



## MORTALIDAD DE AVES POR IMPACTOS CON AVIONES EN EL AEROPUERTO DE JAÉN, CAJAMARCA, PERÚ

### BIRD MORTALITY DUE TO AIRCRAFT CLASH AT THE AIRPORT OF JAEN, CAJAMARCA, PERU

Javier Armando Azabache-Requena<sup>1\*</sup>; Ronald Wilmer Marcial-Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Piura, Urb. Miraflores s/n, Castilla- Piura Apartado Postal 295.

Javier Azabache Requena:  
Ronald Marcial Ramos

 <https://orcid.org/0000-0001-9889-074X>  
 <https://orcid.org/0000-0002-3836-1894>

#### Artículo original

Recibido: 28 de agosto 2021  
Aceptado: 23 de noviembre 2021

#### Resumen

Desde enero 2019 a julio 2021 en el aeropuerto de Jaén la tasa de impacto entre aves y aeronaves fue de 0,031 ind. muertos/km/día y se obtuvo una probabilidad acumulada de supervivencia de las aves de 0,9182. De los individuos muertos el 35% correspondieron a Pastorero peruano (*Leistes bellicosus*) seguida de la especie Chotacabras menor (*Chordeilis acutipennis*) con el 21%. El mayor porcentaje de muertes (63,4%) se presentó el 2019. Las variables que tienen mayor relación (80,5%) a los impactos de aves con aviones son: 1) el uso del área de movimiento del aeropuerto por parte de las especies y 2) el comportamiento de los individuos al formar bandadas, ser solitarios o estar en pareja. La densidad de Kernel indicó que el centro de la pista fue donde se encontraron la mayor la cantidad de individuos muertos.

**Palabras clave:** Atropellamientos, poblaciones, riesgo aviario, tránsito aéreo.

#### Abstract

From January 2019 to July 2021 at the Jaen airport, the impact rate between birds and aircraft was 0.031 ind. dead/km/day and a cumulative survival probability of the birds of 0.9182 was obtained. Of the dead individuals, 35% corresponded to Peruvian Pastorero (*Leistes bellicosus*) followed by the lesser nightjar (*Chordeilis acutipennis*) with 21%. The highest percentage of deaths (63.4%) occurred in 2019. The variables that have the greatest relationship (80.75%) to the impacts of birds with airplanes are: 1) the use of the airport movement area by the species and 2) the behavior of individuals when forming flocks, being solitary or being in pairs. The kernel density indicated that the center of the track was where the largest number of dead individuals were found.

**Keywords:** Air traffic, bird risk, populations, run over.

\* Autor para correspondencia: javierazabache7@outlook.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.02.09>

Citar como:

Azabache-Requena, J., & Marcial-Ramos, R. 2021. Mortalidad de aves por impactos con aviones en el aeropuerto de Jaén, Cajamarca, Perú. REBIOL, 41(2):233-245.



## 1. Introducción

Uno de los problemas más interesantes, pero a la vez más desafiantes de la conservación biológica es hacer compatibles las acciones que generan desarrollo económico con las acciones enfocadas en la preservación de los ecosistemas naturales y las especies que los habitan (Sánchez et al., 2013).

Un aeródromo es un área provista de pistas y demás instalaciones necesarias para el despegue y aterrizaje de aviones, si el aeródromo tiene como finalidad el tráfico civil se denomina aeropuerto, raras veces se tiene en consideración si el lugar elegido para tal fin es una zona cuyo hábitat destaca por la abundancia y diversidad de animales. Entre las causas de mortalidad de aves en aeródromos, tres son las principales: 1) El ave choca con la aeronave cuando esta despegue o aterriza 2) por choque de las aves contra la cabina, el timón de cola o el fuselaje de la aeronave estando ya en vuelo y 3) cuando el ave entra a los motores a reacción de un reactor o choca con los rotores de un helicóptero (Cano, 2000).

La Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú (2018) considera impacto de fauna a todo choque de la misma con aeronaves y que cumple con las siguientes condiciones: a) Se evidencia la presencia de rasgaduras, manchas de sangre, restos de fauna o huellas o daño en la estructural a la aeronave generado por el impacto con fauna, b) Personal de tierra o usuarios del aeródromo reportan haber visto a una aeronave impactar con fauna y c) El piloto reporta haber impactado con una o más aves u otro tipo de fauna.

Garmendia et al. (2011) mencionan que en las áreas verdes alrededor de la pista del aeropuerto internacional Augusto Sandino lograron determinar 1155 individuos de aves agrupados en 22 especies, 20 géneros, 15 familias y 9 órdenes. De acuerdo a estos autores la abundancia de *Hirundo rustica* dentro del aeropuerto está relacionada principalmente a la provisión de insectos que se alojan en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje, otras especies como *Quiscalus mexicanus* y *Molothrus aeneus* son atraídos por los insectos y las semillas. A su vez Barrientos et al. (2016) en aeropuerto Carriel Sur de Talcahuano refieren que la alta riqueza de especies parece tener una directa relación con la alta diversidad de hábitats en el área, el predominio de especies paserinas se explicaría por la alta disponibilidad de pastizales, juncuales

y matorrales los cuales aseguran refugio y alimento, además, la amplia diversidad de especies de aves en el aeropuerto atraería también a varias especies de aves rapaces ornitófagas. En ese contexto la International Federation of Air Line Pilots's Associations (2008) recomienda que controlar los atractivos para las aves y otra vida silvestre en los aeropuertos son pasos fundamentales para llevar un buen manejo; si no se realiza este control el plan de manejo de fauna silvestre está condenado al fracaso.

La riqueza de especies faunísticas y el gran poder de adaptación de las aves permiten la permanencia y coexistencia obligatoria de ciertas especies de aves en aeródromos, lo cual constituye un alto riesgo de desaparición para algunas especies de aves (Godínez, 2016).

Normalmente, las condiciones naturales que rodean los aeropuertos contribuyen a un determinado nivel de riesgo de colisiones entre aves y aviones, un gran número de distintas especies de aves mueren por efecto de los impactos con aeronaves en las distintas fases de las maniobras aéreas. Además, los protocolos de seguridad de los aeropuertos promueven la reducción poblacional de aves mediante distintas estrategias de manejo ambiental (Barrientos et al., 2016).

En el Perú desde el 2001 al 2013 la fauna silvestre involucrada en impactos incluye: gallinazos, huerequeques, golondrinas, gaviotas, lekechos, palomas, lechuzas, dormilones, cernícalos, murciélagos, garzas, gavilanes y tórtolas. De los 304 impactos registrados, en el 57 % de casos la especie involucrada ha sido determinada y en el resto no (Vargas, 2013).

De acuerdo a Bauni et al. (2017) diversos trabajos llevados a cabo en Sudamérica, Europa y Estados Unidos (Monroy et al., 2015; Gumier & Sperber, 2009; Carvalo & Mira, 2011) para el caso de número de animales que son chocados por vehículos o aeronaves muestran cifras preocupantes. Por otro lado, también mencionan que no se puede concluir que un grupo taxonómico sea en particular más susceptible a esta situación, y es posible que esto dependa de otros factores intrínsecos, en algunos estudios (Coehlo et al., 2008; Cuyckens et al., 2016; Da Cunha et al., 2010) los mamíferos resultaron ser los más afectados, seguido de las aves y con un menor número los anfibios o reptiles.

De esa manera el objetivo del trabajo fue evaluar la mortalidad de aves en el aeropuerto de Jaén a causa de choque de estas con aviones, a través de la tasa de impacto de las aves con las aeronaves, la probabilidad de supervivencia, las variables que contribuyen a originar estos choques y las especies involucradas, para que a través de esta información se puedan tomar mejores decisiones en el aeropuerto con respecto a esta problemática.

## 2. Materiales y Métodos

### Área de estudio

El aeropuerto de Jaén (05°35'29" S/78°46'17" O, 795

m.s.n.m.) se encuentra en el distrito Bellavista, provincia Jaén, departamento Cajamarca y región Cajamarca. Presenta una pista de 2,4 km de longitud, con una orientación Norte-Sur. Presenta la siguiente vegetación determinada durante el muestreo: escobilla (*Chloris virgata*), cadillo arenoso (*Cenchrus myosuroides*), pata de gallina (*Eulusine indica*), hierba blanca (*Alternanthera halimifolia*), hierba del alacrán (*Heliotropium angiospermum*), tomatillo (*Lycopersicon esculentum*), algodón (*Gossypium barbadense*), faique (*Acacia macracantha*) y cerezo silvestre (*Muntingia calabura*). Este aeropuerto tiene solo atención diurna.



Figura 1. Ubicación del aeropuerto de Jaén.

Entre enero 2019 y julio 2021 diariamente desde las 7 horas a las 18 horas, se evaluó la mortalidad de aves en el aeropuerto por impactos con aviones. Para ello se registraron en un cuaderno de notas a los individuos muertos de la siguiente manera: a) se determinó la especie a la que pertenecía con la ayuda de las guías (Schulenberg et al., 2010; Ugaz & Saldaña, 2014), b) cuantos individuos se encontraban muertos, c) así como las coordenadas UTM de la zona de la pista donde fueron encontrados, la toma de coordenadas se hizo a través de GPS Garmin Etrex 20. Se consideró a un ave muerta por impacto con avión cada vez que el piloto reportaba a torre de control que hubo un choque con ave o cada vez que se hacía una inspección de

pista después del aterrizaje y despegue del avión y se encontraba un ave muerta. Las inspecciones en pista se realizaron en automóvil a una velocidad de 30 km/hr con la finalidad de hacer una observación más detallada.

Una vez colectados los datos se procedió a analizarlos de la siguiente manera:

I) Se determinó la Tasa de impactos (TI), la cual se obtiene a partir del cociente del total de individuos muertos por la longitud en kilómetros de la pista y los días de muestreo (Gonzales, 2018).

II) Con la ayuda del programa BioEstat (Ayres et al., 2007) se describió y graficó el porcentaje de individuos muertos de acuerdo a la especie y año de evaluación.

III) Usando el programa BioEstat se evaluaron 4 variables a través del análisis de componentes principales para saber cuál de ellas podría estar más relacionada con la mortalidad de aves a causa de impactos con aviones, las variables se eligieron de acuerdo a lo planteado por Barrientos et al. (2016), Anicchiarico & Agudelo (2007) y Marateo et al. (2011), estos fueron: a) la abundancia relativa de las especies b) el tamaño de las especies, c) el comportamiento de los individuos al formar bandadas, ser solitarios o estar en pareja y d) el uso del área de movimiento del aeropuerto (pista, calles de rodajes y plataforma) por parte de las aves. Para el caso de

abundancias se registraron las especies y la cantidad de individuos presentes en el aeropuerto a través de los métodos de transectos lineales y búsquedas intensivas, además se realizó un reconocimiento de especies de manera auditiva, las observaciones fueron realizadas con ayuda de binoculares Eagle optics 8x42 y una cámara Bridge Sony 50x.

Una vez determinado en que variable existe una mayor relación, se procedió a calcular el Riesgo relativo (RR) de las variables asociadas. El cálculo se adaptó de acuerdo a la fórmula planteada por la Organización Panamericana de la Salud (2002).

$$RR = \frac{\text{Individuos que sufrieron impacto del grupo A} / \text{total de individuos del grupo A}}{\text{Individuos que sufrieron impacto del grupo b} / \text{total de individuos del grupo b}}$$

IV) Para saber cuál es la zona de la pista donde se encontraron la mayor cantidad de individuos muertos se utilizó la densidad de Kernel, la cual determina la densidad de un conjunto de puntos, utilizando un radio de búsqueda (Vivanco et al., 2014), este cálculo se realizó través del programa QGIS 3 (Equipo de desarrollo de QGIS, 2009).

V) Se calculó la probabilidad de supervivencia de las aves a los impactos con aviones, esta se determinó acumulada y por año, se eligió el método KAPLAN-MEIER que mide la probabilidad de supervivencia en un periodo y se calcula con la ley multiplicativa de probabilidades, con este método no se agrupan los tiempos de supervivencia en intervalos, aquí la supervivencia en un tiempo dado depende de la supervivencia en todos los períodos previos, la posibilidad de la misma en un período de tiempo es independiente de la probabilidad de supervivencia en los demás períodos, es decir el método considera el tiempo de evaluación y número de muertes (Arribalzaga, 2007).

Una vez obtenidas las probabilidades se procedió a graficarlas. Este análisis se realizó con la ayuda del programa BioEstat.

VI) Con el propósito de evaluar si hubo un cambio estadísticamente significativo en las tendencias de muertes de aves por impacto con aviones, se realizó un modelo de regresión Joinpoint el cual toma datos de tendencias y se ajusta al modelo de punto de unión más simple que permiten los datos, a través del número mínimo y máximo de puntos de unión se prueba si más puntos de unión son estadísticamente significativos y deben agregarse al modelo (hasta ese número máximo). Esto permite ver si un cambio aparente en la tendencia es estadísticamente significativo. Las pruebas de significancia utilizan un método de permutación de Monte Carlo. El análisis se realizó a través del programa JOINTPOINT (Statistical Methodology and Applications Branch, 2020)

VII) Por último a 2 individuos de *Leistes bellicosus* encontrados muertos se les practicó radiografías en el hospital Las Mercedes de Paíta (Piura) con el objetivo de ver algunas lesiones ocasionadas por impactos con aviones.

### 3. Resultados

**Tabla 1.** Tasa de impacto (TI) de acuerdo al año, la mayor tasa se presentó en el 2019 (0,0051 ind./km/día).

| AÑO          | Individuos muertos | ind./km      | TI (ind./km/día) |
|--------------|--------------------|--------------|------------------|
| 2019         | 45                 | 18,75        | 0,051            |
| 2020         | 5                  | 2,08         | 0,006            |
| 2021         | 21                 | 8,75         | 0,0417           |
| <b>Total</b> | <b>71</b>          | <b>29,58</b> | <b>0,031</b>     |

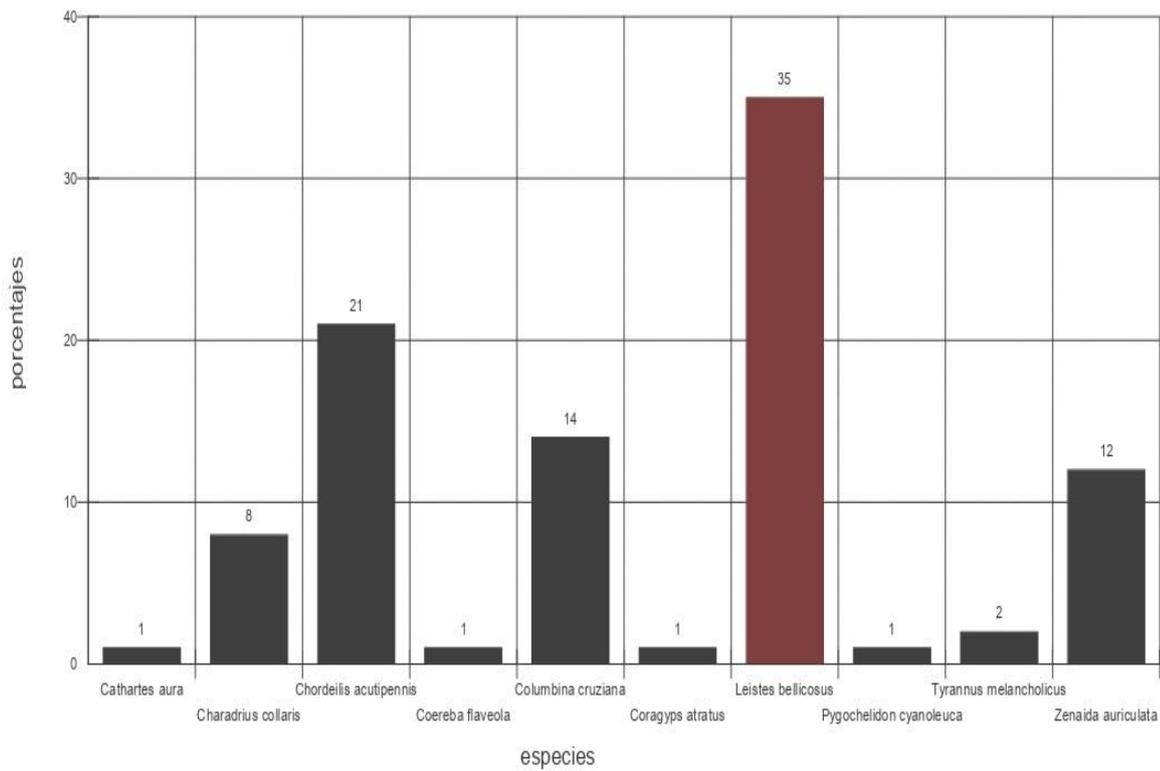


Figura 2. Porcentaje de los individuos encontrados muertos correspondiente al 35% a Pastorero peruano (*Leistes bellicosus*) seguido de Chotacabra menor (*Chordeilis acutipennis*).

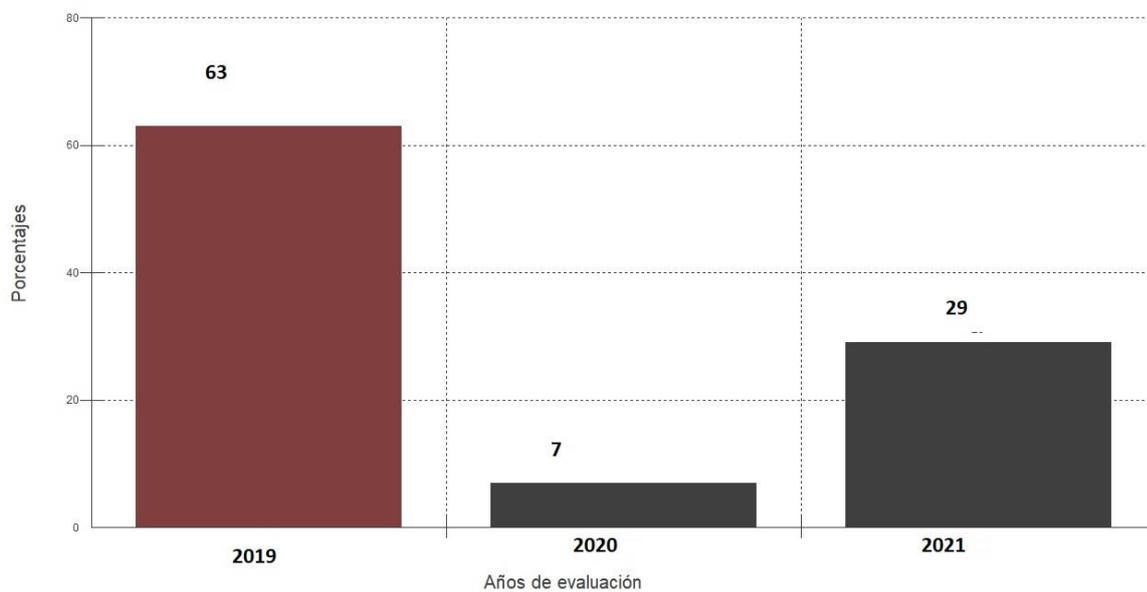
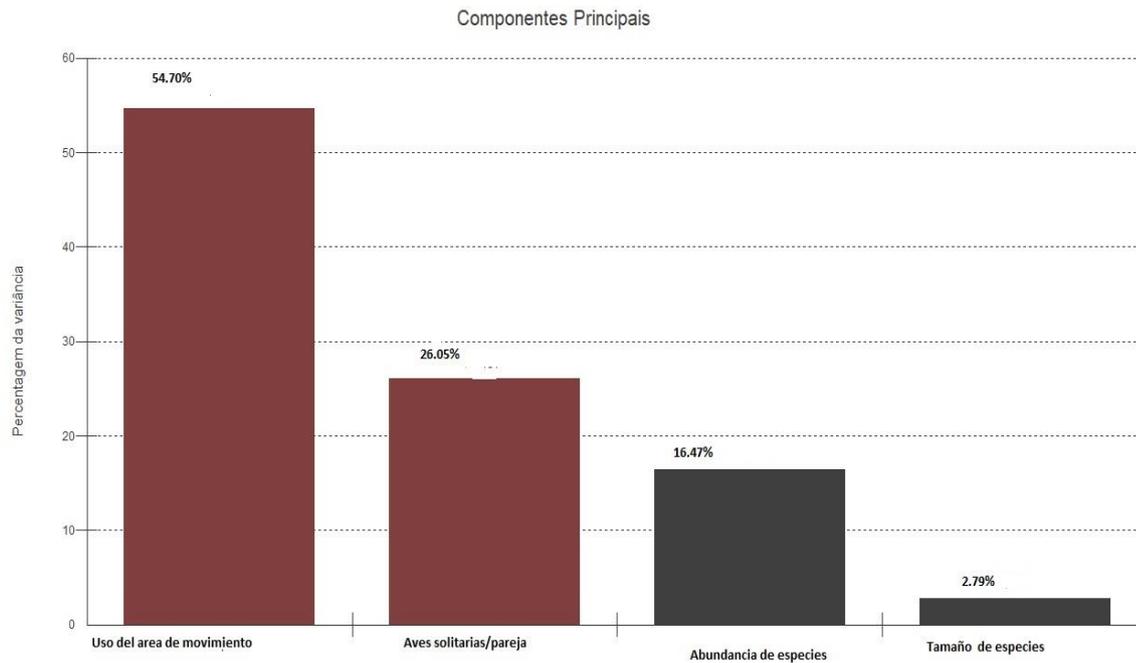


Figura 3. Porcentaje de individuos muertos de acuerdo al año de evaluación, el año 2019 presentó una mayor cantidad de mortalidades (63%).



**Figura 4:** Análisis de componentes principales. Las variables donde se concentra la mayor variabilidad de los datos (80,75%) son el uso del área de movimiento y el comportamiento de los individuos al formar bandadas, ser solitarios o estar en pareja, por lo que la mortalidad en el aeropuerto está más relacionada con los primeros componentes que con los otros dos.

**Tabla 2.** Número de Individuos según comportamiento.

| Grupo                              | Total | Individuos que sufrieron impacto |
|------------------------------------|-------|----------------------------------|
| (A) Individuos solitarios/pareja   | 1664  | 68                               |
| (B) Individuos que forman bandadas | 278   | 3                                |

$$\text{Riesgo relativo} = \frac{68/1664}{3/278} = 4$$

De acuerdo al riesgo relativo las aves solitarias o en parejas presentan 4 veces mayor riesgo de morir por impacto con aviones que aquellas que forman bandadas.

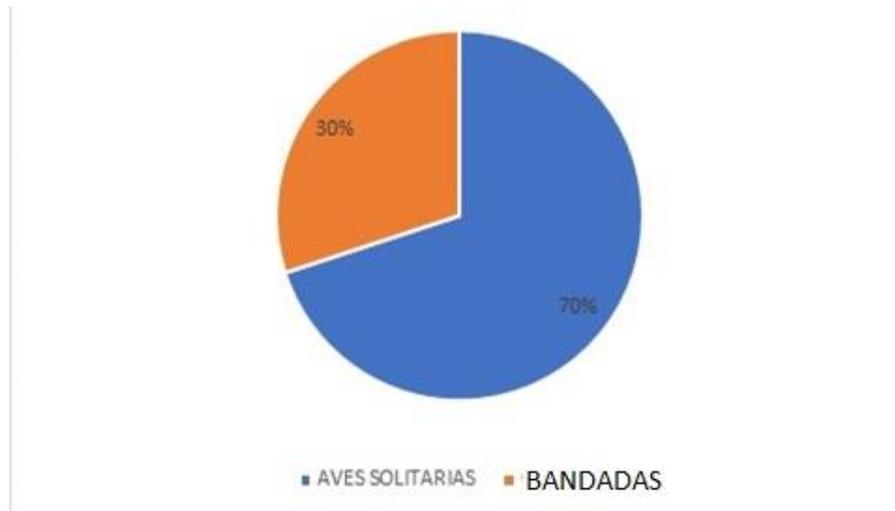


Figura 5: Densidad de Kernel, el centro de la pista fue donde se encontraron la mayor la cantidad de individuos muertos.

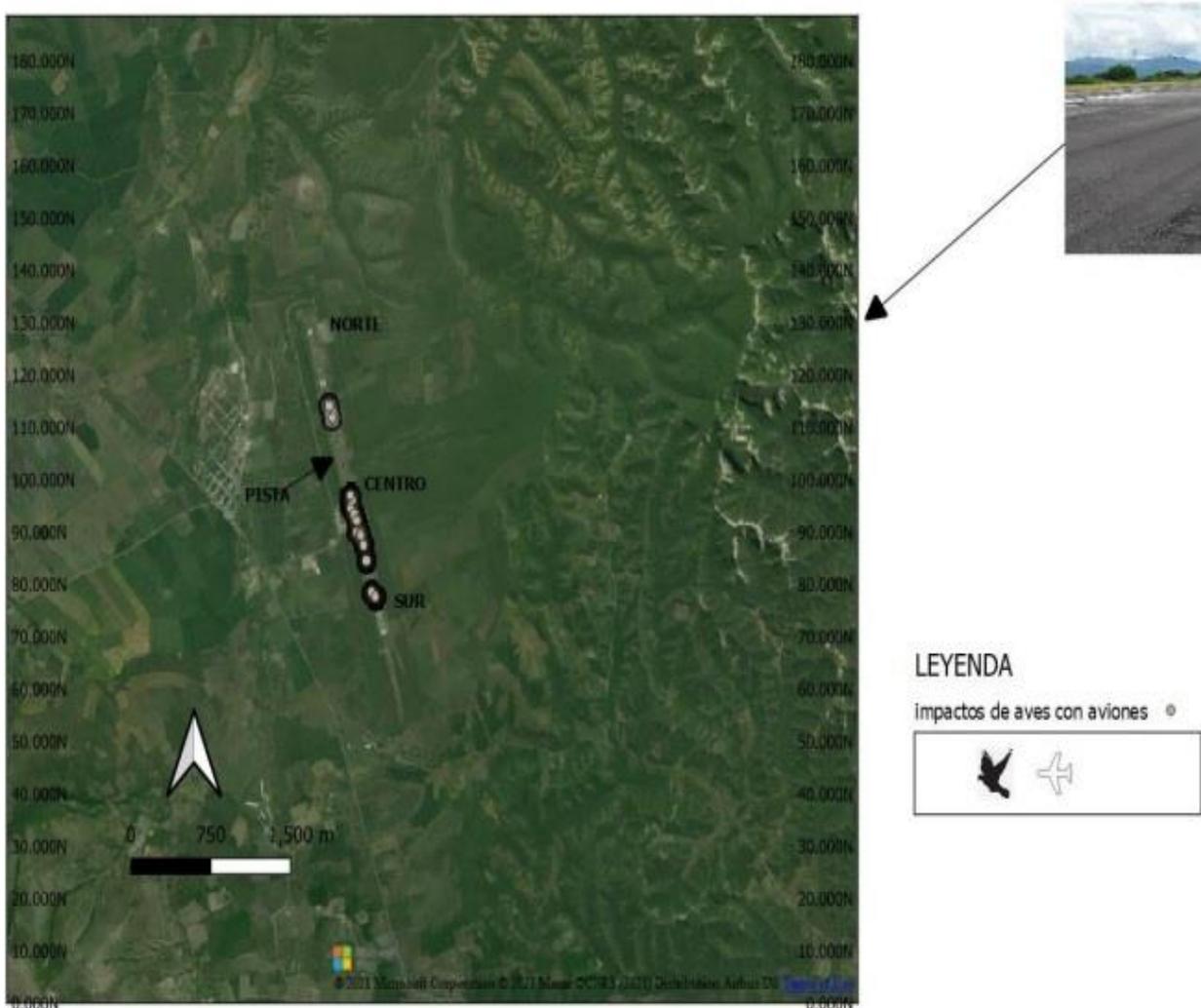
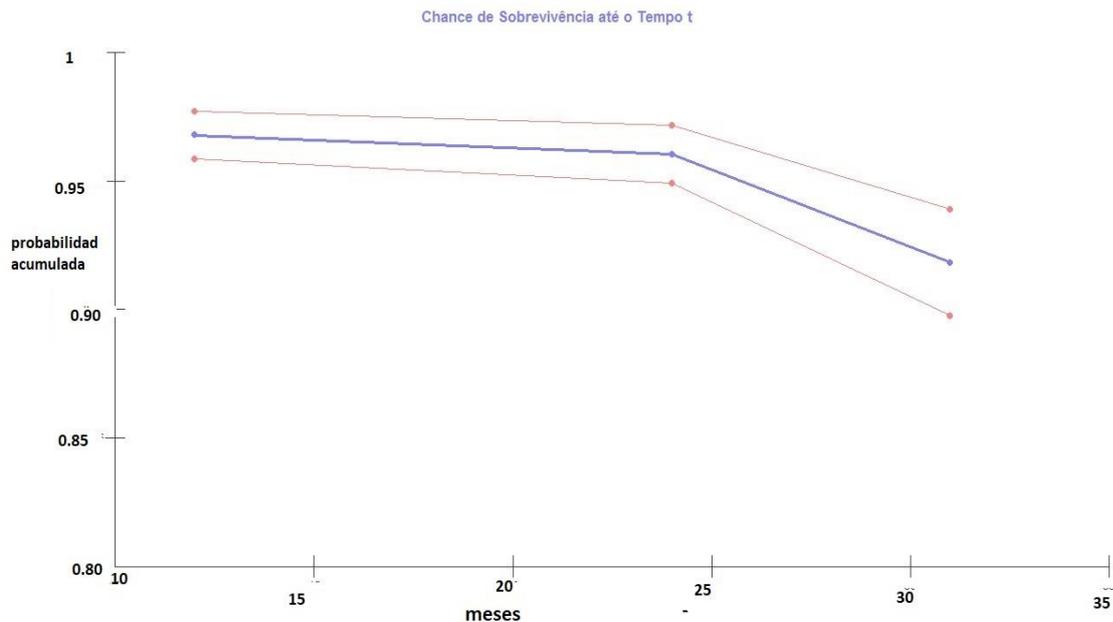


Figura 6. Densidad de Kernel para individuos muertos durante el periodo 2019-2021 en el aeropuerto de Jaén, Cajamarca, Perú. El centro de la pista fue donde se encontró la mayor la cantidad de individuos muertos.

**Tabla 3.** Probabilidad de supervivencia de aves a impactos con aviones, la probabilidad acumulada desde el 2019 al 2021 fue de 0.9182, la mayor probabilidad de supervivencia se presentó en el año 2020 y fue de 0.9923. Ambas probabilidades con 95% de confianza.

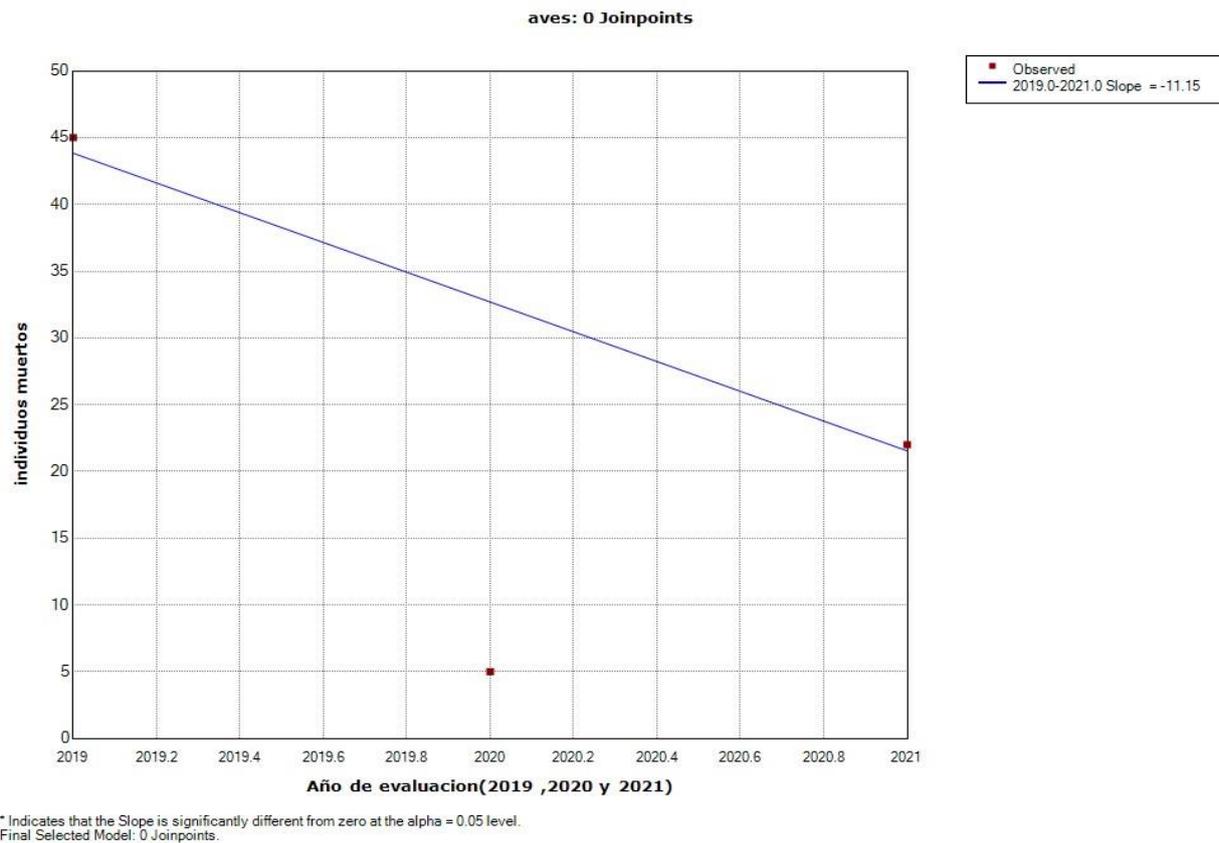
|          | Año  | Ocurrencias (muertes) | Probabilidad de supervivencia por año | Probabilidad acumulada | Estimación de riesgo | IC (95%)        |
|----------|------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| Evento 1 | 2019 | 45                    | 0,9677                                | 0,9677                 | 0,0323               | 0,9584 a 0,9770 |
| Evento 2 | 2020 | 5                     | 0,9923                                | 0,9603                 | 0,0077               | 0,9490 a 0,9715 |
| Evento 3 | 2021 | 21                    | 0,9563                                | 0,9182                 | 0,0438               | 0,8976 a 0,9389 |



**Figura 7.** Probabilidad de supervivencia acumulada.

**Tabla 4:** Especies, longitud corporal (Lc) en centímetros y número de individuos muertos registrados por año.

|                                | Años de evaluación |            |                               |            |                               |            |
|--------------------------------|--------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|
|                                | 2019               |            | 2020                          |            | 2021                          |            |
| Especies                       | LC                 | Individuos | Especies                      | Individuos | Especies                      | Individuos |
| <i>Cathartes aura</i>          | 64                 | 1          | <i>Chordeilis acutipennis</i> | 3          | <i>Charadrius collaris</i>    | 4          |
| <i>Charadrius collaris</i>     | 14                 | 1          | <i>Charadrius collaris</i>    | 1          | <i>Chordeilis acutipennis</i> | 7          |
| <i>Chordeilis acutipennis</i>  | 19                 | 5          | <i>Leistes bellicosus</i>     | 1          | <i>Leistes bellicosus</i>     | 4          |
| <i>Coereba flaveola</i>        | 11                 | 1          |                               |            | <i>Tyrannus melancholicus</i> | 1          |
| <i>Columbina cruziana</i>      | 16                 | 1          |                               |            | <i>Zenaida auriculata</i>     | 5          |
| <i>Coragyps atratus</i>        | 56                 | 1          |                               |            |                               |            |
| <i>Leistes bellicosus</i>      | 20                 | 20         |                               |            |                               |            |
| <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> | 11                 | 1          |                               |            |                               |            |
| <i>Tyrannus melancholicus</i>  | 18                 | 1          |                               |            |                               |            |
| <i>Zenaida auriculata</i>      | 22                 | 4          |                               |            |                               |            |



**Figura 8.** Modelo de regresión Joinpoint, el número de individuos muertos disminuyó a través de los años de evaluación (relación inversa) y no presentó un cambio de tendencia significativo (0 joinpoints).

#### 4. Discusión

La menor tasa de impacto se encontró en el 2020 (Tabla 1), esto fue debido a que en el aeropuerto de Jaén se cancelaron los vuelos por la pandemia del coronavirus, estas cancelaciones fueron desde marzo a septiembre del 2020. Kukhta & Matsyura (2018) señalan que la dinámica anual de choques con aves a lo largo del año refleja la tendencia general de las aves a permanecer en los territorios de los aeropuertos.

Cano (2000) encontró que en el aeropuerto de Getafe las especies con mayor mortalidad fueron especies de tamaño corporal mediano, cuya actividad transcurre en el suelo y se encuentran solitarias o en pareja. Para el caso del aeropuerto de Jaén las especies con mayor cantidad de individuos muertos (Figura 2), fueron de tamaño corporal bajo (*Leistes bellicosus* = 20 cm y *Chordeillus acutipennis* = 22 cm) si tomamos como referencia a Barrientos et al. (2016) los cuales agrupan al tamaño de las aves en el aeropuerto Carriel Sur de Talcahuano de la siguiente manera: alto (>71 cm de

longitud corporal), medio (31-70 cm de longitud corporal) y bajo (<30 cm de longitud corporal).

De acuerdo a la figura 2 en el aeropuerto de Jaén las especies que presentan una mayor cantidad de individuos muertos fueron *Leistes bellicosus* (35%) y *Chordeillus acutipennis* (21%). Husby (2016) en su estudio llevado a cabo en carreteras menciona que las aves atraídas por la comida que se encuentra alrededor de estas tuvieron más susceptibilidad de ser embestidas. Para el caso del aeropuerto las especies mencionadas también tienen el comportamiento de buscar alimento alrededor de la pista, donde abundan las herbáceas y por lo tanto insectos, por lo que este punto coincidiría con el autor.

Con respecto a la mortalidad a través de los años de evaluación, el 2020 fue donde se reportaron una menor cantidad de individuos muertos (Figura 3). De acuerdo a Barrientos et al. (2016) cuando aves y aeronaves utilizan un mismo espacio aéreo existe una alta probabilidad de colisión entre ellas. En el 2020 en el aeropuerto de Jaén esta probabilidad habría disminuido ya que en este año no hubo

llegada de aviones, por lo que en este periodo, aves y aeronaves no habrían coincidido.

Para el aeropuerto de estudio las variables que tienen mayor relación a los fallecimientos de aves por impactos con aviones (Figura 4) son: 1) el uso del área de movimiento del aeropuerto por parte de las aves y 2) el comportamiento de los individuos al formar bandadas, ser solitarios o estar en pareja, más que las abundancias y el tamaño de las especies, pudiendo entender de esa manera que los choques entre aves y aeronaves en este aeropuerto están sobretodo influenciados por el comportamiento de las especies, más que por las características estructurales de la población, coincidiendo en este punto con Soliman (2014) quien menciona que el comportamiento de las especies de aves influye en el riesgo de que se produzca un choque.

Una variable asociada a los impactos con aviones es el uso del área de movimiento del aeropuerto por parte de las aves. De acuerdo a Zhao et al. (2019) las especies con mayor movimiento en los aeropuertos tienen mayor frecuencia de colisión con aeronaves y las especies que tienden a volar a velocidades más altas tienen más tiempo para participar en maniobras evasivas y evitar impactos. Hegel et al. (2012) refieren que el riesgo de impacto disminuye cuando decrece la disponibilidad de recursos. Castillo et al. (2015) mencionan que las causas de la mortalidad de aves por impactos se pueden relacionar con la concentración de vegetación arbórea y arbustiva en los márgenes de la carretera y por lo general las aves cruzan o se mantienen en el borde de la vía en busca de alimento, probablemente porque encuentran cantidad de alimento y las condiciones climáticas como temperatura y humedad que favorecen su desarrollo.

La mortalidad según el comportamiento de las especies permitió reconocer que las aves con conductas solitarias presentaron una mayor mortalidad en el aeropuerto de Jaén, en comparación con las que forman bandadas (Tabla 2 y Figura 5). Por otro lado, Vargas (2013) para los aeropuertos a nivel nacional reporta una mayor incidencia de impactos en aves gregarias como Gallinazo cabeza negra (*Coragyps atratus*) y Huerequeque (*Burhinus superciliosus*). Lo que daría a entender que la participación de especies en impactos también estaría en función de la región del país donde se encuentre el aeropuerto.

De acuerdo a la densidad de Kernel, en el aeropuerto de Jaén la zona con la mayor cantidad de individuos muertos fue el centro de la pista (Figura 6). Husby (2016) en su estudio

de mortalidad de aves en carreteras señala que las tasas de mortalidad son mucho más altas en unas zonas que en otras y que se relaciona también con la disponibilidad de recursos que tienen las aves para alimentarse en las mencionadas zonas, de alguna manera esto explicaría los resultados encontrados en el aeropuerto de Jaén.

La probabilidad de supervivencia de aves en el aeropuerto de Jaén (Tabla 3 y Figura 7) va cambiando según el año de evaluación. Cano (2000) señala que existen ciertos factores que influyen en que se produzcan un impacto como: la altura a la que vuelan las diferentes especies de aves, la altitud sobre el nivel del mar en el que se encuentre el aeropuerto, las condiciones meteorológicas en el momento del aterrizaje y despegue de un avión, y el número de movimientos de las aeronaves. Esto nos podría dar una idea también porque las probabilidades de supervivencia en el aeropuerto de estudio cambian.

Durante los años de evaluación se encontraron 2 individuos muertos pertenecientes a las especies *Coragyps atratus* y *Cathartes aura* (Tabla 4). Bravo et al. (2019) encontraron en su estudio de mortalidad de rapaces en una ruta costera de Chile central que la tasa de impactos de Cathartidos fue baja debido a la alta capacidad de estas aves de emprender vuelo a tiempo para evitar las colisiones. Por otro lado, Canales et al. (2020) afirman en su investigación de muerte de fauna silvestre en México que los Cathartidos son vulnerables a los accidentes debido a su reacción lenta. Barrientos et al. (2016) mencionan que la presencia de grupos de aves carroñeras tales como gallinazos en el aeropuerto Carriel Sur de Talcahuano se debería a la existencia de acumulaciones de desechos. En el caso del aeropuerto de Jaén no existen dentro ni alrededor de él puntos de acumulación de desechos lo que menguaría la presencia de gallinazos en el aeropuerto.

Con respecto al choque con Cathartidos, en el aeropuerto de Jaén se hallaron restos de 2 individuos muertos durante los años de evaluación. De La Ossa & Galván (2015) mencionan que las especies carroñeras de las familias Cathartidae y Falconidae experimentan impactos porque buscan para alimentarse de los animales que se encuentran muertos sobre la vía o porque se ven atraídos por residuos orgánicos arrojados a la carretera. En el caso de los individuos encontrados en el aeropuerto junto a ellos se encontraron anfibios de la especie *Bufo sp.* con los intestinos expuestos de los cuales probablemente estaban

alimentándose y con lo cual habrían demorado en hacer alguna maniobra para evitar el choque con los aviones. De acuerdo a la figura 8 no existen aun cambios de tendencias significativos, por lo que esto también nos sugiere que se necesitarían todavía más años de evaluación para analizar un poco más estas tendencias; sin embargo, lo analizado nos da una visión previa de cómo se comportarían estas a lo largo de los años.

## 5. Conclusiones

La tasa de impacto fue de 0,031 ind./km/día, presentando el 2019 la mayor tasa la cual fue de 0,051 ind./km/día.

En el aeropuerto de Jaén entre enero 2019 y julio 2021 se encontraron 71 individuos muertos siendo la especie más abundante *Leistes bellicosus* (35%). Se encontraron la mayor cantidad de individuos muertos en el centro de la pista.

Las especies que tienen comportamientos solitarios o forman parejas tienen 4 veces mayor riesgo de morir al impactar con aviones, en comparación a aquellas especies que integran bandadas.

La probabilidad acumulada de supervivencia de las especies de aves a los impactos con aviones fue de 0,9182.

## 6. Contribución de los autores

JA (1) la concepción y el diseño de estudio, registro de datos, elaboración de los mapas, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final. RM (2) la concepción y el diseño de estudio, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

## 7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 8. Agradecimientos

Agradecemos a la Corporación Peruana de aeropuertos y aviación comercial (CORPAC S.A), y a su personal del aeropuerto de Jaén por brindarnos las facilidades para realizar la presente investigación, También nuestro agradecimiento al Sr. Marco Antonio Requena Sánchez por realizar las radiografías de las aves y al Sr. Edward Armando Vallejos Milla por la ayuda brindada.

## 9. Financiamiento

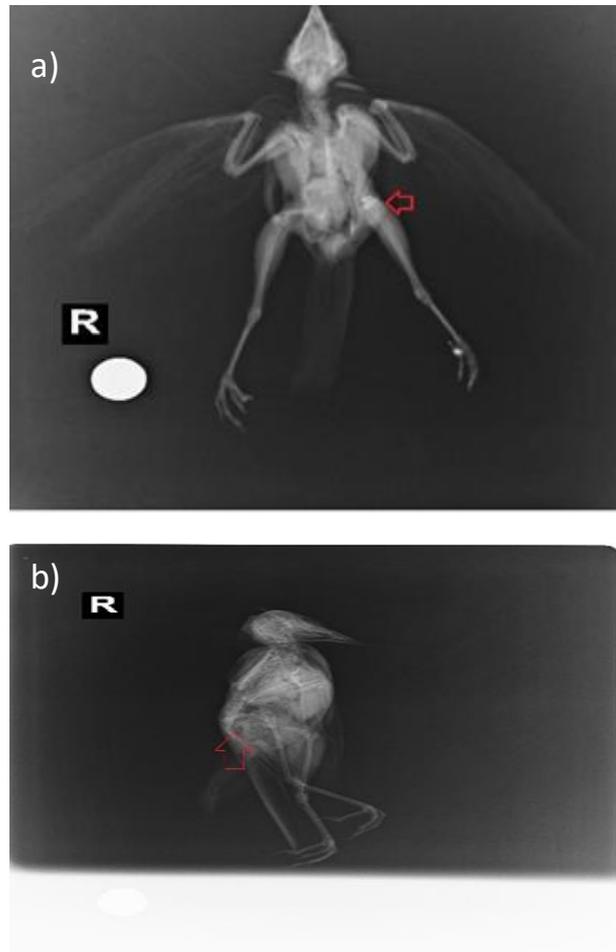
Financiamiento propio de los autores

## 10. Referencias Bibliográficas

- Arribalzaga, E. (2007). Interpretación de las curvas de supervivencia. *Rev. Chilena de Cirugía*, 59(1):75-83.
- Anicchiario, L. & Agudelo, W. (2007). Programa Nacional de limitación de fauna en aeropuertos. Unidad administrativa especial de aeronáutica civil de Colombia. <https://n9.cl/28u31>
- Ayres, M., Ayres, J., Lima, D. & Santos, A. (2007). *BioEstat. (Versión 5.3)*. [Software de computador]. Instituto Mamirauá. <https://www.mamiraua.org.br/downloads/programas/>
- Bauni, V., Anfuso, J. & Schivo, F. (2017). Mortalidad de fauna silvestre por atropellamientos en el bosque atlántico del Alto Paraná, Argentina. *Ecosistemas*, 26(3):54-66.
- Barrientos, C., Gonzáles, D., Moreno, L., Ardiles, C., Ricardo, A., & Figueroa, R. (2016). Aves asociadas al Aeropuerto Carriel Sur de Talcahuano, sur de Chile: Evaluación de peligro aviario. *Gayana*, 80(1):40-55.
- Bravo, V., Piñones, C., & Norambuena, H. (2019). Puntos calientes y factores asociados al atropello de aves rapaces en una ruta costera de la zona semiárida de Chile central. *Ornitología Neotropical*, 30:208-216.
- Canales, J., Pérez, R., Zaldivar, A., Gómez, M., Vásquez, N., De la Rosa, M. & Potenciano, L. (2020). Muertes por tráfico sobre la carretera costera del golfo de México: ¿cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91:1-12.
- Cano, J. (2000). Primeros datos sobre la mortalidad de aves por impacto con aviones en la base aérea de Getafe (Madrid). *Anuario Ornitológico de Madrid*, 1999: 90-107.
- Carvalho, F. & Mira, A. (2011). Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research* 57: 157-174.
- Castillo, J., Urmendez, D. & Zambrano, G. (2015). Mortalidad de fauna por atropello vehicular en un sector de la vía panamericana entre Popayán y Patía. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 19 (2):207-219.
- Coelho, I.P., Kindel, A., Coelho, A. (2008). Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54: 689.
- Cuyckens, G., Mochi, L., Vallejos, M., Perovic, P. & Biganzoli, F. (2016). Patterns and Composition of Road-Killed Wildlife in Northwest Argentina. *Environmental management* 58: 810-820.
- Da Cunha, H., Moreira, F., De Sousa Silva, S. (2010). Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 32: 257-263.
- De La Ossa, J. & Galván, S. (2015). Registro de mortalidad de fauna silvestre por colisión vehicular en la carretera Toluvejo-ciénaga La Caimanera, Sucre, Colombia. *Biota Colombiana*, 16 (1):67-77.
- Dirección General de Aviación Civil [DGAC]. (2018). Resolución Directoral N° 375-2013-MTC/12. Gestión de riesgo por fauna en aeródromos. <https://n9.cl/5epan>.
- Equipo de Desarrollo de QGIS. (2009). Sistema de Información Geográfica QGIS. (Versión 3). [Software de computador]. Proyecto de Fundación Geoespacial de código abierto. <https://qgis.org/es/site/>.
- Garmendia, M., López, A., Muñoz, P. & Martínez, A. (2011). Estudio sobre peligro aviario: análisis del riesgo de impactos entre aves y aeronaves en el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, Nicaragua. *La Calera*; 11(16):33-42.
- Godínez, E. (2016). *Aves y aeronaves: riesgos y peligros*. Editorial Universal Books. <https://n9.cl/8i1jn>.
- González, M. (2018). Mortalidad de fauna silvestre por efecto vehicular en el área de influencia de la Reserva Ecológica Manglares de Churute durante la época seca y húmeda. [Tesis para título, Universidad De Guayaquil, Ecuador].

- Gumier-Costa, F., & Sperber, C. (2009). Atropelamientos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 39:459-466.
- Hegel, C., Consalter, G. & Zanella, N. (2012). Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. *Biotemas*, 25(2):165–170.
- Husby, M. (2016). Factors affecting road mortality in birds. *Ornis Fennica*, 93:212–224.
- International Federation of Air Line Pilots's Associations (IFALPA). 2008. IBSC anti-birdstrike recommendations. <https://n9.cl/xat82>
- Kukhta, A. & Matsyura, A. (2018). Analysis of bird mortality caused by transport incidents in flight safety management. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4): 351-356.
- Marateo, G., Grilli, P., Ferretti, V. & Bouzas, N. (2011). Diagnóstico de riesgo aviario en un aeródromo de un área megadiversa de Perú. *Conex, SIPAER*, 2(3):203-227.
- Monroy, M., De La Ossa-Lacayo, A., De La Ossa, J. (2015). Tasa de atropellamiento de fauna silvestre en la vía San Onofre-María la baja, Caribe Colombiano. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(27):85-99.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2002. Módulo de principios de epidemiología para el control de enfermedades, medición de las condiciones de salud y enfermedad en la población. <https://www.paho.org/col/dmdocuments/MOPECE3.pdf>.
- Sánchez, J., Delgado, C., Mendoza, E., & Sauzo, I. (2013). Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre de México. *Biodiversitas*, 11:12-16.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'Neill, J., & Parker, T. (2010). *Birds of Perú*. Revised and updated edition. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Statistical Methodology and Applications Branch, Surveillance Research Program. (2020). Joinpoint Regression Program (Version 4.8.0.1). [Software de computador]. National Cancer Institute. <https://surveillance.cancer.gov/joinpoint/download>.
- Soliman, A. (2014). A Review of Bird Control Methods at Airports. *Global Journal of Science Frontier Research: E Interdisciplinary*, 14:1-12.
- Ugaz, A. & Saldaña, I (2014). *Aves de Piura*. Editorial Emdecosege S.A.
- Vivanco, R., Pérez, R. & Castillo, D. (2014). Mapas Kernel como indicador de la concentración de la pérdida de bosques húmedos amazónicos del Perú, Manual de Operaciones del Programa Nacional de Conservación de Bosques. [http://www.bosques.gob.pe/archivo/81ea34\\_nota\\_tecnica\\_1\\_2016.pdf](http://www.bosques.gob.pe/archivo/81ea34_nota_tecnica_1_2016.pdf).
- Vargas, F. (2013). Informe técnico el peligro de fauna en los aeródromos del Perú. <https://n9.cl/0fs5w>.
- Zhao, B., Wang, N., Fu, Q., Yang, H., & Wu, N. (2019). Searching a site for a civil airport based on bird ecological conservation: An expert-based selection (Dalian, China). *Global Ecology and Conservation*.20:1-12.

ANEXO



**Anexo 1.** Individuos de *Leistes bellicosus* con patas izquierdas rotas producto de un impacto con avión

a) Vista frontal y b) Vista lateral.