.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61: 65-71.
- Krebs C. J., R. Boonstra, S. Boutin y A. R. E. Sinclair. 2001. What drives the 10-year cycle of snowshoe hares? *Bioscience* 51:25-35.
- Kochert, M. N. y K. Steenhof. 2002. Golden Eagles in the U.S. and Canada; status, trends conservation challenges. *J. Raptor Res.* 36 (supplement): 33–41.
- Kochert, M. N., K. Steenhof, C. L. McIntyre, y E. H. Craig. 2002. Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), *The Birds of North America*, No. 684 Online (A. Poole and F. Gill, Eds.). The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA.
- Lacey Act 1900. 16 U.S.C. 3371- 3378.
- Linnaeus, Carl (1758): 41.2. Falco chrysaetos. In: *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis* (10th ed., vol.1): 88. Laurentius Salvius, Holmius (= Stockholm).
- MBTA 1918. Migratory Bird Treaty Act, 16 U.S.C. 703-712
- McGahan, J. 1968. Ecology of the golden eagle. *The Auk* 85:1-12.

- McIntyre C. L., M.W. Collopy, J. G. Kidd y A. A. Stickney. 2006. Characteristics of the landscape surrounding Golden Eagle sites in Denali National Park and Preserve, Alaska. *J. Raptor Research*. 40:46-51.
- Maclaren, P. A., S. H. Anderson y D. E. Runde. 1988. Food habits and nest characteristics of breeding raptors in southwestern Wyoming. *Great Basin Nat.* 48: 548–553.
- Menkens Jr G.E. y S. H. Anderson. 1987. Nest site characteristics of a predominantly tree-nesting population of golden eagles. *Journal of Field Ornithology*, 58: 22-25.
- Menkens Jr G. E. y S. H. Anderson. 1983. How selective are golden eagles when choosing a nest site?. *Journal of the Colorado-Wyoming Academy of Science*. 15: 55-56.
- Murray, D. L., J. D. Roth, E. Ellsworth, A. J. Wirsing y T. D. Steury. 2002. Estimating low-density snowshoe hare populations using fecal pellet counts. *Canadian Journal of Zoology* 80:771–778.
- Olendorff, R. R. 1973. The ecology of the nesting birds of prey of northeastern Colorado. Tech. Rep. no. 211. U.S. Int. Biol. Prog., Grassland Biome, Fort Collins, CO.
- Pietz, P. J. y J. R. Tester. 1983. Habitat selection by snowshoe hares in Northcentral Minnesota. *J. Wildl. Manage.* 47:686-696.
- Rodríguez-Estrella, R. 2002. A survey of golden eagles in Northern Mexico in 1984 and recent records in Central and Southern Baja California Peninsula. *J. Raptor Res.* 36:3-9.
- Rodríguez-Estrella, R. 2006. Current raptor studies in México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Rotenberry, J. T., K. L. Preston and S. T. Knick. 2006. GIS-Based Niche Modeling for Mapping Species' Habitat. *Ecology* 87(6): 1458-1464
- Scott, J. M., P. J. Heglund, M. L. Morisson, J. B. Haufler, M. G. Raphael, W. A. Wall, and F. B. Samson, editors. 2002. Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale. Island Press, Washington.
- SEDESOL. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-94; que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Poder Ejecutivo Federal. Secretaría de desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación, 16 de mayo de 1994. 60 p.
- Sinclair, A. R. E., and J. M. Fryxell. 2006. *Wildlife ecology, conservation and management*. 2nd edition. Blackwell Publishing, Malden, MA.

- Southwood, T. R. E. 1977. Habitat, the templet for ecological strategies?. *J. Animal Ecol.* 46:337-365.
- Spofford, W. R. 1971. The golden eagle--rediscovered. *Conservationist.* 26: 6-8.
- Steenhof, K. y I, Newton. 2007. Assessing nesting success and productivity. Pages 181-191 in D.M. Bird and K.L. Bildstein (eds.). *Raptor research and management techniques.* Hancock House, Surrey B.C.
- Steenhof, K., M. N. Kochert y T. L. McDonald. 1997. Interactive effects of prey and weather on Golden Eagle reproduction. *Journal of Animal Ecology* 66:350-362.
- Store, R. y J. Jokimaki. 2003. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modeling. *Ecological Modeling* 169: 1-15.
- Thompson, S. P., C. D. Littlefield y R. S. Johnstone. 1982. Golden eagle nesting biology, Oregon. *Raptor Research* 16:116–22.
- Van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *J. Wildl. Manage.* 47:893-901.
- Van Horne, B. y J. A. Wiens. 1991. Forest Bird Habitat Suitability Models and the Development of General Habitat Models. U.S. Fish Wildl. Serv., *Fish Wildl. Res.* 8. 31 pp.
- Watson, Jeff. 1997. *The golden eagle.* T. & A.D. Poyser. London. 374 p.
- Watson, J., S. R. Rae y R. Stillman. 1992. Nesting density and breeding success of Golden Eagles in relation to food-supply in Scotland. *Journal of Animal Ecology* 61:543-550.
- Wheatley M., K. W. Larsen y S. Boutin. 2002. Does density reflect habitat quality for north American red squirrels during a spruce-cone failure?. *Journal of Mammology* 83:716-727.
- Wolfe, M. L., N. V. Debyle, C. S. Winchell y T. R. McCabe. 1982. Snowshoe hare cover relationships in northern Utah. *Journal of Wildlife Management* 46:662–670.