

ANÁLISIS DE RIESGO

ESTUDIO SOBRE PELIGRO AVIARIO: ANÁLISIS DEL RIESGO DE IMPACTOS ENTRE AVES Y AERONAVES EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL AUGUSTO C. SANDINO, MANAGUA, NICARAGUA

BIRD HAZARD ASSESSMENT: RISK ANALYSIS OF IMPACTS BETWEEN BIRDS AND AIRCRAFT AT THE INTERNATIONAL AIRPORT AUGUSTO C. SANDINO, MANAGUA, NICARAGUA

Garmendia-Zapata Miguel¹, López Andrés Agustín¹, Muñoz Izaguirre Pedro², Martínez Gadea Álvaro²

¹ Docente de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, FARENA/UNA

² Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, consultores independientes



RESUMEN

El peligro aviario es el riesgo de colisiones entre aves y aeronaves. Para reducir ese peligro es necesario entender la naturaleza de las aves que habitan dentro y alrededor del aeropuerto y clasificarlas numericamente en base a la peligrosidad que representan, conociendo a la vez las estaciones del año, los meses del año, horas del día, condiciones climáticas, focos de atracción (cobertura, alimentación y agua) que incrementan la abundancia y la riqueza de aves en las áreas aeroportuarias. Para obtener la información se seleccionaron dos sitios de observación: uno en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, con el objetivo de registrar las especies de aves hacen uso de este sitio permanente o temporalmente, y otro en la torre de control, para determinar rutas de aves de mayor peso, gregarias y de alto vuelo en un radio de 3000 m con centro en la torre de control. Las especies observadas con mayor frecuencia en la pista de aterrizaje fueron: *Hirundo rustica*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, *Columbina talpacoti* y *Columba livia*. Desde la torre de control se observaron con mayor frecuencia: *Coragyps atratus*, *Zenaidura macroura*, *Molothrus aeneus* y *Quiscalus mexicanus*. En la pista de aterrizaje y desde la torre de control la abundancia y riqueza de aves no varió significativamente a lo largo de

ABSTRACT

The bird hazard is the risk of strike between birds and aircraft. To reduce this risk is necessary to understand the nature of birds that live in and around the airport and sort them numerically based on the danger they represent, but also knowing seasons, months of the year, time of day, weather conditions, attractors (cover, food and water) that increase the abundance and richness of birds in airport areas. In order to get information, two observation places were established: one on the green areas around the landing area in order to record the bird species that make use of this site permanently or temporarily, and the other in the control tower, to determine routes of heavier birds, high-flying gregarious in a radius 3000 m centered on the control tower. The most frequently observed species in the landing area were *Hirundo rustica*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, *Columbina talpacoti* and *Columba livia*. The most frequent species observed from the control tower were *Coragyps atratus*, *Zenaidura macroura*, *Molothrus aeneus* and *Quiscalus mexicanus*. Around the landing area and from the control tower, abundance and richness of birds do not varied significantly along the months of the year. In the landing area, the abundance increased significantly during the dry season between 06:00 - 07:00

los meses del año. En la pista de aterrizaje la abundancia incrementa significativamente en el período seco en horarios de 06:00-07:00 am, principalmente por la presencia de *Q. mexicanus* y *H. rustica*. La riqueza en el período seco y la abundancia y riqueza en el período lluvioso no varió significativamente. Desde la torre de control no se registraron incrementos significativos de la abundancia y riqueza de aves en el período seco, pero si de la abundancia en el período lluvioso, con alzas a las 11:00 y 13:00, principalmente por la mayores actividades de la especie *C. atratus* a esas horas. La abundancia de aves en la pista de aterrizaje dependió de las condiciones climáticas, aumentando al aumentar la precipitación y la nubosidad y reduciéndose al aumentar la velocidad del viento y la temperatura. La actividad de las aves observadas desde la torre de control no varió significativamente con las variaciones climáticas diarias. Las especies que hacen mayor uso del enmallado perimetral del aeropuerto para perchar fueron: *Passers domesticus*, *Columbina talpacoti*, *Tyrannus melancholicus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Tyrannus forficatus*. Los sitios preferidos para anidación dentro del aeropuerto fueron árboles de Almendra (*Terminalia catapa*), Mango (*Manguifera indica*) y dentro del las instalacones del cuerpo de Bomberos, torre de control y los hangares. Se concluye que *C. atratus* y *Q. mexicanus* son las especies que más peligro representan para la aviación, seguidas en menor escala de *C. livia*, *C. talpocati*, *H. rustica* y *M. aeneus*. Los sectores norte, oeste y una parte del sector sur del aeropuerto son áreas de mayor riesgo aviario por una mayor frecuencia de observación de *C. atratus* en esa zona. La especie *Q. mexicanus* esta distribuida principalmente en el sector sureste. Las fuentes de atracción para las aves van desde sitios ideales para hábitat, refugio, anidación y perchaje hasta fuente de alimentos que incluyen vegetales, insectos, vertebrados, basureros y mataderos.

Palabras clave: peligro aviario, abundancia, riqueza

p.m., mainly due to the presence of *Q. mexicanus* and *H. rustica*. Richness during the dry season and abundance and richness during the rainy season do not varied significantly. From the control tower, there were not significantly increases in birds abundance and richness during the dry season, but abundance increased during the rainy season between 11:00 - 13:00 p.m., mainly due to *C. atratus* activities during that period of the day. Abundance of birds around the landing area depend on climates conditions, rising when rain and clouds increased, and decreases when increasing wind speed and temperature. Birds activities observed from the control tower do not varied with daily climates conditions variations. The species that make more use of the airport's perimeter netting perch were: *Passers domesticus*, *Columbina talpacoti*, *Tyrannus melancholicus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Tyrannus forficatus*. Preferred nesting sites within the airport were almond trees (*Terminalia Catapa*), Mango (*Manguifera indica*) and within the installations of the fire department, control tower and hangars. *C. atratus* and *Q. mexicanus* were the most dangerous species for aviation, followed by *C. livia*, *C. talpocati*, *H. rustica* and *M. aeneus*. North and west area, and some part of the south area of the airport were the more risky zones for bird hazard mainly because the presence of *C. atratus*. The specie *Q. mexicanus* was more frequently observe at the south-west part. The sources of attraction for birds range from ideal sites for habitat, shelter, and nesting and food source that include vegetables, insects, vertebrates, junkyards and slaughterhouses.

Key word: bird strike, abundance, richness

Las aves levantaron el vuelo por primera vez hace unos 150 millones de años. Los seres humanos empezaron a compartir con las aves el espacio aéreo hace apenas 100 años y desafortunadamente, cuando aves y aeronaves intentan usar al mismo tiempo este espacio, se dan colisiones entre ellos (Cleary & Dolbeer, 2005). El riesgo que las aves representan para las operaciones aeroportuarias por el peligro de colisiones entre aves y aeronaves se le denomina "Peligro Aviario". El problema del peligro aviario ha sido uno de los retos más grandes para los biólogos encargados de la seguridad aeroportuaria en todos los aeropuertos del mundo, en donde se trata de encontrar soluciones ecológicas e inteligentes al problema sin tener que recurrir al sacrificio masivo e innecesario de animales.

El Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, no es la excepción a este problema y desde

1922 en que los cielos nicaragüenses recibieron el primer avión, no se ha realizado ningún estudio científico que preste atención a éste problema. La base de datos de peligro aviario del aeropuerto registra 16 impactos con aves para el período 2004-2008, de los cuales el 43.75 % han sido con Zopilotes (*Coragyps atratus*), 6.25 % con Zanate (*Quiscalus mexicanus*) y en un 50 % de los casos no se pudo identificar el ave. Muchos de esos impactos han ocurrido con tanta severidad que los pilotos de las aeronaves impactadas en vuelo, son obligados a regresar al aeropuerto para evitar desastres mayores, dado a las ahoyaduras o grietas resultantes del impacto, que con la fuerza del viento y la velocidad del avión pueden ampliarse y terminar en tragedia. Por otro lado, el peligro aviario deja un impacto ecológico al mutilar cantidades de pájaros por las hélices y turbinas de las máquinas voladoras, anualmente en el Aeropuerto de Managua cientos de Golondrinas

(*Hirundus rustica*) encuentran la muerte cercenadas por los motores de pistón o turbinas que se movilizan en las áreas operatorias aeroportuarias.

No hay mayor razón que las antes expuestas para que expertos den cabida a un estudio que arroje datos en pro de elaboración de estrategias que eviten o reduzcan el peligro aviario. Pero a como dicen Carter (s.f.), “no todas las aves son peligrosas” y en este sentido el primer paso es identificar cuáles de todas las especies de aves que viven o visitan las áreas internas del aeropuerto o sus alrededores, temporal o permanentemente son peligrosas y a qué nivel. Sabiendo eso se podrán dirigir y concentrar las estrategias de manejo de fauna silvestre exclusivamente a aquellas especies que representan el mayor peligro aviario. Otros datos que interesan a los manejadores del peligro aviario son: las estaciones del año, los meses del año, horas del día, condiciones climáticas, focos de atracción (cobertura, alimentación y agua) que incrementan la abundancia y la riqueza de aves en las áreas aeroportuarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio. El Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino se encuentra ubicado en el municipio de Managua, departamento de Managua aproximadamente a 11.5 kilómetros del centro de la ciudad en el sector oriental entre las coordenadas 12°08'30" de latitud norte y 86°10'24" longitud oeste. Ocupa un predio de aproximadamente 354.34 hectáreas distribuidas en forma casi rectangular, con 3,600 m de Este a Oeste y 800 m de Norte a Sur con una elevación de 58.2 m.s.n.m (EAAI, 2006).

Las áreas internas del aeropuerto presentan diferentes tipos de vegetación, desde sitios con altas densidades de árboles, matorrales y pastizales al oeste del aeropuerto hasta las extensas áreas alrededor de la pista de aterrizaje, las que están formadas por diversas especies de *monocotiledóneas* y *dicotiledóneas*. El aeropuerto esta rodeado por áreas urbanas y suburbanas con diferentes usos de tierras, desde barrios y asentamientos hasta tierras dedicadas a la agricultura y a la ganadería.

Procedimiento metodológico. La etapa de campo del estudio se llevó a cabo desde febrero del año 2008 hasta diciembre del mismo año, cubriendo de esa forma los periodos de máxima y mínima precipitación. Al inicio del estudio se llevó a cabo una planificación preliminar que consistió en visitas al aeropuerto para determinar el diseño de muestreo a emplear. También en esta misma etapa se adquirió materiales de campo y se elaboraron mapas a partir de la Ortofotomapa número 2952-2-4 de Managua, año 2004 a escala 1:25000 obtenida en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), utilizándose el software Arcgis 9.2.

Para obtener la información de interés, se seleccionaron dos puntos de observación, uno en las áreas alrededor de la pista de aterrizaje y otro en la torre de control. El primero consistía en una serie de 13 puntos de conteo de 100 m de radio ubicados sistemáticamente a 500 m uno de otro (Figura 1) con el objetivo de determinar las aves que visitan o viven en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje y a la vez determinar los factores de atracción. En este sitio se realizaron 21 observaciones distribuidos en todo el año, que corresponden a 252 horas de observación. El conteo se iniciaba a las 05:30 en la mañana y finalizaba a las 05:30 de la tarde. Para iniciar el conteo, el observador se ubicaba en el centro del punto de 100 m de radio e identificaba y contaba todas las aves dentro de él, con la ayuda de binoculares 10 x 50 mm durante 10 minutos, tratando de no recontar los individuos ya contados, posteriormente estos datos eran registrados en el formulario de campo.

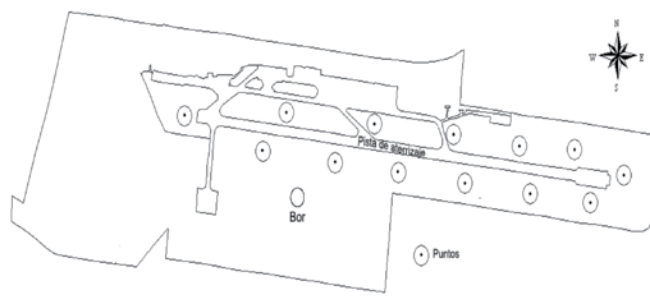


Figura 1. Ilustración del establecimiento de los puntos de conteo de aves en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino.

El segundo punto de observación se estableció en la torre de control, donde se observaban las rutas que tomaban las especies de aves de tamaño grandes y de alto vuelo como *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *Egretta tula*, *Columbina livia*, *Zenaida asiatica*, entre otras. Para ello se elaboró un mapa con 30 anillos concéntricos (los anillos sirvieron para hacer un estimado de la distancia entre las aves avistadas y la torre de control), tomando como centro la torre de control del aeropuerto con una separación de 100 m entre anillos para un total 3000 m de radio, que comprende el área de estudio (Figura 2), como puntos de referencia de distancia se utilizaron 4 torres eléctricas y dos edificios con distancia conocida, los cuales eran visibles desde la torre de control. Se realizaron 18 observaciones distribuidas en todo el año, sumando 216 horas de muestreo, el conteo iniciaba a las 05:30am y finalizaba a las 05:30pm. Esta técnica de muestreo prestó mayor atención a la especie *C. atratus* por ser la que poseía más registro de colisión. Cada vez que desde la torre de control se observaban congregaciones de individuos de *C. atratus*, se anotaba la hora y se estimaba el sitio en donde se avistaba dicha

congregación, para luego visitar esos sitios y determinar los factores de atracción.

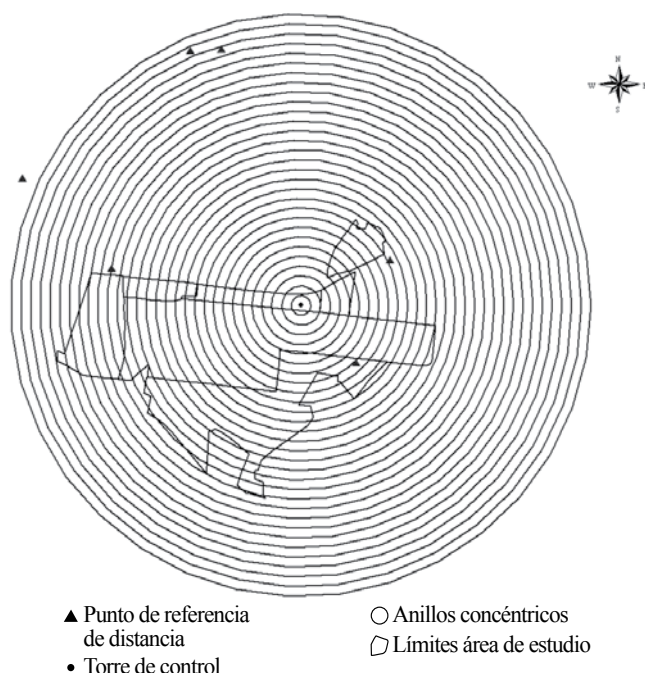


Figura 2. Esquema de las observaciones desde la torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, formado por 30 anillos concéntricos con separación de 100 m.

En los dos puntos de observación las variables que se tomaban a cada individuo o grupo de ellos fueron: especie, número de individuos, ubicación dentro del aeropuerto, tiempo de permanencia, hora y fecha del avistamiento, altura de vuelo, habilidad para evadir colisiones y respuesta al ahuyentamiento. Variables como peso de las aves fueron tomadas por revisión bibliografía usando libros de referencia como (Stiles & Skutch, 1989). También se tomaron datos climatológicas como: precipitación diaria en milímetros (mm), temperatura diaria en grados centígrados (o C), velocidad del viento diario en metros por segundo (m/s) y nubosidad mensual medida en octas. Datos obtenidos gracias al apoyo de la dirección de Meteorología del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) en el aeropuerto.

Con los datos colectados en las observaciones desde la torre de control y los datos de riesgo de cada especie de ave, se elaboró un mapa de riesgo aviar, mediante una interpolación, usando la extensión Spatial Analyst por el método IDW (interpolación en función inversa a la distancia) en el programa Arcgis 9.2. También se realizó otro mapa de concentración de aves con las mayores frecuencias de observación de aves mediante la extensión Spatial Statistics.

Análisis de la información. Como análisis se calcularon las abundancias y riquezas de aves. Se asignó un número

de riesgo aviar mediante la metodología propuesta por el Dr. Nicholas B. Carter (Carter, s.f.). El método consiste en calcular un índice cuya fórmula incluye diez factores principales de riesgo, esto con el fin de determinar la amenaza relativa que presentan las diferentes especies o grupos de especies. Al final se obtiene una lista ordenada de las especies más peligrosas a las menos peligrosas. Para calcularlo se integran los 10 factores en porcentajes, en donde el 100 % representa la amenaza más significativa para el factor, todas las otras especies son expresadas como porcentaje de la especie de mayor riesgo con respecto a los valores expresados, los puntajes resultantes son multiplicados entre si para derivar el puntaje final de riesgo expresados en logaritmo base 10. Los factores fueron: tamaño global de la población, masa de individuos, tamaño del grupo, tiempo en el aeródromo, hora del día de mayor actividad, ubicación, altura máxima de vuelo, historial de impactos, habilidad de evasión (inversamente proporcional) y habilidad de control (inversamente proporcional).

Como medidas de tendencia central se usaron las medias, medianas y modas. Para la aplicación de las pruebas estadísticas se utilizaron los programas de computación: GraphPad InStat versión 3.05 (GraphPad software, 2000) y las opciones estadísticas de Microsoft Office Excel®. Algunos de los estadísticos aplicados fueron: Prueba ji cuadrado (X²), Prueba t-student/ Prueba Mann Whitney, ANOVA/ Kruskal Wallis, Correlación de Pearson/Sperman, Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de especies. En las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del aeropuerto, se lograron determinar dentro de las unidades de muestreo 1,155 individuos aves, los que se agrupan en 22 especies (incluyendo dos desconocidas), 20 géneros, 15 familias, 9 órdenes. Las especies más abundantes según el número de individuos fueron *Hirundo rustica* (248), *Quiscalus mexicanus* (201), *Molothrus aeneus* (173), *Columbina talpacoti* (161) y *Columba livia* (101), el resto de las especies se registraron con menos de 100 individuos. La abundancia de *H. rustica* estaba relacionada principalmente a la provisión de insectos que alojan el área verde alrededor de la pista de aterrizaje. *Q. mexicanus* y *M. aeneus* son atraídos por los insectos y las semillas. Los colúmbidos son atraídos principalmente por la variedad de granos producidos las poáceas que forman parte de las áreas verdes del aeropuerto. Las familias más abundantes según el número de especies fueron *Icteridae* (3), *Columbidae* (3) y *Cathartidae* (2). Los órdenes más representados según el número de familias fueron Passeriformes (5) y Falconiformes (3). Desde la torre de control del aeropuerto, fueron contados 698 individuos, agrupados en 15 especies, 13 géneros, 9 familias y 5 órdenes. Las especies más abundantes

según su número de individuos fueron *Coragyps atratus* (425), *Zenaida asiatica* (93), *Molotrus aeneus* (50) y *Quiscalus mexicanus* (26) el resto de las especies se registraron con menos de 50 individuos. *Coragyps atratus* fue observado con mayor frecuencia en la época seca, este comportamiento probablemente se debió a que aprovechan los vientos con densidad baja por las altas temperaturas, para el planeo y así poder explorar la zonas en busca de alimento. Otra de las razones, fue que esta especie presenta un olfato agudo para detectar alimento con altas temperaturas. Las familias más representadas según el número de especies fueron *Columbidae* (4), *Cathartidae* (2), *Icteridae* (2) y *Tyrannidae* (2). Los ordenes más representados según el número de familias fueron *Passeriformes* (4) y *Falconiformes* (2), el resto está representado por menos de dos familias.

Cambios de la abundancia y riqueza de especie a lo largo de los meses del año. En el área verde alrededor de la pista de aterrizaje se determinaron alzas en la abundancia de especies en los meses de octubre-diciembre, pero estas no fueron significativas ($KW= 23.04$, $p>0.29$) observándose promedios de 200 individuos a lo largo de los meses. Las alzas de la riqueza tampoco fueron significativas ($X^2= 0.4$, $p>0.53$), observándose un promedio de 9 especies. Un registro importante fue particularmente con la especie *Molothrus aeneus* observado únicamente de junio a septiembre, observados en grupos compactos de 20-50 individuos mezclados con individuos de la especie *Q. mexicanus*. Stiles & Skutch (1989) mencionan a esta especie como altamente gregaria.

Desde la torre de control se observaron mayor cantidad de individuos en los meses de septiembre y octubre, pero con valores no significativos ($X^2= 2.89$, $p>0.089$), registrándose promedios de 220 individuos durante el año. *C. atratus* y *Z. asiatica* fueron las especies más abundantes. En el caso especial de la especie *Z. asiatica*, ésta no representa tanto peligro para las actividades de aviación, debido a que generalmente vuela sobre las áreas arboladas en el sector norte, sobre el área verde de la UNA y el Barrio El Rodeo hasta perderse de vista sobre el Hotel Camino Real, por la parte sur vuela sobre el arbolado del recinto de Santa Rosa de la UNA hasta el arbolado del sector oeste del aeropuerto. Esta especie evitaban circular sobre el área de actividad aeroportuaria, posiblemente por el ruido de las operaciones, lo anterior es respaldado con los pocos reportes de *Z. asiatica* que se realizaron en los alrededores de la pista de aterrizaje. La riqueza de especie no sufrió cambios considerables ($X^2= 8.9$, $p>0.089$) a lo largo de todo el año, y permaneció constante, observándose una riqueza promedio de siete especies.

Cambios de la abundancia y riqueza de especie a lo largo de las horas del día. En el muestreo alrededor de

la pista de aterrizaje para el período seco, existió aumento significativo ($X^2= 7.62$, $p<0.0058$) de la abundancia de aves entre las 06:00-07:00 am, principalmente por actividad matutina de *Q. mexicanus* e *H. rustica*, observándose medias de 50 y 200 respectivamente. La riqueza no sufrió cambios significativos ($X^2= 0.85$, $p>0.36$), siendo registradas un promedio de 8 especies a toda hora del día. En el período lluvioso las fluctuaciones por hora tanto de la abundancia ($X^2= 2.08$, $p>0.15$) como de la riqueza ($X^2= 0.31$, $p>0.069$) no presentaron diferencias significativas, determinándose abundancia y riqueza promedio de 194 aves y 10 especies.

Desde la torre de control la abundancia de aves en el periodo seco no tuvo ningun aumento significativo ($X^2= 0.67$, $p>0.41$) en alguna hora especifica del dia, lo mismo sucedió con la riqueza ($X^2= 0.85$, $p>0.36$). En cambio en el periodo lluvioso si hubo un aumento significativo ($X^2= 6.67$, $p<0.0098$) de la abundancia especificamente en horas de 11:00-13:00 y a las 15:00. Dichos incrementos estuvieron dado por la abundancia de la especie *C. atratus*, observandose en promedio entre 70 y 90 individuos, alcanzando algunas veces máximos de hasta 500, congregados a la orilla del lago de Managua. El numero de especies en el periodo lluvioso permaneció constante ($X^2= 3.33$, $p>0.068$) a lo largo de las horas del dia, observandose un promedio de 11 especies.

Cambios de la abundancia de aves en relación a las variables climáticas. Se determinó que las variables climáticas: precipitación, viento, nubosidad y temperatura tienen una relación estadísticamente significativa con la abundancia de aves presente en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, esto indica que la cantidad de aves observadas en ese sitio permanecen en actividad dependiendo de las condiciones climáticas. La abundancia de las aves aumentó con el aumento de la precipitación ($r = 0.57$, $p< 0.0067$), esta relación se hizo más evidente a fines del mes de octubre donde asciende la precipitación a 26.6 mm y a la vez la abundancia a 438 individuos. A medida que aumentó la nubosidad se incrementó la abundancia de aves ($r = 0.63$, $p<0.0028$), eventos marcados observaron en el mes de octubre donde la abundancia se incrementó de 295 a 438 individuos con nubosidad de 7 octas.

Los incrementos de la velocidad del viento redujeron la presencia de aves ($r = -0.50$, $p<0.0213$) en el área de estudio, esto se observó marcadamente a finales del mes de junio donde la abundancia de aves se redujo de 104 a 39 individuos y la velocidad del viento de 0.8 m/s a 2.0 m/s. Al igual que la velocidad del viento, la temperatura tuvo una correlación inversa con la abundancia de aves ($r= -0.58$, $P<0.0055$) a finales del mes de octubre, cuando se manifestó un descenso en la temperatura hasta 24.5 °C y se observo un aumento de la abundancia hasta 438 individuos (Figura 3).

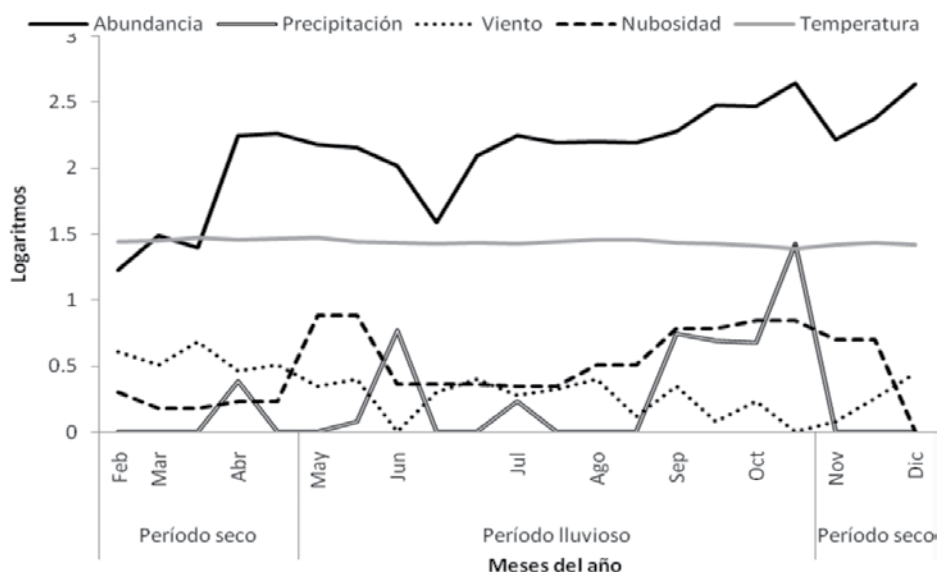


Figura 3. Logaritmo de la abundancia, precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (Octas) y temperatura (oC), distribuidos en todo el año, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje.

Las observaciones desde la torre de control determinaron un comportamiento distinto al observado desde la pista de aterrizaje, con referente a las relaciones entre la abundancia y las variables climáticas. La abundancia de aves no estuvo relacionada con la precipitación ($r = -0.23$, $p > 0.35$), ni con la velocidad del viento ($r = 0.067$, $p > 0.80$), ni con la nubosidad ($r = 0.10$, $p > 0.73$) ni con la temperatura ($r = 0.21$, $p > 0.41$). Esto evidencia que las aves observadas desde la torre de control, permanece en actividad independientemente de las condiciones climáticas (Figura 4).

Las razones biológicas del porque las variaciones de la abundancia relacionadas con las variaciones climáticas son difíciles de dilucidar de una manera clara, como exponen Fowler & Cohen, (1999) “no se puede concluir que porque dos variables estén fuerte y significativamente correlacionadas, una es causa de otra. Siempre es posible que algún factor adicional no identificado sea la causa subyacente de tales variaciones”. Por ejemplo el aumento de algún factor climático puede influir en el aumento o reducción de la disponibilidad de insectos en el manto vegetal y por lo tanto aumentar o reducir la abundancia de aves.

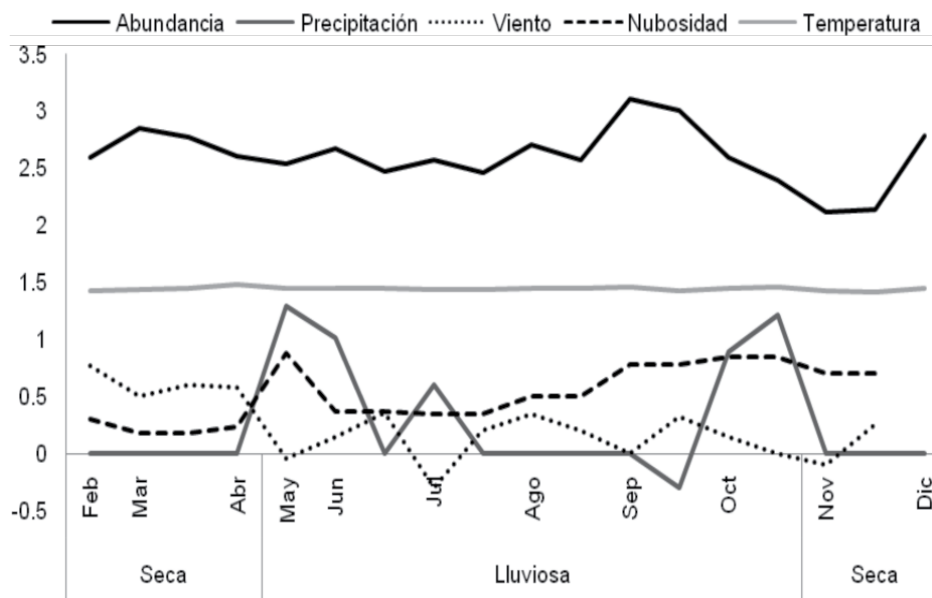


Figura 4. Logaritmo de la abundancia (número de individuos), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (octas) y temperatura (oc), distribuidos en todo el año, observadas desde la Torre de Control.

Relación entre peso y altura de vuelo. Se determinó una relación positiva significativa ($F= 34.43$, $p<0.0001$) entre el peso de las aves y su altura de vuelo. De tal forma que las especies con mayor peso corporal como los *Cathartides* (Familia Cathartidae) entre ellos *C. atratus* (1.8 kg) y *C. aura* (1.4 kg) fueron los que vuelan más alto, sobrepasando los 1000 1500 pies. *C. atratus* y *C. aura* son los principales ejemplares del grupo de los carroñeros, los cuales representan un peligro a la aviación. Aunque *C. aura* no representó tanto peligro comparado con su pariente *C. atratus*, pese a que ambos sean un tanto semejantes en peso y altura de vuelo, esto es debido a que *C. aura* es una especie menos gregaria, se les puede encontrar generalmente en grupos pequeños de 3-5 individuos y por lo general prefieren áreas de bosque, en cambio *C. atratus* viven en grandes congregaciones y por lo general se puede encontrar más en áreas urbanas (Stiles & Stutch, 1989).

Aves que perchan en el enmallado perimetral del aeropuerto. Se determinó que casi ninguna de las aves que perchan el enmallado perimetral del aeropuerto (a excepción de *Columbina talpacoti*) son peligrosas para la aviación, por el contrario, el enmallado les sirve de barrera o límite al cual se restringen a estar, en la mayoría de las observaciones estas aves ingresan timidamente y momentáneamente a las áreas verdes del aeropuerto sin llegar hasta la pista de aterrizaje, posiblemente esto se deba a que el ruido de las operaciones aeroportuaria les mantenga alejadas. Entre ellas tenemos a *Passers domesticus*, *Columbina talpacoti*, *Tyrannus melancholicus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Tyrannus forficatus*.

En el enmallado perimetral se identificaron especies que no fueron observadas en los puntos de conteo alrededor de la pista de aterrizaje, entre estas: *Calocitta formosa*, *T. forficatus* y *Eumomota superciliosa*, el hecho de que no haya sido reportada por los observadores alrededor de la pista, dió a entender que estas especies no influyen en las actividades aeroportuaria, las razones no son exactas, pero se observó que estas especies se desplazan solamente en lugares donde hay arbolado. Otra razón puede ser que estos individuos no están acostumbrados al ruido de los aviones, a como lo están la mayoría de las especies encontradas a los alrededores de la pista.

Identificación de sitios de anidación de aves. Durante tres meses se realizaron recorridos revisando la infraestructura

y el arbolado cercano al sector norte del aeropuerto y se contaron un total de 146 nidos, la mayoría de ellos se encontraron en árboles de Almendra (*Terminalia catapa*), Mango (*Manguifera indica*) y dentro de las instalaciones del cuerpo de Bomberos. La mayoría de las especies que anidaban fueron determinadas como *Q. mexicanus*, *C. livia* y *P. domesticus*. El material que más utilizaron las aves para hacer sus nidos fueron: zacate y algodón hasta en un (40% del total de nidos).

Asignación de riesgo para las especies de aves identificadas en el aeropuerto. *C. atratus* resultó ser la especie más peligrosa para la aviación, con un índice de riesgo de 19.90, representando el 100 % de peligrosidad, seguido de *Q. mexicanus* con un índice de 16.05 (Tabla 1). Ambas especies fueron registradas con mayor frecuencia, son difíciles de auventar y no evaden las colisiones con facilidad.

Columba livia fue avistada la mayoría de veces muy cerca de la torre de control, e incluso, fueron observadas anidando en las instalaciones de esta, lo que la caracteriza como peligrosa en este sector donde

Tabla 1. Asignación de riesgo (Índice R de Nicholas Carther), para las especies encontradas de la pista de aterrizaje y observadas desde la torre de control

Especies	Riesgo	Riesgo total	Porcentaje de riesgo relativo
<i>Coragyps atratus</i>	19.90	1	100
<i>Quiscalus mexicanus</i>	16.05	2	81
<i>Columba livia</i>	14.50	3	73
<i>Columbina talpacoti</i>	14.27	4	72
<i>Hirundo rustica</i>	14.16	5	71
<i>Molothrus aeneus</i>	13.84	6	70
<i>Sturnella magna</i>	13.44	7	68
<i>Egretta thula</i>	13.06	8	66
<i>Cathartes aura</i>	11.96	9	60
<i>Zenaida asiatica</i>	11.02	10	55
<i>Turdus grayi</i>	10.80	11	54
<i>Tyrannus melancholicus</i>	10.45	12	53
<i>Ictinia mississippiensis</i>	9.50	13	48
<i>Columba flavirostris</i>	9.42	14	47
<i>Polyborus plancus</i>	7.65	15	38
<i>Colinus christatus</i>	7.53	16	38
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	7.51	17	38
<i>Charadrius wilsonia</i>	7.41	18	37
<i>Passers domesticus</i>	7.34	19	37
<i>Tyrannus forficatus</i>	6.89	20	35
<i>Aratinga canicularis</i>	6.76	21	34
<i>Calocitta formosa</i>	6.46	22	32
<i>Nyctidromus albicollis</i>	6.02	23	30

la actividad aeronáutica es intensa, *C. livia* representa el 73% de peligrosidad con respecto a *C. atratus*. *C. talpocati* es una especie que se moviliza en grupos en toda el área verde del aeropuerto, además, no se controlan fácilmente, una vez que han sido ahuyentadas, regresaban al lugar. *H. rustica* es poco capaz de evitar colisiones, de tal manera que algunos individuos casi colisionaban con la camioneta en la que se desplazaba el equipo de observación, en las vías de acceso dentro del aeropuerto.

Áreas de riesgos y zonas de concentraciones de aves. Se seleccionaron a las dos especies que representan mayor riesgo de impacto con aeronaves y a tres especies de riesgo mediano pero que vuelan alto y se desplazan en grupos, para elaborar un mapa de áreas de riesgos,

las áreas de riesgos se determinaron utilizando la herramienta sistema de información geográfica (SIG) a través de una interpolación en función inversa a la distancia usando el índice de riesgo de cada especie.

Como resultado del análisis, se observó una mayor área de riesgo que involucra a *C. atratus* ocupando en su mayoría los sectores norte, oeste y una pequeña parte del sector sur del aeropuerto (Figura 5), prácticamente en toda el área del círculo de 3000 m de radio (2,827.44 ha). La especie *Q. mexicanus* estaba distribuida principalmente en el sector sureste, suroeste y en parte del sector norte del aeropuerto. A *Q. mexicanus* se le dio persecución por carretera norte y se determinó que habita en grupos en todo el arbolado a lo largo de dicha carretera, sin un punto específico para pernoctar,

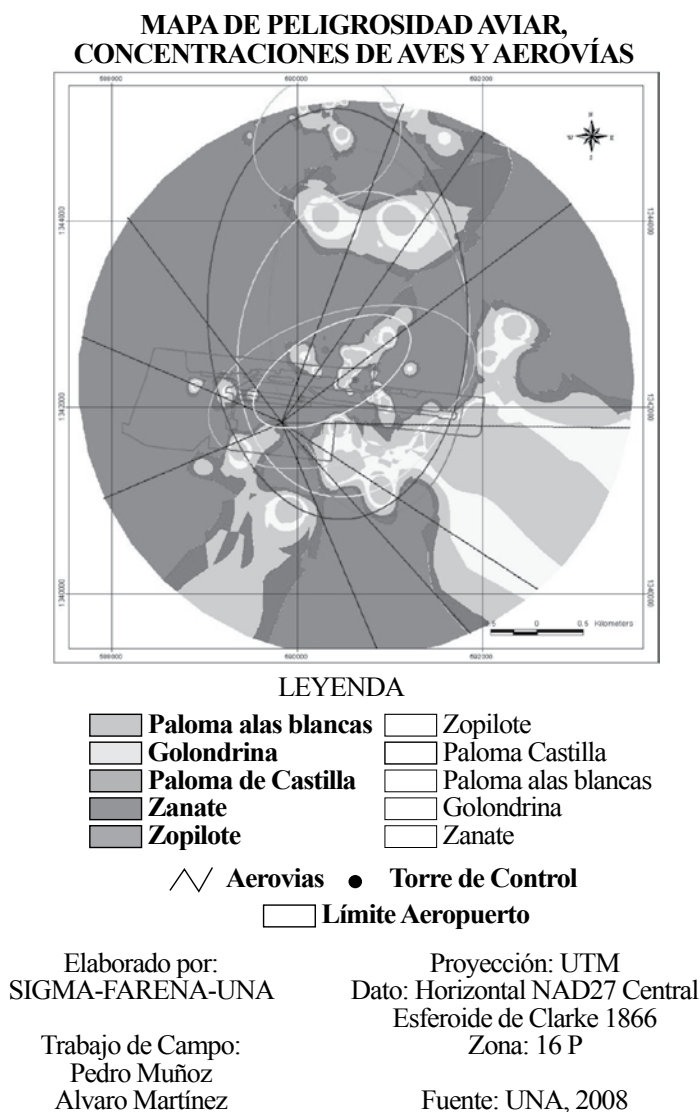


Figura 5. Áreas de riesgos de impactos aves-aeronaves distribuidos en un radio de 3000m alrededor de aeropuerto tomando como centro la torre de control.

utilizando como hábitat árboles principalmente de Mango (*M. indica*), Matapalo (*Ficus elastica*), Laurel de la india (*Ficus benjamina*), Coco (*Cocos nucifera*), entre otros.

Se determinó una reducción del nivel de peligrosidad en el área sureste del aeropuerto, donde tuvo mayor influencia *C. livia*, *Z. asiatica* distribuida principalmente en los sectores sur y norte del aeropuerto por las zonas cubiertas con árboles e *H. rustica* distribuida principalmente en la parte sureste del aeropuerto. La mayor parte de los sectores centro, sur y oeste del aeropuerto representa áreas de alto riesgo (Figura 5). En todas las aerovías la incidencia de aves incrementa el riesgo de colisiones entre aves y aeronaves y se puede apreciar que todas las aerovías están afectadas por las áreas clasificadas de mayor riesgo, debido a la presencia de la especie *C. atratus* que es el ave que representa mayor riesgo para la aviación.

Focos de atracción de especies de aves con hábitos alimenticios carroñeros. *C. atratus* la especie más peligrosa para la aviación, ha encontrado fuente de alimentación en las áreas cercanas al aeropuerto internacional de Managua. Mientras los focos atractivos continúan, la población de aves de rapiña continuará creciendo y más que eso, la presencia de esta especie se continuará observando a lo largo del año y a lo largo del día. El agudo sentido del olfato y de la vista de estas aves hace que estos animales se presente inmediatamente después de haber sido expuesto un foco de atracción (basureros y mataderos que no manejan sus desechos).

CONCLUSIONES

La mayor frecuencia de aves en la pista de aterrizaje está dada por la presencia de: *Hirundo rustica*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus aeneus*, *Columbina talpacoti* y *Columba livia*. Mientras que en vuelo desde la torre de control son más frecuentes las especies: *Coragyps atratus*, *Zenaida asiatica*, *Molothrus aeneus* y *Quiscalus mexicanus*.

En la pista de aterrizaje y desde la torre de control la abundancia y riqueza de aves no varía significativamente a lo largo de los meses del año.

En la pista de aterrizaje la abundancia incrementa significativamente en el período seco en horarios de 06:00-07:00 am, principalmente por la presencia de *Q. mexicanus* y *H. rustica*. La riqueza del período seco y la abundancia y riqueza del período lluvioso no varía significativamente.

Desde la torre de control no existen incrementos significativos de la abundancia y riqueza de aves en el período seco, pero sí de la abundancia en el período lluvioso, registrándose mayormente entre las 11:00 y 13:00, dado principalmente a mayores actividades de la especie *C. atratus* a esa hora.

La abundancia de aves en la pista de aterrizaje depende de las condiciones climáticas, aumentando al aumentar la precipitación y la nubosidad y reduciéndose al aumentar la velocidad del viento y la temperatura. La actividad de las aves observadas desde la torre de control no varía con las variaciones climáticas diarias.

Dentro de las especies que mayor uso hacen del enmallado perimetral del aeropuerto para perchaje están: *Passers domesticus*, *Columbina talpacoti*, *Tyrannus melancholicus*, *Crotophaga sulcirostris* y *Tyrannus forficatus*.

Los sitios preferidos para anidación dentro del aeropuerto son árboles de Almendra (*Terminalia catapa*), Mango (*Mangifera indica*) y dentro de las instalaciones del cuerpo de Bomberos, torre de control y los hangares.

Se concluye de *Coragyps atratus* y *Quiscalus mexicanus* son las especies que más peligro representan para la aviación, seguidas en menor escala de *Columba livia*, *Columbina talpacoti*, *Hirundo rustica* y *Molothrus aeneus*.

Los sectores norte, oeste y una pequeña parte del sector sur del aeropuerto son áreas de mayor riesgo aviario por una mayor frecuencia de observación de *C. atratus* en esa zona. La especie *Q. mexicanus* está distribuida principalmente en el sector sureste.

Las fuentes de atracción de aves van desde sitios ideales para hábitat, refugio, anidación y perchaje hasta fuente de alimentos que incluyen vegetales, insectos, otros vertebrados, basureros y mataderos.

RECOMENDACIONES

Continuar con el monitoreo de aves, para acumular datos en cuanto a abundancia, riqueza y riesgo que diluciden las variaciones en tiempo.

Complementar la investigación con un estudio enfocado directamente a la dinámica de poblaciones especialmente para la especie *C. atratus* considerando que es la de mayor riesgo para las actividades aeronáuticas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carter, NB. s.f. No todas las Aves son Iguales: Evaluación del riesgo y priorización de riesgos de fauna en aeródromos. United States. p. 12.
- Cleary, E; Dolbeer, R. 2005. Manejo del Riesgo por Fauna Silvestre en Aeropuertos, Un Manual Para Personal Aeroportuario. Segunda Edición. Federal Aviación Administración, Washington DC, United States. p. 2-10.
- EAAI (Empresa Administradora de Aeropuertos Internacionales, NI). 2006. Plan Maestro de Ampliación y Remodelamiento del Aeropuerto Internacional de Managua, Nicaragua. 48 p.
- Fowler, J; Cohen, L. 1999. Estadística básica en Ornitología. Editorial SEO Birdife. Madrid. p. 66, 77-83, 101-103.
- Godinez, E. 2001. Seminario sobre Peligro Aviario, Protección del Medio Ambiente y Utilización del terreno en los Aeropuertos para las Regiones NAM/CAR/SAM (Ameritas). p 2.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2008. Fotografía aérea 2952-2-4, Escala 1:25,000 año 2004.
- _____. 2008. Imagen Managua 2001.
- Magurran, AB. 1988. Medición de la diversidad biológica. p 20 – 22
- Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, Vol.1. Zaragoza. p 26.
- Stiles, G; Skutch, A. 1989. Bird of Costa Rica. Cornell University Press. Ithaca, New York. 481 p.