

Revista/ Magazine

CARSAMPAF

Comité Regional CAR/SAM de Prevención de Peligro Aviario y Fauna
Regional Bird/Wildlife Hazard Prevention Committee



AÑO 1, EDICIÓN 1 - SEPTIEMBRE DE 2023





Fotografía grupal de la Decimoséptima Reunión y Conferencia del Comité CAR/SAM de Prevención del Peligro Aviario y Fauna Cartagena, Colombia, 2019.
Foto: Miguel Acero



JUNTA DIRECTIVA

Yeiner Molina
Presidente
Colombia
presidencia@comitecarsampaf.com

Maritza Sierra
Asesor de Presidencia
Cuba

Marco Zárate
Vicepresidente I
México
vicepresidente1@comitecarsampaf.com

Leonardo Calvo
Vicepresidente II
Costa Rica
vicepresidente2@comitecarsampaf.com

Hilda Valverde
Coordinador de Secretaría
Costa Rica
secretaria@comitecarsampaf.com

Ana María Cogollos
Coordinador de Estadística
Colombia
estadistica@comitecarsampaf.com

Lina Annicchiárico
Coordinador de Investigación,
Capacitación y Desarrollo
Colombia
invecades@comitecarsampaf.com

Luis Alberto Pineda
Coordinador Administrativo y Financiero
México
adminfinanciera@comitecarsampaf.com

GRUPO DE APOYO TÉCNICO

Carlos Roberto Carías Ayala
Honduras

Claudia Gabriela Cortes
México

Esteban Carrillo
Colombia

Rodolfo Donoso
Chile

Vania Amaro Sellén
Cuba

Jerico Solís
Perú

Marcos Carrera Táboas
España

Arnaldo Maluff
Paraguay

Manuel Hugo Luarte
Chile

Jhonatan Anturi
Colombia

COMITÉ EDITORIAL

Yeiner Molina
Lina Annicchiárico
Ana María Cogollos
Rodolfo Donoso
Jerico Solís

DIAGRAMACION

Nicolás Molina
(NICMO Arte y Diseño)



Por: Yeiner E. Molina Reyes.

Presidente de CARSAMPAF

Es para mí un honor, como presidente del Comité CAR/SAM para la Prevención del Peligro Aviario y Fauna-CARSAMPAF, poderles presentar este primer número de la Revista CARSAMPAF; la cual pretendemos sea una herramienta más para la divulgación y aprendizaje de todo lo referente a la Gestión de la Fauna en la aviación, no solo de nuestras regiones CAR y SAM sino para todo el globo y con la cual aportamos al logro de los objetivos de este Comité

El Comité CARSAMPAF tiene como finalidad el coordinar e integrar acciones para contribuir en la gestión y reducción del número de accidentes e incidentes de aviación resultante de los choques de fauna con aeronaves, trabajando para y con Autoridades de la Aviación Civil (AAC), operadores de aeródromos, explotadores de aeronaves y proveedores de servicios y equipos de control fauna, entre otros; apoyándonos en:

- La identificación y análisis de información relativa al problema de choques de fauna con aeronaves,
- El apoyo técnico, asesoría y la prestación de servicios de consultoría para una implementación suficiente y eficaz de los programas de

gestión de riesgos por fauna,

- La instrucción y formación de personas con los conocimientos y competencias suficientes para entender y dimensionar la problemática del peligro aviario y de la fauna, y afrontarla de manera eficaz y efectiva, y la reproducción y difusión de material informativo e investigativo, con el fin de asistir a los responsables e interesados en las actividades de prevención y mitigación de riesgos por la presencia de fauna silvestre.

Esta revista está dirigida a toda la comunidad aeronáutica que tenga que ver con la gestión de la fauna en aeródromos y aerovías del planeta. Además, a todos los encargados del manejo de fauna de otras áreas del conocimiento que puedan encontrar útil la información aquí suministrada y que los anime a aportar su experticia en los diversos campos en donde se desempeñan para poder gestionar los riesgos derivados de las posibles interacciones entre las aeronaves y la fauna.

Los objetivos que perseguimos con la publicación de esta revista son: difundir conocimientos y experiencias que tengan que ver con la gestión de la fauna en la industria aeronáutica, fomentar la investigación aplicada en este aspecto de la aviación mundial y divulgar información técnica y estadística en lo referente a la gestión fauna en la industria aeronáutica a nivel regional y global. La intención de la Revista CARSAMPAF es convertirse en un referente académico y de interés general para este público variado, cuya originalidad reside en la especialidad de su temática.

El lanzamiento de una revista es siempre un todo un desafío, pero es también una aventura intelectual. En este primer número contamos

con artículo muy variados que van desde la utilización de una Lista de Verificación del Documento OACI 9137 Parte 3, pasando por análisis comparativo de uso de herramientas, captura y reubicación de fauna, evaluaciones de índices hasta el seguimiento por GPS y la caracterización de la fauna en los aeródromos. Procuraremos, abarcar en cada edición un mayor número de informaciones sobre investigaciones, experiencias y ensayos sobre la gestión de la fauna en la aviación. Sin duda para ello la participación de todos ustedes, nuestros lectores, será fundamental. Los invitamos a imaginar desde ya cómo será su participación en nuestra próxima edición, queremos conocer y compartir su mensaje. De igual manera, esperamos que nos comuniquen su concepto sobre esta revista y sus sugerencias para mejorarla; nos esforzaremos por corregir las posibles fallas que esta edición, como todo lo que empieza, pueda tener, y llevar esta revista al más alto nivel editorial.

Por último, quiero agradecer a todos los autores que se animaron a compartir sus experiencias y conocimiento en este primer número, sin ellos no hubiese sido posible la culminación de este esfuerzo. Agradezco también al comité editorial, en cabeza de Lina Annicchiárico, quienes han trabajado para que este proyecto se materialice. De igual manera extendiendo mi agradecimiento a toda la Junta Directiva de CARSAMPAF y al Grupo de Apoyo Técnico, que han sido partícipe en la puesta en marcha de esta iniciativa que esperamos sea de provecho para todo el que la lea.

6

Lista de verificación del Documento OACI 9137 Parte 3- Gestión del Peligro que Representa la Fauna Silvestre - Quinta Edición - 2020

7

Red de advertencia temprana por períodos migratorios en los Aeropuertos de Panamá. (RDAT)

12

Captura y reubicación de fauna silvestre de un aeropuerto a un área natural protegida.

17

GPS: Gestión Por Seguimiento

22

Formulación metodológica para el monitoreo de la avifauna en el exterior de los aeropuertos tropicales

29

Evaluación de un Índice de Riesgo de Wildlife Strike en aeropuertos mexicanos.

32

Aproximación a un análisis comparativo del manejo, uso y efectividad de herramientas de dispersión de fauna en dos aeropuertos de Colombia.

45

Anidación inusual del Colibrí Mango Pechinegro (*Anthracothorax nigricollis*) (Vieillot, 1817) en el Aeropuerto Internacional El Edén, Armenia, Colombia.



Foto: María Isabel Parra

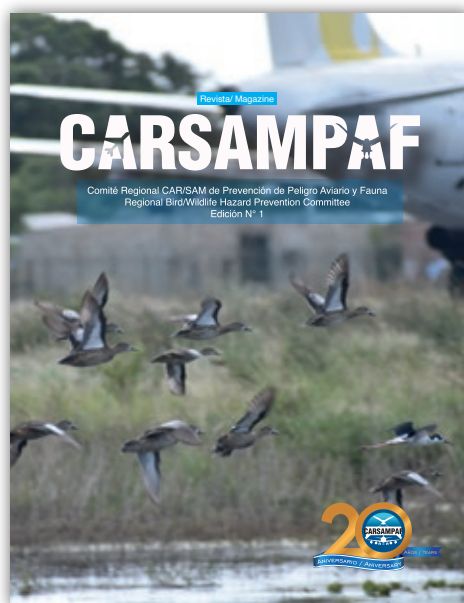


Foto Portada: Yezid Linares

Lista de verificación del documento OACI 9137 Parte 3- Gestión del peligro que representa la Fauna Silvestre Quinta Edición-2020

Autores: Grupo de la Coordinación de Estadística – Comité CARSAMPAF 2021-2022.
Ana María Cogollos, María Ortellado, Arturo Luján, Vania Amaro y Maritza Sierra.

Presentamos y ponemos a su disposición la Lista de Verificación del Documento OACI 9137 Parte 3- Gestión del Peligro que Representa la Fauna Silvestre. Quinta Edición-2020, que consiste en una herramienta creada para identificar y sintetizar los requisitos de cumplimiento de dicho documento y que también, es un instrumento de autoevaluación o de auditoría, de fácil acceso y consulta, pues permite filtrar cada uno de los requisitos por numeral y capítulo del Documento y además, por Componentes de la Gestión del Riesgo por Fauna y por las Partes Interesadas con responsabilidad en la misma.


Lo novedoso de esta Lista de Verificación es que fue elaborada por un grupo interdisciplinario de representantes de cuatro Estados de la Región NACC y SAM, que efectuaron una completa revisión y análisis del Documento 9137-Parte3, logrando agrupar la totalidad de los requisitos incluidos en todos los capítulos, en once (11) Componentes de la Gestión del Riesgo: Entrenamiento y Requisitos para el Personal, Monitoreo de Fauna, Notificación de Incidentes, Evaluación del Riesgo, Control Activo, Gestión de Hábitat, Coordinación y Comunicación, Gestión en Áreas Aledañas,

Registros y Bases de Datos, Plan de Gestión WHMP y Supervisión de la Autoridad de Aviación Civil- AAC. A su vez, agrupar los mismos requisitos en las siguientes Partes Interesadas responsables de su gestión: Estado- Autoridad de Aviación Civil AAC, Explotador de Aeródromo, Línea Aérea, Comité Aeroportuario y otros.

Así las cosas, la Lista de Verificación no es únicamente un compendio de los requisitos del Documento 9137 Parte 3- Quinta edición; también es una herramienta que permite identificar rápidamente cuales de esos requisitos corresponden a cada parte interesada o con responsabilidad y, además, identificar de manera rápida cuales de estos requisitos corresponden a cada componente de la Gestión de Riesgo con su respectivo numeral. Por eso es versátil y oportuna para los procesos de formulación de los Planes de Gestión de Riesgos, para la autoevaluación

de estos por parte de los aeropuertos, para efectuar los análisis de faltantes, para la identificación de actividades y responsables de cada gestión y para orientar las visitas de supervisión y seguimiento por parte de las Autoridades de Aviación Civil, entre muchas otras más.

La lista está disponible para todos los Estados, Explotadores de Aeródromos, Explotadores de Aeronaves, Autoridades, Encargados de Seguridad Operacional y demás miembros de la Comunidad Aeroportuaria, y se encuentra publicada en la página web del Comité Regional CAR/SAM de Prevención del Peligro Aviario y Fauna, como un archivo de Excel que pueden descargar en el siguiente enlace: <https://www.comitecarsampaf.com/lista-de-verificacion-del-documento-oaci-9137-parte-3-gestion-del-peligro-que-representa-la-fauna-silvestre-quinta-edicion-2020/>

 LISTA DE VERIFICACIÓN DOC. OACI 9137-PARTE 3 GESTIÓN DEL PELIGRO QUE REPRESENTA LA FAUNA SILVESTRE. QUINTA EDICIÓN 2020 Autores: Grupo de la Coordinación de Estadística – Comité CARSAMPAF 2021-2022. Ana María Cogollos, María Ortellado, Arturo Luján, Vania Amaro y Maritza Sierra.											
CAPÍTULO	NUMERAL	ASPECTO	COMPONENTE	ESTADO- AAC	EXPLORADOR AD	LÍNEA AEREA	COMITÉ	OTROS	CUAL ?	GRADO DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
1	1.1.1	Las características específicas del aeródromo con respecto a su hábitat, clima y entorno, están reflejadas en un Programa de gestión del peligro que representa la fauna silvestre (WHMP).	Plan de Gestión WHMP		X						
1	1.1.3	Los métodos y técnicas de gestión de la fauna se revisan anualmente y se actualizan periódicamente.	Plan de Gestión WHMP		X						
1	1.3.3	Se evalúa el nivel de riesgo de cada especie presente como requisito de la gestión a través de los registros de la presencia de animales silvestres (por especie) en el aeródromo y sus inmediaciones, así como de los choques y cuasicolisiones.	Evaluación de Riesgos		X						
1	1.3.4	Se registran y utilizan los sucesos/incidentes para evaluar y mitigar los riesgos por fauna.	Evaluación de Riesgos		X						
1	1.3.6	Se evalúa y mitiga el riesgo por fauna en la utilización de los terrenos en las inmediaciones al Aeródromo.	Zonas Aledañas	X	X		X	X			Autoridades Locales
1	1.3.9	Las Autoridades del Estado analizan y aprueban la ubicación de los aeródromos nuevos, para asegurarse que se tenga en cuenta y mitigue, cuando sea necesario, todo lo que tenga alta probabilidad de atraer fauna silvestre.	Zonas Aledañas	X				X			Autoridades Locales
1	1.3.7	En el WHMP se describe la estrategia para evaluar la fauna silvestre en el aeródromo y las medidas de control para reducir el riesgo que representa la fauna silvestre.	Plan de Gestión WHMP		X						
2	2.1.1	Las partes interesadas identificadas contribuyen a la gestión del peligro que representa la fauna silvestre en el aeródromo.	Coordinación y Comunicación				X	X			Autoridades Locales
2	2.1.2	La gestión de la fauna se incluye en el SMS del aeródromo, que a su vez se coordina con los SMS de otras partes interesadas.	Coordinación y Comunicación		X						
2	1.1.3	El explotador tiene una comunicación abierta con las diversas partes interesadas, por ejemplo, para la formación de un comité local.	Coordinación y Comunicación		X		X				
2	2.2.1.2	El Explotador de Aeródromo desarrolla, implementa y demuestra que posee un WHMP eficaz.	Plan de Gestión WHMP		X						
2	2.2.1.2	El Programa es representativo del tamaño y el nivel de complejidad del aeródromo, teniendo en cuenta las especies que constituyen un peligro, el nivel de riesgo conexo y el volumen de operaciones de vuelo.	Plan de Gestión WHMP		X						
2	2.2.1.2	El Explotador de Aeródromo se asegura de que todo el personal y los responsables del control del peligro que representa la fauna silvestre demuestren su competencia y estén debidamente instruidos y que se les faciliten los recursos y el equipamiento adecuados para desempeñar su labor.	Entrenamiento y Requerimientos de Personal		X						

Red de advertencia temprana por períodos migratorios en los aeropuerto de Panamá. (RDAT)

·Licda. Melissa I.Hinds C ;
mhinds@tocumenpanama.aero,
·Licda.Yenny L.Gómez M;
ygomez@tocumenpana.aero.
Biólogos, Tocumen S.A, Panamá, Ciudad
de Panamá.

La República de Panamá, se destaca por ser un punto privilegiado para la observación de más de 15 especies de aves migratorias que cruzan el continente todos los años, desde cualquier punto de la ciudad de Panamá, pueden apreciarse en días de mayor actividad los grupos de aves rapaces, aunque este fenómeno natural atrae a muchos turistas y nacionales a observar y fotografiar y unirse a voluntarios para su conteo, para el sector aeroportuario se convierte en un tema de gran preocupación, debido a las afectaciones por colisiones con las aeronaves lo que provoca retraso en salidas, daños en el fuselaje, y alertas de precaución. Esta situación prepara al Depto. de Control de Fauna a la iniciativa de crear mecanismos de comunicación efectivos que permitiera el aviso oportuno de cruces de aves migratorias y es así como nace, la Red de advertencia de aves migratorias, con el apoyo de la ONG, Sociedad Audubon de Panamá, Departamento de Control de Fauna y el departamento de unidad ambiente de la AAC.

En la actualidad, la red se activa con la emisión de la circular informativa que notifica a todo el personal aeroportuaria, a través del Centro de



Ciclo de la Red de Advertencia Temprana

Con la recopilación de los datos registrados, mantenemos una base de datos que nos permite el análisis de comportamiento de los años, cantidad observada, rutas fase lumínica de avistamientos, incidentes de impactos vs notificaciones realizadas, y el beneficio de las notificaciones con las acciones de mitigación para disminuir los eventos

Gestión Operativa inicio del periodo migratorio de rapaces, esta iniciativa se ha mantenido con éxito y un grupo de 40 integrantes en la RDAT.

¿Cómo se organiza la RDAT durante la época migratoria?

- 1- Circular informativa.
- 2- Seguimiento de estadística y página de conteo.
- 3- Audubon Panamá.
- 4- Monitoreo y Patrullaje.
- 5- TWR.
- 6- Aviso a integrantes de la Red de Advertencia Temprana.
- 7- Finaliza el periodo migratorio tabulando los registros de reportes.



Notificación vs Impacto por año durante la época migratoria
 De acuerdo a la ruta el comportamiento de N-S y S-N varían en horas y ubicación. Ambas pistas se ven afectadas por el cruce.



Ruta N-S de aves migratorias sobre el Aeropuerto de Ciclo de la Red de Advertencia Temprana



Ruta S-N de aves migratorias sobre el Aeropuerto de Cúcuta de la Red de Advertencia Temprana

Se puede resaltar que durante la observación en estos años que las golondrinas juegan un rol importante de advertencia ya que días previos a paso de rapaces mantenemos presencia en todo el aeródromo, seguido de los halcones, gavilanes y gallinazos rojos (*Cathartes aura*.)

En los 11 años que se lleva un monitoreo el avistamiento de las aves en el 2015 (14 de septiembre a las 2:15 p.m. Pista 03R) registro el mayor número de cruces de 2,637,512. Las especies migratorias con mayor incidencia de impactos identificada a través de ADN y observación que realizan el cruce migratorio en el aeropuerto de Tocumen son:



Riparia ripari



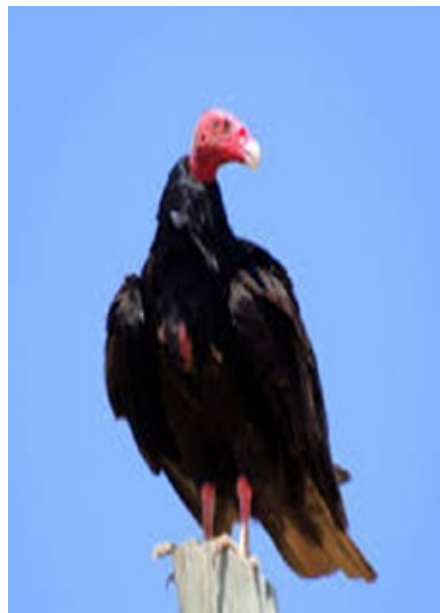
Buteo platypterus



Buteo swainsoni



Ictinia mississippiensis



Cathartes aura

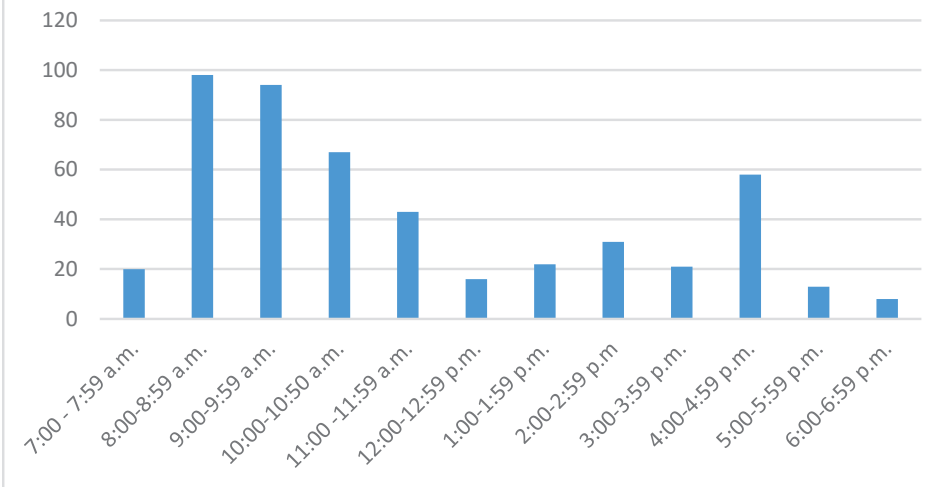


Petrochelidon pyrrhonota



Hirundo rustica

Hora de Actividad de Aves Migratorias



La hora de mayor movimiento de las aves empiezan desde las 8:00 a.m. hasta las 7:00 p.m. y depende de las condiciones climáticas con una reducción en horas de las tardes. En cuanto a las condiciones climáticas, el promedio de temperatura es 27°C, humedad un 78%, viento entre cal-

mos a 10 m/s.

A manera de preparar a la comunidad aeronáutica sobre la época migratoria de N-S y S-N se realiza la Circular informativa con 1 mes de anticipación donde se detalla los resultados de volumen de aves, la ubicación dentro del Aeropuerto de

Tocumen y la fecha de avistamiento. Se mantiene a partir de la notificación el seguimiento a través de la paginas HAWCOUNT para estimar la fecha que debemos tener el primer avistamiento y cantidad de acuerdo a las observaciones.

Como divulgación y educación en nuestras charlas y capacitaciones a personal operativo, administrativo, escuelas y contratistas les explicamos acerca de la RED DE ADVERTENCIA donde detallamos el inicio, el objetivo con apoyo de siluetas para orientar a través de ellas en base a tamaño las aves que nos cruzan sobre el aeropuerto, también se tiene brochures donde mencionamos las rutas, los problemas que nos atraen las mismas y cómo podemos minimizar los impactos.

es tiempo de encontrarnos

20 ANIVERSARIO / ANIVERSARY

21 Conferencia CARSAFPAF
7 - 11 NOV 2023
Bogotá D.C., Colombia

Captura y reubicación de fauna silvestre de un aeropuerto a un área natural protegida.

Luis Alberto Pineda-Alcázar^{1*},
José Antonio Morales Trujillo²

1) Biólogo y Maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. APSACA Consultores, S.C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pinedalcazar_la@yahoo.com.mx (*autor de correspondencia). <https://orcid.org/0000-0001-5243-6082>

2) Biólogo. APSACA Consultores, S.C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pepetrujillo02@gmail.com

RESUMEN

La reubicación de fauna silvestre que se captura dentro de un aeropuerto, ya sea por cuestiones de seguridad operacional, o bien, por seguridad de los pasajeros, usuarios o trabajadores del mismo, debe realizarse con las medidas de bioseguridad necesarias, así como contemplando las autorizaciones necesarias por parte de las autoridades ambientales, previa categorización de riesgo de cada especie. En el presente documento se mencionan algunas técnicas para la captura de fauna silvestre y su reubicación en un área natural protegida.

ABSTRACT

The relocation of wildlife trapping in an airport, for operational security reasons, or for the safety of passengers, users or workers, must be carried out with the necessary biosecurity measures, as well as considering the authorizations necessary by environmental authorities, prior risk categorization of each species. In this document some techniques are mentioned for the capture of wildlife and its relocation in a natural protected area.



Manejo de una Víbora de cascabel tropical (*Crotalus ehecatl*) en el Aeropuerto Internacional de Palenque, México.

Palabras clave: *Captura, Manejo de fauna, Reubicación, Choque con fauna.*

Key words: *Capture, Wildlife management, Relocation, Birdstrike.*

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las poblaciones de fauna silvestre comúnmente se manejan en parte para reducir conflictos, particularmente en áreas de alto riesgo como carreteras y aeropuertos (Conover, 2002). Asimismo, se ha demostrado que la reubicación y/o translocación es una técnica importante para repoblar especies cinegéticas, reintroducir especies y mejorar poblaciones de especies amenazadas o en peligro de extinción (Curtis, et al., 2013).

La captura y posterior reubicación de fauna se considera una

herramienta de gestión eficaz aceptable para reducir la abundancia de fauna en los aeropuertos, y por ende el riesgo que representan a las operaciones aeronáuticas. Aunque este método se refiere primordialmente a **mamíferos** y **reptiles**, en ocasiones se pueden realizar capturas y reubicaciones en **aves**, rapaces principalmente. Todo lo anterior debe realizarse con las debidas autorizaciones por parte de la autoridad ambiental, así como tomar en cuenta todas las consideraciones biológicas, ecológicas y etológicas de la fauna silvestre (Pineda Alcázar, et al., 2019).

Previo a realizar el manejo de fauna silvestre en los aeropuertos, es necesario realizar una categorización de las especies de riesgo para las operaciones aeronáuticas, en la

que se consideren aspectos biológicos, etológicos y ecológicos de cada especie. El análisis y categorización de riesgo se realiza tomando en cuenta cinco aspectos principales: abundancia (relativa en el aeropuerto), tamaño del grupo (registrado durante los recorridos), frecuencia (de observación durante los recorridos), peso (máximo registrado en la literatura), y su presencia en el área operativa del aeropuerto. Para superar la heterogeneidad de la información se aplica una variable binari, gnando el valor de “0” a todo dato que se encuentre por debajo de la media, y “1” al que la supere. Posteriormente, sumando los fac-

tores y catalogado a las especies de acuerdo a lo siguiente: Riesgo Muy Alto (4 o más puntos), Riesgo Alto (3 puntos), Riesgo Medio (2 puntos) y Riesgo Bajo (1 punto); las especies que se consideren de Riesgo para el Personal son aquellas de importancia médica (venenosas), o bien, de peligro para la presencia humana (como cocodrilos; Villaverde-Limón y Pineda-Alcázar, 2016).

Con respecto a la presencia de **reptiles** dentro de un aeropuerto las consideraciones necesarias para su reubicación podrían basarse principalmente en tres puntos, el primero de ellos es el conflicto que las personas suelen tener con las

Captura de Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en el Aeropuerto Internacional de Palenque, México.



Captura de Culebra chirrionera (*Coluber mentovarius*) en el Aeropuerto Internacional de Palenque, México. ▼

Equipo básico para contención y manejo de serpientes y víboras.



Equipo básico para contención y manejo de cocodrilos



serpientes debido a que algunas de ellas representan un riesgo para la salud humana (Fernández-Badillo, *et al.*, 2021); el segundo se refiere a la protección y conservación de estos mismos animales, ya que frecuentemente se les asesina; y por último, para coadyuvar en la seguridad operacional de los aeropuertos dado que **reptiles** de tallas grandes

como cocodrilos o caimanes podrían crear incidentes graves con las aeronaves o crear madrigueras o sitios de refugio en lugares que dañan la infraestructura aeroportuaria. Las trampas usadas para **reptiles**, específicamente serpientes o lagartijas, se limitan a trampas de caída (pitfall traps) el cual involucra la colocación de un recipiente cilíndrico

debajo del suelo con la boca hacia la superficie (Brambila Navarrete, s/f). El tamaño y la forma del recipiente dependerán de la especie a capturar. La captura manual también puede realizarse con apoyo de ganchos y pinzas herpetológicas de diferentes longitudes. Para la captura de cocodrilianos podemos hablar de dos grupos: técnicas de manipulación



Foto: APSACA Consultores, S.C

directa, captura con sogas, captura con lazo de acero y pértiga fija o sujetador y/o uso de redes de mano; para el caso de las primeras se requiere simplemente, pero en forma indispensable, de la pericia y experiencia del manejador. Para el caso de las técnicas indirectas: captura con trampas cebadas o sin cebar, y la colocación de redes (Sánchez Herrera, *et al.*, 2011).

Para capturar **mamíferos** de tamaño medio, como mapaches, zarigüeyas, zorrillos, zorras, coyotes o perros ferales se sugiere la utilización de trampas de caja, o bien, se puede utilizar la captura redes de contención y/o postes de sujeción. Los **mamíferos** grandes como los venados, pueden ser capturados con pistolas con dardos tranquilizantes (Gallina Tessaro y López-González, 2011; Gallina Tessaro, 2015; Zuria, *et al.*, 2019). Este tipo de técnica requiere personal entrenado, con un alto grado de habilidad y experiencia (Cleary y Dolbeer, 2005). Es importante mencionar que, en el caso de la captura de **mamíferos** mediante contención química (uso de fármacos), es imperante que dicha actividad sea realizada por un médico veterinario especialista en fauna silvestre para garantizar el correcto manejo del ejemplar, así como para

Contención química de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el Aeropuerto Nacional de Colima, México.



atender cualquier emergencia que pueda suscitarse durante y posterior al manejo mismo.

En el caso de las trampas para **aves**, su mayor ventaja es la selectividad, ya que cualquier ave que no sea objetivo del control, puede ser liberada sin daño. Las trampas tipo bal-chatri son utilizadas en algunos aeropuertos para remover **aves** rapaces como aguilillas, halcones y lechuzas, del área de operación de aeronaves, la cuales deben ser reubicadas en un hábitat conveniente a una distancia de por lo menos 85 kilómetros del aeropuerto (Hughes, 1967; Wernaart y McIlveen, 1989;

Cleary y Dolbeer, 2005). Hallett y Atwell (2008) mencionan que, al realizar las capturas de **aves** rapaces, preferentemente se debe seleccionar los individuos no residentes (migratorios) para ser reubicados, ya que los residentes tienen menos probabilidades de ser golpeados debido a su experiencia; además las rapaces residentes adultas expulsan a las rapaces no residentes del aeropuerto, reduciendo así el número de rapaces de riesgo para las operaciones aeronáuticas. Las trampas para animales vivos del tipo walk-in, son jaulas donde las **aves** pueden entrar pero no salir, colocadas en techos u otros sitios aislados, puedan ser usadas para capturar palomas en los aeropuertos (Cleary y Dolbeer, 2005). Es importante liberar a las **aves** lo suficientemente lejos y en un hábitat adecuado; de lo contrario, es probable que muchos de ellos regresen al área de captura. Mover trampas a nuevas ubicaciones cada dos días aumentará la cantidad de **aves** capturadas (Harris y Davis, 1998). Las redes disparadas por cañones, son convenientes para capturar hasta 100 o más **aves**, en situaciones



Liberación de Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un área natural protegida de México.



Foto: APSACA Consultores, S.C.

Captura y manejo de Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) en el Aeropuerto Internacional de Palenque, México.

en donde otros métodos pueden no ser prácticos. La red debe ser puesta en donde su descarga sea segura; las aves deben ser atraídas por medio de alimentos enfrente de la red (Cleary y Dolbeer, 2005). Otro tipo de redes son aquellas que se disparan con un rifle largo y que pueden ser dirigidas hacia el animal objetivo. Con esta red se puede capturar un solo individuo de mamífero o grupos pequeños de aves que se localicen a una distancia aproximada de 15 metros (Cleary y Dolbeer, 2005).

Como se ha venido mencionando durante el texto, la captura de las diferentes especies, estará determinado por el tamaño y las características específicas de cada una. En este rubro, es importante mencionar que en todo momento se debe garantizar la supervivencia de los animales reubicados, así como de la comunidad del sitio de liberación (ACI, 2013). La elección adecuada del área de reubicación (hábitat receptor) es fundamental para el éxito de la medida de rescate y reubicación, ya que las características del sitio específico de liberación determinarán la capacidad de los individuos de asen-

tarse (Torres-Mura, *et al.*, 2014). Las liberaciones realizadas en el centro del rango de distribución de una especie son más exitosas que las realizadas en la periferia o fuera del rango de distribución natural de una especie, ya que se ha reportado que los individuos relocalizados pueden sufrir desnutrición, deshidratación e inmunodepresión y sobreviven mejor cuando están en un ambiente con recursos (refugio, alimento) con los que están familiarizados (Bustamante, *et al.*, 2009; Massei, *et al.*, 2010). PROFEPA (2020) realizó un protocolo para la liberación de fauna silvestre en el que sugiere, entre otras cosas, determinar correctamente la taxonomía de la especie en consideración, hacer una valoración completa de la salud del ejemplar, precisar que el área de liberación sea dentro de su distribución natural, y un correcto traslado en contenedores adecuados. Por todo lo anterior, toda reubicación de fauna silvestre debe considerar las condiciones del nuevo sitio para su liberación, el cual debe ser similar al del sitio de captura, considerando la distribución natural de la especie involucrada; por otro lado, la reubicación de fauna silvestre debe realizarse una vez agotadas las acciones de exclusión, es decir, eliminar los atractivos de fauna existentes dentro del aeropuerto, tales como basura expuesta, estancamiento de agua, sitios de percha o descanso, etc., que atraigan a la fauna dentro del aeropuerto.

Liberación de Tlacuache común (*Didelphis marsupialis*) en un área natural protegida de México.





Equipo básico para identificación, manejo y contención de fauna silvestre.

Es importante acotar que todo lo arriba mencionado, debe ser acorde a la normativa nacional aplicable en materia de captura, traslado y liberación de fauna silvestre al medio natural; en México, la autorización para la captura y traslado de fauna silvestre es competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y la liberación de ejemplares de fauna silvestre en un área natural protegida corresponde a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

CONCLUSIONES

La mayoría de los aeropuertos mantienen una cantidad de fauna considerable dentro de sus instalaciones, es ahí donde radica la importancia de encontrar estrategias viables y oportunas que nos permitan reducir

la abundancia de estos organismos para garantizar la seguridad operacional de forma eficaz y eficiente. El manejo de la fauna que se encuentra dentro de los aeropuertos debe ser controlado de forma muy particular dado que cada uno de ellos tiene sus propias condiciones ambientales y diferente problemática con la fauna local que ahí reside.

La captura de fauna dentro de un aeropuerto es una alternativa eficaz para reducir el riesgo por presencia de fauna en un aeródromo, especialmente cuando se trata de fauna mayor, tales como grandes **mamíferos**, cocodrilos y aves rapaces. Sin embargo, ésta debe ser, en primer lugar evaluada analizando los riesgos inherentes al manejo de fauna silvestre, además contemplar las funciones ecológicas de cada especie en el medio natural; y en segundo

lugar, se debe considerar el lugar de liberación de los ejemplares, ya que este deben cumplir con los requerimientos mínimos para garantizar la supervivencia de estos, así como analizar la capacidad de carga del sitio y demás consideraciones ecológicas en cuanto a la liberación de fauna silvestre se refiere. Aunado a ello, es imperante realizar todos los trámites administrativos para la realización de cualquier manejo, captura y/o liberación de fauna silvestre al medio natural ante las autoridades ambientales correspondientes. No se debe omitir que este tipo de actividades debe ser realizado por personal profesional de las ciencias biológicas y veterinarias para cumplir con las leyes y normas nacionales e internacionales en materia ambiental y aeronáutica. ■

GPS: Gestión Por Seguimiento

Maximiliano Gutiérrez Contreras
Biólogo e inspector de aeropuertos, Senasa,
Madrid (España)

RESUMEN

El seguimiento de los movimientos de la fauna mediante marcaje de individuos existe desde hace siglos, y ha evolucionado técnicamente con el paso del tiempo. Desde finales del siglo XX, el seguimiento se puede hacer de forma remota, por ejemplo, mediante sistemas satelitales como el GPS. Se exponen algunos ejemplos aplicados de marcaje de fauna con GPS en el ámbito aeronáutico español, demostrando su utilidad, y la potencial necesidad de utilizar más esta tecnología para conocer mejor los movimientos de fauna peligrosa para la aviación, y así poder aplicar de forma más precisa medidas de mitigación del riesgo de fauna.

GPS, riesgo aviar, ecología de los movimientos, marcaje de fauna, medidas de mitigación, seguimiento de fauna

ABSTRACT

Tracking the movements of wildlife by marking individuals has existed for centuries, and has evolved technically over time. Since the end of the 20th century, tracking can be done remotely, for example by means of satellite systems such as GPS. Some applied examples of GPS wildlife tagging in the spanish aeronautical domain are presented, demonstrating its usefulness, and the potential need for further use of this technology to better understand the movements of wildlife hazardous to

aviation, so that wildlife risk mitigation measures can be more accurately applied.

GPS, avian risk, ecology of movements, wildlife marking, mitigation measures, wildlife tracking

UN INTERÉS HISTÓRICO

El interés por comprender los movimientos de los animales es algo que acompaña al ser humano probablemente desde la prehistoria, cuando los primeros cazadores tenían que interpretar los rastros de sus presas potenciales, observarlas, y así poder adivinar sus zonas de paso, sus áreas de alimentación, sus refugios, para cazarlas de una forma óptima y segura.

Son muchos los hitos en la larga historia del seguimiento de los movimientos animales por parte de los hombres. Desde, según algunos autores, menciones del profeta Jeremías (siglo 7 antes A.C.) o de Aristóteles (siglo 4 A.C.), hasta la asimilación de lo que serían las “migraciones animales”, gracias a sucesos como el de una pfeilstorch (cigüeña herida por una flecha) que llegó a Alemania, procedente de África, en 1822. Entre la mitad del siglo XIX y los comienzos del siglo XX, pioneros como el americano Audubon o el danés H.C.C. Mortensen iniciaron los marcajes sistemáticos de **aves** –con anillas o marcas corporales–, desarrollándose a continuación los registros de **aves** marcadas, para ser consultados



Halcón de cetrería del servicio de control de fauna de un aeropuerto español, con un dispositivo de seguimiento GPS en su dorso

Imagen: Maximiliano Gutiérrez

cuando se re-capturaban individuos señalados. En los años 50 del siglo XX se introduce la radio-telemetría con emisores VHF, el auténtico seguimiento a distancia de la fauna, sin necesidad de recolectar al individuo marcado para saber por dónde se había movido. Sin embargo, aún se necesitaba perseguir al animal en tiempo real, desde, como mucho, algunos kilómetros de distancia. En los años 70 llega la revolución del rastreo de fauna, por medio de la telemetría por satélite: inicialmente a través de sistemas satelitales como el ARGOS, y desde los años 90 me-



Imagen de Jorge H. Justribo / Universidad Autónoma de Madrid

Instalación de un dispositivo GPS en el dorso de un buitre leonado (*Gyps fulvus*) por biólogos y técnicos

dante el GPS (Global Positioning System). Estos sistemas permiten calcular las posiciones del animal con intervalos de tiempo específicos, aportando mayor precisión y resolución que tecnologías anteriores. Además, añaden la invaluable ventaja de poder recibir los datos en cualquier lugar del mundo, bien por redes satelitales, bien por redes de comunicación GSM, ya no siendo obligatorio el tener que recuperar el receptor GPS transportado por el animal. No obstante, en sus primeras décadas, esta tecnología aún presentaba limitaciones: sobre todo el gran tamaño del receptor, la duración de las baterías, y el grado de resolución conseguida en las posiciones -en particular, los sesgos por existencia de errores en los posicionamientos- (Urios *et al.*, 2015; Whitney, 2022; Heisman, 2022).

APLICACIONES A NIVEL LOCAL

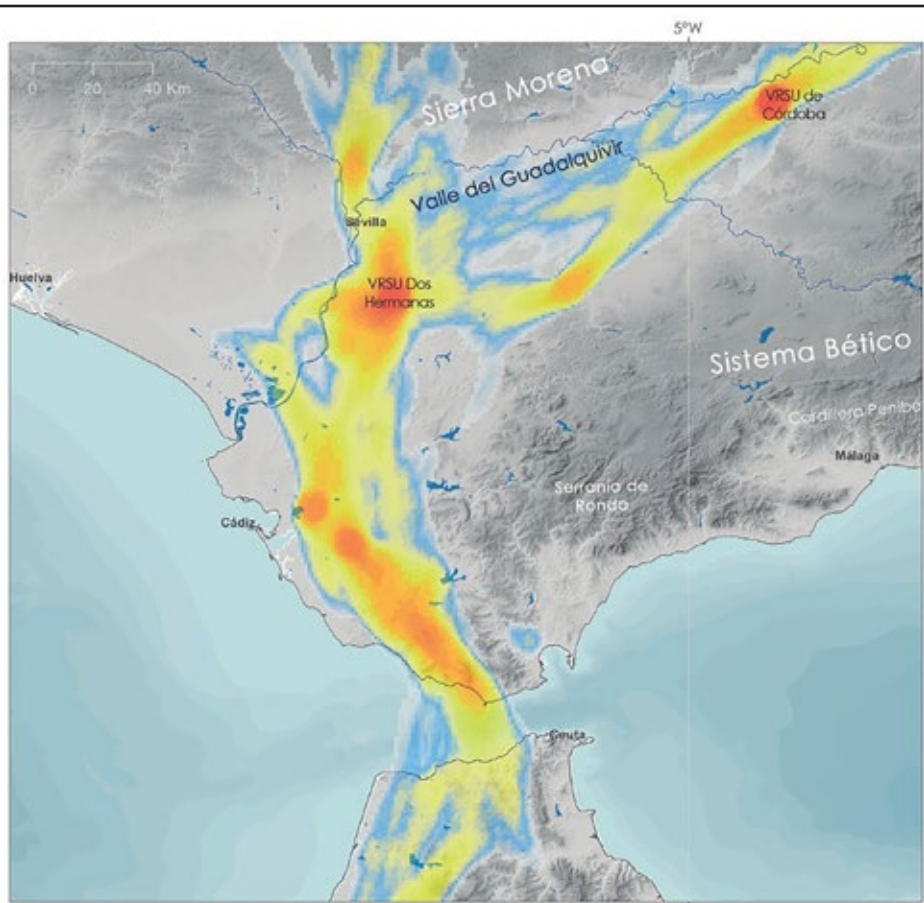
En el ámbito del aeropuerto y sus inmediaciones, donde se concentran la mayoría de incidentes con fauna, es fundamental poder

conocer bien los movimientos y hábitos de las especies animales que implican algún riesgo para la aviación. Este conocimiento, debido a la movilidad de la fauna, debe hacerse extensivo a todo el territorio posible (OACI indica al menos 13 Km desde los aeropuertos), y no circunscribirse exclusivamente al entorno inmediato aeroportuario.

La manera más asequible de conseguir esto sería el establecimiento de censos periódicos, pero éstos no pueden realizarse de manera constante, por las necesidades de tiempo y personal ornitológicamente experto, siendo virtualmente imposible registrar los movimientos exactos, día a día, de la fauna presente en un aeropuerto. Un sistema de alta tecnología que se ha empezado a utilizar en algunos aeropuertos desde hace algunos años, es el estudio de la fauna con dispositivos de radar. Una de las posibilidades de este sistema es la automatización de censados de corta a media distancia, durante las 24 horas del día. Sin embargo, aún se está trabajando en mejorar la

exactitud en la identificación de las especies captadas; y se trata de una técnica muy cara, difícilmente aplicable en muchos aeropuertos del mundo. Afortunadamente, hoy en día existe otro aliado potencial en el seguimiento fino de las especies animales: el GPS. En los últimos años, las innovaciones en esta tecnología han permitido aumentar la duración de las baterías, reducir sumamente el tamaño de los receptores GPS y, sobre todo, abaratar mucho los costes. Esta evolución ya se puede percibir en la gestión de la fauna de varios aeropuertos españoles.

Por ejemplo, los equipos de control de fauna de algunos aeropuertos que cuentan con la cetrería como una de sus múltiples medidas de ahuyentamiento de aves, tienen marcadas a sus aves de presa con GPS, lo que permite localizarlas con precisión en todo momento. Esto ayuda a conocer su posición cuando realizan vuelos a cierta altura y distancia, y, lo que es más importante, permite documentar y analizar, a lo largo del tiempo, las particularida-



Ruta migratoria de las cigüeñas blancas en el sur de España y en el estrecho de Gibraltar (colores rojos indican una mayor densidad de trayectorias -intensidad de migración- y colores azules menor densidad)

La imagen representa el flujo migratorio de las cigüeñas en el sur español, destacando la concentración de cigüeñas en sendos vertederos, de Sevilla y Córdoba, ciudades que cuentan ambas con aeropuertos, al igual que Jerez de la Frontera (ciudad cercana a Cádiz). Imagen tomada de Migración y ecología espacial de la cigüeña blanca en España, por Bécars, J., Blas, J., López-López, P., Schulz, H., Torres-Medina, F., Flack, A., Enggist, P., Höfle, U., Bermejo, A. y De la Puente, J., 2019, Monografía n.º 5 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid.

des de cada individuo, sus rendimientos en los lances o su manejo del territorio aeroportuario.

Por otro lado, algunos aeropuertos comienzan a realizar estudios minuciosos con especies que les requieren especial atención. En el caso de Madrid-Barajas, se están marcando rapaces residentes en el territorio propiedad del aeropuerto, como los Busardos ratoneros (*Buteo buteo*), para comprender su territorialidad; la adaptación de individuos maduros y “veteranos” a las operaciones aeroportuarias, sin apenas acercarse a las pistas; y cómo su presencia natural puede ayudar a espantar a otras aves, o a contro-

lar, hasta cierto punto, los niveles de abundancia de conejo o de carroñas. También en este aeropuerto, se aplica GPS a palomas torcaces (*Columba palumbus*) integradas en los bandos que sobrevuelan el aeropuerto y que pueden afectar las operaciones aéreas. El marcaje de estos individuos permite saber con mayor precisión qué municipios de los que rodean al aeropuerto son utilizados como dormideros, y a qué parcelas agrícolas acuden las palomas con mayor preferencia para alimentarse. Solamente conociendo en detalle las costumbres de la fauna, se pueden aplicar de forma rigurosa y eficaz determinadas medidas de gestión

del hábitat y de ahuyentamiento y captura. De forma similar, otros aeropuertos españoles, como Barcelona-El Prat, están desarrollando vigilancias detalladas de aves como las gaviotas, para interpretar mejor su estacionalidad, sus movimientos cotidianos, y posibles zonas de alimentación.

MÁS ALLÁ DE LOS AEROPUERTOS

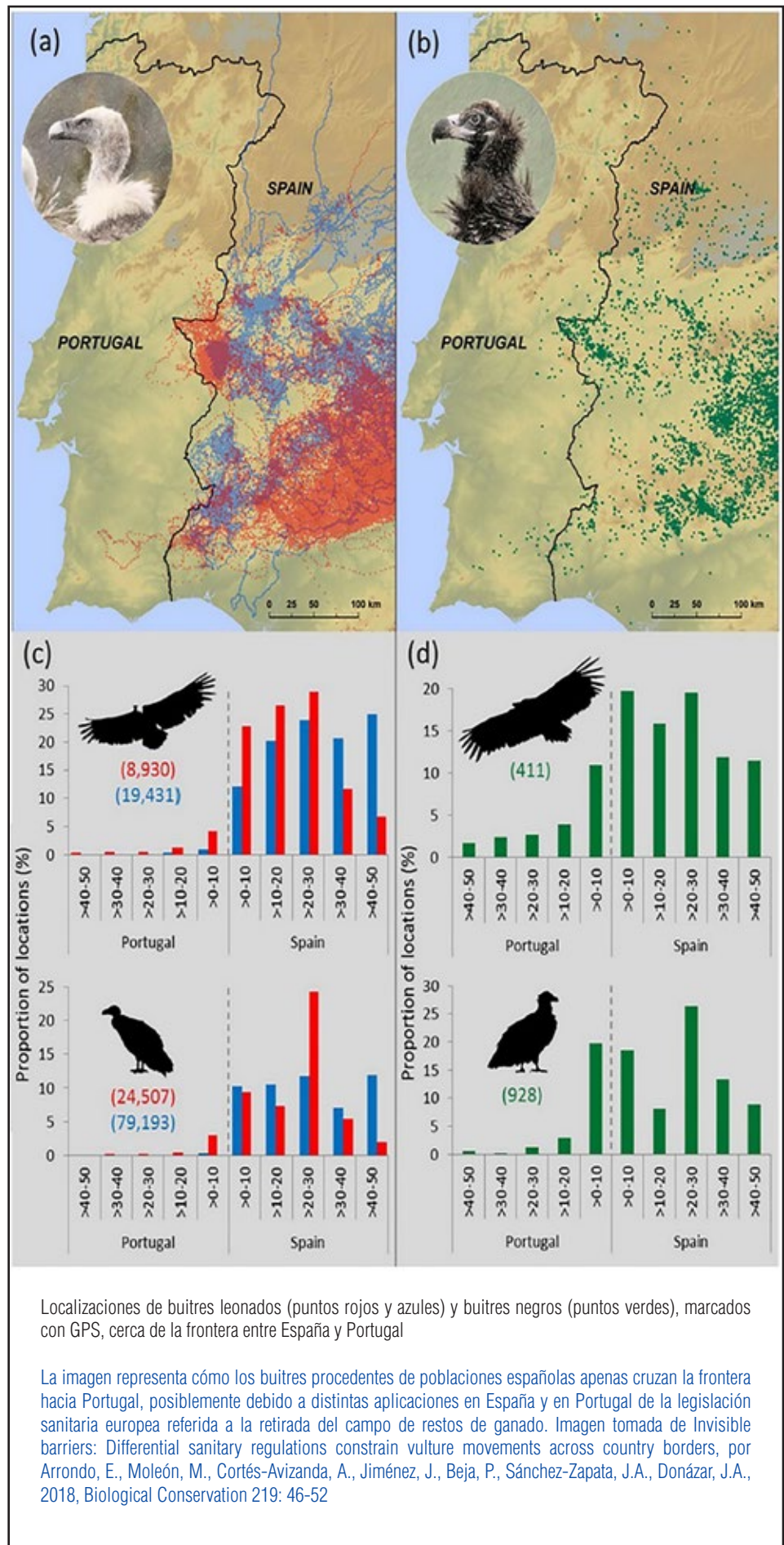
Cambiando de escala, existen especies que vuelan grandes distancias, y a veces a gran altura, como son algunas especies de buitres o de cigüeñas, que no pueden ser rastreadas con métodos tradicionales de observación. En España, en concreto, se ha detectado en los últimos años cierta problemática con los buitres leonado (*Gyps fulvus*) y negro (*Aegypius monachus*). En algunas zonas de la Península Ibérica, estos animales han variado sus desplazamientos y áreas de campeo habituales durante las últimas décadas, posiblemente debido, en parte, a una serie de cambios normativos sucedidos en Europa en 2002, que afectaron a la deposición tradicional de restos ganaderos en el campo (Margalida, 2016; Margalida y Opo, 2017). Esta novedosa presencia de buitres en la cercanía de aeropuertos como Madrid-Barajas o Bilbao, ha provocado que los gestores aeroportuarios y las autoridades aeronáuticas se planteen una serie de preguntas que necesitan respuestas precisas: ¿De dónde proceden esos buitres? ¿De colonias cercanas o lejanas? ¿Qué buscan en el entorno aeroportuario? ¿A qué alturas vuelan normalmente? ¿Se acercan más adultos o más juveniles, más machos o más hembras? ¿Son aves de este territorio, o también hay aves dispersantes y/o migradoras? Solamente entendiendo esto en profundidad

se podrá empezar a experimentar con manejo de fuentes de alimentación, o se podrá plantear la mejora de la información prestada a pilotos o planificadores de rutas aéreas, incluyendo la posible creación de modelos de uso del espacio aéreo por parte de los buitres.

Los seguimientos de aves de gran tamaño con GPS están en auge. Por ejemplo, gracias a proyectos españoles de marcaje de cigüeñas, con colaboración de Alemania o Suiza, ahora se entienden mejor los procesos migratorios de las cigüeñas blancas (*Ciconia ciconia*) entre Centroeuropa y África, y cómo éstas aves, cada vez más abundantes, utilizan diferentes recursos espaciales y tróficos en España (Bécares *et al.*, 2019). Esta información puede ser de mucha utilidad para toda la comunidad aeronáutica.

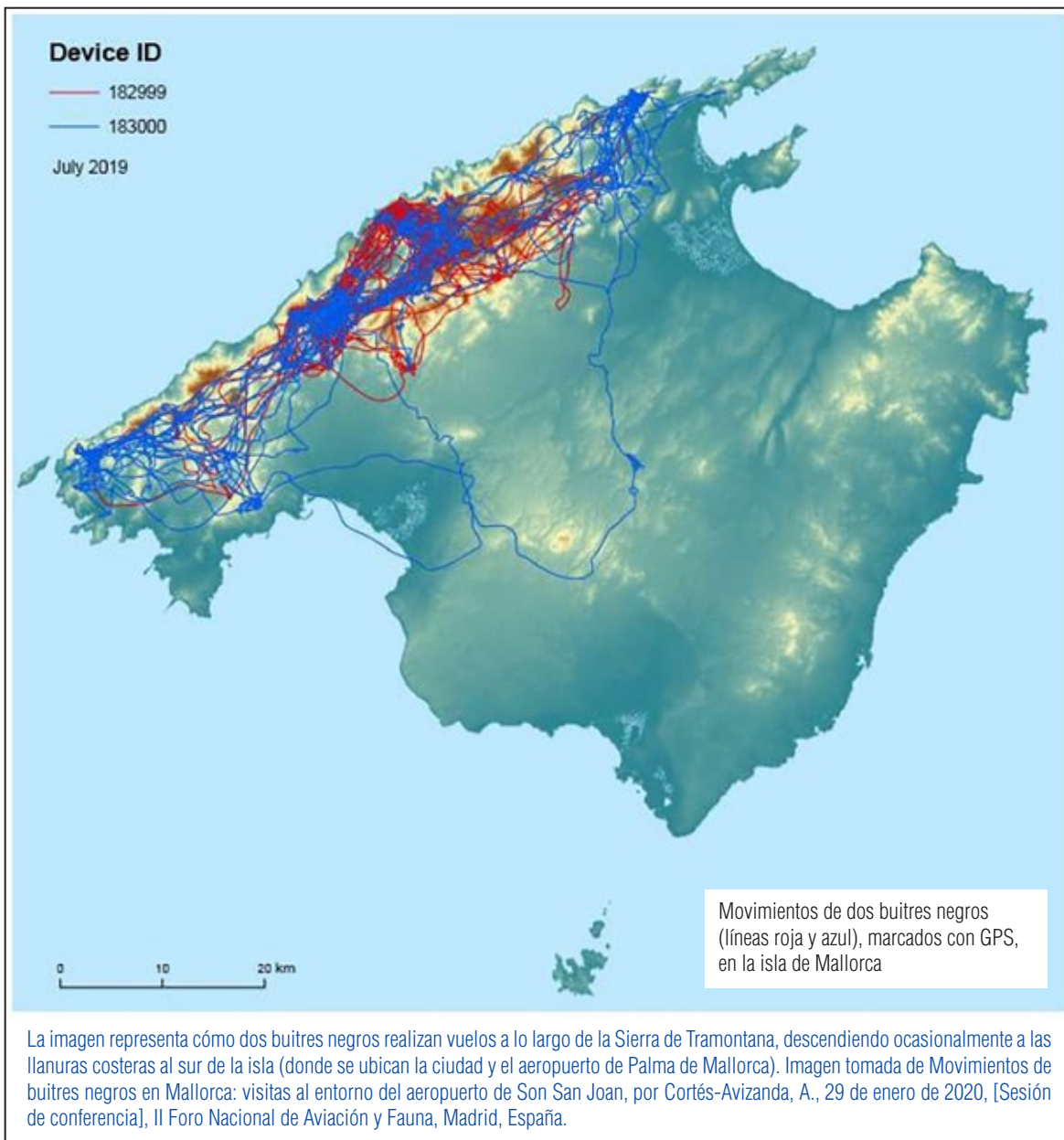
También existen en la actualidad varios proyectos de marcaje de aves rapaces para analizar sus movimientos migratorios, sus dominios vitales, etc. Algunos estudios como los realizados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), han permitido descubrir sorprendentes usos del territorio por parte de los buitres (Arrondo *et al.*, 2018), o conocer en mayor detalle la interacción de estas aves con la aviación (Arrondo *et al.*, 2021). En el II Foro Nacional de Aviación y Fauna, convocado por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) en enero de 2020, se expusieron, además de estos resultados, interesantes análisis de movimientos de buitres en la isla de Mallorca (Cortés-Avizanda, 2020).

Por todo esto, y atendiendo a las recomendaciones de varios expertos en buitres del mundo científico español, se aprobó en España, en 2021, un Convenio entre el Ministe-



Localizaciones de buitres leonados (puntos rojos y azules) y buitres negros (puntos verdes), marcados con GPS, cerca de la frontera entre España y Portugal

La imagen representa cómo los buitres procedentes de poblaciones españolas apenas cruzan la frontera hacia Portugal, posiblemente debido a distintas aplicaciones en España y en Portugal de la legislación sanitaria europea referida a la retirada del campo de restos de ganado. Imagen tomada de Invisible barriers: Differential sanitary regulations constrain vulture movements across country borders, por Arrondo, E., Moleón, M., Cortés-Avizanda, A., Jiménez, J., Beja, P., Sánchez-Zapata, J.A., Donazar, J.A., 2018, Biological Conservation 219: 46-52



rio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, AESA y el operador aeroportuario español Aena (Resolución de 28 de junio de 2021, de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación), para desarrollar en próximos años estudios de seguimiento de buitres mediante GPS en el entorno de algunos aeropuertos españoles. La gestión del riesgo de fauna no debe limitarse a los recintos aeroportuarios. Varios autores (McKee *et al.*, 2016; Metz *et al.*, 2020) señalan el peligro de la fauna existente también a cierta distancia de los ae-

ropuertos, allá donde el aeropuerto no tiene capacidad de acción directa y se requiere involucrar a otros agentes territoriales y aeronáuticos con responsabilidad sobre ese tema, para buscar medidas mitigadoras de manera conjunta.

Es un gran momento para los estudios de “ecología de los movimientos”, disciplina académica en expansión en las últimas décadas (Joo *et al.*, 2020), sobre todo desde la proliferación de estudios realizados con GPS y otros sistemas de bio-logging, gracias a la progresiva miniaturización y abaratamiento de

los mismos. Sin embargo, hay que considerar que se generan cantidades ingentes de datos de localización de los individuos, que demandan una labor posterior de tratamiento, depuración y comprensión por parte de científicos expertos, para extraer patrones de movimientos y comportamiento. Pero, el tener la posibilidad de conocer detalladamente cómo se mueven ciertos animales, y poder gestionar su peligro de una forma más inteligente, es una oportunidad demasiado buena para el sector aeronáutico como para no explotarla con profusión.■

Formulación metodológica para el monitoreo de la avifauna en el exterior de los aeropuertos tropicales

Holman E Durán-Márquez
Biólogo
Consultor independiente
Mail/hduran.bio.ua@gmail.com

RESUMEN

El monitoreo permanente de las aves es una herramienta fundamental para la gestión del peligro aviario fuera del aeropuerto, pero a menudo las metodologías de monitoreo utilizadas no satisfacen los objeti-

vos necesarios para evaluar el riesgo de impacto; por eso, este artículo ofrece una propuesta metodológica que cumpla con esas exigencias básicas; para lo cual se formula que: En el área de influencia externa de los aeropuertos se debe monitorear visualmente a las especies riesgosas que formen bandadas de 50 o más individuos desde un punto fijo de radio variable durante 10 minutos por cada hora de luz solar (12), en el que cada día completo corresponde a una muestra que debe replicarse al menos dos veces por periodo de evaluación. Esta metodología puede contribuir a mejorar los estándares metodológicos del peligro aviario con esfuerzos de monitoreo eficientes que conduzcan a gestiones acertadas del riesgo de impacto y así lograr aeropuertos más seguros.

Palabras clave: Peligro aviario, monitoreo de avifauna, área externa de influencia aeroportuaria.

INTRODUCCION

El progreso del transporte aéreo ha mejorado la calidad de vida de las personas al facilitar sus desplazamientos; pero el uso simultáneo

del espacio aéreo por aves y aeronaves amenaza su seguridad, dada la posibilidad inminente de impacto, que puede ocasionar accidentes graves con costosas pérdidas humanas y económicas (El-Sayed, 2019; Van Gasteren *et al.*, 2018; Steele & Weston, 2021). Para prevenir estos choques se deben desarrollar metodologías rigurosas y bien diseñadas incorporadas en un plan de manejo de fauna denominado Programa de Gestión del Peligro que Representa la Fauna Silvestre o WHMP (por sus siglas en inglés; ICAO, 2020); el monitoreo de la fauna es una de esas metodologías fundamentales para la causa de la seguridad aérea; esto es, el registro y seguimiento de los animales mediante diversas técnicas de campo en un espacio y tiempo determinado para obtener información primaria con implicaciones de manejo y gestión (Noon, 2003).

El manejo de la fauna implica el hábitat, las poblaciones animales y los usuarios humanos (Ojasti y Dallmeier, 2000); aquí, las poblaciones animales son el único componente que participa en la interacción de choque pájaros-aviones; por eso, la evaluación de su abundancia en el área de influencia aeroportuaria es particularmente importante para la prevención de colisiones (Blackwell *et al.*, 2009; Anderson *et al.*, 2017),



Imagen de Holman E Durán-Márquez

ya que nos permite saber dónde están y cuántas son. Para evaluar estas propiedades de las poblaciones de **aves** se precisa de datos confiables basados en monitoreos periódicos que sigan el mismo método, justo allí radica la necesidad de proporcionar una metodología estandarizada, rigurosa y aplicable a cualquier aeropuerto de la región tropical.

Pero, con frecuencia se observa que muchos programas de monitoreo de **aves** fuera del aeropuerto no tienen una metodología estándar con implicaciones de manejo claras fundada en las poblaciones de **aves** y en objetivos coherentes con el riesgo de impacto, sino más bien metodologías extrapoladas desde la consultoría ambiental o la caracterización pura de la biodiversidad e incluso en información secundaria que tienen objetivos diferentes y que no contribuyen a generar la información necesaria para la prevención de los choques con **aves**.

Por esto, el objetivo de este artículo es formular una metodología formal para el monitoreo de la avifauna en el área de influencia externa de los aeropuertos tropicales, que contribuya a mitigar la subjetividad en las prácticas de monitoreo para fortalecer el Sistema de Análisis de Riesgo (SAR) por peligro aviario y finalmente mejorar las condiciones de seguridad aérea.

DESARROLLO

La tesis de este trabajo se construyó a partir de las experiencias de campo del autor y la revisión de la literatura técnico-científica relacionada, resultando en la siguiente proposición: En el área de influencia externa de los aeropuertos tropicales se debe monitorear visualmente a las especies riesgosas que formen bandadas de 50 o más individuos des-



Foto: Sandra Mariel Gutierrez Serralde

de un punto fijo de radio variable durante 10 minutos por cada hora de luz solar (12), en el que cada día completo corresponde a una muestra que debe replicarse al menos dos veces por periodo de evaluación.

A continuación, se explica y justifica los componentes de esta tesis.

Todas las especies de **aves** que tengan una evaluación de riesgo especie-específico en el aeropuerto representan (en mayor o menor medida) un riesgo de daño para las aeronaves, contrario a las sugerencias de varios autores que proponen priorizar el seguimiento en las especies de mayor riesgo (DeVault y Washburn, 2013; Belant y Ayers, 2014), ya que eso sesgaría el monitoreo porque

subestima el riesgo que representa las demás especies; por ejemplo, si considerásemos solo el tamaño (masa) como variable de riesgo, se sabe que las **aves** más grandes causan más daños cuando son golpeadas por aviones fuera de los aeropuertos (DeVault *et al.*, 2016), pero las especies más pequeñas son golpeadas con mayor frecuencia (Fernández-Juricic *et al.*, 2018; Blackwell *et al.*, 2019); además, considérese que los periodos de evaluación del riesgo especie-específico pueden ser más cortos que los periodos de monitoreo fuera del aeropuerto y arrojar varias evaluaciones dentro de un mismo periodo de monitoreo externo, es decir que el riesgo de las

especies puede fluctuar de un estado a otro en la escala temporal del monitoreo (aunque eso puede corregirse tomando el nivel de riesgo más constante o más alto reportado para una especie, o sincronizando ambos periodos de evaluación: evaluación de riesgo específico y monitoreo externo). Por tanto, fuera del aeropuerto se debe monitorear solamente a las especies de **aves** riesgosas en todos sus niveles de riesgo (Blackwell *et al.*, 2009); esto implica excluir del monitoreo externo a las especies que no han sido registradas y por tanto evaluadas dentro del aeropuerto, donde ocurre el grueso de los impactos.

La riqueza es la cantidad de especies que se atribuye a un lugar,

mientras que la abundancia es el número de individuos de cada especie, la abundancia esta por tanto directamente asociada el riesgo de impacto, por cuanto es más relevante el número de organismo que pueden chocar que conocer todas las especies presentes en el área; por esto, identificar cambios en la estructura de las **aves** (número de individuos) prevalece frente a la necesidad de conocer su composición (número de especies) aunque las dos son requeridas; lo que finalmente sugiere que el objeto de los monitoreos de la avifauna debe enfatizar en la estimación de la abundancia antes que estimar la riqueza. Para esto, la metodología más adecuada es el punto fijo de radio variable, ya que está

más acondicionada para obtener datos cuantitativos de abundancia que para detectar la mayor cantidad de especies, por lo siguiente: En primer lugar, el punto fijo ofrece menos disturbio al comportamiento natural de las **aves** respecto a otros como el método de transepto, lo cual contribuye al supuesto de independencia del observador y facilita la estimación de abundancias; además, un punto fijo es más versátil porque se puede implementar con facilidad en cualquier sitio ya que no requiere un sendero u otras exigencias operativas para su implementación. En segundo lugar, un radio variable se adapta mejor a la heterogeneidad de sitios que se pueden encontrar fuera del aeropuerto si se compara con un inflexible radio fijo; más aún, el radio variable se desempeña mejor que un radio infinito incapaz de adjudicar la diversidad observada a una unidad de superficie particular

por lo extenso de su alcance visual y auditivo, mientras que un radio variable si lo puede hacer debido a sus dimensiones conocidas (Codesido y Bilenca, 2000). En la práctica, un radio variable no arroja una circunferencia sino un polígono irregular y estos no tienen radio; pese a eso, continuaremos llamándole radio para armonizar con la literatura que así le denomina.

Los monitoreos deben realizarse en un marco de tiempo general denominado periodo de evaluación, que puede ser mensual, anual o climático (lluvias/sequia) entre otros, según el alcance de cada estudio; pero cada periodo de evaluación debe tener al menos dos



Imagen de Holman E Durán-Márquez



Imagen de Holman E Durán-Márquez

muestras (muestra inicial + replica) por cada sitio, para satisfacer la condición de “presencia regular” de Durán-Márquez (2022); de manera que, el tiempo necesario para un periodo de evaluación está supeditado al número de sitios que se han de monitorear, por ejemplo, si solo existiera un sitio, inicialmente el tiempo mínimo de monitoreo sería de dos días (dos muestras por cada sitio), pero como se explicara más adelante, no es recomendable tomar una muestra (12h) en un mismo día, por lo que en realidad el tiempo mínimo de monitoreo será de 8 días (1 bloque de tres horas por día); pero si hay dos o más sitios, el tiempo mínimo de monitoreo dependerá también del número de observadores, que podrían monitorear diferentes sitios simultáneamente y disminuir así el tiempo total del periodo de evaluación.

Cada muestra equivale a un día de 12 horas diurnas, a su vez, cada

hora debe contener una observación de 10 minutos, denominado evento de observación (Figura 1), tiempo suficiente para alcanzar hasta el 83 % de las especies del lugar (Wunderle, 1994; González-Acuña *et al.*, 2006), especialmente en la mayoría de los entornos aeroportuarios, que sufren continuos procesos de homogeneización biótica y son dominados por pocas especies con poblaciones grandes llamadas “especies adaptadoras de aeropuerto” (Alquezar *et al.*, 2020); además, un tiempo corto de observación previene el recuento y la fatiga sensorial del observador. Hacer observaciones de 12 horas previene el sesgo por patrones diurnos de actividad de las **aves** y suministra información horaria importante para la gestión preventiva del tráfico aéreo.

A modo de recomendación, se sugiere agrupar las 12 horas luz en cuatro bloques horarios de tres horas cada uno (Tabla 1), simplemente

por practicidad en la logística de campo, aunque no es una obligatoriedad del diseño del monitoreo.

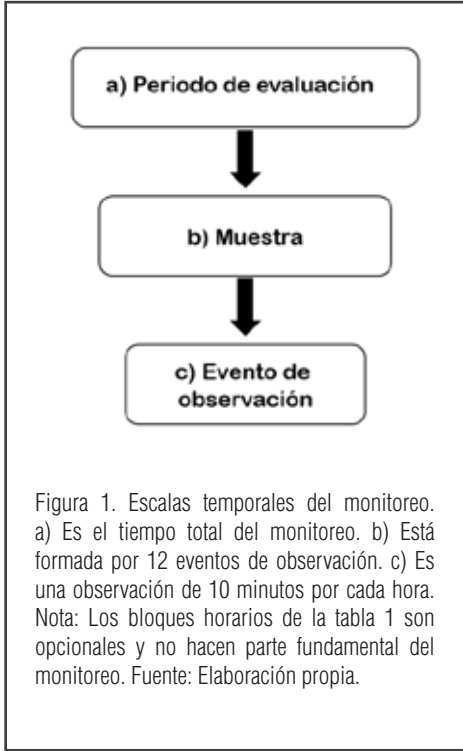


Figura 1. Escalas temporales del monitoreo. a) Es el tiempo total del monitoreo. b) Está formada por 12 eventos de observación. c) Es una observación de 10 minutos por cada hora. Nota: Los bloques horarios de la tabla 1 son opcionales y no hacen parte fundamental del monitoreo. Fuente: Elaboración propia.

Bloque	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Duración	6 a 9	9 a 12	12 a 15	15 a 18
Eventos de observación	6:00 – 6:10 7:00 – 7:10 8:00 – 8:10	9:00 – 9:10 10:00 – 10:10 11:00 – 11:10	12:00 – 12:10 13:00 – 13:10 14:00 – 14:10	15:00 – 15:10 16:00 – 16:10 17:50 – 18:00

Tabla 1. Bloques horarios recomendados. Fuente Holman E Durán Márquez

Los eventos de observación o por mucho los bloques horarios deben realizarse en fechas distintas, no se recomienda tomar toda la muestra (12h) el mismo día, para corregir el error sistemático o sesgo por eventos fortuitos que puedan alterar la presencia o abundancia de las aves en el sitio tal como: Lluvias, forrajeo aleatorio, fuente ocasional de alimento o refugio etc. En definitiva, solo debe ocurrir un evento de observación o por mucho un bloque horario por cada fecha y sitio.

De este modo, cualquier especie (con las condiciones que corresponde) presente en al menos un evento de observación en dos muestras distintas (día completo de 12h) o más, aplica para ser una especie constante en el Sitio Atractivo de Avifauna (SAA).

Se establecerá un único punto de observación en cada sitio, elegido cuidadosamente para que el observador obtenga un campo visual de 360° en el que todas las aves sean visibles desde ese punto; si bien el ángulo de la visión humana en la horizontal es de 180° aprox. y se restringe más con el uso de binoculares u otras ayudas, el observador puede girar la cabeza y sobre su propio eje para cubrir 360° horizontales-verticales y completar así el radio virtual de observación, lo que se constituye en una ventaja para seguir a cualquier ave asociada al sitio. Los sitios muy extensos o visualmente

obstructivos que no puedan ser cubiertos visualmente desde un solo punto deben sectorizarse y manejarse como sitios diferentes tal como propone Durán-Márquez (2022), en ese caso los puntos de observación de cada sitio se deben colocar como mínimo a 200 metros de distancia para evitar el doble conteo (Wunderle, 1994), estos 200 metros no deben entenderse como las dimensiones del radio de observación, el cual debe ser variable de acuerdo a la situación que corresponda en la figura 2, sino simplemente como la distancia de separación mínima entre dos puntos fijos de observación, cuyos radios necesaria y coherentemente no deberían solaparse ya que han sido considerados como dos sitios distintos.

Antes de exponer lo siguiente, es oportuno contextualizar que el concepto de SAA de Durán-Márquez (2022) propone que solo sean consideradas las bandadas de 50 o más individuos, basado a su vez en las sugerencias prácticas de tres autores que coincidieron en lo mismo (Marateo *et al.*, 2011; Hu *et al.*, 2020; Ning y Chen, 2014); no obstante, cada aeropuerto o estudio puede adoptar o no esta condición y establecer como mínimo una cantidad diferente, pero siempre que sea un valor definido y debidamente justificado.

Una vez en el punto, se debe registrar visualmente (no mediante registros auditivos o de otro tipo que no permita precisar el número

de individuos o la formación de bandadas) solo a las especies de aves riesgosas que formen bandadas de 50 o más individuos, en un radio variable correspondiente al límite físico del sitio (en primer lugar). Pero, para corresponder con la variabilidad de las aves que no se someten a estos artificios espaciales, se debe incluso registrar aquellas que, aunque estén estrictamente fuera de ese límite físico, se evidencie que están relacionadas con el sitio en cuestión (por ejemplo, perchando en los alrededores o escapando del sitio etc.,). Para los sitios sin perímetros definidos o sin límites físicos de referencia, como aquellos que deben ser virtualmente sectorizados debido a su gran extensión, se debe registrar a las aves en un radio variable pero limitado racionalmente por la visual y la conciencia espacial del observador. De cualquier manera, los límites espaciales del sitio y por tanto del radio de observación lo establece en última instancia la presencia misma de las aves asociadas directa e inmediatamente a dicho lugar (Figura 2).

Los límites horizontales son más fáciles de reconocer que los límites verticales, para lo cual se tendrá cuidado de no registrar aves que vuelan en tránsito o que planeen demasiado alto sin un vínculo evidente con el sitio, estos juicios quedan a discreción del observador.

Estos esfuerzos por limitar espacialmente los sitios en función de las aves son necesarios, ya que se requiere individualizarlos para dirigir eficientemente las acciones de manejo.

Escenarios posibles del radio variable

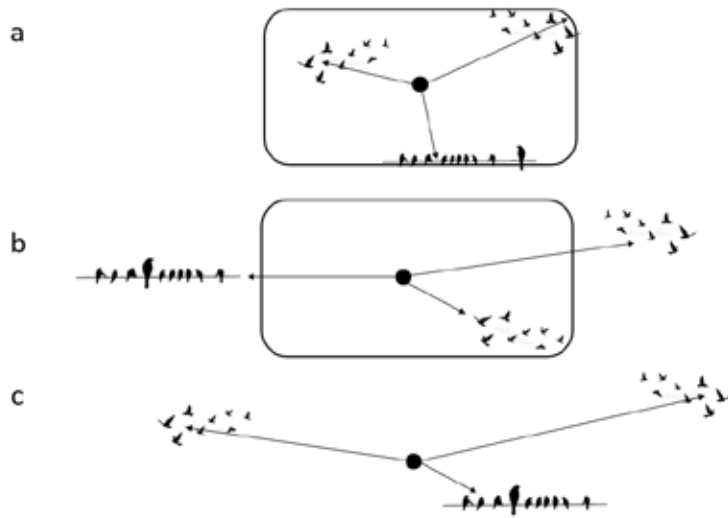


Figura 2. Escenarios posibles del radio variable. a) El radio de observación de las aves se extiende hasta el límite físico del sitio. b) El radio es más flexible y se extiende hasta zonas aledañas más allá del límite físico del sitio. c) El radio no tiene referencias físicas claras sino las aves directa e inmediatamente asociadas al sitio. Fuente: Elaboración propia.

Los monitoreos nocturnos son prescindibles, teniendo en cuenta que hasta el 78% de los impactos con aves en el mundo ocurren durante las horas luz (Dolbeer *et al.*, 2022; MacKinnon, 2004), ya que la mayoría de las especies de aves tropicales y de aeropuertos son más activos durante el día, a este argumento se suma la dificultad para identificar y contar aves en la obscuridad, y los retos logísticos adicionales que plantea la inseguridad nocturna de algunos países de la región tropical.

Al principio, los monitoreos deben realizarse necesariamente en sitios que se sospecha cumplen con las condiciones de SAA; pero al finalizar el periodo de evaluación, los únicos que tendrán el estatus de SAA serán aquellos con presencia de aves (bandadas de 50 individuos o más) en dos o más replicas muestrales, esto es, al menos un evento de observación en cada uno de las dos muestras (día completo de 12 horas).

Al terminar el monitoreo, uno de los datos más importantes será la

abundancia de las especies, esta no puede ser el promedio de las abundancias observadas ni mucho menos su sumatoria, porque esto podría no reflejar su abundancia real; en cambio, puede ser más adecuado usar el número máximo observado, por tres razones: En primer lugar, se basa en la evidencia observacional y no en estimaciones matemáticas; en segundo lugar, sugiere el tamaño real que puede alcanzar la población en el sitio; en tercer lugar, es más relevante para el peligro aviario porque aumenta la probabilidad de impacto en un momento dado (González-Acuña *et al.*, 2006). Esto aplica para obtener la abundancia tanto de una muestra como de un periodo de evaluación.

Para alcanzar el objetivo general de esta metodología (contar aves en cada sitio) es suficiente tomar datos básicos como: Especie, abundancia, hora y sitio; a partir de allí, se pueden añadir otro tipo de datos según los objetivos particulares de cada estudio como por ejemplo: Dirección de vuelo, si se quiere hacer

aproximaciones a la conectividad funcional; información climática, si se pretende hacer comparaciones estacionales o medir la variación de las aves con el clima; o datos como el uso que las aves hacen del sitio, la actividad que estas realizan o la frecuencia de canto, si se quiere hacer estudios etológicos, ecológicos etc. Incluso datos tan importantes como la altura de vuelo de las aves, resultan innecesarios para los objetivos de esta metodología por cuanto pueden incorporarse previamente en la evaluación del riesgo especie-específico en el que sí es información fundamental para medir el riesgo de las especies dentro del aeropuerto porque es una variable inherente del riesgo de cada especie, y luego en el futuro simplemente correlacionar esa información con la altura de vuelo de las aerovías, por ejemplo. Además, considérese que un impacto solo ocurre cuando un ave y una aeronave coinciden en el espacio y el tiempo, por eso, datos como el uso del suelo, cobertura vegetal, naturaleza o actividad realizada en el sitio entre otros, son datos irrelevantes para la evaluación del riesgo de impacto (no para el manejo), y se debe dar más importancia a datos inherentes a estos dos actores (aves-aeronaves).

Esta metodología se concibió desde la experiencia en aeropuertos tropicales, lo que deja escapar aspectos estacionales o ecológicos de la fauna de otras latitudes, por tanto, esta metodología es más adecuada para los aeropuertos de las regiones tropicales o incluso subtropicales que tienen un promedio de 12 horas de luz diaria durante todo el año. Esta puede aplicarse en los monitoreos al interior del aeropuerto si se hacen pequeños ajustes para su implementación, tal como acomodo

dar puntos de observación para que cubran todo el perímetro y registrar datos adicionales etc.

CONCLUSION

Esta propuesta es una configuración de metodologías existentes para el monitoreo de aves, que tiene como propósito general, estimar la abundancia de las aves en cada SAA para posteriormente evaluar el riesgo que cada sitio representa para la aeronavegación, pero incluso si no hubiere una metodología confiable disponible para eso, todavía esta metodología de monitoreo es útil para estimar empíricamente el riesgo de cada SAA y dirigir acciones de manejo individuales y eficientes.

El monitoreo permanente de la avifauna permite ahorrar esfuerzos porque se anticipa a los escenarios de riesgo, facilitando la disminución de las poblaciones animales y por

ende el riesgo de impacto, a partir de gestiones acertadas del WHMP (Beffre & Washburn, 2020),

En el caso deseado, esta metodología puede contribuir con mejoras a la seguridad aérea desde un monitoreo de aves más riguroso que fortalezca el Sistema de Análisis de Riesgo por peligro aviario y esto a su vez el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SGSO) o SMS

(Safety Management System) del aeropuerto.

Sin embargo, esta puede tener una perspectiva parcial al no ocuparse de todas las variables posibles y al estar solo formulada teóricamente, por eso debe cuestionarse e implementarse para identificar oportunidades de mejora y así lograr un método más acondicionado y operativo.■

CONCEPTO	SIGLA
Wildlife Hazard Management Plan	WHMP
International Civil Aviation Organization	ICAO
Sitio Atractivo de Avifauna	SAA
Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional	SGSO
Safety Management System	SMS
Sistema de Análisis de Riesgo	SAR

Tabla 2. Conceptos y sus siglas usadas en el texto: Holman E Durán Márquez

DESCUBRE

PATMA

APLICACIÓN PARA LA ALERTA TEMPRANA DE MIGRACIÓN DE AVES PARA AVIACIÓN

<https://www.comitecarsampaf.com/patma/>



Evaluación de un Índice de Riesgo de Wildlife Strike en aeropuertos mexicanos.

Sandra Mariel Gutiérrez Serralde¹,
Martha Patricia Rosas Hernández¹,
Cecilia Soldatini¹, Yuri Vladimir
Albores-Barajas², Pablo Rangel Barón³

¹ Laboratorio de Aeroecología Marina, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California - Unidad La Paz, Miraflores 334, La Paz, Baja California Sur C.P. 23050, México.

² CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor. Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03240, Ciudad de México. CIMACO – Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. y.albores@uabcs.mx

³ Grupo Aeroportuario del Pacífico, Avenida Mariano Otero No. 1249-B Piso 6, Torre Pacífico, Rinconada del Bosque, C.P. 44530, Guadalajara, Jalisco, México. pbaron@aerpuertosgap.com.mx

RESUMEN

Los impactos de aves con aeronaves (birdstrikes) se han documentado desde los inicios de las actividades aeronáuticas. Sin embargo, en los últimos años con el incremento del número de operaciones en todo el mundo, las interacciones ave-aeronave han incrementado. Los países Latioamericanos tienen la particularidad de contar con múltiples especies dentro de sus territorios, a las que se suman las especies migratorias que año con año se mueven a través del continente. Se tiene documentado el uso de métricas para evaluar el riesgo de impacto de aves con aeronaves, siguiendo las normativas de la OACI. En este artículo nos enfocamos en la evaluación del Birdstrike Risk Index 2 (BRI2) en aeropuertos mexicanos, implementado inicialmente en la normativa aeronáutica italiana. Con el cálculo del BRI2 obtuvimos resultados de riesgo general y de riesgo por grupos de especies en el aeropuerto evaluado. Después del cálculo, pro-

ponemos el uso del BRI2 en otros aeropuertos para formular una métrica de riesgo general, y hacemos hincapié en la recopilación de datos de impacto donde se identifiquen las especies involucradas, para poder desarrollar estudios en el futuro.

Keywords: birdstrike, aeropuerto, aves, aviones.

INTRODUCCIÓN

Los impactos de fauna silvestre con aeronaves, conocidos como wildlife strikes en idioma inglés, han sucedido desde las primeras pruebas con aeronaves en el siglo XX. En conjunto los accidentes causados por wildlife strikes han causado 450 decesos (Thorpe, 2015) –292 de 1988 a 2019 según datos de la FAA (2021a), y se estima que generan pérdidas anuales a la industria aeronáutica por 1,280 millones de dólares (Allan y Orosz, 2001). El número de operaciones aeronáuticas incrementa año con año en todo el mundo (Banco Mundial, 2021), lo que implica un incremento paralelo en las interacciones con fauna. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) promueve la investigación activa del fenómeno de impacto de fauna silvestre con aeronaves (wildlife strike) en su Manual de Servicios de Aeropuertos, e impulsa a la creación de reglamentos nacionales para investigación y

**Tordo Ojos Rojos-
Bronzed Cowbird**
(*Molothrus aeneus*)



Foto: Sandra Mariel Gutiérrez Serralde

control de aves y otros animales silvestres (OACI, 2012). Periódicamente la OACI hace público el reporte del análisis de wildlife strike o IBIS (ICAO, 2017), donde se compila toda la información que hay sobre este fenómeno.

Bajo las recomendaciones de la OACI, se han desarrollado varios trabajos alrededor del mundo con el objetivo de cuantificar el riesgo y la amenaza de wildlife strike de las especies en diferentes sitios, tales como la técnica de evaluación de riesgo heurística (Allan, 2006) en Reino Unido, el índice R (Carter, 2001) en Estados Unidos y el Bird Strike Risk Index 2 – BRI2 (Soldatini *et al.*, 2011) en Italia. Sin embargo en México y América Latina no hay un consenso regional para la estimación de riesgo a la seguridad de

las operaciones aeronáuticas en caso de wildlife strike. La OACI define como riesgo a la seguridad a la probabilidad de que se produzca un suceso que tenga como consecuencia algún daño (ICAO, 2020). Se sabe que el 97% de los accidentes son ocasionados por aves (birdstrikes), y el 3% restante por **mamíferos** y **reptiles** (Devault y Washburn, 2013; Schwarz *et al.*, 2014) y la región tiene una gran riqueza faunística, lo que puede incrementar la probabilidad de un accidente. También se conoce que la mayoría de los wildlife strikes suceden a menos de 152m sobre el nivel del suelo (Dolbeer, 2006), por lo que las acciones que se tomen dentro del aeropuerto pueden contribuir en gran medida al declive en el número de accidentes.

En México año con año arriban especies de aves migratorias que se suman a la avifauna residente, pues en el país convergen tres rutas migratorias (la ruta migratoria del Pacífico, la Central y la del Mississipi). Por la necesidad de desarrollo de una normativa en el país tanto por seguridad de las operaciones como por la diversidad de fauna, durante este trabajo proponemos el uso del BRI2 con el objetivo de cuantificar el riesgo de impacto de aves con aeronaves y el riesgo general de cada aeropuerto. Por los movimientos de aves en el continente se espera obtener indicadores de riesgo más altos durante los meses de migración. La homogenización del proceso de cálculo de riesgo de wildlife strike hará más eficiente la obtención de los niveles de riesgo en aeropuertos mexicanos y, de replicarse en varios aeropuertos, podrá desarrollarse un estándar nacional de nivel de riesgo, facilitando las medidas de manejo a largo plazo.

Grupo	Nombre	Peso promedio especies en aeropuerto A
1	Zambullidores	317.63
2	Cormoranes - pelícanos- cisnes - gansos	2773.79
3	Garzas - cigüeñas - flamencos	1013.24
4	Patos - faisanes - galliformes	924.56
5	Rapaces grandes	1418.76
6	Halcones pequeños	400.03
7	Aves marinas grandes	1153.60
8	Aves marinas pequeñas - charranes	345.05
9	Limícolas y afines	166.70
10 P	alomas	167.55
11 R	apaces nocturnas	443.48
12 G	olondrinas - vencejos	32.02
13 C	uervos	341.07
14 P	aseriformes solitarios y murciélagos	24.66
15 P	aseriformes gregarios	43.26
16 M	amíferos pequeños	1417.32
17 M	amíferos medianos	29531.82
18 M	amíferos grandes	443166.67

Tabla 1. Grupos funcionales según el peso promedio de cada especie y sus características ecológicas, al que se le agregó el grupo 18. Modificado de Soldatini *et al.* (2011)

METODOLOGÍA

Se presenta el cálculo del BRI2 en un aeropuerto mexicano (llamado Aeropuerto A por motivos de confidencialidad), con una temperatura promedio de 12 a 18°C y clima templado semicálido según la clasificación de Köppen. Se usaron los datos de monitoreo de fauna hechos bajo el método de línea de transecto desde enero de 2017 hasta octubre de 2019 (Gibbons y Gregory, 2006) con la siguiente información para cada registro: fecha, hora, nombre científico y nombre común, cantidad de individuos, cuadrante de avistamiento, ambiente, actividad, si se encuentra en un sitio de movimiento de aeronaves y el grupo funcional al que pertenecen según lo indicado en la Tabla 1. Por otro lado, los datos sobre impactos de fauna silvestre con aeronaves disponibles desde 1995 hasta 2018 (FAA,

2021b) incluyeron los datos solo de individuos identificados hasta nivel de especie incluyendo fecha, hora, nombre y nombre común, cantidad de individuos, cuadrante de avistamiento, código de nivel de daño en una escala del 1–5 definido como effect on flight por Soldatini *et al.* (2010) y el grupo funcional al que pertenecen. Todas las especies encontradas en los monitoreos de fauna se clasificaron de acuerdo a su peso promedio (Billerman *et al.*, 2020; del Hoyo *et al.*, 2014) y a sus características ecológicas dentro de 18 grupos funcionales (Tabla 1). Originalmente se propusieron 17 grupos (Soldatini *et al.*, 2011), los cuales fueron adecuados según las especies encontradas en los monitoreos de fauna en varios aeropuertos mexicanos, añadiendo además el grupo 18 por contar con la presencia de **mamíferos** de tamaño grande

dentro de los registros de fauna.

Posteriormente, se estimaron las variables que el índice requiere a partir de la ecuación que lo define (Soldatini *et al.*, 2011):

$$BRI2 = \left(\frac{\sum_{i=1,N} GSR_i \cdot DF}{TFN} \right)$$

Donde:

GSR_i= riesgo específico del grupo.

DF = promedio del número de operaciones por mes entre el número de días que se tiene para ese mes.

TFN= promedio mensual de vuelos según el número de vuelos por año.

El factor DF fue calculado a partir de las bases de datos públicas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sumando el número reportado de operaciones nacionales e internacionales y dividiéndolas entre el número de días correspondientes al mes en cuestión. Por otro lado, (TFN) corresponde al total anual de operaciones por aeropuerto dividido entre el número de meses en el año, el cual puede ser diferente a doce en caso de que se realice la evaluación durante meses intermedios (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2022).

Primero se estimó el riesgo de cada grupo (GF_i) por medio de la ecuación:

$$GF_i = \frac{W_i Ag_i}{TFN} \frac{BS_i}{EOF_i^{95}}$$

Donde:

(W_i)= peso promedio de cada grupo.

Ag_i= número de individuos promedio por grupo.

BS_i= promedio de impactos por año.

EOF_i⁹⁵= severidad de un wildlife strike en escala de 1-5 con un percentil del 95%.

Posteriormente se calculó el riesgo específico de cada grupo GSR_i recopilando los resultados obtenidos de GF_i con la siguiente ecuación:

$$GSR_i = \frac{GF_i}{\sum_{i=1,N} GF_i} DB_i$$

Donde:

DB_i= el promedio diario de individuos en el grupo i

Se considera que si el BRI2 > 0.5 es necesario tomar medidas inmediatas dirigidas a la/las especies de riesgo para reducir la probabilidad de un impacto inminente. Todos los cálculos se hicieron con el software R y con un nivel de significancia de α = 0.05.

La Figura 1 señala el máximo incremento del riesgo en el aeropuerto A durante el mes de octubre de 2019 (BRI2 = 1.74), mientras que el segundo valor de mayor riesgo se presentó en septiembre de 2019 (BRI2 = 1.05). Este incremento también se apreció durante los meses de septiembre y octubre de 2018 (BRI2 = 0.98 y BRI2 = 0.87), meses que ocuparon el tercer y cuarto lugar en nivel de riesgo respectivamente.

Por otro lado, la Tabla 2 muestra a todos los grupos funcionales que se registraron durante los monitoreos, así como su riesgo (GF), su abundancia total y el número de impactos registrados. Los grupos que presentan un GF = 0 son aquellos

Grupo	GF	Abundancia total monitoreos 2017–2019	Número de impactos 1995–2018
3	0	22231	0
4	0	11389	0
5	0	7236	0
6	0	964	0
9	0	24	0
10	0.16	14150	2
11	0	212	0
12	0.54	99328	12
15	0.30	351297	2
16	0	2673	0
17	0	848	0

Tabla 2. Grupos funcionales de especies según su valor de riesgo (GF) en el aeropuerto A. El valor más alto corresponde al grupo 12 (golondrinas y vencejos)

RESULTADOS

El aeropuerto A tuvo un promedio de 13,009 operaciones mensuales de enero de 2017 a octubre de 2019 y 16 registros de wildlife strikes (Tabla 2). Los cálculos del BRI2 indicaron el valor de riesgo para el aeropuerto de manera mensual (Figura 1) y señalaron a los grupos de especies de mayor riesgo por sus valores de GF (Tabla 2).

que no cuentan con algún impacto con aeronaves registrado en la base de datos. El grupo 12 – golondrinas y vencejos resultó el de mayor riesgo (GF = 0.54) para el periodo de estudio, el segundo más abundante y el que presentó mayor número de impactos.

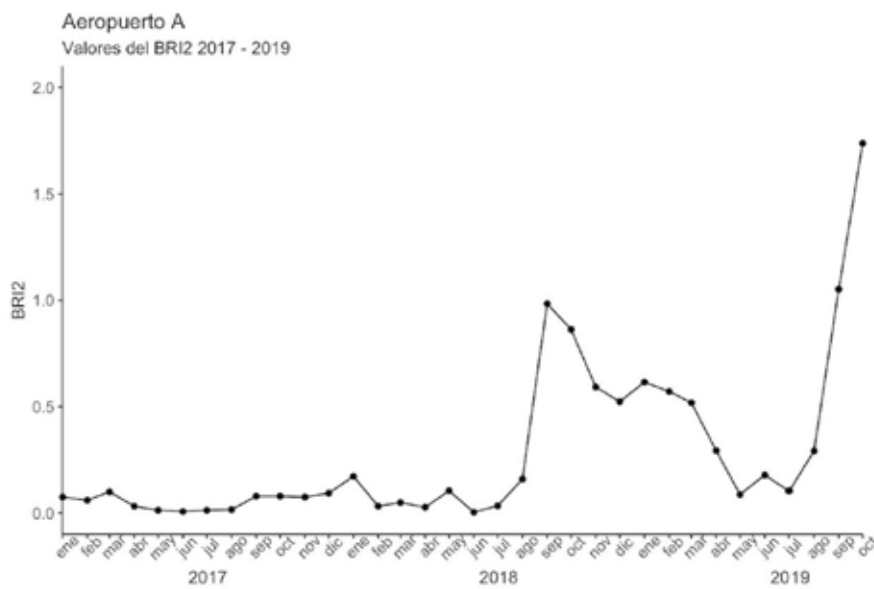


Figura 1. Valores del BRI2 calculados en el Aeropuerto A (2017-2019), en escala mensual. El valor más alto del BRI2 sucedió en octubre de 2019 (BRI2 = 1.74), mientras que el segundo de mayor riesgo se registró en septiembre de 2019 (BRI2 = 1.05). El grupo 12—golondrinas y vencejos fue identificado como el de mayor riesgo para el aeropuerto A.

DISCUSIÓN

Con el BRI2 encontramos una forma viable de calcular el riesgo de wildlife strike tanto a nivel aeropuerto, como a nivel de grupos de especies. El riesgo se puede apreciar en varias escalas temporales y en nuestro caso, en una escala mensual para así ver cambios estacionales y su relación con los periodos migratorios de las aves en el continente. Pudimos observar que los picos del BRI2 coinciden con los meses de mayor presencia de aves en la ruta migratoria del Pacífico, esto es durante el otoño (Wilson, 2010), principalmente durante el mes de noviembre. Durante la migración de otoño, las aves se mueven del Norte al Sur del continente en su búsqueda de mejores condiciones climáticas para pasar el invierno (Barton y Sandercock, 2017; Lisovski *et al.*, 2019). En el aeropuerto A, el grupo 12 (Golondrinas y Vencejos) fue el que presentó mayor riesgo de impacto, representado por la Golon-

drina Alas Aserradas (*Stelgidopteryx serripennis*) y la Golondrina Tijereta (*Hirundo rustica*). La Golondrina Alas Aserradas (*S. serripennis*) y la Golondrina Tijereta (*H. rustica*) presentan patrones migratorios en sus ciclos de vida (Fink *et al.*, 2021), lo que coincide con el alza en el riesgo a nivel aeropuerto durante esos periodos.

Por otro lado, la mayor cantidad de impactos se registró en el mes de agosto. Sin embargo, el número de impactos y la cantidad de individuos de una especie pueden contribuir de manera independiente a los valores de riesgo finales del BRI2. Por ejemplo, el riesgo de que varios individuos de una especie se encuentren en áreas operativas será mayor al riesgo que represente un solo individuo de la misma especie. En el aeropuerto que sirve como caso de estudio apreciamos un valor de riesgo alto a finales de 2019 (BRI2 = 1.74), esto como consecuencia del gran número de individuos registra-

dos durante los monitoreos de ese periodo lo que podría incrementar la probabilidad de un wildlife strike, y no como podría pensarse por una gran cantidad de impactos. Por lo anterior, la interpretación de los datos debe ser cuidadosa y detallada.

Una de las dificultades que presenta el BRI2 es el tiempo que se tiene que dedicar a dominar su cálculo, sin embargo, una vez superada la curva de aprendizaje, su manejo es relativamente rápido. La parte que consume más tiempo es la limpieza de datos por lo que se sugiere: a) capturarlos en formato digital, b) usar el mismo formato en todas las bases, c) seguir los consensos nacionales para el manejo del nombre común de cada especie, d) estandarizar un protocolo de colecta y almacenamiento de datos. En cuanto menos diferencias haya entre las bases de datos, más rápidamente se podrá tener el valor final de riesgo en cada aeropuerto. También se sugiere tener un protocolo uniforme de monitoreo por ejemplo, el método de línea de transecto (Gibbons y Gregory, 2006; Whitworth *et al.*, 2007), contando todos los individuos, ya sea con registro visual y/o vocal, a una distancia estimada de la línea (dependiendo de si es un hábitat cerrado o abierto) diariamente y con los horarios más convenientes a criterio de la experiencia del personal.

Aunque el riesgo se pudo calcular, aún hay falta de datos, sobre todo en las bases de impactos de fauna con aeronaves. De no contarse con registros de impactos clasificados hasta nivel de especie, el índice no se puede calcular por las características de las ecuaciones que lo componen. Otros índices, como la técnica de evaluación de riesgo

heurística (Allan, 2006), requieren de más de 5 años de datos para poder calcularse, lo que limita su cálculo solo a aeropuertos que tengan datos suficientes. El BRI2, aunque no requiere una cantidad de años de muestreo específica, sí requiere necesariamente de datos sobre wildlife strikes donde los individuos hayan sido clasificados hasta nivel de especie. Sin conocimiento de cuáles fueron las especies impactadas registradas, la mayoría de los índices no pueden calcularse.

Si el BRI2 se calcula en varios aeropuertos, da la posibilidad de que se generen reportes de riesgo de forma simultánea. Las variables finales de riesgo, al estar calculadas bajo el mismo procedimiento, pueden ser comparadas entre sí, de tal forma que se pueda generar un indicador de riesgo regional que incluya la ecología de las especies en la región y que funcione en varios aeropuertos, por encima del cual se tomen medidas de manejo especiales para evitar un impacto. Una vez hecho el cálculo del BRI2, cuando se tengan identificadas a las especies de mayor riesgo en cada aeropuerto, se pueden tomar medidas de manejo dirigidas a ellas, ahorrando tiempo y recursos económicos. Ya que el BRI2 toma en cuenta el papel ecológico de las especies, se pueden identificar los patrones de su presencia a lo largo del tiempo sin excluir a las especies poco frecuentes.

Para estandarizar un valor de riesgo regional se necesita el cálculo sistemático del BRI2 en varios aeropuertos por varios años. Una de las ventajas del BRI2 es que los datos que requiere para calcularse pueden tomarse en cualquier aeropuerto, sin importar su ubicación geográfica,

tales como los monitoreos de fauna con los conteos de individuos identificados hasta nivel de especie y el número de operaciones en cada aeropuerto. Sin embargo, sugerimos un monitoreo sistemático y uniforme en el tiempo y, sobre todo, la plena identificación de las especies impactadas en la medida de lo posible ya que sin estos datos el análisis de riesgo no puede llevarse a cabo. También sugerimos el reporte de todos los wildlife strikes, incluso si se especula que pudieron haber sido ocasionados por el flujo de una turbina, pues el riesgo que representan esas especies podría subestimarse. La información del archivo de monitoreos e impactos de años anteriores en cada aeropuerto también puede contribuir a entender mejor las dinámicas actuales del movimiento de aves. Con la información del pasado y la actual, se puede tener una medición fiable del riesgo en cada aeropuerto y programar acciones de manejo para el futuro.

CONCLUSIÓN

Presentamos los resultados del cálculo del BRI2 para un aeropuerto mexicano. Los resultados indican un alza del índice del BRI2 que tiene correspondencia con los movimientos migratorios de las aves de mayor riesgo en el sitio de estudio. Aunque las interacciones de fauna con aeronaves seguirán sucediendo, no deben disminuirse los esfuerzos para el estudio de los impactos de fauna con aeronaves. Podemos seguir estudiando el fenómeno de wildlife strike para entenderlo y disminuir los accidentes en las inmediaciones del aeropuerto, donde se sabe ocurren la mayoría de los accidentes. Después de aplicar un índice de riesgo, como el BRI2, eventualmente se pueden unir esfuerzos para desarrollar un nivel de riesgo nacional estandarizado, por encima del cual se deban de tomar medidas de manejo inmediatas para evitar un accidente severo, teniendo como antecedente el caso de Italia, en donde se logró definir un nivel de riesgo máximo aceptable de $BRI2 = 0.05$, a pesar de la variabilidad de especies y de número de operaciones por aeropuerto. ■

Golondrina Tijereta
- Barns Swallow
(*Hirundo rustica*)



Aproximación a un análisis comparativo del manejo, uso y efectividad de herramientas de dispersión de fauna en dos aeropuertos de Colombia

Lina Margarita Annicchiarico Villarreal¹,
Luisa Fernanda Duarte Sánchez²
Diana Lorena López Medina³

¹ Bióloga, Especialista en Gestión Ambiental y Sistemas de Información Geográfica. Coordinadora del proyecto de prevención de peligro aviario y fauna de los aeropuertos El Edén de Armenia y El Alcaraván de Yopal, por parte del Consorcio Aviario 1922, contratista de la Aeronáutica Civil de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: Linamargarita1511@gmail.com.

² Bióloga, Especialista en conservación de recursos naturales. Bióloga residente del Aeropuerto El Alcaraván de Yopal, por parte del Consorcio Aviario 1922, contratista de la Aeronáutica Civil de Colombia. Yopal, Casanare, Colombia. Correo electrónico: curumare@gmail.com

³ Bióloga, Máster en Ciencias de los Materiales. Bióloga residente del Aeropuerto El Edén de Armenia por parte del Consorcio Aviario 1922, contratista de la Aeronáutica Civil de Colombia. Armenia, Quindío, Colombia. Correo electrónico: dlopezmedina@gmail.com

RESUMEN

Los aeródromos tienen la responsabilidad de implementar medidas de control de la fauna que puede representar un peligro a las operaciones aéreas debido a los incidentes y otras interacciones no deseadas que ocurren entre estas y las aeronaves, una de las medidas que se usan para controlar el riesgo es el empleo de herramientas de dispersión activa que buscan el despeje de la fauna presente en el área de movimiento de las aeronaves. Son pocos los estudios que se han realizado sobre la efectividad de los métodos de dispersión activa y que ofrezcan orientaciones para la selección y uso de estas herramientas. El presente artículo busca compartir los resultados de las mediciones de la efectividad de las herramientas de dispersión empleadas dos aeropuertos de Colombia, así como consideraciones respecto al uso y manejo de estos insumos basados en la experiencia resultante de su implementación.

Palabras clave: Peligro aviario y de

la fauna, Riesgos operacionales, Programas Aeroportuarios de Gestión de Riesgos por Fauna, Dispersión, Herramientas de control fauna, Eficacia.

ABSTRACT

Aerodromes are responsible for implementing measures to control wildlife that may represent a hazard to air operations due to incidents and other unwanted interactions that occur between these and aircraft. One of the measures used to control the risk is the use of active dispersal tools that seek to clear the wildlife present in the aircraft movement area. Few studies have been conducted on the effectiveness of active dispersal methods and offer guidance for the selection and use of these tools. This article seeks to share the results of measurements of the effectiveness of dispersal tools used at two airports in Colombia, as well as considerations regarding the use and management of these tools based on the experience resulting from their implementation.

Key words: Wildlife hazard, operational risks, Airport wildlife risk management programs, dispersal, wildlife control tools, Effectiveness.

INTRODUCCIÓN

Los aeropuertos tienen una gran responsabilidad en materia de seguridad operacional para minimizar los riesgos por fauna, o lo que comúnmente se conoce como gestión del peligro aviario y de la fauna, concepto que engloba los incidentes y otras interacciones no deseadas

que ocurren entre aeronaves y representantes de la fauna, principalmente aves, y que pueden derivar en accidentes aéreos, daños a las aeronaves, retrasos o cancelaciones de vuelos y restricción a la operación de los aeropuertos, entre otras consecuencias. (OACI, 2020). Debido a que la mayor parte de los impactos con aves ocurren por debajo de los 30 m (Dolbeer et al, 2019; Cleary et al, 2005) el ámbito espacial donde se concentra el riesgo se circunscribe principalmente a los aeródromos y sus inmediaciones, por lo cual la Organización de Aviación Civil Internacional-OACI ha definido unas obligaciones especiales que deben cumplir los aeródromos para mitigar y controlar este riesgo, las cuales se organizan e implementan a través del Programa de Gestión del Peligro que Representa la Fauna Silvestre (OACI, 2020), programa que en Colombia es conocido como GERPAF. (UAEAC, 2016).

Uno de los componentes de este programa trata de las medidas que se implementan para desalentar la presencia de aves en los aeropuertos. Existen diversas estrategias que pueden diferenciarse entre medidas pasivas y activas. Las primeras propenden por eliminar o reducir los recursos que son atractivos para la fauna y que existen en los terrenos del aeropuerto, como el alimento que proporciona la vegetación o el refugio que ofrece la infraestructura. Las segundas buscan despejar de forma inmediata las aves que se encuentran en el área de movimiento

del aeródromo con el fin de proveer un espacio seguro para el desarrollo de las operaciones aéreas. Ambas medidas son complementarias entre sí. (UAEAC. 2016).

Son pocos los estudios que se han realizado sobre la efectividad de los métodos de dispersión activa, quizás debido a la complejidad que exhibe esta evaluación considerando todos los elementos que pueden influir en los resultados de una actividad de ahuyentamiento, así como la dificultad práctica de realizar experimentos controlados en el ambiente aeroportuario. El presente artículo busca compartir los resultados de las mediciones de la efectividad de las herramientas de dispersión de fauna empleadas dos aeropuertos de Colombia: el aeropuerto nacional El Alcaraván de Yopal – EYP y el aeropuerto internacional El Edén de Armenia – AMX, durante el periodo de 2019 a 2021, así como consideraciones respecto al uso y manejo de estos insumos

basados en la experiencia resultante de su implementación.

Si bien las dispersiones y recopilación de datos no obedecen propiamente a un diseño experimental, esta información resulta relevante para empezar a abordar los análisis de efectividad de las herramientas y las aproximaciones metodológicas con este propósito, constituyéndose en información preliminar y de interés que puede ser útil para otros operadores o investigadores en la medida que provee datos relativos a unas tendencias de uso de los equipos de control de fauna, además de proporcionar elementos de importancia a considerar en un análisis comparativo de la efectividad, así como elementos útiles para la toma de decisiones sobre el uso seguro y eficiente de las herramientas.

METODOLOGÍA

El Aeropuerto Internacional El Edén (AMX) está ubicado entre los mu-

nicipios de La Tebaida y Armenia, en el departamento del Quindío. Ubicado a 18 km al suroccidente del centro de la ciudad de Armenia. Sus coordenadas geográficas son: 4° 27' 06.31" de latitud norte y 75° 45'59.22" de longitud oeste, y está a 1215 (3986 ft) msnm. El clima de Armenia se caracteriza por ser templado – húmedo. El promedio de lluvia total anual es de 2163 mm y los meses de julio y agosto son los más secos del año. La temperatura mínima promedio en temporada seca se ubica entre 15 y 17 °C, y en temporada de lluvias las mínimas se ubican entre 14 y 16 °C (IDEAM, 2013). Su promedio de operaciones mensuales es de 702 operaciones, con vuelos comerciales internacionales a Miami y Panamá y nacionales a Bogotá, Medellín, Cartagena y San Andrés.

El aeropuerto El Alcaraván (EYP) se encuentra al sur del municipio de Yopal, Departamento de Casanare, en el límite del perímetro urbano.

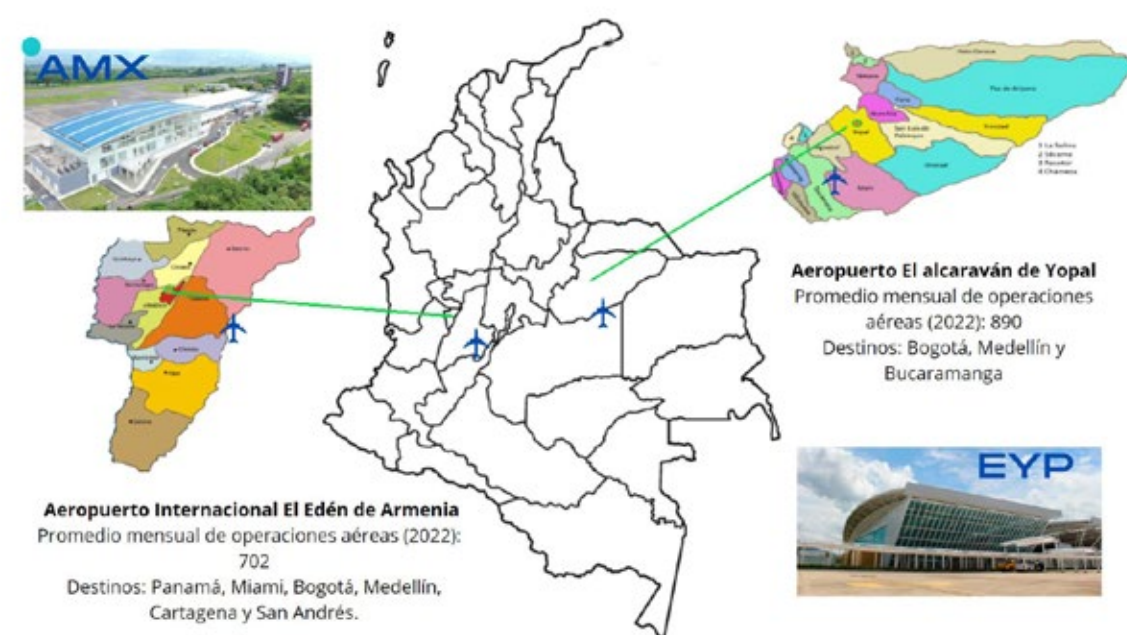


Figura 1. Localización y datos operacionales de los aeropuertos

Figura 1. Localización y datos operacionales de los aeropuertos



MAV - 1 SISTEMA DE DISPERSIÓN AVIAR



El sistema portátil e inalámbrico de monotiros pirotécnicos de diferentes efectos permite realizar las operaciones de dispersión aviar desde un vehículo en marcha o desde una plataforma fija de forma más rápida, más efectiva y a distancia, manteniendo seguro al operario en todo momento.

Es una herramienta indispensable para garantizar las operaciones de descolaje y aterrizaje de las aeronaves.



☎ Cel: +57 318 896 7945 ✉ comercial@pirotecniamariposa.com 🌐 www.pirotecniamariposa.com

Las coordenadas geográficas del aeropuerto son: 05°19'08.75"N, 72°23'02.55"O. Yopal se encuentra en una elevación de 313m/1.028ft, y presenta un clima cálido- húmedo. El promedio de lluvia total anual es de 2270mm. Durante el año se

presenta una temporada seca y una de lluvias, la primera se extiende de diciembre a marzo. La temperatura promedio es de 26.9 °C. Se encuentra rodeado principalmente de fincas particulares con actividad ganadera y asentamientos urbanos. Su

promedio de operaciones mensuales es de 702 operaciones, con vuelos comerciales nacionales a Bogotá, Medellín y Bucaramanga.

La obtención de la información es posible gracias a la implementación de los Programas de Gestión

EQUIPO	TIPO	DESCRIPCIÓN
Aeroláser	Visual	Dispositivo electrónico que, basado en la emisión estimulada de radiación de las moléculas de gas que contiene, genera o amplifica un haz de luz monocromática y coherente de extraordinaria intensidad. Es portátil y funciona a largas distancias dependiendo de la luminosidad del día.
Voladores	Sonoro	Consta de un artefacto pirotécnico que al encender una mecha genera un fuerte estallido de mediano a largo alcance. Cuenta con su respectivo soporte (base de lanzamiento) para realizar detonaciones de forma segura.
Velas cracker	Sonoro	Consta de un artefacto pirotécnico que al encender una mecha genera estallidos y luces de mediano alcance.
Tortas de pirotecnia	Sonoro	Corresponde a pirotecnia especializada de disparos sonoros simultáneos (de tres y seis tiros) y funciona para dispersiones de mediano alcance. Las hay de dos tipos: 6 tiros y 3 tiros o detonaciones. Cuenta con dos controles detonadores y sus estopines, además de un soporte (base) para realizar detonaciones de forma segura.
Pistola	Sonoro	Se trata de un mecanismo de acción que utiliza cartuchos sonoros. Dependiendo del tipo de cartucho se genera una dispersión sonora que ahuyenta la fauna a poca distancia, principalmente a aves que vuelan a poca altura. Se emplean cartuchos de dos tipos: Bird Banger que presenta una detonación a modo de cañón al final de la trayectoria de vuelo y Screamer Siren que tiene un sonido tipo sirena durante la trayectoria de vuelo. Requiere fulminantes para su activación. Se caracteriza por la portabilidad y flexibilidad de uso.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Descripción de los equipos de dispersión de fauna presentes en los aeropuertos



Foto 1-Dron.



Foto 2-Aeroláser.



Foto 3-Voladores



Foto 4-Velas Cracker



Foto 5-Tortas de pirotecnia



Foto 6-Pistola de pirotecnia y cartuchos

de Riesgos por Fauna – GERPAF-por parte de la Unidad Administrativa de Aeronáutica Civil de Colombia, operador de los aeropuertos El Alcaraván de Yopal y El Edén de Armenia, quien a través del Consorcio Aviario 1922, contratista responsable de dicha implementación en virtud del contrato No. 18001604-03-H3-2018, adquiere los equipos de control fauna y asegura la ejecución de los procedimientos de dispersión y el correspondiente registro de los mismos.

En la Tabla 2 se presenta una descripción de los equipos de dispersión de fauna con que se cuenta en los aeropuertos (Fotografías 1 a 6) Los datos empleados en los análisis se obtienen del registro que realiza el personal aeroportuario de cada procedimiento de dispersión de fauna ejecutado en el aeropuerto. Los biólogos

son los responsables del registro y almacenamiento de los datos del GERPAF de cada aeródromo, alimentando la Base de datos de medidas activas, y, en conjunto con los Supervisores de Maniobras y Oficiales de Peligro Aviario y Fauna de los aeropuertos, activan las herramientas para la ejecución de los procedimientos de dispersión.

La base de datos de medidas activas consiste en un archivo de Excel en el que en cada fila se reporta un procedimiento de dispersión, con los datos correspondientes a los campos descritos en la Tabla 1. Este archivo cuenta con un tablero de control o dashboard en el cual se integran las gráficas que permiten la consulta, evaluación y comparación de resultados de una manera fácil y rápida.

Tabla 2. Campos para el registro de datos de un procedimiento de control de fauna

Dato	Descripción
Fecha	Día, mes y año en que se ejecuta el procedimiento.
Tipo de procedimiento	Se identifica como PIP o PIR según corresponda. PIR (procedimiento de intervención reactiva) consiste en un procedimiento reactivo, en donde el equipo de control de fauna realiza una dispersión por solicitud expresa de un miembro de la tripulación de una aeronave o un Controlador de Tránsito Aéreo, quienes identifican un escenario de riesgo con fauna durante el desarrollo de una operación aérea. PIP (procedimiento de intervención preventiva) consiste en un procedimiento de dispersión que se ejecuta sin que necesariamente medie la notificación de un escenario de riesgo para la operación de una aeronave. Puede ser, por ejemplo, resultado de una observación de aves en el área de movimiento o definido por un cronograma establecido de acuerdo con los horarios previamente identificados como más críticos por presencia de aves.
Herramienta	Método de control empleado para la dispersión de la fauna.
Cantidad	Corresponde con la cantidad de insumos empleados en la dispersión. Aplica cuando el equipo opera a través de la activación en secuencia de unidades de dispersión, como, por ejemplo, unidades de detonaciones de cartuchos o tortas de pirotecnia.
Hora inicial	Hora y minutos en tiempo local utilizando notación de 24 h, del inicio del procedimiento.
Hora final	Hora y minutos en tiempo local utilizando notación de 24 h, de la finalización del procedimiento.
Especie	Especie de fauna objetivo de la dispersión.
Cantidad inicial	Cantidad de individuos de la fauna presentes antes de iniciar el procedimiento de dispersión.
Cantidad final	Cantidad residual de la fauna terminar el procedimiento de dispersión.
Ubicación inicial	Ubicación de la fauna presente antes de la dispersión, especialmente las zonas de concentración. Se relaciona a través de un mapa grillado del aeropuerto.
Ubicación final	Ubicación de la fauna objeto de la dispersión, al finalizar el procedimiento de dispersión. Se relaciona a través de un mapa grillado del aeropuerto.
Efectividad	La efectividad se mide como el porcentaje de fauna que logra ahuyentarse al cierre del procedimiento de dispersión. Un evento exitoso con un despeje total tiene un valor del 100%. Este valor que resulta de la aplicación de la fórmula $EFC = 1 - ((\#f * 1) / \#i)$ donde: EFC= Efectividad, #f = Cantidad final de individuos, #i = Cantidad inicial de individuos
Observaciones	Campo en el que se permite la descripción de variables de interés para el resultado del procedimiento.
Responsable	Nombre y cargo de quien realiza la dispersión.

Con base en los registros de cada aeropuerto, se realizó una comparación de la efectividad y uso de las herramientas de dispersión activa de fauna, mediante análisis de estadística descriptiva básica, presentando los resultados de ahuyentamiento globales y por especie, el tiempo promedio de duración del procedimiento y la cantidad de dispersiones por equipo, entre otras variables analizadas. Así mismo, se presenta una com-

paración de las ventajas y desventajas identificadas en relación con la operación y seguridad de uso de las herramientas, teniendo en cuenta los diferentes escenarios operacionales de cada aeropuerto.

CONSIDERACIONES SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LAS HERRAMIENTAS

La evaluación de la efectividad de las herramientas indica, de manera general, que los cartuchos de la pis-

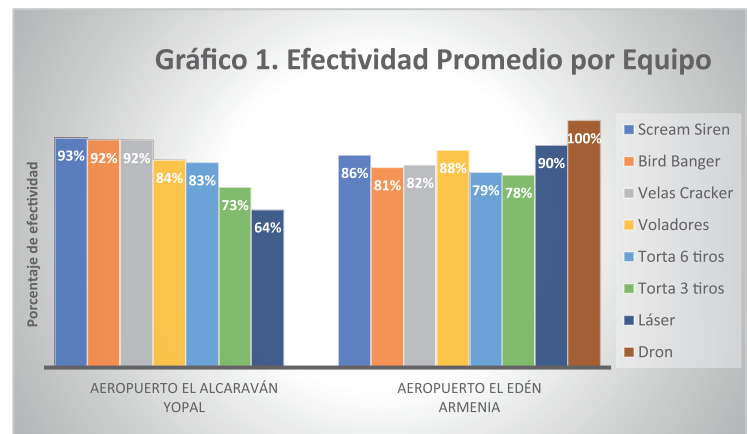
tola se encuentran entre las herramientas con mejor desempeño, despejando las áreas operacionales por encima del 80% de las aves presentes, siendo más efectivo el cartucho Screamer Siren sobre el Bird Banger. Se observa que hay variabilidad en los resultados de la efectividad de las herramientas por aeropuerto, presentando el aeropuerto de Yopal una mayor efectividad en las dispersiones con la pistola con respecto al Aeropuerto de Armenia.

En el aeropuerto de Armenia se ha probado la efectividad del dron siendo bastante alta. Es importante precisar que esta medida presenta algunas restricciones para su uso en Colombia, y en el aeropuerto de Armenia fue posible ejecutar algunos vuelos de dispersión de aves con el dron, gracias a un procedimiento coordinado entre Torre de Control y el Equipo de Control de Fauna, durante periodos en los que no se presentaban operaciones aéreas en curso. El hecho de que no sea una herramienta de uso constante influye en los resultados pues es probable que aún no se haya presentado un acostumbamiento de la fauna a la medida, si esto llegase a ocurrir. Por tanto, debido al poco tiempo de uso de la herramienta se considera que aún se encuentra en la fase inicial donde el efecto sorpresa para las aves es permanente.

Las tortas de 6 y 3 tiros en general se encuentran entre las menos efectivas, comparado con las demás herramientas, no obstante, los promedios de ahuyentamiento de aves obtenidos con estos equipos no son inferiores al 70%. (Gráfica 1). Esto puede relacionarse con una menor capacidad de orientación de la dirección de la detonación por parte del operador, contrario a los otros dispositivos de pirotecnia como la pistola, los voladores y las velas cracker en donde el usuario define el direccionamiento de las explosiones hacia las zonas de concentración de las aves.

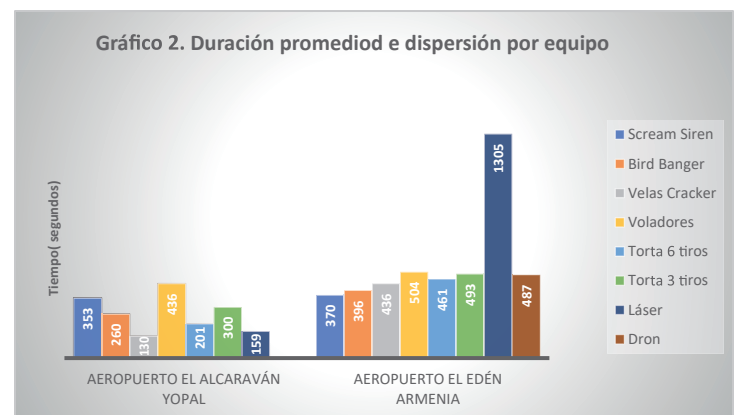
Otro dato de interés son las diferencias en la efectividad del láser, es probable que la baja efectividad que se observa en Yopal se deba a que en este aeropuerto se ha empleado en condiciones más diversas respecto a la luminosidad del día, mientras que en Armenia es exclusivo de uso nocturno, por tanto, vemos reflejada la restricción por visibilidad. Y también a que en Yopal se realizaron ejercicios con palomas domésticas que en época de cría responden de manera nula a los estímulos disuasores.

Con relación a la duración de los procedimientos de dispersión, medida desde que se inicia la preparación de la herramienta para la activación hasta el reporte de cierre de procedimiento a Torre de Control, se tienen rangos entre 2 y 8,5 minutos, exceptuando el láser en AMX que en promedio se tarda 20 minutos en dispersar la fauna objetivo. (Gráfica 2). Al comparar este dato con la efectividad del láser se encuentra que esta difiere en los dos aeropuertos, siendo mayor en AMX (90%), pudiendo representar una correlación entre la efectividad y la duración del



procedimiento, en el sentido en que en este aeropuerto se invierten mayores tiempos de activación de la medida para lograr el despeje exitoso de la fauna objetivo.

Por otra parte, se evidencia que los voladores y las tortas de 3 tiros se encuentran entre los equipos que requieren mayor tiempo para lograr una dispersión efectiva. Esto se relaciona con el mayor esfuerzo que plantea la activación de estos equipos pues su disposición en campo y encendido resultan más complejas en la medida que deben colocarse en una base de lanzamiento y en algunos casos estopinarse, y que la secuencia de las detonaciones tiene un mayor distanciamiento comparado con otros equipos de pirotecnia. A esto se suma las dificultades en el encendido que plantean los vientos en los aeropuertos y que retrasan las detonaciones necesarias para lograr el despeje de la fauna.



Por otra parte, se presentan variaciones significativas en los resultados de los dos aeropuertos, lo cual puede estar relacionado con la existencia de factores que no se registraron en campo, como son las condiciones climáticas y las condiciones atrayentes de fauna presentes dentro del aeropuerto, las cuales pueden limitar el uso de las medidas o influir negativamente en la respuesta de las aves al estímulo. Por ejemplo, será más dispendioso realizar un

despeje total de la avifauna mientras existan recursos alimenticios que estén siendo aprovechados por estas.

De acuerdo con la Gráfica 3, en ambos aeropuertos la herramienta que más se emplea en las dispersiones es la pistola (cartuchos Bird Banger y Scream Siren), representando más del 50% del uso en procedimientos de ahuyentamiento de fauna.

La preferencia por el uso de esta medida se debe a varias ventajas que ofrece la herramienta tales como:

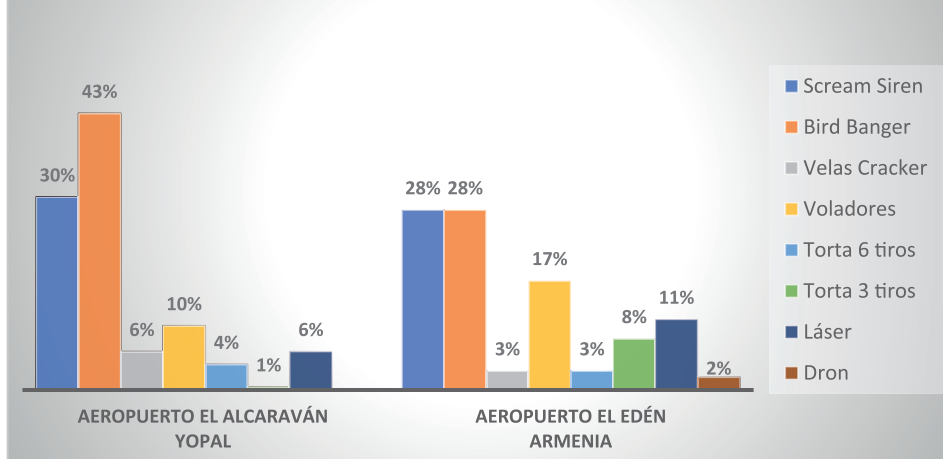
- Alta portabilidad, herramienta de fácil traslado y transporte.
- Facilidad de manejo y activación: Su implementación es rápida y no requiere de muchos pasos para una detonación.
- Puede ser usada en condiciones de lluvia, activándose desde el vehículo de transporte.
- Posibilidad de direccionamiento de los tiros, orientando las detonaciones hacia la ubicación exacta donde se encuentran las aves.

Estas características hacen que un procedimiento de respuesta inmediata por fauna sea mucho más eficiente y oportuno.

En la (Gráfica 4) se representa la cantidad de especies con las que se obtienen despejes del 100% de las aves presentes en el área, del total de especies con las que se ha empleado cada equipo.

En EYP la pistola es efectiva en más del 60% de las especies con las que se ha probado (de 17 especies en total, 13 tienen un 100% de efectividad con cartuchos Scream Siren y 10 con Bird Banger). En AMX la proporción es menor a un tercio (2 y 4 especies de 15 para Scream Siren y

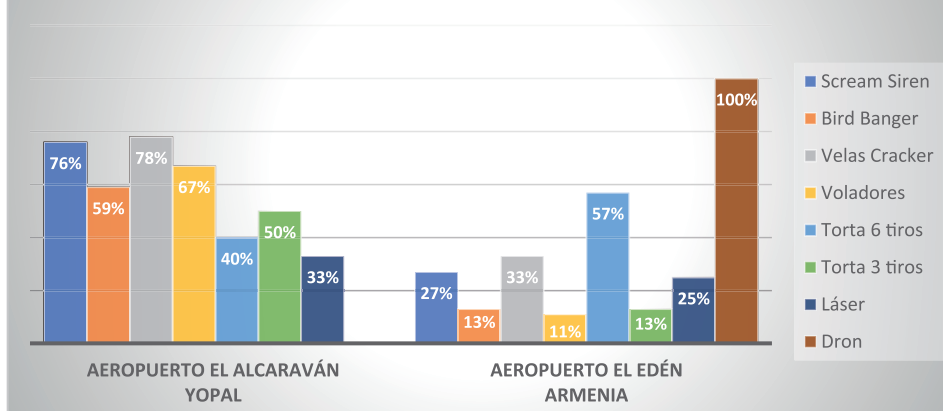
Gráfico 3. Uso relativo de los equipos en las dispersiones de fauna



Bird Banger respectivamente). Con esto se evidencia que en EYP hay una mayor diversidad de fauna que responde satisfactoriamente a estos estímulos sonoros alejándose de su zona de concentración, lográndose un despeje de diversas especies presentes con mayor facilidad que en AMX, en donde las especies de avifauna son más selectivas respecto a los estímulos que las ahuyentan. Ante una situación de alta diversidad de aves presentes, es probable que en el Aeropuerto AMX se necesite el uso de una combinación de equipos de control de fauna para lograr un despeje efectivo de la misma.

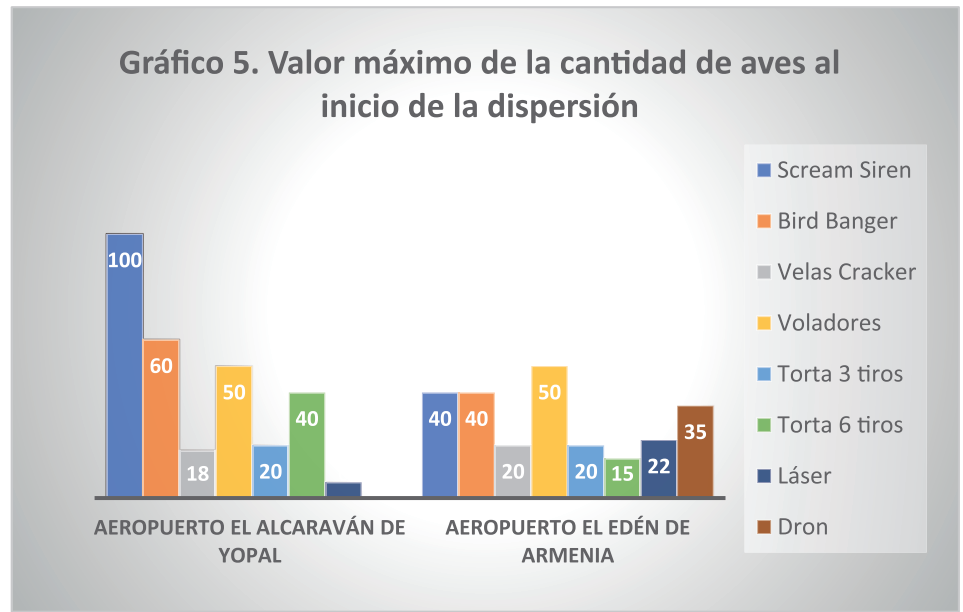
Las herramientas que más se usan en condiciones de alta presencia de aves son los voladores y la pistola, (Gráfica 5), el primero está relacionado con su mayor frecuencia de uso para dispersar bandadas de gallinazos, la segunda dado que se prefiere su uso en situaciones de alta presencia de aves que se encuentran en zonas de seguridad, debido a la facilidad y agilidad en la respuesta para lograr un ahuyentamiento efectivo de un amplio número de individuos en un corto lapso, algo que no se obtendría con las otras herramientas.

Gráfica 4. Cantidad relativa de especies con resultados de 100% de efectividad

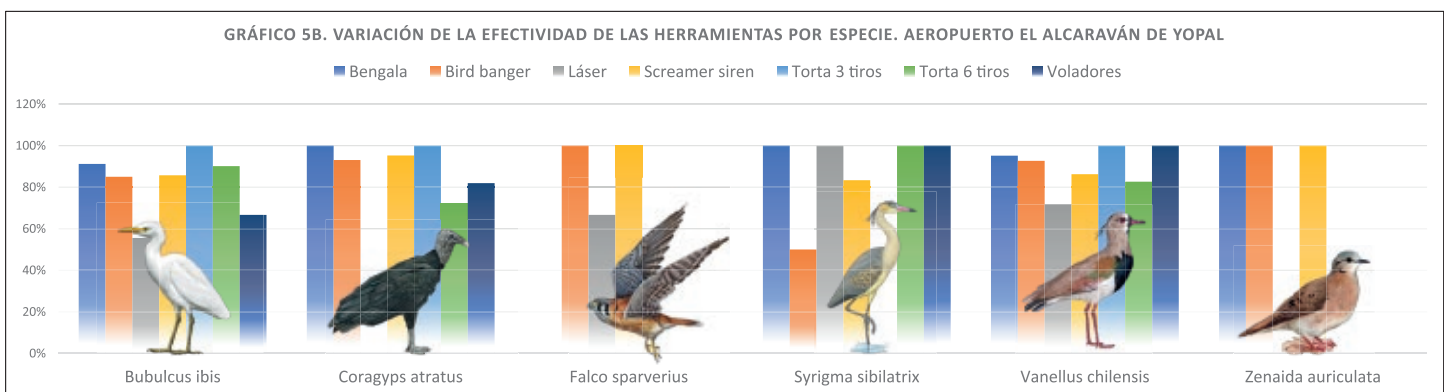


La evaluación de la efectividad por especie (Gráfica 5A y 5B) demuestra la especificidad de la respuesta de las aves a los diversos estímulos, una respuesta que está dada por diferencias en sus patrones de comportamiento, agudeza sensitiva, adaptabilidad y facilidad de acostumbramiento, entre otros factores biológicos.

Dadas las ventajas expuestas de la pistola sobre las demás herramientas de las que disponen los aeropuertos, es la medida que siempre se usa para dar respuesta a las solicitudes de Intervención Reactiva por presencia de fauna. En este contexto resulta prioritario dar una respuesta eficaz y eficiente; eficaz para lograr una dispersión de, si no todas, la



mayor cantidad de las aves presentes hasta bajar el nivel de riesgo a un umbral tolerable; y eficiente para que este procedimiento se realice en el menor tiempo posible y así evitar traumatismos a las operaciones aéreas.



CONSIDERACIONES SOBRE EL MANEJO DE LOS EQUIPOS

En el marco de esos programas GERPAF los aeropuertos cuentan con un procedimiento de respuesta inmediata por incidentes o por presencia de fauna, en la que los tripulantes de la aeronaves o personal en tierra deben informar a la TWR sobre cualquier evento con fauna que signifique una condición de riesgo para las operaciones. TWR informa a los supervisores de movimiento quienes acuden a la zona y realizan el respectivo procedimiento de dispersión, notificando a TWR cuando el área está despejada y nuevamente operativa.

En la Tabla 3 se presenta un comparativo de los equipos evaluados enfocándose en los aspectos favorables y desfavorables de su uso y manipulación, identificados a partir de la experiencia adquirida.

Todos los equipos de control fauna que se utilizan en los aeropuertos, sin excepción, requieren de unas condiciones apropiadas para su almacenamiento que minimicen los riesgos asociados a su naturaleza peligrosa y aseguren su cuidado y protección, tanto frente a las condiciones ambientales como al inadecuado uso por parte de personal no autorizado. Los aeropuertos del estudio cuentan con una caseta de control fauna, debidamente adecuada y equipada para este fin.

De igual manera, el uso de cualquier equipo debe ser coordinado con todos los involucrados en un aeropuerto y en áreas externas. En primer lugar, para la obtención de los permisos que establezcan las regulaciones de cada país; en Colombia, el uso del dron está regulado

Tabla 3. Consideraciones sobre el manejo de equipos de control de fauna

Equipo	Manejo	Ventajas	Desventajas
Bengala	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere la adecuación de un sistema de transporte seguro. - Se activan sostenidas en la mano del operario, encendiendo la mecha y direccionando el disparo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es una herramienta que cuenta con varias detonaciones simultáneas con una única activación lo que favorece el ahuyentamiento de aves posadas en zonas de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se ha presentado inconvenientes en la activación debido que a que algunas veces la mecha se consume hasta cierto punto, sin que la bengala se active. - En época de verano su activación es más complicada por las ráfagas de viento.
Pistola de pirotecnia	<ul style="list-style-type: none"> - Se almacena en un contenedor plástico junto con los cartucho y fulminantes, no ocupa mucho espacio y puede ir en la cabina de la camioneta. - Se debe colocar primero el fulminante y luego el cartucho. - Es necesario realizar una buena limpieza de la pistola pirotécnica debido a que tiende a acumular pólvora en los cañones y esto puede ocasionar taponamientos y posibles accidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición inmediata del equipo para su activación. - Se puede activar durante la lluvia y desde la cabina de la camioneta. - Se puede mover en diferentes direcciones. - Su activación no se ve afectada por la velocidad del viento. - Los cartuchos alcanzan altura entre 20 a 40m. Sirve tanto para aves en vuelo como para fauna que se encuentra a baja altura o perchadas en el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su periodo de vida útil puede ser corto necesitando al menos una reposición en el año.
Aero láser	<ul style="list-style-type: none"> - Su transporte se hace en la cabina del vehículo. - Se guarda en estuche que lo contiene. - Requiere mantener baterías cargadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede activar desde la cabina del vehículo. - No representa riesgos para el operario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su uso se restringe a días de baja luminosidad y en horario nocturno. - Debe usarse con cuidado de no colocar el haz directo apuntando a los ojos de seres vivientes ni objetos que puedan causar reflectancia.
Tortas pirotécnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Por seguridad no se puede mantener un stock en la cabina del vehículo de transporte. Para su uso se requiere un desplazamiento previo a la caseta de almacenamiento de insumos de peligro aviarío. - Los controles requieren pilas para su activación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Una vez instalado el operario no tiene contacto con la herramienta durante su activación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su transporte, manipulación e instalación son complejas y tardan cierto tiempo para llevar a cabo una dispersión. - Se deben estopinar, actividad que requiere cuidado por parte del operario. - Si la base no tiene un buen peso, la torta puede llegar a voltear la base y girar sin control. - Un producto defectuoso (por fabricación o deterioro) puede generar riesgos durante la operación.
Voladores	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere la adecuación de un sistema de transporte seguro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alcanzan las mayores alturas de detonación por lo que es muy útil para aves de vuelo alto como las rapaces y aves carroñeras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su transporte, manipulación e instalación son complejas y tardan cierto tiempo para llevar a cabo una dispersión. - Se dificulta su activación en el verano por las ráfagas de viento lo que aumenta el tiempo de activación. - Dejan residuos en áreas operacionales difícilmente controlables al 100%.
Dron	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere operación certificada como pilotos de dron. - Requiere permiso de Aerocivil - Se debe desbloquear para vuelos en el aeropuerto. - Requiere acompañamiento de SM para coordinación con TWR y apoyo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Amplio rango de acción. - Es posible usarlo fuera del aeropuerto. - Puede ser usado para monitoreos y seguimiento de fauna y diagnóstico de uso de suelos. - Permite captura de registros fotográficos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo se opera en el día. - Restricciones operacionales por variaciones climáticas. - Cuando no se opera de manera frecuente se deben realizar comprobaciones, actualizaciones y mantenimientos para mantenerlo funcional.

por Autoridad Aeronáutica y el uso de la pirotecnia por parte entidades administrativas gubernamentales. Otras coordinaciones externas son las relativas a informar del uso de las medidas a las fuerzas militares que tienen base dentro o en cercanías de

los aeropuertos. Las coordinaciones internas, por su parte, deberían resultar en un protocolo de activación de medidas activas que establezca los responsables y sus funciones y los canales de comunicación para el desarrollo de un procedimiento



Foto 7- Caseta de control fauna



Foto 8. Vehículo de control fauna

de despeje. Es conveniente también que los explotadores de aeronaves tengan conocimiento de los equipos usados en los aeródromos y las condiciones operacionales que implica su uso, pues en mucho caso se requiere la suspensión de las operaciones hasta tanto no se culmine el procedimiento de dispersión.

Por último, los equipos deben ser operados por personal debidamente entrenado para esto, el cual debe estar dotado de todos los elementos de protección personal que son específicos para cada herramienta.

CONCLUSIONES

La evaluación de los resultados de efectividad de las herramientas y

su integración con las experiencias propias de los biólogos y personal de control fauna de los aeropuertos demuestra que la efectividad de los equipos de disuasión de aves depende de muchos factores, tales como:

- La respuesta comportamental propia de cada especie a los estímulos particulares.
- La cantidad de aves presentes.
- La condición atrayente de las aves ya que puede generar resistencia a la respuesta evasiva.
- La ubicación de las aves con respecto a la fuente del estímulo y el alcance del equipo.
- Factores climáticos como los

vientos y lluvias que afectan no sólo la operación de los equipos, pudiendo restringir totalmente el uso de algunas herramientas, sino también la propagación de los sonidos o la visibilidad de los efectos luminosos.

- La frecuencia de producción de los estímulos por parte del equipo, por ejemplo, la cantidad de detonaciones por activación y espaciamiento entre estas.

La valoración de la efectividad no necesariamente se restringe a lograr un mayor despeje de aves, también podemos valorar de forma integral el procedimiento de dispersión, incluyendo en los componentes de evaluación el tiempo y la complejidad



COMERCIALIZADORA
NAUTILUS

VENTA Y SUMINISTRO DE EQUIPOS, INSUMOS Y HERRAMIENTA PARA EL
MANEJO, CONTROL Y MONITOREO DE FAUNA SILVESTRE

+52 (961)5791861



email salvarod2001@yahoo.com.mx



<https://www.facebook.com/comercializadoranautilus>



NAUTILUSCOMERCIALIZADORASERV

dad que se requieren para alistar el equipo y maniobrarlo. En este sentido, se identifican, además, otros factores que influyen en la determinación de la eficiencia, como lo son:

- La facilidad de transporte.
- La complejidad de la operación del equipo.
- La exposición a riesgos durante su manejo.
- La necesidad de realizar limpieza del área al finalizar la dispersión.

Las herramientas con mayor preferencia de uso y efectividad son aquellas que simplifican sus procesos de activación reduciendo los tiempos de preparación de los equipos, la producción de residuos, y la exposición del operario a los riesgos de su manejo. Por lo anterior el desarrollo tecnológico de las herramientas debe tender a incrementar el número de estímulos, por ejemplo, una mayor cantidad de detonación consecutivas, disminuyendo los pasos necesarios para su activación y con ello el tiempo de preparación del equipo, es decir haciendo más fácil su uso, con resultados más rápidos de despeje de áreas opera-

cionales.

La optimización del protocolo de uso de las herramientas en un aeropuerto es el resultado de un proceso de ensayos en los que se va observando la respuesta de las aves y adaptando el uso de los equipos a estos niveles de respuesta por especie, a esto se suman variables derivadas de la operación misma de los equipos como son su facilidad de transporte, complejidad de la activación y seguridad en el manejo, que inciden en el tiempo que tarde una respuesta de intervención inmediata y por tanto en la evaluación integral para la selección de la o las medidas de dispersión a usar en un contexto particular.

Por lo anterior, resulta fundamental diversificar los equipos de control de fauna disponibles en un aeródromo para aumentar la capacidad de respuesta del aeropuerto a las distintas condiciones ecológicas y operacionales y así garantizar una intervención efectiva en cada escenario de riesgo. En esta diversificación se debe procurar abarcar los diferentes estímulos empelados en la disuasión, como son visuales, sonoros y biológicos.

Se sugiere a los responsables e interesados en el control de fauna, establecer un diseño experimental para las evaluaciones de efectividad, en el que se realicen pruebas controladas bajo diversas condiciones que permitan la obtención de datos con mayor precisión y suficiencia para los análisis estadísticos. Entre las variables de interés para incorporar en el diseño experimental se tiene, por ejemplo, el tiempo de retorno de las aves, bastante útil para conocer el efecto residual de las medidas en el ahuyentamiento de la fauna. Así mismo, se pueden realizar pruebas combinando herramientas para evaluar los efectos combinados de los distintos sistemas y estímulos para el ahuyentamiento de la fauna.

Por último, resultará muy útil incorporar el estado de las condiciones atrayentes de fauna existentes en el aeropuerto, a las variables evaluadas en los análisis de efectividad, ya que estas determinan tanto la presencia de las aves como la renuencia de estas a abandonar el recinto aeroportuario, influyendo significativamente en la capacidad de ahuyentamiento del equipo de control de fauna.■

¿Quieres capacitarte en manejo y control de fauna en aeropuertos?

Nosotros podemos ayudarte, somos un par de empresas con experiencia en el ramo y con instructores certificados (OACI y STPS).



 fb.me/Consultora.Huitzil.SC
fb.me/aibconsultoriaambiental

 [@movil_fauna](https://www.instagram.com/movil_fauna)



Curso-Taller
MANEJO Y CONTROL DE FAUNA EN AEROPUERTOS

El curso cumple con lo solicitado por:
-Doc. 9137 (OACI)
-CO SA-10/22 (AFAC)
-AC 150/5200-368 (FAA)

Biol. Magdalena Colunga
Biol. Arturo Ortiz
Biol. Luis Pineda

Especialistas
Con mas de 20 años de experiencia en el ramo, acreditados ante la OACI y STPS como instructores


Consultoria Ambiental
www.aib.mx

INFORMES
+52 9611306611
+52 5544998273
aortiz@aib.mx
consultora.huitzil@gmail.com


CONSULTORA
HUITZIL, S.C.
www.huitzil.com.mx

Anidación inusual del colibrí mango pechinegro (*Anthracothorax nigricollis*) (Vieillot, 1817) en el Aeropuerto Internacional El Edén, Armenia, Colombia.

^{1,2}Diana Lorena López Medina,

^{1,3}Arley O. Gallardo Rico

¹Programa de Prevención de Peligro Aviario y Fauna, Consorcio Aviario 1922, Calle 93 No. 18.28 Ofc. 601, Bogotá D.C. Aeronáutica Civil de Colombia.

²Bióloga y Master en Ciencias de los Materiales, Universidad de Quindío, Colombia.

³Biólogo de la Universidad de Pamplona, Colombia.

Correspondencia autores: dlopezmedina@gmail.com, arleyo78@gmail.com

RESUMEN

En el marco de la implementación del GERPAF del Aeropuerto Internacional El Edén de la ciudad de Armenia, Colombia, se registra la anidación del Colibrí mango pechinegro (*Anthracothorax nigricollis*) sobre el borde superior de una escalera de abordaje para servicio de aviones tipo Airbus. Dicho registro se inició desde el 13 de julio hasta el 21 de agosto del 2020 con 34 horas de observación focal directa durante el confinamiento del Covid-19. El nido estaba conformado por dos huevos de similar tamaño y desde la eclosión de estos al abandono de los polluelos, tuvo una duración de 22 días. Estas observaciones, representan el primer reporte de anidación de *Anthracothorax nigricollis* en un sitio artificial dentro de un aeropuerto.

PALABRAS CLAVES: Peligro Aviario, Anidación, GERPAF, Fauna, Trochilidae.

ABSTRACT

We recorded the nesting of the Black-breasted Mango Hummingbird (*Anthracothorax nigricollis*) on the upper edge of a boarding ladder

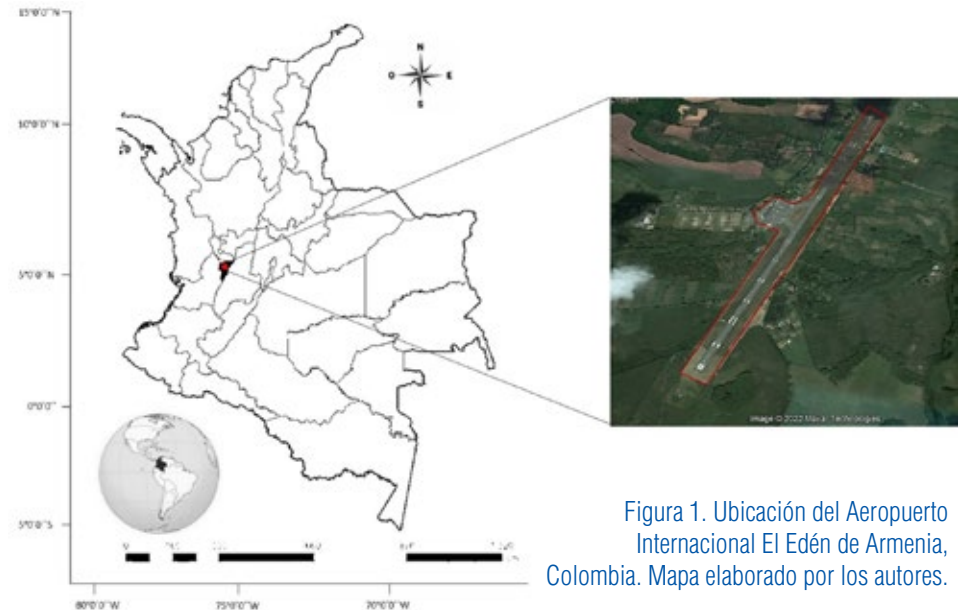


Figura 1. Ubicación del Aeropuerto Internacional El Edén de Armenia, Colombia. Mapa elaborado por los autores.

for service of Airbus-type aircraft at El Edén International Airport in the city of Armenia, Colombia. The registry began from July 13 to August 21, 2020, with 34 hours of direct focal observation during the Covid-19 confinement. The nest was made up of two eggs of similar size and from their hatching to the abandonment of the chicks, it lasted 22 days. These observations represent the first report of *Anthracothorax nigricollis* nesting in an artificial site within an airport as a result of the implementation of the GERPAF of the Civil Aeronautica of Colombia.

KEY WORDS: Avian Hazard, Nest, GERPAF, Wildlife, Trochilidae.

INTRODUCCIÓN

Colombia es el hogar de aproximadamente 1930 especies de aves, lo cual constituye el 20% de la riqueza de aves de todo el mundo (Hilty y Brow, 1986; McMullan *et al.* 2018,

Ayerbe, 2018). La familia Trochilidae (colibríes) está conformada por 162 especies las cuales se alimentan del néctar de las flores y complementan su dieta con insectos.

Los colibríes dependen del néctar para suplir sus necesidades energéticas y son el grupo de animales ecológicamente dominante en las interacciones aves – flores en el neotrópico (Stiles, 1981).

Estas aves son morfológica y comportablemente adaptadas según el tipo de flor para la búsqueda de recurso (Diamond *et al.* 1986). Muchas especies de colibríes habitan áreas intervenidas por el hombre, áreas abiertas y bosques secundarios donde haya gran cantidad de flores (Stiles, 1975; Cotton, 1998; Araujo y Sazima, 2003). Por lo tanto, estas aves cruzan largas distancias en diferentes direcciones en bosques intervenidos y en parches de bosques conservados (Borgella *et al.* 2001).

El Colibrí mango pechinegro

(*Anthracothorax nigricollis*) se distribuye hasta los 1750 msnm distribuido en toda Colombia principalmente por debajo de los 1000 msnm (Hilty y Brow, 1986; McMullan *et al.* 2018, Ayerbe, 2018). Este colibrí mide aproximadamente de 10,5 a 12 cm con un pico grande y robusto de tamaño proporcional de 25 mm. Los machos por encima son verde metálico brillante con la coronilla más oscura, por debajo desde la garganta, pecho y vientre negro aterciopelado muy oscuro con algunos tonos azulados. Las hembras tienen dos estrías blancas inconfundibles en los costados del negro aterciopelado de la garganta, pecho y vientre (Hilty y Brow, 1986).

Este colibrí revolotea estático para capturar insectos en áreas abiertas y/o cerca de fuentes de agua. Generalmente es solitario y se observa entre los bordes de los

bosques húmedos y secos. El nido es una taza lanuda compacta con bastantes líquenes en el exterior ubicado en partes altas de árboles (Schuchmann, 1999, Schuchmann y Kirwan, 2020).

Por otro lado, el peligro aviario es el riesgo que supone para las operaciones aéreas la presencia de aves u otro tipo de fauna dentro o áreas circundantes a un aeropuerto (Aerocivil, 2016). Ante ello, la Aeronáutica Civil viene implementando los Programas de Gestión de Riesgo por Peligro Aviario y Fauna (GERPAF) en los aeropuertos a su cargo desde el año 2005 (Aerocivil, 2008).

Cualquier tipo de fauna presente dentro o en inmediaciones de un aeropuerto puede generar un riesgo de seguridad para una operación aérea. Por ello, el objetivo primordial del GERPAF es reducir y prevenir los riesgos operacionales por fauna, a

través de la caracterización de la diversidad de la fauna y la evaluación de la peligrosidad de las especies según el riesgo que representan para las operaciones aéreas (Aerocivil, 2008, Carrillo-Chica *et al.* 2018).

Este hallazgo, hace parte de observaciones de monitoreo de fauna dentro del Aeropuerto Internacional El Edén, donde exponemos una anidación inusual del Colibrí mango pechinegro (*Anthracothorax nigricollis*).

METODOLOGÍA

El Aeropuerto Internacional El Edén está ubicado entre los municipios de La Tebaida y Armenia, en el departamento del Quindío. Ubicado a 18 km al suroccidente del centro de la ciudad de Armenia. Sus coordenadas geográficas son: 4° 27' 06.31" de latitud norte y 75° 45' 59.22" de longitud oeste, y está a 1215 (3986 ft)

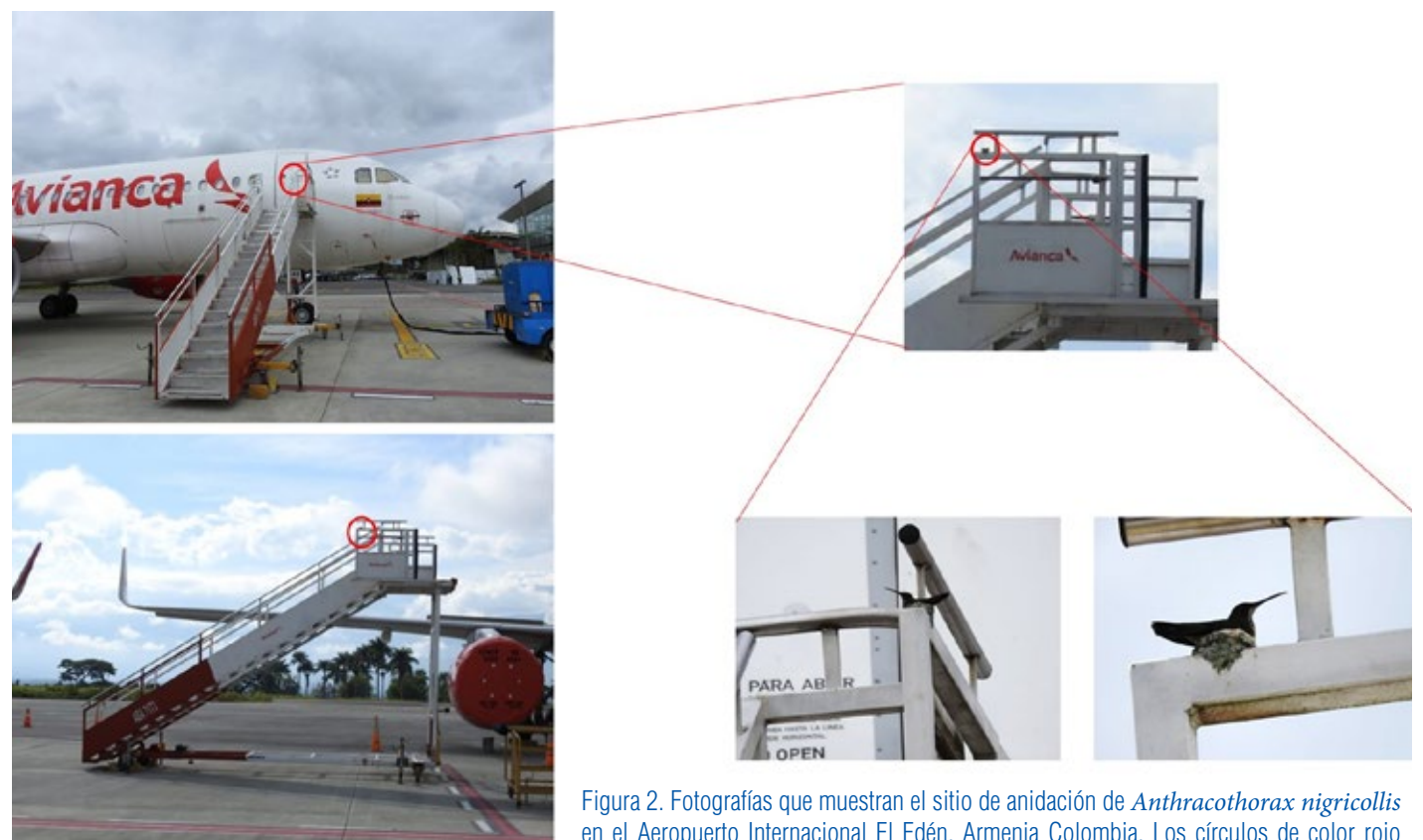


Figura 2. Fotografías que muestran el sitio de anidación de *Anthracothorax nigricollis* en el Aeropuerto Internacional El Edén, Armenia Colombia. Los círculos de color rojo señalan la ubicación del nido en la escalera de abordaje.

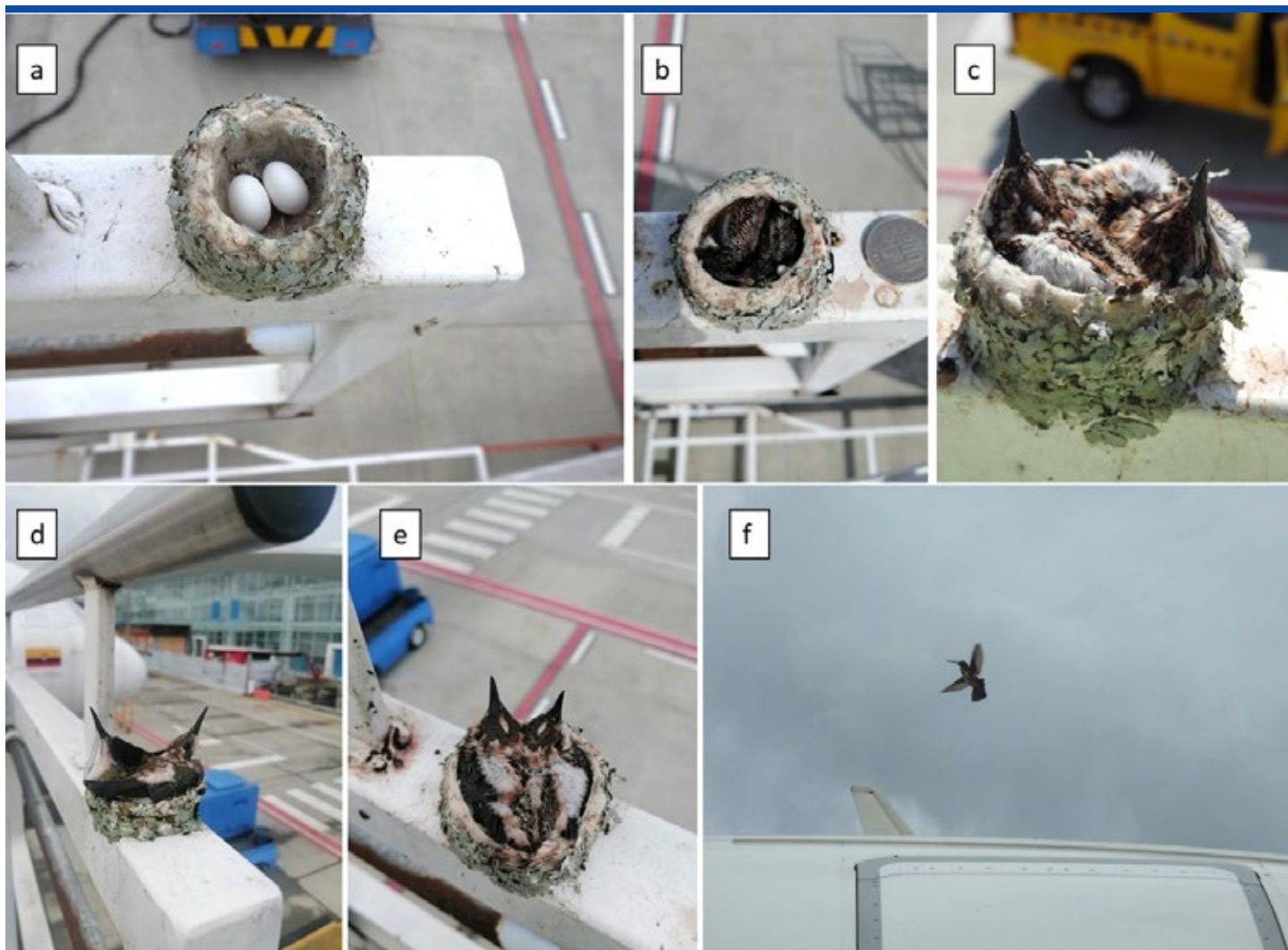


Figura 3. Fotografías que muestran el nido de *Anthracothorax nigricollis* en el Aeropuerto Internacional El Edén, Armenia Colombia en julio y agosto del 2020. A. Nido con los dos huevos. B. Polluelos después de un día de la eclosión de los huevos (01 de agosto de 2020). C. Polluelos dentro del nido observados el 8 de agosto. D y E. Polluelos dentro del nido observados el 17 y 19 de agosto respectivamente. F. Hembra de *Anthracothorax nigricollis* en vuelo cerca del nido. Fotos: Diana Lorena López.

msnm. El clima de Armenia se caracteriza por ser templado – húmedo. El promedio de lluvia total anual es de 2163 mm y los meses de julio y agosto son los más secos del año. La temperatura mínima promedio en temporada seca se ubica entre 15 y 17 °C, y en temporada de lluvias las mínimas se ubican entre 14 y 16 °C (IDEAM, 2013).

En el área de influencia directa del Aeropuerto Internacional El Edén se encuentran relictos de bosques de galería donde predomina la guadua (*Guadua angustifolia*) la cual es extraída constantemente, por lo que son áreas muy interve-

nidas. En otras áreas alrededor del aeropuerto también se evidencian cultivos de café, plátano, banano, papayos, piña y cítricos. También predominan pastizales para ganadería, zonas arboladas con jardines y algunos fragmentos de setos vivos que sirven de límites a las fincas (Planeta Azul, 2018, López, 2022, en prep.).

Una de las actividades del Programa de Gestión del Riesgo para el control del Peligro Aviario y Fauna GERPAF del aeropuerto El Edén de Armenia, consiste en el monitoreo de la avifauna, el cual se realiza mediante observaciones de punto

fijo en tres áreas importantes dentro del aeropuerto, sobre un área circular con centro en el observador en bloques de cuatro horas (6:00-10:00, 10:00-14:00, 14:00-18:00), y eventos de observación de 15 minutos. Los registros que se presentan en este artículo corresponde a las observaciones realizadas durante la época de pandemia (julio a septiembre del 2020).

La identificación de la especie se realizó mediante guías especializadas de la avifauna colombiana como: Hilty y Brown (1986), Restall *et al.* (2006), Mc Mullan (2018), Ayerbe (2018). Remsen *et al.* (2022). Se re-

gistró el comportamiento de anidación de *A. nigricollis* y se obtuvieron registros fotográficos del desarrollo de anidación del colibrí. Del mismo modo, se tomó registro del canto de ave, lo cual fue depositado en la base de datos de Xeno-canto América (XC751226, www.xenocanto.org).

RESULTADOS

En plena época de pandemia del virus Covid -19, el 09 de julio del 2020 se observó una hembra de *A. nigricollis* construyendo un nido sobre el borde de una escalera de abordaje de un avión A320 a una altura de 4.45 m del suelo (Figura 2). Dicha escalera estaba estacionada cerca del avión desde hace dos meses atrás, pues debido al confinamiento del Covid -19 no estaba al servicio de alguna operación aérea.

El 13 de julio se observó a una hembra de *A. nigricollis* construyendo el nido, el cual estaba expuesto a la lluvia, al sol y a cualquier tipo de predador (ave, reptil o mamífero). Su forma era circular y estaba conformada por fibras de algodón y líquenes (Figura 3, Tabla 1). El día 22 de julio se observó por primera vez la presencia de dos huevos dentro del nido y para no alterar a la hembra o provocarle estrés, se midieron los huevos utilizando elementos como referencias de tamaño cerca de estos (Tabla 1). A partir de ese día se hicieron visitas al nido tres veces por semana obteniendo 17 visitas con 34 horas de observación focal directa. La eclosión de los huevos ocurrió el 31 de julio los cuales eran de similar tamaño (Figura 3a). Desde el 31 de julio al 8 de agosto los pichones se observaban con los ojos cerrados, un plumaje oscuro y algunas plumas blancas que sobresalían del nido (Figura 3c). Después de los ocho días de esta observación, se

notó el plumaje de coloración clara en su espalda y los ojos totalmente abiertos. En ocasiones la hembra se alejaba del nido y cuando llovía no se ausentaba del mismo, por lo que protegía a los polluelos de la intemperie.

A los 14 días después de la eclosión, los polluelos tenían el plumaje de color verde intenso y la hembra se desplazaba hacia un árbol ubicado al frente de la plataforma del aeropuerto y allí se refugiaba en horas nocturnas. El día 17 de agosto se observó movimientos de las alas por parte de los polluelos y un plumaje más abundante y extenso en su cuerpo (Figura 3d y 3e). Del 17 al 19 de agosto, los pichones extendían sus alas y en ocasiones sobresalían a la orilla del nido junto con la madre. Del mismo modo, se observó que la hembra era agresiva con otras aves, gatos o personas que se acercaban al lugar (Figura 3f). El 21 de agosto, se observó el vuelo de los pichones en compañía de su mamá lo cual duró unos instantes hasta que se desplazaron hacia el árbol que estaba frente de la plataforma y en donde la hembra antes se refugiaba.

DISCUSIÓN

Este registro de anidación de *A. nigricollis* además de ser una anidación inusual y curiosa, corrobora algunos aspectos del comportamiento de esta ave como el construir el nido a más de 2 metros de altura (Schuchmann, 1999, Schuchmann y Kirwan, 2020). Después de la eclosión de los huevos y la retirada de la hembra con los pichones, se corroboró que el nido estaba compuesto por fibras vegetales (algodón) cubierto en su mayoría por líquenes. Dichas características también son descritas en otras observaciones de anidación de *A. nigricollis* (Schu-

chmann, 1999, Hayes *et al.* 2002) y *A. prevostii* (Calderón, 2005, Zúñiga-Morales, 2020).

El sitio de anidación de *A. nigricollis* era una escalera que se utiliza para el abordaje y arribo de pasajeros para aviones tipo Airbus, lo cual estaba inactiva debido al confinamiento del Covid- 19. Sin embargo, no determinamos el motivo principal de la preferencia de anidación en este sitio, ya que consideramos que estaba vulnerable y expuesto a cualquier predador. En otros estudios sobre comportamiento de colibríes del género *Anthracothorax* han sido reportados nidos en árboles, recursos que abundan en el área de influencia del aeropuerto, pues este tiene a su alrededor pequeñas franjas de bosques secundarios y fragmentos boscosos que se conectan con grandes plantaciones. Por ende, consideramos que *A. nigricollis* utilizaba los estratos de fragmentos de bosque para otros propósitos y no para anidar, así como lo sugiere Araujo-Silva y Bessa (2010).

En ocasiones, algunas personas inspeccionaban el avión que estaba cerca de la escalera y la hembra de *A. nigricollis* se quedaba cerca del nido. Cabe señalar que el género *Anthracothorax* se caracteriza por presentar baja sensibilidad a la perturbación (Stotz *et al.* 1996, Asciano *et al.* 2017).

Se observó la eclosión de dos huevos de similar tamaño de un polluelo del otro, en contraste a estudios similares donde es evidente la diferencia de tamaños entre polluelos (Schuchmann, 1999, Calderón, 2005). Durante las observaciones, rara vez se detectó el macho de *A. nigricollis* acercarse al nido o interactuando con la hembra, en contraste a otros estudios donde el macho de *A. nigricollis* si ha evidenciado algún

comportamiento de anidación (Rochford, 2012) al igual que el macho de *A. prevostii* (Fogden *et al.* 2014, Zúñiga-Morales, 2020).

Contando desde el día de la eclosión que fue el 21 de julio, los polluelos permanecieron en el nido por 22 días, esto es similar con otros estudios en donde se refiere la permanencia de los polluelos de *Anthracothonax* durante 20 a 25 días dentro del nido (Schuchmann, 1999, Calderón, 2005, Zúñiga-Morales, 2020).

Otros estudios que reportan la anidación del género *Anthracothonax*, han señalado la presencia de hormigas género *Pseudomyrmex* cerca del nido donde al pare-

cer ofrecen cierta protección contra predadores terrestres (Janzen 1969, Calderón, 2005). Sin embargo, no se evidenció la presencia de estos insectos quizás por tratarse de un sitio artificial (escalera de abordaje de aviones).

CONCLUSIONES

Este es el primer reporte de anidación del colibrí mango pechinegro (*Anthracothonax nigricollis*) en un sitio artificial, en el cual se registró el cuidado de la hembra de *A. nigricollis* al nido y posteriormente de los polluelos, a pesar de las condiciones de perturbación, exposición a condiciones climáticas, a predadores y demás.

La caracterización de fauna en el aeropuerto es de vital importancia para conocer la comunidad de aves que interactúan con el entorno a pesar de la perturbación que genera un lugar como este.

Las observaciones periódicas de la avifauna asociada a los aeródromos con el objetivo de prevenir riesgos operacionales, contribuye al conocimiento comportamental de varias especies y a su vez genera importantes aportes científicos.

AGRADECIMIENTOS

Aeronáutica Civil de Colombia
Consortio Aviario 1922
Personal aeroportuario El Edén de Armenia. ■



PRÓXIMAMENTE

AVALADO ENDORSED

SELLO DE BUEN SERVICIO EN MANEJO Y GESTIÓN
DE FAUNA EN AERÓDROMOS



DIPLOMADO VIRTUAL
GESTIÓN DE RIESGOS POR FAUNA EN LA AVIACIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Captura y Reubicación de Fauna Silvestre de un Aeropuerto a un Área Natural Protegida.**
- Airports Council International. (2013). *Wildlife hazard management handbook*. Second edition. Montreal, Canada. 38 Pp.
 - Brambila Navarrete, J. (s/f). *Métodos y técnicas de manejo y conservación para anfibios y reptiles en campo: análisis, evaluación y aprovechamiento sustentable en México*. Recuperado de: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/Sicoseltranet/ProductosEsperados/2943_2006_Manual_de_anfibios_y_reptiles.pdf
 - Bustamante R., Oporto, A., Moraga, S., De La Barrera, F., Sepúlveda, G. & Moreira, D. (2009). Informe sobre mitigación de impacto ambiental en fauna silvestre: Rescate y relocalización. SAG-Universidad de Chile.
 - Cleary, E. C. y Dolbeer, R. A. (2005). *Manejo del riesgo por fauna silvestre en aeropuertos*. 2da. Edición. University of Nebraska-Lincoln, EUA. 389 Pp.
 - Conover, M. R. (2002). *Resolving human-wildlife conflicts*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
 - Curtis, P. D., Cepek, J. D., Mihalco, R., Seamans, T. W. & Craven, S. R. (2013). *Wildlife translocation as a management alternative at airports*. USDA National Wildlife Research Center – Staff Publications 1468. Recuperado de https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/1468
 - Fernández-Badillo, L., Zuria, I., Sigala-Rodríguez, J., Sánchez-Rojas, G. y Castañeda-Gaytán, G. (2021). Revisión del conflicto entre los seres humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation* 44(2):153-174.
 - Gallina Tessaro, S. (Ed.). (2015). *Manual de técnicas del estudio de la fauna*. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 210 Pp.
 - Gallina Tessaro, S. y López-González, C. (Eds.). (2011). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro – Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 Pp.
 - Hallett, C. E. y Atwell, N. (2008). Capture, color-marking and translocation of resident and non-resident Red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis*) at Portland International Airport 1999-2007: Overview and evaluation of an innovative program. *Bird Strike Committee USA/Canada Meeting*. Florida, USA.
 - Harris, R. E. y Davis, R. A. (1998). Evaluation of the efficacy of products and techniques for airport bird control. *Transport Canada*. Ottawa, Ontario, Canada. 107 Pp.
 - Hughes, W. M. (1967). Birds trapped on Vancouver International Airport banded and released January 1964 – May 15, 1967. *Nat. Res. Council. Can. Assoc. Comm. Bird Hazards to Aircr. Field Note* 47.
 - Massei, G., Qu, R. J., Gurney, J. & Cowan, D. P. (2010). Can translocations be used to mitigate human-wildlife conflicts? *Wildlife Research* 37:428-439.
 - Pineda Alcázar, L. A., Espinosa Gil, L. A., Insaurralde Gavilán, F. R. y Ruíz Díaz Sosa, M. N. (2019). Evaluación de la eficacia de técnicas de control de fauna (Monografía de diplomado). Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Asunción, Paraguay. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13178.44486>
 - Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2020. *Medidas y protocolos para llevar a cabo la liberación de ejemplares de vida silvestre*. <http://www.gob.mx/profepa/articulos/medidas-y-protocolos-para-llevar-a-cabo-la-liberacion-de-ejemplares-de-vida-silvestre?idiom=es>
 - Sánchez Herrera, O., López Segura Juárez, G., García Naranjo Ortiz de la Huerta, A. y Benítez Díaz, H. (2011). Programa de monitoreo del Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belize-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 270 Pp.
 - Torres-Mura, J. C., Riveros-Riffo, E. y Escobar-Gimpel, V. (2014). Guía técnica para implementar medidas de rescate/relocalización y perturbación controlada. 45 Pp.
 - Villaverde-Limón, L. E. y Pineda-Alcázar, L. A. (2016). Índice integral de riesgo de fauna para los aeropuertos (Memorias del Curso-Taller Internacional "Manejo y Control de Fauna en Aeropuertos"). APSACA Consultores, S.C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
 - Wernaart, M. y McIlveen, W. D. (1989). Results of the banding and relocation program for raptors trapped at Pearson International Airport Toronto 1984 to 1988. *Ontario Bird Banding* 20(21):62-64.
 - Zuria, I., Olvera-Ramírez, A. M. y Ramírez-Bastida, P. (Eds.). (2019). *Manual de técnicas para el estudio de fauna nativa en ambientes urbanos*. REFAMA/UAQ. Querétaro, México. 213 Pp.
 - **GPS: Gestión Por Seguimiento**
 - Arondo, E., Moleón, M., Cortés-Avizanda, A., Jiménez, J., Beja, P., Sánchez-Zapata, J.A., Donázar, J.A. (2018). Invisible barriers: Differential sanitary regulations constrain vulture movements across country borders, *Biological Conservation* 219: 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.039>
 - Arondo, E., García-Alfonso, M., Blas, J., Cortés-Avizanda, A., Riva, M., DeVault, T. L., Fiedler, W., Flack, A., Jiménez, J., Lambertucci, S. A., Margalida, A., Oliva-Vidal, P., Phipps, W. L., Sánchez-Zapata, J. A., Wikelski, M., Donázar, J. A. Use of avian GPS tracking to mitigate human fatalities from bird strikes caused by large soaring birds. (2021). *Journal of Animal Ecology* 58(7): 1411-1420. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13893>
 - Bécarea, J., Blas, J., López-López, P., Schulz, H., Torres-Molina, F., Flack, A., Enggist, P., Höfle, U., Bermejo, A. y De la Puenta, J. (2019). Migración y ecología espacial de la cigüeña blanca en España. Monografía n.º 5 del programa Migra. SEO/BirdLife. Madrid. <https://doi.org/10.31170/0071>
 - Cortés-Avizanda, A. (29 de enero de 2020). Movimientos de buitres negros en Mallorca: visitas al entorno del aeropuerto de Son San Joan. [Sesión de conferencia]. II Foro Nacional de Aviación y Fauna, Madrid, España. https://www.seguridadaerea.gob.es/sites/default/files/12_csic_movimientos_buitres_negros_mallorca.pdf
 - Heisman, R. (Primavera 2022). A Brief History of How Scientists Have Learned About Bird Migration. Audubon. <https://www.audubon.org/magazine/spring-2022/a-brief-history-how-scientists-have-learned-about>
 - Joo, R., Picardi, S., Boone, M. E., Clay, T. A., Patrick, S. C., Romero-Romero, V. S. y Basille, M. (2020). A decade of movement ecology. *arXiv:2006.00110v1 [q-bio.PE]*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.00110>
 - Margalida, A. (2016). Stop vultures from striking aircraft. *Nature* 536: 274.
 - Moreno-Opo, R. y Margalida, A. (2017). Large birds of prey, policies that alter food availability and air traffic: a risky mix for human safety. *Human-Wildlife Interactions* 11(3):339-350, Winter 2017.
 - McKee, J., Shaw, P., Dekker, A. y Patrick, K. (2016). Approaches to Wildlife Management in Aviation. En F. M. Angelici (Ed.), *Problematic Wildlife. A Cross-Disciplinary Approach* (pp. 465-488). Springer.
 - Metz, I. C., Ellerbroek, J., Mühlhausen, T., Kügler, D. y Hoekstra, J. M. (2020). The Bird Strike Challenge. *Aerospace* 7(3), 26. <https://doi.org/10.3390/aerospace7030026>
 - Resolución de 28 de junio de 2021, de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y De-

- sertificación [Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico], por la que se publica el Convenio con la Agencia Estatal de Seguridad Aérea y AENA, S.M.E., SA, para realizar un estudio del comportamiento de buitres que permita tomar medidas para evitar la confluencia de estas aves con la aviación.
- Urios, V., Romero, M. y Mellone, U. (2015). The use of satellite telemetry for the study of the movement ecology of raptors. *Publicacions de la Universitat d'Alacant*.
 - Whitney, K. (Marzo 2022). *History of Wildlife Tracking Technologies*. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. <https://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-725>.
 - ***Formulación Metodológica para el Monitoreo de La Avífauna en el Exterior de Los Aeropuertos Tropicales**
 - Alquezar, R. D., Tolesano-Pascoli, G., Gil, D., & Macedo, R. H. (2020).
 - Avian biotic homogenization driven by airport-affected environments. *Urban Ecosystems*, 23(3), 507-517. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00936-0>
 - Andersson, K., Davis, C. A., Blackwell, B. F., & Heinen, J. R. (2017).
 - Wetland bird abundance and safety implications for military aircraft operations. *Wildlife Society Bulletin*, 41(3), 424-433. <https://doi.org/10.1002/wsb.804>
 - Belant, J. L., Ayers, C. R., National Research Council, Airport Cooperative Research Program, & Federal Aviation Administration. (2014). *Habitat management to deter wildlife at airports* (Vol. 52). Transportation Research Board.
 - Blackwell, B. F., Seamans, T. W., Fernández-Juricic, E., Devault, T.
 - L. y Outward, R. J. (2019). Avian responses to aircraft in an airport environment. *The Journal of Wildlife Management*, 83(4), 893-901. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21650>
 - Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E., & Dolbeer, R.
 - A. (2009). Wildlife collisions with aircraft: a missing component of land-use planning for airports. *Landscape and Urban Planning*, 93(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.07.005>
 - Beffre, S. J., & Washburn, B. E. (2020). Talking trash in the Big Apple: mitigating bird strikes near the North Shore Marine Transfer Station. *Human-Wildlife Interactions*, 14(1), 10. <https://doi.org/10.26077/pr0z-sf91>
 - Codesido, M., & Bilencu, D. N. (2000). Comparación de los métodos de transecta de faja y de conteo de puntos de radio fijo en una comunidad de aves del bosque semiárido santiaguino. *El Hornero*, 15(02), 085-091.
 - El-Sayed, A. (2019). *Bird strike in aviation: Statistics, analysis, and management*. John Wiley & Sons.
 - Hu, Y., Xing, P., Yang, F., Feng, G., Yang, G. y Zhang, Z. (2020). A birdstrike risk assessment model and its application at Ordos Airport, China. *Scientific Reports*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76275-z>
 - International Civil Aviation Organization (ICAO). (2020). Doc. 9137. *Airport Services Manual. Part 3. Wildlife Control Hazard Management*. ICAO.
 - DeVault, T. L., Blackwell, B. F., Seamans, T. W. y Belant, J. (2016).
 - Identification of off-airport interspecific avian hazards to aircraft. *The Journal of Wildlife Management*, 80(4), 746-752. <https://doi.org/10.1002/jwmg.1041>
 - DeVault, T. L., & Washburn, B. E. (2013). Identification and management of wildlife food resources at airports. Pages 79-90 in T. L. DeVault, B. F. Blackwell, and J. L. Belant, editors. *Wildlife in airport environments: preventing animal-aircraft collisions through science-based management*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA
 - Dolbeer, R. A., Begier, M. J., Miller, P. R., Weller, J. R. y Anderson, A. L.
 - (2022). *Wildlife strikes to civil aircraft in the United States, 1990-2021* (No. DOT/FAA/TC-22/21). USDA.
 - Durán-Márquez, H. E. (2022). Aproximación teórica a la definición del concepto de sitio atractivo de avifauna fuera del aeropuerto. *Ciencia y Poder Aéreo*, 17(1), 99-110. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareo.743>
 - Fernández-Juricic, E., Brand, J., Blackwell, B. F., Seamans, T. W. y DeVault, T. L. (2018). Species with greater aerial maneuverability have higher frequency of collisions with aircraft: A comparative study. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(17). <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00017>
 - González-Acuña, D., Valenzuela-Dellarossa, G., Barrientos, C., Ardiles, K., Godoy, C., & Figueroa, R. A. (2006). Aves del Aeródromo Bernardo O'Higgins de Chillán, Región del Bío-Bío, Chile. *Boletín Chileno de Ornitología*, 12, 15-25.
 - Marateo, G., Grilli, P., Ferretti, V. y Bouzas, N. (2011). Diagnóstico de riesgo aviario en un aeródromo de un área megadiversa del Perú. *Revista Conexao sipaer*, 3(2), 203-227.
 - MacKinnon, B. (2004). *Sharing the skies. An aviation industry guide to the management of wildlife hazards*. Report TP, 13549. Transportation Canada, Aviation Publishing Division, Ottawa, Ontario, Canada.
 - Ning, H. y Chen, W. (2014). Bird strike risk evaluation at airports. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 86(2), 129-137. <https://doi.org/10.1108/AEAT-07-2012-0111>
 - Noon, B. R. (2003). Conceptual issues in monitoring ecological resources.
 - IN: DE Busch, JC Trexler (eds). *Monitoring ecosystems: interdisciplinary approaches for evaluating ecoregional initiatives*.
 - Ojasti, J. y Dallmeier, F. (2000). *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. SI/MAB Series #5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program.
 - Steele, W. K., & Weston, M. A. (2021). The assemblage of birds struck by aircraft differs among nearby airports in the same bioregion. *Wildlife Research*. <https://doi.org/10.1071/WR20127>
 - Wunderle, J. M. (1994). *Métodos para contar aves terrestres del Caribe*.
 - Southern Forest Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture.
 - Van Gasteren, H., Krijgsveld, K. L., Klauke, N., Leshem, Y., Metz, I. C., Skakuj, M., Sorbi, S., Schekler, I. y Shamoun-Baranes, J. (2018). Aeroecology meets aviation safety: early warning systems in Europe and the Middle East prevent collisions between birds and aircraft. *A Journal of Space and Time in Ecology*, 42(5), 899-911. <https://doi.org/10.1111/ecog.04125>
 - ***Evaluación de un Índice de Riesgo de Wildlife Strike en Aeropuertos Mexicanos.**
 - Allan, J. (2006). A heuristic risk assessment technique for birdstrike management at airports. *Risk Analysis*, 26(3), 723-729. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00776.x>
 - Allan, J., & Orosz, A. P. (2001). *The Cost of Birdstrikes to Commercial Aviation 2001 Bird*

Strike Committee-USA/Canada, Third Joint Annual Meeting, Calgary, AB, Calgary, Canada. <https://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2001/2>


- Banco Mundial. (2021). Transporte aéreo, partidas de vuelos en todo el mundo de compañías registradas en el país. Recuperado el 23 Septiembre 2021, de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.DPRT>
- Barton, G. G., & Sandercock, B. K. (2017). Long-term changes in the seasonal timing of landbird migration on the Pacific Flyway. *The Condor*, 120(1), 30–46. <https://doi.org/10.1650/condor-17-88.1>
- Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G., & Schulerberg, T. S. (2020). Birds of the World Recuperado el 29 September 2021, de: <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- Carter, N. (2001, August 27–30 2001). All Birds are not created equal: Risk assessment and prioritization of wildlife hazards at airfields. *Bird Strike Committee Proceedings*, Calgary, Canada.
- del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A., & Kirwan, G. (2014). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Recuperado el May 20 2020, de: <http://www.hbw.com/>
- Devault, T. L., & Washburn, B. E. (2013). Identification and Management of Wildlife Food Resources at Airports. In T. L. Devault, B. F. Blackwell, & J. L. Belant (Eds.), *Wildlife in Airport Environment: Preventing Animal-Aircraft Collisions through Science-Based Management* (pp. 79–90). The Johns Hopkins University Press.
- Dolbeer, R. A. (2006). Height distribution of birds recorded by collisions with civil aircraft. *Journal of Wildlife Management*, 70(5), 1345–1350. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2006\)70\[1345:HDOBRB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2006)70[1345:HDOBRB]2.0.CO;2)
- FAA. (2021a, Agosto 11, 2021). Frequently Asked Questions and Answers. Retrieved Octubre 13 from https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/faq/
- FAA. (2021b). *Wildlife Strike Database*. Recuperado el March 12 2020, de: <https://wildlife.faa.gov/search>
- Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Strimas-Mackey, M., Robinson, O., Ligocki, S., Petersen, B., Wood, C., Davies, I., Sullivan, B., Iliff, M., & Kelling, S. (2021). eBird Status and Trends, Data Version: 2018 Recuperado el 13 April 2020, de: <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2020>
- Gibbons, D. W., & Gregory, R. D. (2006). *Birds*. In W. J. Sutherland (Ed.), *Ecological Census Techniques: A Handbook* (2nd ed., pp. 308–344). Cambridge University Press.
- ICAO. (2017). 2008 - 2015 Wildlife Strike Analysis (IBIS). Retrieved Apr 15, 2019 from [https://www.icao.int/safety/IBIS/2008%20-%202015%20Wildlife%20Strike%20Analyses%20\(IBIS\)%20-%20EN.pdf](https://www.icao.int/safety/IBIS/2008%20-%202015%20Wildlife%20Strike%20Analyses%20(IBIS)%20-%20EN.pdf)
- ICAO. (2020). Doc 9137. *Airport Services Manual (Fifth Edition ed.)*. ICAO.
- Lisovski, S., Németh, Z., Wingfield, J. C., Krause, J. S., Hobson, K. A., Seavy, N. E., Gee, J., & Ramenofsky, M. (2019). Migration pattern of Gambel's White-crowned Sparrow along the Pacific Flyway. *Journal of Ornithology*, 160(July), 1097–1107. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01685-4>
- OACI. (2012). *Manual de servicios de aeropuertos*.
- Schwarz, K., Belant, J., Martin, J., DeVault, T., & Wang, G. (2014). Behavioral traits and airport type affect mammal incidents with U.S. civil aircraft. *Environmental Management*, 54, 908–918. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0345-4>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2022). *Estadística Operativa de Aeropuertos*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Retrieved Enero 20, 2022 from <https://www.gob.mx/afac/acciones-y-programas/estadisticas-280404/>
- Soldatini, C., Albores-Barajas, Y. V., Lovato, T., Andreon, A., Torricelli, P., Montemaggiore, A., Corsa, C., & Georgalas, V. (2011). Wildlife strike risk assessment in several Italian airports: Lessons from BRI and a new methodology implementation. *PLOS ONE*, 6(12), e28920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028920>
- Soldatini, C., Georgalas, V., Torricelli, P., & Albores-Barajas, Y. V. (2010). An ecological approach to birdstrike risk analysis. *European Journal of Wildlife Research*, 56(4), 623–632. <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0359-z>
- Thorpe, J. (2015). Conflict of Wings: Birds Versus Aircraft. In A. Francesco M. (Ed.), *Problematic Wildlife. A Cross-Disciplinary Approach* (pp. 443–463). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22246-2_21
- Whitworth, D., Newman, S., Mundkur, T., & Harris, P. (2007). *Wild Birds and Avian Influenza - An introduction to applied field research: No. 5*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wilson, R. M. (2010). *Seeking Refuge: Birds and Landscapes of the Pacific Flyway*. University of Washington Press. www.jstor.org/stable/j.ctvcwnm38
- ***Aproximación a un Análisis Comparativo del Manejo, uso y Efectividad de Herramientas de Dispersión de Fauna en Dos Aeropuertos de Colombia**
- Aerocivil (2018)- Estudio de Riesgo y Programa Aeroportuario de Gestión de Riesgos por Fauna – Aeropuerto El Alcaraván de Yopal.
- Aerocivil (2021)- Estudio de Riesgo y Programa Aeroportuario de Gestión de Riesgos por Fauna – Aeropuerto El Edén de Armenia.
- Dolbeer R., Begier M., Miller P., Weller J., Anderson A. (2019) *Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States, 1990–2018*. Federal Aviation Administration & U.S. Department of Agriculture Wildlife Services. Serial Report Number 25. Washington, D.C.
- Cleary E., Dolbeer R. (2005). *Manejo del Riesgo por Fauna Silvestre en Aeropuertos*. 2ª Edición. *Bird Strike Committee Proceedings*. University of Nebraska - Lincoln.
- IDEAM. (2013). *Climatología Aeronáutica, Aeródromo El Edén SKAR – Armenia*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales subdirección de meteorología grupo de meteorología aeronáutica. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá, DC, Colombia. 269 pp.
- ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL-OACI (2020). Documento 9137Manual de servicios de aeropuertos, Parte 3 — Gestión del peligro que representa la fauna silvestre. Quinta edición.
- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia UAEAC. (2016). Programa Nacional de Limitación de Fauna en Aeropuertos. GSAP-1.0-07-001. V3. Bogotá, Colombia.
- ***Anidación Inusual del Colibrí Mango Pechinegro (Anthracothonax nigricollis) (Vieillot, 1817) en el Aeropuerto Internacional El Edén, Armenia, Colombia.51**
- Aeronáutica Civil de Colombia – Aerocivil. (2008). Programa Nacional de Limitación de Fauna Silvestre en los Aeropuertos. Sistema de Gestión para la seguridad operacional (SIGE-SOA-FAUNA). Unidad administrativa Especial de la Aeronáutica Civil. Colombia. 100 Pp.
- Aeronáutica Civil de Colombia – Aerocivil. (2016). Programa Nacional De Limitación de Fauna En Aeródromos. Sistema de Gestión para la Seguridad Operacional (SIGESOA – Fauna). Bogotá, Colombia. 68 pp
- Araujo-Silva, L. E., y Bessa, E. (2010). Territorial behaviour and dominance hierarchy of *Anthracothonax nigricollis* Vieillot 1817 (Aves: Trochilidae) on food resources. *Revista Brasileira de Ornitología*, 18(2):89-96.
- Araujo, A.C., y Sazima, M. (2003). The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the capões of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora*, vol. 198, pp. 427-435.
- Ayerbe Quiñones, F. (2018). Guía ilustrada de la Avifauna colombiana – A Field Guide to the Birds of Colombia. *Wildlife Conservation Society*.
- Borgella, R. JR., Snow, A.A., y Gavin, TA. (2001). Species richness and pollen loads of hummingbirds using forest fragments in southern Costa Rica. *Biotropica*, vol. 33, pp. 90-109.
- Calderón, D. (2005). Notes on a nest of the Green-breasted Mango *Anthracothonax prevostii* hendersonii on San Andrés Island in the Colombian Caribbean Sea. *Ornitología Colombiana*, 3: 92-96.
- Carrillo-Chica, E., Gallardo, A., Peña, L. R., Torres, Y., Mayorga, A., Durán, H., Capera, X., Restrepo M., y Jaramillo, L. F. (2018). Aves en áreas de influencia aeroportuaria - Amazonia colombiana. Guía de campo de la avifauna registrada en los aeropuertos del sur de Colombia. *Field Guides Field Museum, Chicago*. Fichas electrónicas Environmental & Conservation Programs, The Field Museum, Chicago, IL 60605 USA. <https://fieldguides.fieldmuseum.org/>
- Cotton, PA. (1998). Coevolution in Amazonian hummingbirdplant community. *Ibis*, vol. 140, p. 639-646.
- Diamond, JM., Karasov, WH., Phan, D., y Carpenter, FL. (1986). Digestive physiology is a determinant of foraging bout frequency in hummingbirds. *Nature*, vol. 320, p.p. 62-63.
- Fogden, M., Taylor, M., y Williamson, S. (2014). *Hummingbirds: A guide of every species*. EE. UU: Harper Collins.
- Hayes, F. E., Temple, S. A., y Quesnel, V. C. (2002). In: studies in Trinidad and Tobago ornithology honouring Richard French, pp. 166-180. Department of Life Sciences, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad.
- Hilty, S., y Brown, B. (1986). *A guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA.
- IDEAM. (2013). *Climatología Aeronáutica, Aeródromo El Edén SKAR – Armenia*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales subdirección de meteorología grupo de meteorología aeronáutica. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá, DC, Colombia. 269 pp.
- Janzen, D. H. (1969). Birds and the ants x acacia interaction in Central America, with notes on birds and other myrmecophytes. *The Condor*, 71: 240-256.
- McMullan, M., Donegan, T., Pantoja-Peña, G., Tuncer-Navarro, T., Bartels, A., y Ellery, T. (2018). *Field Guide to the Birds of Colombia*. Rey Naranjo Editores. Bogotá D.C. Colombia.
- López, D.L. (2022). Implementación del programa de mejoramiento para la prevención del peligro aviario en el Aeropuerto Internacional El Edén de la ciudad de Armenia. Informe final y plan de manejo. Consorcio Aviario 1922. Aeronáutica Civil de Colombia – INCOPLAN. Bogotá, D.C. Colombia. Informe en preparación.
- Planeta Azul. (2018). Implementación del programa de mejoramiento para la prevención del peligro aviario en el Aeropuerto Internacional El Edén de la ciudad de Armenia. Informe final Aeronáutica Civil de Colombia, Bogotá, D.C. Colombia.
- Remsen, J. V., Areta, Jr J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, A., Lane, D. F., Pacheco, J. F., Robbins, M. B., Stiles, F. G., y Zimmer, K. J. (2022). A classification of the bird species of South America. *American Ornithological Society*. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Restall, R., Rodner, C., y Lentino, M. (2006). *Birds of Northern South America An Identification Guide*. Volume 2. Yale University Press. New Haven, Connecticut, USA.
- Rochford, M. (2012). Nesting Behaviour by a Male Plumaged Black-throated Mango Hummingbird, *Anthracothonax nigricollis nigricollis*. *Living World, Journal of The Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club*, 2012, pp. 80.
- Stiles, F.G. (1981). Geographical aspects of bird-flower coevolution, with particular reference to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, St. Louis, 68:323-351.
- Stiles, FG. (1975). Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology*, vol. 56, p. 285-301. <http://dx.doi.org/10.2307/1934961>
- Schuchmann, K.L., y Kirwan, G.M. (2020). Black-throated Mango (*Anthracothonax nigricollis*). In: Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A., y De Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Schuchmann, K. L. (1999). Family Trochilidae (Hummingbirds) In Del Hoyo p. 468-680. In J. A. Elliott and J. Sargatal, eds. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 5. Lynx Edicions, Barcelona. <http://creagrus.home.montereybay.com/hummingbirds>
- Stotz, D., Fitzpatrick, J., Parker, T., y Moskovits, D. (1996). *Neotropical Birds Ecology and Conservation*. EE. UU: University of Chicago Press.
- Zúñiga-Morales, D.G. (2020). Observación del cuidado biparental del Manguito Pechiverde *Anthracothonax prevostii* (Lesson, 1832) en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Zeledonia* 24:1



CARSAMPAF



www.comitecarsampaf.com

 [Comite Carsampaf Oficial](#)


 [carsampaf_birdstrike_comitte](#)

Foto: Lina Amicchiario