



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS**



**ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**PROTOCOLO PARA MONITOREO AÉREO ENFOCADO EN ÁGUILA REAL EN TRES  
ANP DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA Y ZONAS DE CONECTIVIDAD**

**TRABAJO TERMINAL**

Que para obtener el diploma de  
**ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Presenta

**L.C.A. DIEGO TOSCANO MEDINA**

**Águila Real**  
**MONITOREO AÉREO**



Ensenada, B. C.

Agosto 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

PROTOCOLO PARA MONITOREO AÉREO ENFOCADO EN ÁGUILA REAL EN TRES  
ANP DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA Y ZONAS DE CONECTIVIDAD

TRABAJO TERMINAL

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL  
PRESENTA

DIEGO TOSCANO MEDINA

APROBADO POR



Dr. Gonzalo de León Girón

Director



Dr. Georges Seingier

Sinodal



Dr. Guillermo Romero Figueroa

Sinodal

## Resumen

*La propuesta de un protocolo para el monitoreo aéreo enfocado en el águila real para tres Áreas Naturales Protegidas (ANP) de la península de Baja California y su zona de conectividad, es un paso importante en los esfuerzos de conservación del águila real (*Aquila chrysaetos*) en una de las zonas más remotas de la República Mexicana. Debido al vacío de información y con la finalidad de fortalecer los esfuerzos de conservación de la especie a través del protocolo para la implementación del método de monitoreo en helicóptero de la población reproductiva de águila real en las ANP y territorio potencial en zonas de conectividad. Junto con el análisis de la participación de los diferentes actores del proyecto. Se identificaron 31 actores en una estructura colaborativa de modularidad media (0.434) en la que las ANP son los actores más representativos de todos en la red del proyecto, se dividieron en cuatro módulos que fueron nombrados: 1), académico, 2) civil, 3) institucional y 4) territorial. Se identificaron 5 fases en las que un protocolo de monitoreo aéreo puede segmentarse operativamente: 1) planeación, 2) preparación, 3) prospección, 4) ejecución y 5) seguimiento. Cada etapa se integró con el tiempo en el que se recomienda realizar las actividades considerando el objetivo biológico, las actividades que se sugiere realizar, los actores sugeridos y los resultados esperados de cada una. Se identificó también que el protocolo genera impactos directos en tres subprogramas reconocidos por el Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real: 1) manejo integrado del paisaje, 2) manejo y monitoreo de poblaciones y 3) participación social y cultural para la conservación. La realización de un protocolo y el análisis de la estructura permiten implementar técnicas de primer nivel a las acciones de conservación efectiva, continuando a su vez, con el empoderamiento de las comunidades en colaboración con el sector académico, civil e institucional para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a través del uso y aprovechamiento responsable y sostenible de los recursos naturales.*

## Palabras clave

Protocolo, Monitoreo aéreo, Águila real, *Aquila chrysaetos*, Península de Baja California

## Destacados:

- Baja California tiene potencial de albergar a una población muy particular de águilas reales en México y Norteamérica.
- Es necesario combinar métodos aéreo y terrestre en la península de Baja California para realizar inventarios de águila real certeros y eficientes.
- La integración del protocolo permite identificar alternativas para impulsar programas de monitoreo aéreo en diferentes partes de México.

**Objeto de estudio / Sector atendido:** Conservación

**Extensión geográfica:** Centro de la Península de Baja California

## **Agradecimientos**

A la coordinación del Programa de Especialidad en Gestión Ambiental (Ambienta) en representación de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (FCM-UABC) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el acompañamiento y recomendaciones en todos los aspectos del presente documento, a mis compañeros y compañeras, así como a la planta docente del programa. A mi comité de tesis por su guía Dr. Gonzalo de León Girón, Dr. Georges Seingier y Dr. Guillermo Romero Figueroa.

Al futuro Dr. J. Lizardo Cruz Romo, por todo su apoyo y asesoría en el marco nacional de la conservación del águila real, así como al resto del grupo de expertos en águila real.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en representación del Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM), el Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios (APFFVC) y la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (RBEV), sus direcciones, técnicos de campo, guardaparques y voluntarios.

A la Dirección de Especies en Riesgo (ER) en representación del proyecto Global Environment Facility y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (GEF-PNUD), quienes hacen una labor notable en pro de la conservación de la biodiversidad mexicana.

Al equipo del Programa de Reintroducción del cóndor de California, quienes son pieza fundamental en la conservación del águila real en la península de Baja California.

Al Laboratorio de Análisis Espaciales (LAE), en representación del Instituto de Biología y la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM), a todos sus integrantes particularmente al Dr. Enrique Martínez Meyer y la Dra. Ángela Cuervo Robayo por su asesoría en la preparación de insumos importantes para la elaboración del plan de vuelo.

A Mike y Jeep en representación del equipo del Oeste de Estados Unidos para la Conservación del Águila Real (WGET) por su apoyo y asesoría.

A Martha, Hortensia y Gloria, y al resto del equipo. A Raymond Lee por su acompañamiento como experto en la consultoría de vuelos y monitoreos aéreos.

A mis familiares y amistades por su apoyo.

Tabla de contenidos

Agradecimientos .....	4
1. Introducción .....	7
2. Antecedentes .....	9
<b>2.1 Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real</b> .....	9
<b>2.2 Identificación de actores</b> .....	9
<b>2.3 Monitoreo aéreo de águila real</b> .....	10
<b>2.4 Monitoreo aéreo en la península de Baja California</b> .....	13
3. Justificación .....	13
4. Objetivos .....	14
<b>4.1 Objetivo general</b> .....	14
<b>4.2 Objetivos particulares</b> .....	14
5. Zona de estudio .....	14
<b>5.1 Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM)</b> .....	15
<b>5.2 Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios (APFFVC)</b> .....	15
<b>5.3 Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (RBEV)</b> .....	16
<b>5.4 Sierra de Matomí (SM)</b> .....	16
6. Metodología .....	18
<b>6.1 Identificación de actores</b> .....	18
<b>6.2 Análisis de actores</b> .....	18
<b>6.3 Protocolo de monitoreo</b> .....	20
7. Resultados .....	21
<b>7.1 Red de actores</b> .....	21
<b>7.2 Integración del protocolo</b> .....	22
7.2.1 Plan de vuelo .....	25
7.2.2 Protocolo de monitoreo en la península de Baja California .....	27
8. Discusión .....	30
<b>8.1 Análisis e identificación de actores</b> .....	30
<b>8.2 Protocolo de monitoreo aéreo</b> .....	33
10. Recomendaciones .....	36
Referencias bibliográficas .....	37
11. Anexos .....	42

## Lista de tablas

Tabla 1. Resumen de ocupación de territorios de águila real en Arizona 2014. (Tomada y traducida de McCarty, et al., 2014) .....	12
Tabla 2. Extracto de tablas insumo para análisis de redes en el software GEPHI 0.9.2 (Elaboración propia). ID representa el número identificador para cada nodo (actor), Label indica el nombre de cada uno. Source (Fuente) y Target (Objetivo) son la referencia para el software que indica la relación y el sentido de la misma. ....	19
Tabla 3.. Resumen comparativo de esfuerzos antecedentes de monitoreo aéreo (Elaboración propia).....	24
Tabla 4. Transectos y traslados correspondientes al plan de vuelo para la ejecución del monitoreo aéreo del Águila Real en la Península de Baja California (Abril 2020).....	26
Tabla 5. Protocolo sugerido para monitoreo aéreo enfocado en la productividad de la especie <i>Aquila chrysaetos</i> (51+ días después de eclosión). ....	28

## Lista de figuras

Figura 1. Izquierda. Pareja de águilas reales adultas en paisaje agropecuario (Foto: Gonzalo de León, cámara trampa). Derecha. Águila real juvenil en vuelo (Foto: Roberto Sánchez Mateos).....	7
Figura 2. Un comportamiento típico de un águila real incubando es agazaparse durante el sobrevuelo (Foto tomada de: Morneau, et al., 2012).....	10
Figura 3. Áreas Naturales Protegidas participantes del monitoreo aéreo, se observa su conectividad a través de la cordillera de la península de Baja California (Elaboración: Diego Toscano). ....	17
Figura 4. Red de actores del proyecto de monitoreo aéreo, el color indica la modularidad de la red, mientras que el tamaño de cada nodo representa la centralidad del vector propio. Los módulos o sectores se categorizaron como académico (verdiazul), territorial (verde), institucional (amarillo) y civil (rojo). ....	22
Figura 5. Transectos correspondientes al plan de vuelo para el monitoreo aéreo del águila real <i>Aquila chrysaetos</i> (Elaboración: Diego Toscano). ....	27

## 1. Introducción

El águila real *Aquila chrysaetos* es un ave rapaz de gran tamaño de la familia *Accipitridae* (Kochert, *et al.*, 2020). Llega a medir entre 180 y 234 cm de envergadura y pesar hasta 4,550 g en el caso de los machos y hasta 6,665 g en el caso de las hembras (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Bedrosian y Craighead, 2008). Se distinguen por su coloración café oscuro con tonos dorados en las plumas de la cabeza, nuca y cuello (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Bedrosian y Craighead, 2008, CONANP, 2015). Presenta motas grisáceas blanquecinas en la parte inferior de todo el cuerpo y las alas en el caso de los adultos. Los juveniles presentan una coloración café oscuro más intensa y uniforme, con parches blancos en sus alas y cola por ambos lados (Figura 1). Como otras especies del género *Aquila*, tiene sus tarsos emplumados hasta la altura de los dedos.

Su distribución *holártica* (hemisferio norte), abarca desde el sur de Alaska hasta el centro de México en Norteamérica, en donde habita en una gran variedad de ecosistemas incluyendo la tundra, sierras, bosques de coníferas, estepas, matorrales y desiertos (De León-Girón, 2016). Se observan en sitios alejados del disturbio humano (Anexo 3), remotos con acantilados rocosos o arboles grandes frente a espacios abiertos que le permitan tener buena visibilidad y fuertes corrientes de viento (Kochert, *et al.*, 2020).



Figura 1. Izquierda. Pareja de águilas reales adultas en paisaje agropecuario (Foto: Gonzalo de León, cámara trampa). Derecha. Águila real juvenil en vuelo (Foto: Roberto Sánchez Mateos).

Es considerada como un de depredador tope en la península de Baja California (De León-Girón, *et al.*, 2016). Es una especie generalista, ya que se alimenta de mamíferos (liebres, conejos, ardillas, zorrillos y comadreas), aves (patos, gaviotas, cuervos y otras rapaces), serpientes y carroña (de León-Girón, 2016; Kochert *et al.*, 2020), incluso existen poblaciones que capturan truchas en arroyos de poca profundidad (Brown, 1992).

El águila real *Aquila chrysaetos* está considerada bajo la categoría de riesgo “Amenazada (A)” a partir de 2002 en la NOM-059-ECOL-2001 (CONANP, 2015). Como parte de las acciones de conservación para la especie en el año 2007 se inició el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), el cual busca generar directrices y mecanismos de conservación de las especies consideradas en riesgo, a través del establecimiento de relaciones intersectoriales con diferentes actores para desarrollar modelos de financiamiento, sinergia con otras dependencias de gobierno, entidades no gubernamentales y crear grupos de brigadas comunitarias con los poblados dentro y alrededor de las Áreas Naturales Protegidas, con el fin de preservar y aumentar las poblaciones del águila real (CONANP, 2015).

Se conoce que la principal amenaza que afecta a todos los grandes depredadores es la pérdida del hábitat al reducir significativamente los núcleos ecológicos de su ámbito hogareño (Mora, 2017). En México las principales afectaciones documentadas a las poblaciones de águila real son: colisiones con vehículos, cercos ganaderos (Anexo 3) líneas eléctricas y aerogeneradores, envenenamiento, electrocución (Anexo 3), captura para cautiverio o cacería deportiva con aves tomadas del medio silvestre, y disparo (de León-Girón, *et al.*, 2016).

Durante décadas, se han implementado programas de monitoreo aéreo enfocados en la especie *Aquila chrysaetos* en Norteamérica. El objetivo general de dichos monitoreos, ha sido evaluar de manera efectiva, la distribución, densidad, ecología reproductiva, abundancia y estado de conservación del águila real, que, por sus características ecológicas, abarca amplias zonas de terreno, dificultando la colecta de datos por medio de monitoreos terrestres en zonas inaccesibles por ese medio (Latta, *et al.*, 2012; Bittner, *et al.*, 2012; Boone y Tomlinson, 2012; Erickson, *et al.*, 2012; Morneau, *et al.*, 2012; McCarty, *et al.*, 2014; Nielson, *et al.*, 2017).

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real**

En el año 2007 se implementó el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), en el cual el águila real se incluye dentro de las 30 especies o grupos considerados como prioritarios. Este programa generó, proyectos para todas las especie en el que se integraron estrategias comunes de conservación para desarrollar conocimiento, manejo, restauración, protección, cultura, gestión e implementar acciones necesarias y acorde a la ecología de dichas especies. Estas especies son consideradas prioritarias por el rol ecológico que tienen en sus ecosistemas y que, en su mayoría, son especies que abarcan grandes territorios que sirven para la conectividad entre ecosistemas, promoviendo la biodiversidad, además de su interacción e importancia con la cultura, las actividades económicas, la gestión territorial y la sustentabilidad financiera de las comunidades (PNUD, 2020). Hasta 2015, se tienen identificados 101 territorios de águila real en 10 estados de la república (CONANP, 2015).

### **2.2 Identificación de actores**

Jarvis y colaboradores (2012) destacaron al análisis de redes de actores (ARA) como un método que explica la funcionalidad de sistemas sociales e institucionales en un intento de comprender como colaboran y comunican entre ellos. El ARA es un método que aborda al sistema desde sus objetivos generales hasta la implementación de acciones. Explicaron la posibilidad de incidir en la perspectiva sistemática de las prioridades de un proyecto con miras al objetivo planteado. Destacaron la importancia de visualizar, como la relación humano-ambiente y humano-humano desarrollan con el tiempo los resultados de las acciones de conservación implementadas.

Fahimnia y colaboradores (2015) señalaron que la representación gráfica de la estructura operativa de un proyecto a través un software de análisis de redes, ha permitido a investigadores localizar clústeres de actores con base en su topología, sectores, interrelaciones y patrones de colaboración. Destacaron que el ARA a lo largo del tiempo, permite ilustrar gráficamente la evolución de sistemas y colaboraciones.

Martínez y colaboradores (2015) evaluaron la red de participación en la gobernanza de las Áreas Naturales Protegidas en la península de Baja California. Encontraron una red ampliada y diversificada a través del fortalecimiento de la gestión regional e inclusión de actores sociales.

### 2.3 Monitoreo aéreo de águila real

Pagel y colaboradores (2010) publicaron el protocolo para monitoreo aéreo de águila real del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (USFWS por sus siglas en inglés). Esto con el fin de identificar los requerimientos y esfuerzo de monitoreo para la determinación del uso del hábitat y determinación de la población para una región. Sugirieron que todo monitoreo sea una combinación de esfuerzos vía aérea y terrestre, siempre que sea posible. Indican que el monitoreo deberá realizarse en helicóptero a 20 nudos para detección y entre 30 y 40 nudos para inventario y que la manera de aproximarse al sitio (estructura) debe ser de frente evitando los lados ciegos y que la distancia mínima de separación al sitio deberá ser de 20 metros y 200 metros como máxima, no se deberá permanecer más de 30 segundos suspendidos en el aire en un sitio potencial y no se deberán realizar sobrevuelos en el mismo territorio al menos por 30 días (Figura 2). Los objetivos del monitoreo deberán basarse en el conocimiento local de las zonas de anidación y la variabilidad de los resultados en diferentes etapas de la temporada reproductiva (Anexo 2).



Figura 2. Un comportamiento típico de un águila real incubando es agazaparse durante el sobrevuelo (Foto tomada de: Morneau, *et al.*, 2012).

Booms y colaboradores (2010), realizaron un análisis de las aves rapaces más detectables durante un monitoreo aéreo en Alaska, E.U.A., enfocado a rapaces nidificantes en acantilados por métodos de monitoreo aéreo, particularmente para la especie halcón gerifalte *Falco rusticolus*. Dicho monitoreo, partió desde un modelaje de detectabilidad en

el que se incluyeron diferentes niveles de experiencia de los observadores, área cubierta y el tipo de aeronave utilizada. Encontraron que el águila real es una de las aves rapaces más detectables de las que conforman el estudio, junto con la especie objetivo *F. rusticolus*.

Bittner y colaboradores (2012), realizaron monitoreos terrestres (1988 – 1996) en el sur de Nevada y sur de California en E.U.A., incluyeron técnicas de anillamiento, etiquetado patagial, instalación de cámaras trampa en nidos y telemetría convencional con transmisor VHF y satelital con GPS. A partir de 1996 y hasta 2012, incluyeron transectos aéreos. Lograron identificar un declive de 55% desde 104 parejas reproductivas en 1895 hasta el 2012, encontrando una correlación con la reducción del hábitat disponible debido al crecimiento de las poblaciones y otras actividades humanas.

Boone y Tomlinson (2012) realizaron un monitoreo de la población de águila real a través de una serie de transectos aéreos estandarizados en el estado de Nevada entre marzo y octubre de 2011, cubriendo aproximadamente 8.1 millones de hectáreas, de las cuales 0.9 mha fueron seleccionadas para monitoreo aéreo, mientras que 4.8 mha para monitoreos complementarios terrestres y 332,000 ha en combinación. Registraron 1,000 nidos, concluyendo que el monitoreo aéreo realizado incrementó significativamente el conocimiento del hábitat reproductivo del águila real en la zona.

Driscoll (2012) indicó que la probabilidad de detectar un mayor porcentaje de la población de águila real, incrementa significativamente con más de dos sobrevuelos en las zonas de interés. De igual manera compara los censos reportados por empresas privadas con aquellos realizados por el gobierno, encontrando márgenes de error en los datos de entre 24% y hasta 67% en la detección de águilas reales anidando menor para privados y mayor por oficiales y consultores con mayor experiencia. Dando como resultado que la experiencia de los observadores es un factor importante que incide en la confiabilidad de los datos.

Morneau y colaboradores (2012) monitorearon durante 14 años el noreste de Quebec en Canadá, un área de 480 km lineales y 126 km<sup>2</sup>, con el objetivo de localización de nidos de águila real en los valles aluviales de Moisie y Sainte-Marguerite. Señalaron que las fechas para registrar la ocupación del territorio se da una vez que los aguiluchos han eclosionado. Fueron necesario más de dos años de monitoreo aéreo para detectar a toda la población del sitio. Además, para mejorar la detectabilidad, recomiendan incluir a dos

observadores experimentados en todos los monitoreos aéreos en dos sobrevuelos al año por territorio.

Pagel (2012), determinó que la abundancia y distribución de la población tanto reproductiva como no reproductiva del águila real, son de suma importancia para el análisis de los proyectos que potencialmente generarán disturbio en la viabilidad reproductiva. Recomienda al menos dos años de monitoreo aéreo o terrestre para cubrir 16 km alrededor de sitios designados para proyectos considerados riesgosos para la especie.

Erickson y colaboradores (2012), analizaron datos de monitoreos aéreos realizados entre 2006 y 2010 cubriendo 17,500 km lineales que representan aproximadamente el 80% del territorio estimado para el águila real en el oeste de los Estados Unidos. Este es un esfuerzo significativo con el que consiguieron estimar el número de la población en 23,601 en 2010 con un intervalo de confianza (IC) de 90%. El análisis estadístico de los datos del censo, muestra señas de una población estable. Sin embargo, fueron capaces de detectar declives poblacionales en sitios específicos.

McCarty y colaboradores (2014), realizaron el monitoreo aéreo y terrestre para coleccionar datos de ocupación de territorios e identificación de zonas de anidación de águila real zona sureste de Arizona, cubriendo un total de 177.6 horas en 20 días por vía aérea y 110 horas de monitoreo terrestre cubriendo aproximadamente 10,000 ha. Para cumplir con las metas separaron su metodología en tres etapas: la primera en la temporada de incubación temprana (finales de febrero – principios de marzo), el segundo a los treinta días posteriores con el objetivo de registrar la productividad (finales de marzo a principios de abril) y un tercer sobrevuelo en el mes de mayo como seguimiento al registro de productividad. Se registraron en total 264 territorios: 78 territorios de anidación, 25 territorios históricos, 152 territorios potenciales y 9 territorios nuevos (Tabla 2).

Tabla 1. Resumen de ocupación de territorios de águila real en Arizona 2014. (Tomada de McCarty, *et al.*, 2014)

<b>Número de:</b>	<b>Territorios de Anidación</b>	<b>Territorios Históricos</b>	<b>Territorios Potenciales</b>	<b>Territorios Nuevos</b>	<b>Total</b>
Territorios revisados	78	25	152	9	264
Ocupados	32	9	25	9	75
Sin Ocupación	42	14	116	-	172
Indeterminados	4	2	11	-	17
Activos	29	7	21	8	65

## **2.4 Monitoreo aéreo en la península de Baja California**

Henny y colaboradores (1993) reportaron monitoreos en el año 1977 y de 1983 a 1993, en busca de sitios de anidación de águila calva *Haliaeetus leucocephalus* en la costa del océano Pacífico de la península de Baja California y ambas costas del Golfo de California. El primero se realizó entre marzo y abril de 1977, en el cual consiguieron identificar sitios de anidación activos, así como registrar tasas de productividad y éxito reproductivo. Durante 1983, sobrevolaron la única zona de anidación de águila calva localizada en 1977 de manera oportunista durante monitoreos aéreos de aves acuáticas migratorias. Por último, realizaron tres sobrevuelos entre 1992 y 1993 dirigidos a conseguir datos de la abundancia y actividad reproductiva en la única región conocida en la península con presencia de dicha especie. Localizaron 8 nidos activos y uno inactivo, así como también potenciales disturbios en una población reducida con aparente disminución en las Islas Creciente y Santa Margarita.

Henny y colaboradores (2007) reportaron un resumen de tres monitoreos aéreos de la población reproductiva de águila pescadora *Pandion haliaetus carolinensis* en la costa del océano Pacífico de la península de Baja California y ambas costas del Golfo de California. Este se realizó a través de una aeronave de ala fija entre los meses de marzo y abril. Registraron la diversidad de sustratos en los que se instalan los nidos, ocupación de territorios y tendencia poblacional en su distribución residente en México, la cual indica un incremento entre 1977 y 1992 de 810 a 1362 respectivamente y 1,343 en 2006.

Cancino y colaboradores en (1994) desarrollaron el primer sobrevuelo para monitoreo de Berrendo peninsular *Antilocarpa americana peninsularis*. Resaltaron la segmentación del área a monitorear en zonas alineadas con registros de observación y adaptaron sus rutas a las facilidades de vuelo. El monitoreo se desarrolló durante ocho días en ala fija. A través del monitoreo, fue posible identificar zonas críticas potenciales para proyectos de restauración del hábitat y la conservación de la especie.

En la península de Baja California no se han reportado sobrevuelos para el monitoreo de águila real.

## **3. Justificación**

La población de Águila Real (*Aquila chrysaetos*) que habita a lo largo de la península de Baja California se considera pobremente conocida, a pesar de existir registros significativos en el norte de la región. Sin embargo, la presencia del águila real en el Estado

de Baja California se considera un sitio con una potencial abundancia por sus características bióticas, abióticas y la baja densidad de la población humana. Por lo tanto, se presenta la propuesta de desarrollar un protocolo de monitoreo aéreo que pueda servir de insumo como parte de los subprogramas de conocimiento y manejo del PACE águila real del 2015 y fortalecer el manejo de las ANP de la península. Esta propuesta integra los aspectos administrativos, colaborativos y operativos de los actores involucrados, en línea con los objetivos de un monitoreo biológico.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Elaborar un protocolo de monitoreo aéreo de águila real (*Aquila chrysaetos*) en la península de Baja California, como insumo para el Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Águila Real de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

### **4.2 Objetivos particulares**

1. Integrar una red de los actores individuales, grupos e instituciones que participan en el monitoreo aéreo y terrestre desde un enfoque operativo que abarque elementos de la planeación, colaboración y ejecución.
2. Desarrollar un protocolo de monitoreo aéreo de águila real incluyendo los procesos ecológicos, administrativos y legales.
3. Integrar recomendaciones técnicas sobre el monitoreo de águila real

## **5. Zona de estudio**

La península de Baja California es un ecosistema saludable con un entorno natural y cultural diverso (Posada, 2015). Forma un cinturón geográfico de contrastes ambientales y de rápido crecimiento de la población humana la cual se sustenta, entre otros factores, por el desarrollo de la tecnología y su condición fronteriza con California (GOBC, 2016). El desarrollo de centros de población, principalmente se ubica en las costas y en la frontera (INAFED, s. f.). A lo largo de su extensión, se encuentran sistemas naturales diversos de alta importancia para la biodiversidad residente y migratoria de Norte América (Riemann, *et al.*, 2009), mientras que, hacia el centro, está limitado por la inaccesibilidad de su cordillera y sus desiertos (Ezcurra, 2002). El monitoreo aéreo se propone realizar a lo largo de las sierras (Figura 3) dentro de los polígonos de tres Áreas Naturales Protegidas de la península de Baja California: 1) Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, 2) Área de

Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios, 3) Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y 4) Sierra de Matomí.

### **5.1 Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM)**

Se extiende por 72,910.68 ha y se localiza en la sierra de mayor altitud en la península de Baja California, con una altitud máxima de aproximadamente 3,000 msnm. Presenta un clima templado con una temperatura media anual entre 5° y 12°. Su fisiografía describe cañones escarpados con pendientes pronunciadas de terreno en la parte este mientras que en las partes altas se encuentran planicies y valles aluviales, mientras que hacia el oeste se observa una vertiente montañosa con pendiente moderada. Su flora y su fauna corresponden a la ecorregión mediterránea de Norteamérica con la particularidad de la presencia del bosque de coníferas y chaparral en cuanto a vegetación. La fauna característica del PNSSPM incluye al águila real, cóndor de California, puma, borrego cimarrón, así como mamíferos pequeños y reptiles endémicos. La SSPM se conecta a manera de cordillera con el APFFVC a través de la Sierra de Matomí, la cual se encuentra al sur del mismo y se extiende por aproximadamente 50 km. Existen 19 rancherías dentro de la zona de influencia del PNSSPM y nueve en su frontera, no existen asentamientos humanos dentro del polígono del Parque Nacional (CONANP, 2006).

### **5.2 Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios (APFFVC)**

Se extiende por 2,521,987.61ha y se localiza en la ecorregión del desierto sonorense y abarca el tercio más sureño del estado de Baja California. Tiene un paisaje accidentado con una diversidad de ambientes con una altitud máxima de 1,660 msnm y cuenta con la presencia de dos sierras (Sierra de la Libertad y Sierra de la Asamblea). Así mismo, presenta climas muy variados, sin embargo, se caracteriza por tener ambientes áridos y semi-áridos de transición entre el mediterráneo y tropical con temperaturas promedio entre los 18° y 22°. Su biodiversidad refleja adaptaciones muy particulares a ambientes inhóspitos para el ser humano, particularmente por la escasez de precipitación, entre las que se puede observar plantas características del desierto sonorense con influencia de la provincia florística californiana en el norte. Entre las especies características de fauna se encuentran el águila real, el borrego cimarrón, venado bura, puma, gato montés y el berrendo peninsular. En el Área existen dos mil 500 habitantes, a lo que corresponde uno por cada 10 km<sup>2</sup> (CONANP, 2013).

### **5.3 Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (RBEV)**

Se extiende por 2,546,790.25ha y se localiza desde el paralelo 28 en la división entre Baja California y Baja California Sur aproximadamente hasta la Sierra de la Reforma al este y formando un arco hacia el norte hasta el poblado de San Ignacio y al sur de nuevo hasta la laguna de San Ignacio. Se conforma de una planicie costera con sierras bajas y lomeríos al oeste y grandes macizos montañosos correspondientes a la cordillera de la península de Baja California en la Sierra de San Francisquito. Se encuentra en la división de los sistemas climáticos que dividen la península y se ve influenciada por precipitaciones invernales y sistemas tropicales con luevas en verano con temperaturas anuales promedio entre los 18° y 22°. Sus principales comunidades vegetales se dividen en una gran porción a unas diversidades de herbáceas y arbustivas adaptadas al desierto arenoso del Vizcaíno y una pequeña parte a la subprovincia de la costa del Golfo de California que comparte diversidad con regiones áridas del suroeste de Estados Unidos de América. Entre su fauna se estiman 308 especies de vertebrados terrestres y marinos, incluyendo 4 anfibios, 43 reptiles, 192 aves incluida el águila real y 69 mamíferos. Se estiman un total de 35,000 habitantes en la Reserva, distribuidos en aproximadamente 251 localidades (CONANP, 2000).

### **5.4 Sierra de Matomí (SM)**

La sierra de Matomí se localiza entre la Sierra de San Pedro Mártir y el norte del Valle de los Cirios. También conocida como mesa de Matomí, la cual abarca aproximadamente 85 mil hectáreas y 40 km lineales de noroeste - sureste. La sierra de Matomí presenta cañones profundos desde los 600 m hasta ~1100 m de altitud en las caras este y oeste, así como una saliente montañosa conocida como el “Pico de Matomí” que alcanza los 1700 m de altitud (INEGI, s. f.; GoogleEarth, 2019). La sierra de Matomí colinda al norte con la Baja California mediterránea al que pertenece el PNSSPM, dando inicio al desierto de Norteamérica donde se encuentra el APFFVC, formando con ello una zona de transición de ecosistemas en un corredor biológico considerado por el Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Baja California (POEBC) como una zona con aptitud para la conservación (CEPAEBC, 2014; SEDATU, 2015).

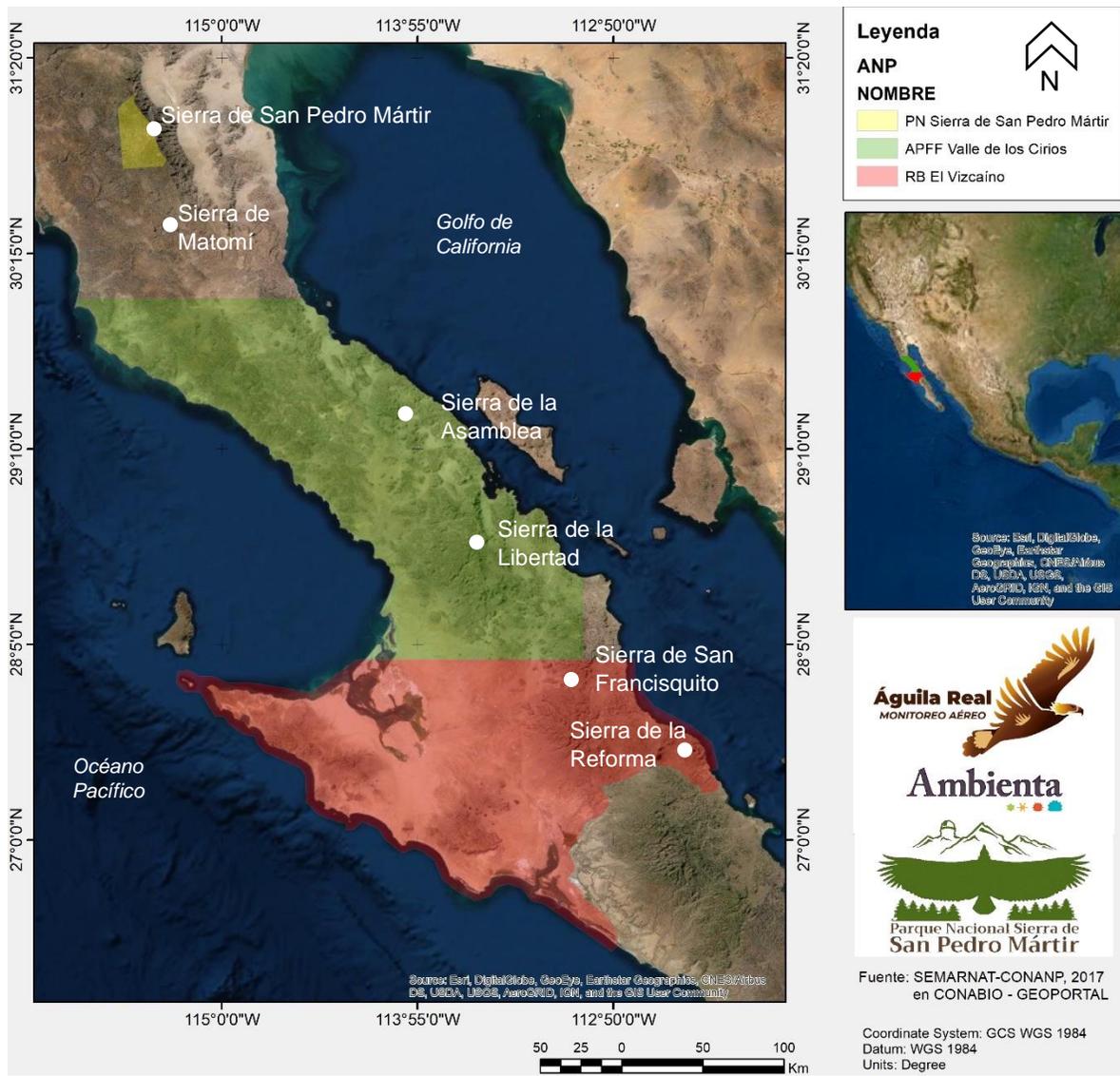


Figura 3. Áreas Naturales Protegidas participantes del monitoreo aéreo, se observa su conectividad a través de la cordillera de la península de Baja California (Elaboración: Diego Toscano).

## **6. Metodología**

### **6.1 Identificación de actores**

Se realizó un listado de los actores registrando su vinculación cronológica durante el desarrollo del proyecto. Este listado se dividió en actores individuales, grupos o unidades e instituciones. Se consideraron todos aquellos que tienen una responsabilidad directa con el monitoreo (ejecución), e indirecta con su operación, colaboración (incluyendo financiamiento) y administración. Así mismo aquellos individuos que tuvieran la misma relación con el mismo tipo de grupo o asociación (ej. Propietarios, Expertos Águila Real) se consideraron como una sola unidad, mientras que las ANP al ser considerados para el presente análisis como grupos o unidades, mantienen su propia designación (ej. PNSSPM, APFFVC y RBEV).

*Individual* – Coordinaciones (3), Direcciones (3), Técnicos de campo (2), Administración, Becario y Voluntariados.

*Grupal o Unidad* – Propietarios, CONANP, Especies en Riesgo, Expertos águila real, Consultoría de vuelo, Ambienta, LAE, ENDESU, A.C., Zonas Militares, Ejidos Dir. Regional SCT, PNSSPM, RBEV, APFFVC

*Institucional* – GEF, PNUD, DGVS, IBUNAM, UABC, CONACYT.

### **6.2 Análisis de actores**

Se realizó el análisis y clasificación de actores a través del software *Gephi* 0.9.2. (Bastián *et al.*, 2009). Este programa clasifica clústeres, a través de las relaciones indicadas correspondientes en un sector particular de actores (modularidad) de manera automática por el número y asociación de sus relaciones, las cual fueron consideradas como interacciones designadas por medio de acuerdos formales y/o verbales entre todos los actores que fueron identificados. Así mismo, una mayor cantidad de interacciones que tenga un actor, lo convertirá en un nodo con mayor influencia en la distribución de la centralidad de la red total. Cada una de las relaciones que guardan los actores en la red, le otorga a cada uno un “peso específico”, conocido como centralidad del vector propio (CVP). Este se calcula no sólo en la cantidad de relaciones que un actor pueda tener, sino también en la centralidad de sus vecinos. Se ejecutó el cálculo del grado medio que representa cuantas relaciones en promedio tiene cada actor en el contexto de la red completa. El diámetro de la red indica la distancia más larga entre actores situados en los extremos de cualquier cadena de la red (Meza y Lauterio, 2020).

Con base en el listado original de actores se realizó una matriz de nodos e interacciones (Tabla 3) señalando aquellas combinaciones que representaban una relación directa, indicadas con un valor de uno y con cero aquellas que no tenían relación directa. Esta matriz a su vez alimentó un listado de todas las interacciones de cada nodo con otro, con repeticiones.

*Tabla 2.* Extracto de tablas insumo para análisis de redes en el software GEPHI 0.9.2 (Elaboración propia). ID representa el número identificador para cada nodo (actor), Label indica el nombre de cada uno. Source (Fuente) y Target (Objetivo) son la referencia para el software que indica la relación y el sentido de la misma.

ID	Label
1	DGVS
2	CONANP
3	GEF
4	PNUD
5	UABC

ID	Source	Target
1	1	2
1	1	9
2	2	6
2	2	7
2	2	8
2	2	10
2	2	11
2	2	19
3	3	13
...		

Después de la confección de la matriz en formato .CSV, esta se importó al programa *Gephi 0.9.2* y se generaron los estadísticos de modularidad, grado medio, diámetro de la red y centralidad del vector propio. La “Modularidad” se identifica por la división en el color de los nodos, mientras que la “CVP” se identifica por el tamaño del nodo (Figura 4), el resto de los valores calculados no son visibles en el grafo resultante (Resultados).

### **6.3 Protocolo de monitoreo**

Se realizó una recapitulación de las actividades que facilitaron la integración de los pasos que se deben realizar para el desarrollo de monitoreo aéreo de acuerdo a la adaptación de los criterios establecidos por Pagel (2010). Esta contempló la etapa cronológica, fechas, actividades, actores y resultados esperados. Las etapas se dividieron en: 1) planeación, 2) preparación, 3) prospección, 4) ejecución y 5) seguimiento. Así mismo, a lo largo del acompañamiento del proyecto, se recolectaron las lecciones aprendidas e integradas como recomendaciones adicionales. Finalmente se realizó una asociación de la estructura del protocolo con los subprogramas y acciones del PACE, con el objeto de sustentar técnica y legalmente la propuesta de protocolo.

## **7. Resultados**

### **7.1 Red de actores**

Se identificaron 31 actores (Anexo 4) y 118 relaciones de los cuales, 12 de los actores corresponden a individuos, 12 representan a grupos o unidades y 7 corresponden a instituciones u organismos (Figura 4). El grado medio correspondiente al promedio de relaciones de cada actor con el resto de la red fue de 3.806. El diámetro de la red fue de 6 actores, es decir la cadena de actores más larga de la red es de 6 nodos. La modularidad resultante fue de cuatro módulos con un valor de 0.434 de modularidad global, este valor significa la fracción de actores que se encuentran dentro del módulo dominante. En contraste, una modularidad de uno, indicaría la existencia de un solo módulo de actores.

Los módulos o sectores (Figura 4) se categorizaron como académico (verdiazul), territorial (verde), institucional (amarillo) y civil (rojo). El módulo que tiene más actores es el territorial con doce (12). Le siguen el institucional con ocho (8). El módulo académico cuenta con siete (7) actores. Por último, con cuatro (4) actores se encuentra el módulo civil.

- 1) Módulo territorial: PNSSPM, APFFVC, RBEV, Dirección ANP (3), Propietarios, Dirección Regional SCT, Asamblea ejidal, Zonas Militares, Técnicos de campo y Voluntarios.
- 2) Institucional: PNUD, GEF, DGVS, CONANP, Especies en Riesgo, Expertos Águila Real, Consultoría Vuelo, Coordinación Especies en Riesgo.
- 3) Académico: CONACYT, UABC-FCM, Ambienta, IBUNAM, LAE, Coordinación Ambienta, Becario.
- 4) Civil: ENDESU, A. C., Coordinación OSC, Técnico, Administración.

El actor que tuvo una mayor centralidad del vector propio (influencia en la red) fue el PNSSPM (1), casi a la par, APFFVC (0.968) y RBEV (0.948), también del módulo territorial. Por su parte del módulo institucional destaca la unidad coordinadora de proyecto Especies en Riesgo (0.816) y la CONANP (0.761). Del módulo civil, el actor con una mayor centralidad fue la OSC ENDESU, A. C. (0.665), quienes administraron los recursos del proyecto y finalmente, del módulo académico, destaca el grupo académico Ambienta (0.199), unidad coordinadora de posgrados de Medio Ambiente y Desarrollo de la UABC.

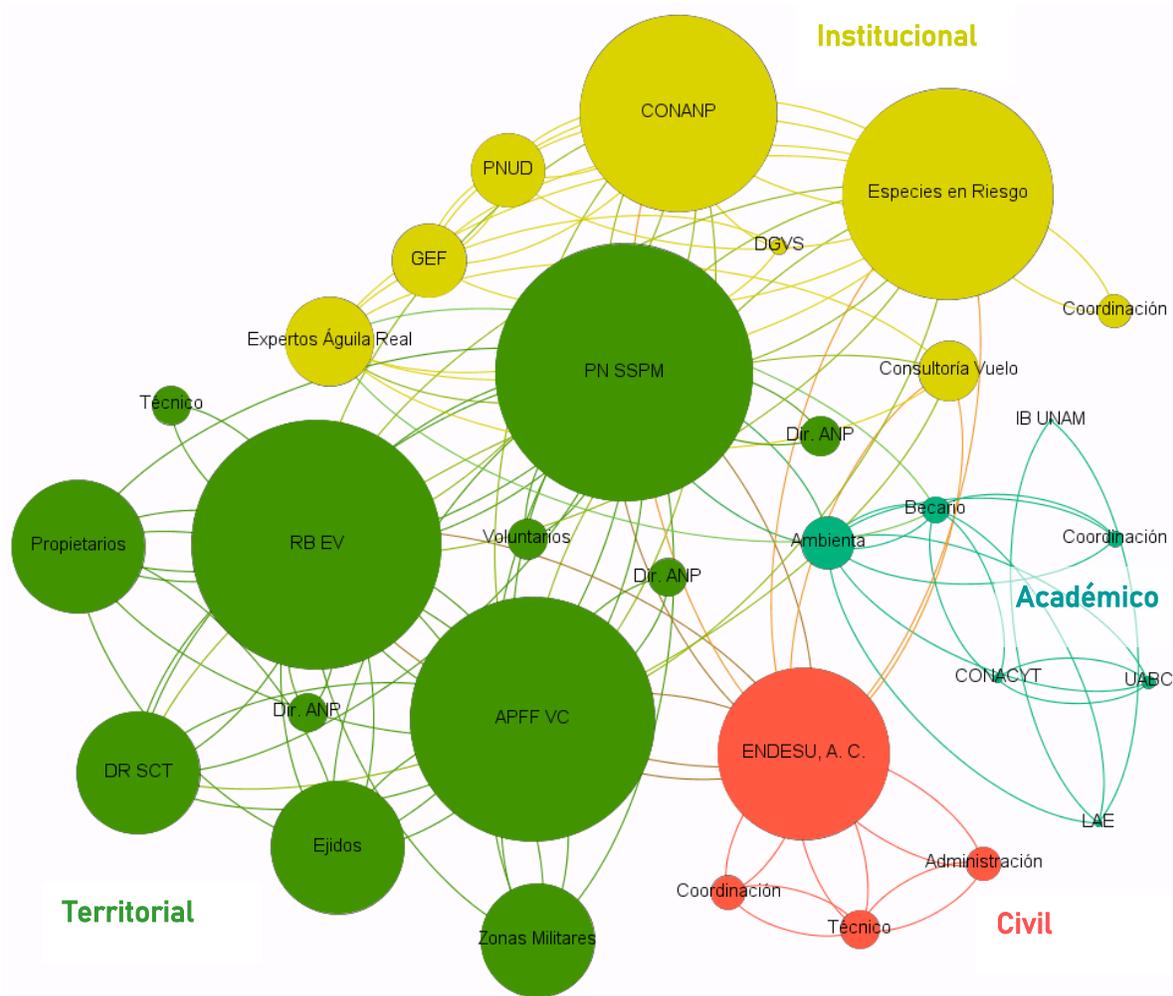


Figura 4. Red de actores del proyecto de monitoreo aéreo, el color indica la modularidad de la red, mientras que el tamaño de cada nodo representa la centralidad del vector propio. Los módulos o sectores se categorizaron como académico (verdiazul), territorial (verde), institucional (amarillo) y civil (rojo).

## 7.2 Integración del protocolo

Con base en la identificación de actores, la realización de talleres, reuniones con expertos y el alineamiento con subprogramas y acciones de conservación del Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real (Anexo 1), se localizaron once actividades críticas a ejecutar para la realización de un monitoreo aéreo. Se dividieron en cinco etapas: 1) planeación, 2) preparación, 3) prospección, 4) ejecución y 5) seguimiento (Tabla 5).

- 1) *Planeación.* Durante la planeación se deberá realizar una prospección estimada de tiempos, actores y recursos necesarios. Así como una secuenciación de actividades y una argumentación del proyecto en sus componentes de capacitación, seguridad, equipo requerido y productos objetivo.

2) *Preparación.* Durante esta etapa, es requisito contactar expertos en el territorio a monitorear, comúnmente los mismos propietarios de los predios pueden ser los expertos en el su terreno. Expertos en la biología de la especie y expertos en la implementación de técnicas de vuelo para monitoreo de vida silvestre (incluyendo la consultoría para la ejecución del monitoreo aéreo), preferentemente con experiencia específica en monitoreo aéreo de águila real.

2.1 Deberá realizarse una revisión técnica de los sitios de interés a monitorear. En formato cartográfico, ya que este será un insumo crítico para la elaboración del plan de vuelo.

3) *Prospección.* En esta etapa, las instancias involucradas, deberán llevar a cabo una revisión vía terrestre de sitios de anidación conocidos y/o nuevos, vía terrestre. Esta información permitirá ajustar con certeza el monitoreo aéreo en zonas no accesibles o nuevas y el ciclo fenológico ya que este puede, en algunos casos, verse afectado por condiciones ambientales y/o su propia variabilidad regional.

4) *Ejecución.* Se considera desde la elaboración del plan de vuelo, el área objetivo (Tabla 4) la emisión de avisos a las autoridades principalmente en materia de seguridad y propiedad de la tierra, hasta la conclusión del sobrevuelo de los transectos planteados.

Tabla 3.. Resumen comparativo de esfuerzos antecedentes de monitoreo aéreo (Elaboración propia).

Sitio	Autores	Has	Km lineales	Sitios anidación / Población	Sobrevuelos / Tiempo de vuelo	Periodo
<b>Sierras de Baja California</b> (San Pedro Mártir, Matomí, Libertad, Asamblea, San Francisquito, Reforma)	De León, G., Toscano, D., Vargas, J. J.	1,800,000	270	-	1 / 20 hr	Abr 20 (Pospuesto)
<b>California</b> (Tierras BLM)	Latta, B., Thelander, C. G., Bloom, P. H.	-	-	289 / NA	1 o 2 / 167.8 hr	Dic 11 - Ago 12
<b>Sur Nevada - Sur California</b>	Bittner, J. D., Oakley, J., Meador, C., Hannan, J., Rivard, R., Newland, J., Quint, K., Collado M.	-	-	342 / NA-	-	1996 - 2012 (Anual / Semi - Anual)
<b>Nevada</b> (Tierras BLM)	Boone, J. D., Tomlinson, C.	1,232,000	-	1000 / NA	-	Mar 11 - Oct 11
<b>Oeste Estados Unidos</b>	Erickson, W., Nielson, R. M.		17,500	NA / 23,530		Veranos 2006 - 2011
<b>Québec</b> Moisie / Sainte-Marguerite	Morneau, F., Gagnon, B., Poliquin, S., Lamothe, P., D'Astous N., Tremblay, J. A.	12,600	480	20 / NA	14	7 años entre 1994 - 2007
<b>Arizona</b>	McCarty, K. M., Licence, K. L., Jacobson, K. V.	10,000		264	3 / 177.6	Febrero - Mayo 2014

- 5) *Seguimiento*. Se deberán continuarse haciendo los monitoreos terrestres, cuyos datos generados en la conclusión de la temporada reproductiva de la especie, en combinación con los tomados durante los vuelos, servirán de insumo para análisis estadísticos y la determinación de indicadores ecológicos posteriores que permitan la integración de información crítica para la elaboración de propuestas futuras de monitoreo y conservación.

El proyecto de monitoreo aéreo plasmado en un protocolo, abarca el lapso de un ciclo anual alineado rigurosamente y sincronizado con el ciclo fenológico de la actividad reproductiva de la especie *Aquila chrysaetos*.

En particular, el plan de vuelo es una de las actividades centrales. Si bien el plan de vuelo se concreta durante un evento en particular en el que se recapitula los resultados de cada actividad previa y los integra con las capacidades del monitoreo y el equipo, sirve para seleccionar la ruta más eficiente en virtud de los recursos disponibles y los objetivos biológicos del sobrevuelo, es necesario que exista una constante comunicación entre la coordinación del proyecto, la consultoría contratada para el vuelo y los tripulantes (Pagel comunicación personal 14 de noviembre de 2019), quienes emitirán las particularidades del plan de vuelo al resto de los actores para su concreción desde la perspectiva administrativa y operativa principalmente.

#### *7.2.1 Plan de vuelo*

Se generó durante una reunión a la cual asistieron los expertos en el territorio y en la especie: las direcciones de las tres ANP involucradas en el monitoreo, la coordinación del proyecto del Cóndor de California, la consultoría de vuelo y la dirección local de Vida Silvestre del Estado de Baja California.

Durante dicha reunión, se recapituló e integró la información previa por cada ANP, que incluye los avistamientos de la especie y registro de su dieta, los resultados de la etapa de prospección de territorios de anidación, así como el monitoreo terrestre. Se identificaron las amenazas y presiones ambientales y antropogénicas. Se tuvo información por cada ANP relacionado con la seguridad de la aeronave (obstáculos y zonas restringidas para vuelo), monitoreo de presas preferenciales y potenciales, así como rutas y accesos potenciales para el equipo de acompañamiento terrestre del monitoreo aéreo.

Se incluyó una descripción técnica, administrativa y de seguridad para la aeronave, se presentaron los permisos requeridos, prospección climática, revisión de las cartas de

navegación, uso del radio de comunicación, peso y balance de la aeronave conforme a los objetivos del monitoreo, planeación de la ruta (Tabla 5) y de los sitios de recarga de combustible, cambio de tripulantes y descanso, división de roles y responsabilidades, seguridad adicional y fraseología.

Se realizaron formatos de registro de los datos básicos para el monitoreo aéreo (Anexo 5), de manera que sea cómodo y práctico para la colecta de datos biológicos, considerando el tiempo limitado de sobrevuelo por cada sitio de anidación, los objetivos del monitoreo y para los observadores.

Finalmente, deberá establecerse el presupuesto estimado para el seguimiento terrestre del monitoreo aéreo, mismo que contempló para este protocolo, tres sectores (PSNSSPM/Matomí, APFFBC y RBEV), y los viáticos para todo el personal conforme a los transectos de monitoreo sitios designados para descanso, reabastecimiento y rotación de observadores (Mapa 2).

*Tabla 4.* Transectos y traslados correspondientes al plan de vuelo para la ejecución del monitoreo aéreo del Águila Real en la Península de Baja California (Abril 2020).

<b>Día</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Km lineal transectos</b>
1	Hermosillo a San Felipe		2.5 Horas	
	Transecto Sierra San Pedro Mártir		1 Horas	~65
2	Transecto Sierra Matomí		1.5 Horas	~45
	Sierra Matomí a San Luis Gonzaga		1 Horas	
3	Transecto Sierra La Asamblea		1.5 Horas	~55
	La Asamblea a Bahía de los Ángeles		0.5 Horas	
4	Transecto Sierra La Libertad		1.5 Horas	~60
	La Libertad a San Ignacio		1 Horas	
5	Transecto Sierra San Francisquito / La Reforma		2 Horas	~85
Total			14.5 Horas	~ 310



Figura 5. Transectos correspondientes al plan de vuelo para el monitoreo aéreo del águila real *Aquila chrysaetos* (Elaboración: Diego Toscano).

### 7.2.2 Protocolo de monitoreo en la península de Baja California

Con base en la recopilación de datos de otros monitoreos y asesorías de expertos, se integró el siguiente cuadro protocolario para la implementación de un monitoreo aéreo en la región de la península de Baja California.

Tabla 5. Protocolo sugerido para monitoreo aéreo enfocado en la productividad de la especie *Aquila chrysaetos* (51+ días después de eclosión).

\* = No incluidos en análisis de actores.

<b>Etapas</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Actores</b>	<b>Resultado</b>
Planeación	Julio - Septiembre	Tramitación de permiso para monitoreo biológico aéreo del Águila Real	DGVS Expertos Águila Real Técnicos	Autorización de permiso anual para monitoreo aéreo
		Caracterización cartográfica y temática del sitio	Técnicos	Mapas temáticos de referencia relevantes para el monitoreo
		Adquisición de equipo para monitoreo y seguridad	Técnicos	Inventario de proyecto
Preparación	Agosto - Diciembre	Capacitación del personal de ANPs y comunidad	Expertos Águila Real ANP Técnicos Voluntarios Propietarios	Capacitación a personal de campo de ANPs y comunidad en técnicas de monitoreo e identificación de nidos de águila real
	Enero	Identificación espacial de sitios potenciales para monitoreo	Laboratorio especializado Becario / Técnico	Sitios potenciales para revisión en plan de vuelo
	Permanente	Capacitación especializada	Asesoría especializada * Expertos Águila Real Becario / Técnico	Identificación de técnicas de monitoreo y de vuelo asociadas a la zona de estudio
Prospección	Enero - Marzo	Monitoreo terrestre	Expertos Águila Real  Técnicos Voluntarios Brigadas comunitarias	Identificación fenológica de la temporada de anidación

Ejecución	Febrero - Marzo	Generación del plan de vuelo	Expertos Águila Real Consultoría de vuelo Direcciones ANP	Programa de monitoreo aéreo, incluye: Cronograma, sitios de sobrevuelo y logística terrestre Informar a las autoridades y contar con el consentimiento de los propietarios para la ruta de monitoreo
		Emisión de avisos conforme al plan de vuelo	ANP Ejidos Zonas Militares SCT	
	Abril - Mayo	Monitoreo aéreo	Expertos Águila Real Consultoría vuelo Técnicos / Voluntarios	Registros de territorios, productividad, identificación de amenazas y descripción del paisaje
Seguimiento	Mayo - Junio	Monitoreo terrestre	Expertos Águila Real Técnicos Voluntarios Brigadas comunitarias	Registro de volantones y fecha de abandono de territorio

## **8. Discusión**

El uso de monitoreos aéreos experimentales para la conservación, data desde la década de 1930 para aves de interés cinegético. Las limitaciones tecnológicas de la época y momentos históricos globales permitieron su aplicación efectiva hasta concluida la segunda guerra mundial (Bowman, 2014). Así, la evolución en la experiencia y conocimiento han permitido la instalación de programas recurrentes centrados en el recorrido de amplias extensiones de terreno, con objetivos de manejo de poblaciones y recursos naturales, lo que, a su vez ha permitido enfocar esfuerzos en identificar las buenas prácticas para el caso del águila real (Andersen, 2007; Pagel *et al.*, 2010. La recopilación de datos de otros monitoreos (Booms, *et al.*, 2010; Pagel, *et al.*, 2010; Bittner, *et al.*, 2012; Boone & Tomlinson, 2012; Driscoll, 2012; Erickson, *et al.*, 2012; Morneau, *et al.*, 2012; McCarty *et al.*, 2014;) y asesorías con expertos en monitoreos aéreos de águila real (Pagel, J. 2019 en Anexo 3), técnicas de vuelo en helicóptero (Lee, R., 2020 en Anexo 3), identificación y análisis de redes de actores (Meza, A. 2020), prospección de territorios y manejo de águila real (Vargas, J., 2019 – 2020 en Anexo 3) favorecieron el desarrollo de un protocolo de monitoreo aéreo para la implementación en la región de la península de Baja California enfocado el águila real, mismo que se espera que pueda ser adaptado y mejorado a las condiciones de hábitat, personal, recursos financieros y tecnológicas para cada estado de la república mexicana y ANP.

### **8.1 Análisis e identificación de actores**

El análisis de las redes sociales de un proyecto, se vincula directamente con el avance tecnológico y la capacidad de cómputo de variables en sistemas complejos. El uso de las nuevas capacidades de análisis permite la visualización de la funcionalidad y análisis sociométrico de la construcción de comunidades en torno a una temática particular. Su aplicación continúa expandiéndose, permitiendo hacer uso eficiente los recursos y del flujo de la información en la implementación de programas establecidos y redes interpersonales e interinstitucionales (Salpeteur *et al.*, 2017), incluso, el análisis de las redes de actores o sociales, pueden ayudar a entender el comportamiento de la vida silvestre y tener mejores herramientas facilitadas por el análisis desde el contexto socio-ecológico, para manejar los recursos y servicios ecosistémicos (Vance-Borland y Holley 2010; Snijders *et al.*, 2017). Sin embargo, su uso ha sido extendido al manejo de recursos naturales, debido a su utilidad en la planificación e identificación de roles críticos con base en el capital social para el alcance de los objetivos (Jarvis *et al.*, 2012; Motta y Tostes, 2016).

La utilidad de realizar análisis de redes de actores para la estructuración del proyecto de monitoreo aéreo y su implementación, se traduce en la interpretación oportuna y efectiva en la repartición de responsabilidades, del uso de los recursos, las interacciones humanas y roles tanto particulares como institucionales, que invariablemente, serán estas las que faciliten u obstaculicen los resultados de las acciones de conservación, pero también favorecen la eficiencia y operatividad del plan implementado (Jarvis, *et al.*, 2012). En la perspectiva del proyecto de monitoreo aéreo del águila real, se presentan particularidades como la falta misma de un protocolo y la definición de roles pertinentes a las instituciones, sociedad y academia mexicanas (CONANP, 2015). El análisis de la red completa indica que los actores que más resaltan por su influencia en la red global de actores, son aquellos que tienen las características de grupo o unidad (ej. CONANP, Especies en Riesgo, ANP, OSC). Las ANP, quienes colaboran directamente con las comunidades, son los actores más representativos, sin embargo, requieren de la colaboración interdisciplinaria para lograr conseguir los objetivos de conservación.

Los actores institucionales están mayormente ligados al financiamiento. Este es el caso de programas como el GEF-PNUD Especies en Riesgo, el cual se lleva a cabo a nivel nacional, buscando proteger a especies prioritarias y emblemáticas, fortaleciendo a las comunidades y mejorando la calidad de vida en regiones donde estas se distribuyen, bajo un esquema de colaboración socio-institucional, capacitaciones, empleos y proyectos productivos responsables con el medio ambiente (CONANP, 2015; PNUD, 2020). Sin embargo, la capacidad operativa juega un papel determinante, por ello, resalta la importancia de las ANP en el marco de los actores territoriales. Estas unidades de conservación son el espacio físico que vincula la filosofía institucional del gobierno de México, con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, pero principalmente con la sostenibilidad de la calidad de vida de las personas que ocupan el territorio de Baja California. Por su parte, las OSC representan un vínculo crítico entre los proyectos y estándares planteados por los objetivos del Programa de Manejo de la ANP y la operatividad y transmisión de recursos e información a la comunidad (Llamas, 2016). Para el caso de las ANP de la península de Baja California, 37,500 habitantes de las comunidades rigen sus actividades bajo el Programa de Manejo para cada ANP, algunas de las cuales, se encuentran en zonas remotas y pueden tener acceso a escasos o nulos servicios.

Durante la elaboración del presente protocolo, resalta la colaboración de los actores de todos los módulos. De acuerdo con Jarvis *et al.*, (2012), la perspectiva operativa del análisis de actores se vería modificada al cambiar el enfoque y por tanto el peso de los actores se vería alterado si esta fuera desde la perspectiva administrativa, o gestión del conocimiento e información del proyecto, dado que el enfoque del análisis influye a la estructura de la red como tal, y esta a su vez, permitirá que se logren los objetivos de las acciones de conservación implementadas. La perspectiva de operación, favorece a la construcción de una red con una modularidad balanceada. En una red con modularidad balanceada, un mayor número de actores que realizan acciones que inciden directamente en la toma de decisiones y acciones de otros, mientras que una modularidad elevada, centra las acciones en pocos actores provocando un oscurecimiento de pequeños actores e incluso su desaparición en el contexto de un proyecto (Kuz *et al.*, 2016).

Como se indica en Pagel y colaboradores (2010), la coordinación institucional es crítica para la implementación de programas de monitoreo aéreo. Este punto, con el apoyo de instituciones académicas, de investigación o de conservación, se contempla en el componente 3.3 del PACE: Águila Real 2015 (Anexo 1), para monitoreo terrestre de águila real. Sin embargo, la estructura requerida para un monitoreo aéreo, ha demostrado no estar plasmada entre los instrumentos de la CONANP. Particularmente, se identificó la necesidad de añadir componentes específicos que abarquen un marco operativo, administrativo y sus directorios específicos a nivel nacional y regional para un monitoreo aéreo. Esto debido a la combinación de restricciones asociadas a actividades de riesgo (sobrevuelos), con los objetivos biológicos de la temporada reproductiva, en el marco de las ventanas temporales (Anexo 2) en las que se presenta la oportunidad de ejecutar satisfactoriamente el ejercicio de monitoreo aéreo y conseguir la colecta de datos de anidación que permitan fortalecer los esquemas de conservación (Pagel, *et al.*, 2010). Se considera que, como se puede observar en la red de actores, ya existen consejos y convenios desde los cuales se pueda fomentar la estructuración de un programa fundamentado en un marco legal, operativo, así como directorios institucionales a nivel nacional y regional que faciliten a las ANP e investigadores, reconocer e implementar en tiempo y forma, los trámites y consideraciones requeridos para la obtención de datos ecológicos del águila real por medio de monitoreos aéreos seguros y eficientes.

La conservación de los servicios ecosistémicos y de la biodiversidad es el objetivo principal de las ANP en México, las cuales hasta 2015, cubren hasta el 12.9 por ciento del

territorio nacional (Martínez, *et al.*, 2015). Estas, debido a la estructura de la gestión del territorio, se refuerzan en las comunidades a través de mecanismos de participación para poder implementar las acciones de conservación y desarrollo sostenible, fomentado por actores sociales y políticos, limitado por el contexto institucional y presupuestal, con impactos en los componentes y procesos ecológicos que convergen en la gestión de un territorio bajo una declaratoria de conservación (Martínez *et al.*, 2015). El incremento de la participación social en las decisiones de las ANP en la península de Baja California se refleja considerablemente en la estructura de la red de actores, destacando la participación de individuos y grupos representativos de la comunidad, grupos e instituciones en actividades rutinarias de proyectos como es el caso del comité de expertos y los comités de vigilancia y monitoreo de Águila Real.

### **8.2 Protocolo de monitoreo aéreo**

Ante la carencia de un protocolo para monitoreo aéreo en el Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real, en su versión 2015 y con base en los criterios utilizados para el presente documento, se hace énfasis en que un monitoreo aéreo tiene la capacidad de incidir directamente en la identificación de corredores y áreas importantes para el mantenimiento sano de la población en zonas inaccesibles de la península de Baja California (Anexo 1), que permitan definir estrategias intersectoriales a largo plazo para favorecer la sostenibilidad de los servicios de la biodiversidad en esta región, al mismo tiempo que permitan a México, cumplir con los compromisos adquiridos en asambleas internacionales (Carnilo *et al.*, 2016). Ya que a pesar de que la implementación del protocolo elaborado en el presente estudio fuera obstaculizada por la pandemia derivada del brote de COVID-19, el método de monitoreo aéreo ha sido ampliamente utilizado y recomendado para poder lograr los objetivos de conservación de manera eficiente (Boone & Tomlinson, 2012).

Cabe señalar que la carencia de información sobre la ecología de la especie en el territorio mexicano, el inventario de territorios, zonas de paso migratorio y el estado de conservación de los mismos y la experiencia más las capacidades de la gente involucrada en estos esfuerzos, acentúan la necesidad de implementar metodologías de primer nivel, ya que esta falta de técnicas e información puede ser una limitante a la hora de realizar conservación efectiva (Rodríguez-Estrella, 2001; CONANP, 2015; De León-Girón, 2016,). Sin embargo, un monitoreo aéreo tiene la capacidad de desarrollar e identificar de corredores y áreas importantes para el mantenimiento sano de la población de águilas en

la península de Baja California que permitan definir estrategias intersectoriales a largo plazo que favorezcan la sostenibilidad de los servicios de la biodiversidad en esta región.

Por lo anterior, la información se podrá utilizar dentro del PACE como insumo en el componente de conectividad (1.3), donde se busca que varias áreas naturales protegidas puedan desarrollar y aplicar estrategias en común y en colaboración, contemplando un corredor biológico con base en la población de águila real en el marco teórico de las “especies sombrilla” (De León-Girón, 2016). La implementación de monitoreos aéreos debe de ser complementada con monitoreos terrestres, marcaje de individuos, cámaras trampa en sitios de anidación, datos satelitales y de telemetría como indican Bittner y colaboradores (2012), ya que únicamente la constante integración de toda la información generada por los diferentes métodos, permitirán identificar el estado de conservación de la población en conjunto y como parte de la dinámica ecosistémica del territorio y sus amenazas.

Para el caso de la península de Baja California, las zonas serranas que abarcan las tres ANP participantes, son consideradas como el principal objetivo del monitoreo aéreo y contienen aproximadamente 435,000 ha y cerca de 270 km lineales de sitios de interés. En comparación con monitoreos realizados en función del tiempo (Tabla 4), la estrategia más adecuada a la región de la península de Baja California puede variar. La capacidad financiera, la fenología de la especie y las condiciones climáticas tienen incidencia directa en la estructura del monitoreo y en el inventario potencial que las horas de vuelo permitan registrar. Sin embargo, en voz de los expertos en la especie y del piloto quien es familiar a la región y al monitoreo con la especie, se considera que un vuelo aproximado de 5 horas por cada una de las sierras pueda representar un ejercicio de referencia suficiente, en el que se pueda basar la instalación de un programa recurrente que permita estimar de manera correcta la población de águilas reales en la península de Baja California. El análisis de al menos los componentes listados en el presente protocolo puede cobrar importancia, considerando que cada hora de vuelo en helicóptero puede valer más de 3,500 USD y las restricciones de vuelo y logística determinarán los resultados de ejercicios similares.

## 9. Conclusión

1. Se localizaron bajo la perspectiva de implementación (operatividad) del monitoreo, 31 actores con 118 interacciones directas, los cuales se subdividen en cuatro módulos o sectores. Los actores de más peso fueron las ANP, la CONANP, la Unidad Coordinadora del Proyecto especies en riesgo y la Organización Civil encargada de administrar los recursos financieros del proyecto. Estos seis actores, ilustran el efecto de una red de modularidad media, la cual responde a la integración de la sociedad en la toma de decisiones en la península de Baja California. A nivel operativo, esto permite a los actores funcionar como complementos, más que por jerarquías.
2. Existe un hueco significativo en el conocimiento de la población de águila real *Aquila chrysaetos* en México y particularmente en la península de Baja California, que es, sin duda alguna, una de las zonas más remotas del país.
3. Es de suma importancia respetar los tiempos establecidos para el logro de los objetivos planteados en un monitoreo, las fechas de realización de los trámites pueden ser modificadas con base en la información necesaria.
4. El monitoreo aéreo es probablemente la única técnica de muestreo que permitirá a los investigadores conocer eficiente y suficientemente el estado de conservación del águila real en la península de Baja California y otras zonas remotas del territorio mexicano.
5. El presente documento, se sugiere como insumo base para la implementación de acuerdos y convenios para el establecimiento de un programa específico de monitoreo aéreo útil para los objetivos y complementar el Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Águila Real, y posiblemente también para el PACE: Cónдор de California *Gymnogyps californianus*, por la similitudes biológicas y ecológicas de ambas especies.
6. Específicamente, la realización de un monitoreo aéreo como propuesta en el presente trabajo, tendrá impacto en un total de 11 acciones de conservación (dentro de tres de los cinco subprogramas de conservación: Manejo integrado del paisaje, Manejo y Monitoreo de Poblaciones, Participación Social y Cultural para la Conservación) del PACE.

7. La recolección de datos en territorios extensos y remotos, permitirá a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y a la Dirección de Especies en Riesgo generar estimaciones reales de la abundancia, distribución y estado de conservación del águila real y a su vez, implementar manejo y conservación efectiva para la especie *Aquila chrysaetos*.

## **10. Recomendaciones**

1. Se recomienda instalar un programa piloto en el que se realicen suficientes sobrevuelos para probar la efectividad del protocolo en su relación con las características ecológicas, sociales y económicas particulares de la península de Baja California. Dicho programa deberá cubrir más de una temporada y diferentes ecorregiones, con el objetivo de refinar la técnica y las rutas de vuelo en función de las características observables en campo en cuanto a lo que las preferencias de anidación de la especie presentan.
2. Para mantener el rigor científico y operativo del ejercicio, se recomienda contar con un observador durante el recorrido completo a lo largo de las secciones del monitoreo que corresponderán a cada ANP para el seguimiento y apoyo de manera terrestre (PNSSPM, APFFVC, RBEV), con rotación del resto de los observadores.
3. El resto del equipo de monitoreo deberá acompañar a la aeronave de manera terrestre con comunicación constante y siguiendo el plan de vuelo diseñado para el monitoreo, como soporte para los tripulantes del monitoreo y como reemplazo de observadores en caso de ser necesario.
4. Debido al alto costo del monitoreo aéreo, un punto crítico es el presupuesto y la búsqueda de financiamiento para asegurar la continuidad del monitoreo para cada ANP.
8. Se recomienda fomentar una red de actores incluyente y participativa, que facilite la integración de una mayor cantidad de aliados de todos los sectores: públicos, privados y civiles, que funcionen como complementos más que por jerarquías, y que faciliten o aporten, dentro de sus posibilidades, insumos valiosos para el logro de los objetivos de manejo y conservación efectiva de la especie *Aquila chrysaetos*.

## Referencias bibliográficas

- Andersen (2007) Survey techniques. En: Bird D., Bildstein, K. (2007) Raptor research and management techniques. Raptor Research Fund. Hancock House, 2007. Universidad de Winsconsin – Madison.
- Bastian M., Heymann S., Jacomy M. (2009). *Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks*. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.
- Bedrosian, B., and D. Craighead (2008). Record mass for North American Golden Eagle (*Aquila chrysaetos canadensis*). *Journal of Raptor Research* 42(2): 156-157. En: Kochert, M. N., K. Steenhof, C. L. McIntyre, and E. H. Craig (2020). Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.goleag.01>
- Bittner, J. D., Oakley, J., Meador, C., Hannan, J., Rivard, R., Newland, J., Quint, K., Collado, M. (2012) Population status of Golden Eagle in southern California and western Nevada. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan , CA – December 11 , 2012 Program Agenda : Moderator Jeff Smith. 5–11.
- Booms, T. L., Schempf, P. F., McCaffery, B. J., Lindberg, M. S., Fuller, M. R. (2011). Detection probability of Gyrfalcons and other cliff-nesting raptors during aerial surveys in Alaska. Extended abstract, pages 259–262 in R. T. Watson, T. J. Cade, M. Fuller, G. Hunt, and E. Potapov (Eds.). *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*, Volume I. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA. <http://dx.doi.org/10.4080/gpcw.2011.0124>
- Boone, J. D., Tomlinson C. (2012) Statewide distribution of Golden Eagle nests in Nevada. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan , CA – December 11 , 2012 Program Agenda : Moderator Jeff Smith. 5–11.
- Bowman, T. D. 2014. *Aerial Observer's Guide to North American Waterfowl*. USFWS publication FW6003. Denver, CO, USA.
- Brown, B. T. (1992). Golden Eagles feeding on fish. *Journal of Raptor Research* 26:36-37. En: Kochert, M. N., K. Steenhof, C. L. McIntyre, and E. H. Craig (2020). Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.goleag.01>
- Cancino, J., Rodríguez Estrella, R., Ortega, A. (1994) First aerial survey of historical range for peninsular pronghorn. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*. Vol 28, p.46-50.
- Carnilo, H., Pérez, S., & Moneo, M. (2016). El Acuerdo de París y sus Implicaciones para América Latina y el Caribe. *Pnuma*, 64. <https://doi.org/10.1109/ICAL.2007.4339081>

- CONANP (2006) Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir, México. 174
- CONANP 2015. Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real (*Aquila chrysaetos*). Segunda edición. SEMARNAT - CONANP. México. 100 pp. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Conanp. (2013). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Valle de los Cirios*. 221.
- Consejo Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Baja California CEPAEBC. (2014). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California*. 34, 454. <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2018/04/DOCUMENTO-COMPLETO-POEBC-2014.pdf>
- de León-Girón, G. (2016) Abundancia, ecología reproductiva, dieta, uso de hábitat y amenazas del águila real (*Aquila chrysaetos canadensis*) en Baja California, México. Propuestas para su conservación. (Tesis Doctoral) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C, CIBNOR. La Paz, Baja California Sur.
- de León-Girón, G., Rodríguez-Estrella, R., & Ruiz-Campos, G. (2016). Estatus de distribución actual del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el noroeste de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1328–1335. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.003>
- Driscoll, D. (2012) Quality data from renewable energy Golden Eagle nest surveys. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan, CA – December 11, 2012 Program Agenda : Moderator Jeff Smith. 5–11.
- Erickson, W., Nielson, R. M., (2012) Monitoring abundance of Golden Eagles in the western United States. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan, CA – December 11, 2012 Program Agenda : Moderator Jeff Smith. 5–11.
- Ezcurra, E., E. Peters, A. Búrquez y E. Mellink. (2002) Los Desiertos de Sonora y Baja California (The Sonoran and Baja California Deserts). Pp. 315-332 en R. A. Mittermeier, P. Robles-Gil, K. Pilgrim, G. Fonseca, T. Brooks y W.R. Konstant (eds.) *Áreas silvestres: Las últimas regiones vírgenes del planeta (Wilderness: Earth's Last Wild Placs)*. Conservation International y Agrupación Sierra Madre.
- Fahimnia, B., Sarkis, J., Davarzani, H. (2015) Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, Apr2015, Vol. 162, p101-114. 14p. DOI. 10.1016/j.ijpe.2015.01.003
- Ferguson-Lees, J., and D. A. Christie (2001). *Raptors of the World*. Christopher Helm, London, UK. En: Kochert, M. N., K. Steenhof, C. L. McIntyre, and E. H. Craig (2020). Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.goleag.01>
- GOBC (2016) Baja California respecto al nacional Proyecciones 2017-2030. Apuntes de Población de Baja California. Gobierno del Estado. Mexicali, B. C.

- Google Earth (s. f.) Mapa de la Sierra de Matomí. 04/08/2020.
- Guevara, M., Arroyo-Cruz, C. E., (31/05/2016). 'Modelo digital de elevaciones sin oquedades resolución 1km', escala: 1:4000000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Henny, C. J., Anderson, D., Castellanos, A., & Cartron, J. (2007). Population size and trends for nesting ospreys in northwestern Mexico: region-wide surveys, 1977, 1992/1993 and 2006. *Informe*, 15.
- Henny, C. J., Conant, B., Anderson, D. W. (1993). Recent distribution and status of nesting Bald Eagles in Baja California, México. *Journal of Raptor Research*, 27(4):203-209
- INE. (2000). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera el Vizcaíno, México. *Instituto Nacional de Ecología*, 243.
- INEGI (s. f.) Relieve, Información por entidad, Baja California. Consultado 04/08/2020. Sitio web:  
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=02>
- Jarvis, R., Breen, B. A., & Billington, R. (2012). Social network analysis : How do social and institutional characteristics affect Social network analysis : How do social and institutional characteristics affect conservation outcomes ? April 2015.
- Kochert, M. N., K. Steenhof, C. L. McIntyre, and E. H. Craig (2020). Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab.
- Kuz, A., Falco, M., & Giandini, R. (2016). Análisis de redes sociales: Un caso práctico. *Computacion y Sistemas*, 20(1), 89–106. <https://doi.org/10.13053/CyS-20-1-2321>
- Latta, B., Thelander, C. G., Bloom, P. H. (2012) Results of 2012 Golden Eagle nesting surveys of the BLM's California desert and northern California districts. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). *California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan , CA – December 11 , 2012 Program Agenda : Moderator Jeff Smith*. 5–11.
- Martínez, N., Brenner, L., & Espejel, I. (2015). Red de participación institucional en las áreas naturales protegidas de la península de Baja California. *Región Y Sociedad*, 27(62). <https://doi.org/10.22198/rys.2015.62.a37>
- McCarty, K.M., K.L. Licence, and K.V. Jacobson. 2014. Arizona golden eagle nest survey 2014 summary report. Nongame and Endangered Wildlife Program Technical Report 286. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, Arizona.
- Meza, A., Lauterio, C. (2020) Taller Virtual de Redes Sociales. Red Internacional para la Sostenibilidad de las Zonas Áridas. Instituto Mora. 11, 18 y 25 de mayo 2020.
- Mora, F. (2017) Integridad ecológica para depredadores superiores. Ciclo de conferencias: Biodiversidad mexicana. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 03 de octubre de 2017. Consulta 20/07/2020. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/ciclo-de-conferencias-biodiversidad-mexicana>

- Morneau, F., Gagnon, B., Poliquin, S., Lamothe, P., D'Astous, N., & Tremblay, J. A. (2012). Breeding Status and Population Trends of Golden Eagles in Northeastern Québec, Canada. *Avian Conservation and Ecology*, 7(2), art4. <https://doi.org/10.5751/ACE-00547-070204>
- Motta, V. G. C. P., & Tostes, V. M. L. (2016). Metodología basada en el enfoque de redes y uso del software Gephi: El caso de AIDER en el fortalecimiento del capital social para el Manejo Forestal Comunitario en la cuenca de Aguaytía, Ucayali, Perú. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 19, 131–144. <https://doi.org/10.17013/risti.19.131-144>
- Nielson, R. M., Rintz, DiDonato G. T., & McDonald, L. L. (2017). A Survey of Golden Eagles (*Aquila chrysaetos*) in the Western U.S. Mid-winter 2017, 1–31.
- Pagel, J., (2012) Guidelines for pre-project surveys of Golden Eagles. En: Hunt, G., Thelander, C., Bloom, P., & Woodbridge, B. (2012). California-Nevada Golden Eagle Working Group Symposium McClellan, CA – December 11, 2012 Program Agenda: Moderator Jeff Smith. 5–11.
- Pagel, J.E., D.M. Whittington, and G.T. Allen. (2010). Interim Golden Eagle inventory and monitoring protocols; and other recommendations. Division of Migratory Bird Management, U.S. Fish and Wildlife Service.
- PNUD. (2020). Especies en Riesgo. 04/08/2020, de PNUD México Sitio web: <https://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/projects/especies-en-riesgo.html>
- Posada Ayala, I. H., García Gastelum, A., Bruschi, V. M., & Téllez Duarte, M. A. (2015). Geodiversidad y paisaje: un análisis de su potencial en Baja California, México. *Investigaciones Geográficas*, 0(48). <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2014.36674>
- Riemann, H., Santes-Álvarez, R. V., & Pombo, A. (2011). The role of natural protected areas in local development: The case of the peninsula of baja California. *Gestion y Política Publica*, 20(1), 141–172.
- Rodríguez-Estrella, R. (2002) A survey of Golden Eagles in northern México (1984), and some recent records in central and southern Baja California peninsula. In the Golden Eagle: its status, conservation and management in 1999 (M. J. McGrady, R. Rodríguez-Estrella, M. Bechard, and E. Iñigo-Elías eds). *J. Raptor Res.* 36 (supplement):3-9.
- Salpeteur, M., Calvet-Mir, L., Diaz-Reviriego, I., & Reyes-García, V. (2017). Networking the environment: Social network analysis in environmental management and local ecological knowledge studies. *Ecology and Society*, 22(1). <https://doi.org/10.5751/ES-08790-220141>
- Sánchez Mateos, R. (Sin Fecha). Imagen 2. Águila real juvenil en vuelo. Tomada de <https://rsanchezmateos.wordpress.com/tag/aquila-chrysaetos/>
- SEDATU (2020). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, Baja California Sur. 923. [http://secfin.bcs.gob.mx/fnz/wp-content/themes/fnz\\_bcs/assets/images/transparencia/marco\\_programa/programas2015-2021/Programa%20Estatal%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf](http://secfin.bcs.gob.mx/fnz/wp-content/themes/fnz_bcs/assets/images/transparencia/marco_programa/programas2015-2021/Programa%20Estatal%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf)

- SEMARNAT-CONANP, (01/11/2017). '182ANP\_Geo\_ITRF08\_Noviembre\_2017', edición: 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México.
- Snijders, L., Blumstein, D. T., Stanley, C. R., & Franks, D. W. (2017). Animal Social Network Theory Can Help Wildlife Conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 32(8), 567–577. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.05.005>
- Vance-Borland, K., & Holley, J. (2011). Conservation stakeholder network mapping, analysis, and weaving. *Conservation Letters*, 4(4), 278–288. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2011.00176.x>

## 11. Anexos

Anexo 1. Subprogramas y acciones de conservación del Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real (*Aquila chrysaetos*) impactados por el proyecto de monitoreo aéreo.

<b>1. Manejo integrado del paisaje</b>					
No.	Acción	Propósito	Plazo	Indicador	Verificación
1.3.1	Elaborar un diagnóstico para el establecimiento de corredores ecológicos entre ANP con presencia de áreas críticas para el Águila Real.	Identificar espacios de conectividad entre hábitats de importancia para el Águila Real	Mediano	Número de corredores biológicos entre ANP con presencia de áreas críticas para el Águila Real identificados al año.	Informes y registros de CONANP / Cartografía
1.3.2	Establecer programas de trabajo con ANP, con la participación de distintos sectores y de los tres niveles de gobierno, que formen parte de un mismo corredor biológico o ruta migratoria del Águila Real.	Definir estrategias conjuntas de trabajo y coordinar esfuerzos para la conservación de corredores biológicos.	Largo	Número de proyectos o programas de trabajo conjunto entre ANP que formen parte de un mismo corredor biológico o ruta migratoria del Águila Real vigentes al año.	Informes y registros de CONANP / Convenios / Acuerdos / Minutas.
<b>2. Manejo y Monitoreo de Poblaciones</b>					
2.3.1	Generar información técnica actualizada sobre el Águila Real.	Contribuir a la correcta toma de decisiones en asuntos relacionados con la biología y ecología de la especie.	Largo	Número de investigaciones realizadas sobre la biología y ecología del Águila Real en México al año	Registros CONABIO / Registros CONANP / CONACYT / ONG / Academia.
2.3.2	Realizar acciones de prospección para la ubicación de ejemplares y territorios de anidación.	Aumentar el registro de territorios de anidación en el país para así facilitar su seguimiento y conservación.	Permanente	Número de nidos y territorios de anidación del Águila Real registrados por estado en México al año.	Informes de actividades de ANP / Informes de actividades comités comunitarios / Proyectos de investigación.
2.3.3	Determinar el éxito reproductivo del Águila Real a nivel nacional y por estado anualmente.	Evaluar el estado de conservación y en su caso, de recuperación del Águila	Permanente (anual)	Número de juveniles que abandonan exitosamente el nido por pareja reproductiva por	Informes de actividades de ANP / Informes de actividades comités comunitarios /

		Real en México mediante indicadores cuantitativos		estado al año en México.	Informes Academia.
2.3.8	Conformar, capacitar y equipar Comités de Protección y Monitoreo del Águila Real, informando e involucrando a propietarios de predios, ejidos y comunidades en actividades de monitoreo y conservación de la especie, su hábitat y sus presas.	Contar con registros confiables de avistamientos de individuos, ubicación de zonas de anidamiento, identificación de amenazas o presiones, registro de presas potenciales y registro de ilícitos.	Permanente	Número de Comités para la protección y monitoreo del Águila Real operando al año.	Registros en CONANP
2.3.9	Realizar recorridos de monitoreo y protección del Águila Real con metodologías estandarizadas y emitir avisos o denuncias ante las autoridades correspondientes en caso de detección de actos ilícitos que afecten directa o indirectamente a la especie.	Prevenir y reducir la incidencia de amenazas que reduzcan la tasa reproductiva de la especie	Mediano	Número de Comités operando al año en territorios de anidación del Águila Real.	Reportes de acciones de comités comunitarios y personal de ANP.
2.3.10	Capacitar y equipar a guardaparques de ANP con presencia de Águila Real en la ejecución de vigilancia y monitoreo de la especie, su hábitat y sus presas.	Recabar información sobre avistamientos de individuos, ubicación de zonas de anidamiento, seguimiento al éxito reproductivo, monitoreo de presas potenciales y colecta de egagrópilas; identificación de amenazas o presiones y actos ilícitos.	Permanente	Porcentaje de ANP con poblaciones de Águila Real que cuentan con personal capacitado y equipado para su monitoreo.	Registros en CONANP

<b>3. Participación Social y Cultural para la Conservación</b>					
3.2.7	Fomentar la presentación de exposiciones sobre la importancia de la conservación del Águila Real en México.	Difundir información y noticias relevantes sobre la especie para el público en general	Permanente	Número de exposiciones sobre la importancia del Águila Real al año.	Reportes de prensa.
3.3.5	Elaborar y mantener actualizado un directorio de actores relacionados con el conocimiento y conservación del Águila Real	Contactar con especialistas y aliados que participen y apoyen en las acciones de gestión, capacitación, recuperación y monitoreo de la especie a nivel nacional.	Permanente	Directorio de actores relacionados con el conocimiento y conservación del Águila Real elaborado y disponible para consulta.	Registros en CONANP
3.3.6	Identificar y contactar a las instituciones académicas, de investigación o de conservación cercanas a los territorios de anidación del Águila Real.	Ganar aliados estratégicos que apoyen en las acciones de gestión, capacitación, investigación y monitoreo.	Mediano	Porcentaje de instituciones académicas, de investigación o de conservación cercanas a los territorios de anidación del Águila Real en México, contactadas y que participan en acciones de gestión, capacitación y monitoreo.	Informes de actividades de ANP / Informes de CONANP / Acuerdos / Convenios / Minutas

Anexo 2. Cronología de objetivos para el monitoreo aéreo de la temporada reproductiva del águila real.

El monitoreo aéreo es preferencial en sitios inaccesibles cuando el monitoreo terrestre no pueda hacerse de manera eficiente, prefiriendo la combinación de métodos y se señala a la coordinación institucional como un factor crítico para el logro de los objetivos y de la seguridad de los tripulantes, ya que es necesario identificar una ruta segura para la aeronave que permita cumplir con los registros biológicos de los objetivos. Dichos objetivos, deberán basarse en el conocimiento local de las zonas de anidación y la variabilidad de los resultados en diferentes etapas de la temporada reproductiva (Tabla 1).

<b>Etapas</b>	<b>Resultado</b>	<b>Baja California (de León, <i>et al.</i>, 2016)</b>
Cortejo tardío	Territorio activo	Febrero
Puesta / Incubación / Eclosión	Territorio activo	Febrero Marzo
Aguiluchos entre 20 y 51 días desde eclosión	Territorio activo / productividad (no ideal)	Marzo Abril
Aguiluchos después de 51 días desde eclosión y antes de abandonar nido	Productividad (ideal)	Penúltima semana de abril Mitad de mayo

Anexo 3. Archivo fotográfico de la elaboración de un protocolo de monitoreo aéreo para Águila Real *Aquila chrysaetos* en la península de Baja California.



Águila real posada en un pino Jeffrey en el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir.



*Izquierda.* Águila real muerta tras colisionar con un cerco ganadero en Baja California (Foto: Gonzalo de León). *Imagen 1. Derecha.* Águila real posada en estructura eléctrica no adaptada para evitar las electrocuciones de aves de gran tamaño durante una tormenta en Baja California (Foto: Diego Toscano).



*Izquierda.* Presentación durante el segundo foro nacional para la conservación del águila real en México, Febrero 2020. *Derecha.* Reunión para la elaboración del plan de vuelo, Marzo 2020.



*Izquierda.* Equipo del Laboratorio de Análisis Espaciales del Instituto de Biología de la UNAM, Enero 2020. *Derecha.* Presentación en sus primeras etapas del protocolo de monitoreo aéreo y capacitación especializada en técnicas de vuelo enfocadas a la especie del grupo “Compañeros en Vuelo” y USFWS respectivamente, San Diego, Noviembre 2019.



*Izquierda.* Capacitación en técnicas de monitoreo terrestre de águila real con integrantes de la comunidad en APFF Valle de los Cirios, dirección de las tres ANP participantes, coordinación del Proyecto de Reintroducción del Cóndor de California, Dirección del laboratorio de ornitología de la UABC. *Derecha.* Salida de campo con comunidad y personal de las ANP.

Anexo 4. Listado de actores, Modularidad y Centralidad del vector propio (CVP) de la red de actores del proyecto desde la perspectiva de operación.

Id	Label	timeset	í»çid
1	DGVS		2
2	CONANP		3
3	IB UNAM		4
4	CONACYT		5
5	UABC		6
6	GEF		7
7	PNUD		8
8	PN SSPM		9
9	Real	10	
10	APFF VC		11
11	RB EV		12
12	Zonas Militares	13	
13	LAE		14
14	DR SCT		15
15	Ambienta	16	
16	ENDESU, A. C.	17	
17	ConsultorÃa		
18	Vuelo	18	
19	Ejidos		19
20	Especies en		
21	Riesgo	20	
22	Dir. ANP		21
23	Dir. ANP		22
24	Dir. ANP		23
25	CoordinaciÃ³n	24	
26	CoordinaciÃ³n	25	
27	AdministraciÃ³n	26	
28	CoordinaciÃ³n	27	
29	TÃ©cnico	28	
30	TÃ©cnico	29	
31	Bechario		30
32	Voluntarios	31	
33	Propietarios		

## Anexo 5. Formatos de registro de nidos y listado de datos sugeridos para la colecta

### Registro de nidos

- Estado – Municipio – Transecto – Territorio – Nido – Sitio
- XX(X) – XXX – XX – XX – XX - XXXXX
- “BC – ENS – 01 – 01 – 01 – SSPM” Lat, Long

### Colecta de datos

#### **Ocupación y reproducción**

Fecha

Hora inicio

Hora fin

Observadores

Velocidad del viento (Km/h)

Dirección del viento

Cobertura nubes

Temperatura

Precipitación

Zona de Anidación

Estado del paisaje

ID Nido

Huevos

Aguiluchos

Volantones

Comentarios