



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación
Para Optar al Título de
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

**Análisis del riesgo de impactos entre aves y
aeronaves en el Aeropuerto Internacional Augusto C.
Sandino, Managua, Nicaragua**

Autores:

Pedro Enrique Muñoz Izaguirre
Álvaro Emilio Martínez Gadea

Asesores:

Lic. Miguel Garmendia Zapata
Ing. Andrés Agustín López

Managua, Nicaragua
Julio, 2009

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CUADROS	ii
INDICE DE FIGURAS	Iv
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Descripción general del área de estudio.....	4
3.1.1 Localización.....	4
3.1.2 Ambiente físico.....	5
<i>Clima</i>	5
<i>Geología</i>	5
3.2 Proceso metodológico.....	5
3.2.1 Etapa de planificación.....	6
3.2.2 Etapa de campo.....	6
<i>Unidad de muestreo para el área de estudio</i>	6
<i>Diseño de muestreo para el área de estudio</i>	8
<i>Variables climáticas</i>	13
<i>Metodología específica para la elaboración de mapas</i>	13
<i>Mapa de áreas de riesgos aviar</i>	14
<i>Mapa de zonas de concentraciones de aves</i>	14
3.2.3 Procesamiento y análisis de la información.....	14
<i>Calculo de la abundancia y riqueza de especie</i>	14
<i>Abundancia</i>	14
<i>Riqueza de especies</i>	15
<i>Asignación de número de riesgo para cada especie</i>	15
3.3 Pruebas Estadísticas.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	17
4.1 Especie de aves encontradas en el área de estudio.....	17
4.1.2 Cambios de la abundancia y riqueza de especie.....	19
<i>Cambios a lo largo de las horas del día</i>	22
<i>Cambios observados en los puntos de conteo</i>	30
<i>Cambios en relación a las variables climáticas</i>	32
<i>Cambios por estación del año</i>	35
4.1.3 Relación entre peso y altura de vuelo.....	38
4.1.4 Tamaño de parvadas por especie.....	39
4.1.5 Aves encontradas perchando en el enmallado perimetral.....	42
4.1.6 Conteo de nidos.....	47

4.2 Asignación de riesgo para las especies de aves identificadas en el aeropuerto...	49
4.3 Areas de Riesgos y zonas de concentraciones de aves.....	51
4.4 Focos de atraccion de especies de aves con hábitos alimenticios carroñeros.....	54
4.4.1 Mataderos.....	55
4.4.2 Basureros.....	55
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	59
VII. LITERATURA CONSULTADA.....	61
VIII. ANEXOS.....	62

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, en primer lugar por darme la sabiduría y entendimiento para poderla realizar.

En segundo lugar en memoria de Pedro Victorino Izaguirre Lainez, mi abuelo con quien aprendí muchas cosas de la vida a su lado y me orientó a seguir adelante, la persona que en vida me apoyó y fue inspiración para culminar mi carrera universitaria. Que Dios lo tenga en su Gloria. En paz descanse.

A mi Madre María Teresa Izaguirre Garache que ha sido padre y madre, que me brindó su apoyo incondicional a todo lo largo de mis estudios y que con su sacrificio, amor, cariño y la iluminación de Dios supo guiarme en el difícil camino de la formación profesional que hoy estoy concluyendo y a mi Abuela María Estela Garache Maldonado por darme su apoyo.

A mis tíos José de la Cruz, César Augusto y Herminia Izaguirre Garache, por tener su apoyo siempre.

A mi tía Elva Garache Maldonado y a su esposo Daniel Mario Olivares, por haberme aconsejado y apoyado a lo largo de mis estudios de Universitarios.

A mis hermanos, tíos, primos y todos mis amigos y compañeros de clase, que de una u otra forma han contribuido al logro de mi profesionalización.

Br. Pedro Enrique Muñoz Izaguirre

A Dios, por prestarme vida salud y sabiduría desde siempre y aun más en los momentos claves de mi vida. Gracias por ser mi guía de siempre.

A mis padres y toda mi familia, por su gran aporte a mi formación profesional e incondicional apoyo en todas las etapas de mi vida, en especial a mi abuelita María de los Ángeles Blandón, por su esfuerzo y perseverancia en pro de encausarme en los buenos caminos de la vida.

En especial a mis tías, María Elena Blandón, Alba Marina Gadea Blandón, Bertha del Rosario Gadea Blandón y Teresa de Jesús Gadea Blandón, por su atención a los distintos cambios que ha experimentado mi vida y aporte continuo en mi formación, tanto humana como profesional.

A todos mis compañeros y amigos, que de una u otra forma han contribuido y siempre estuvieron atentos en el desarrollo nuestro.

Br. Alvaro Emilio Martínez Gadea.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento de manera muy especial A:

Dios en primer lugar, por iluminarnos en el largo y arduo camino de nuestra investigación.

La Empresa Administradora del Aeropuerto Internacional de Managua (EAAI), por el apoyo brindado en el transcurso de nuestra investigación.

Asesor: Lic. Miguel Garmendia, por su apoyo sabio, incondicional y determinante para la conformación del presente trabajo.

Asesor: Ing. Andrés López, por su colaboración en la elaboración de mapas y contribuciones al estudio.

Lic. Francisco Alvarado, por aportes en el estudio en lo que respecta a la parte estadística.

Ing. Bismarck Mendoza, por su colaboración en el estudio

Ing. MSc. Fernando Mendoza Jara, por su ayuda en la elaboración de mapas.

Todo el cuerpo docente que nos dieron sus aportes para culminar con éxito nuestra carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.

Al Gerente General del AIACS: Lic. Orlando Castillo, por el convenio entre la EAAI y la UNA.

Al Gerente de Servicios Aeroportuarios: Lic. Helmer Guillen, por su atento seguimiento y empeño puesto en la investigación.

Ingeniero: Duilio Chavarría, por su esmero puesto en la gestión de medios para la realización de la etapa de campo de dicha investigación.

Supervisor de Tránsito Aéreo: Lic. Jorge Luís Savallos, por facilitar la ligera coordinación, para nuestro acceso a la Torre de Control.

La Supervisora de Tránsito Aéreo: ATC. Julia Aleyda Ramos, por su apoyo incondicional durante nuestras visitas a la Torre de Control.

Todo el cuerpo de controlistas del tránsito aéreo.

Todas las personas que laboran para el área de pista y rodaje, por habernos colaborado con el transporte en la etapa inicial de la investigación.

Br. Pedro Enrique Muñoz Izaguirre
Br. Alvaro Emilio Martínez Gadea

ÍNDICE DE CUADROS

Nº. Cuadro		Página
1	Especies avistadas desde las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, por número de individuos por parvadas, con el mínimo y el máximo número de individuos observados, Managua, 2008.....	40
2	Especies avistadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, por sus rangos de número de individuos por parvadas, con el mínimo y el máximo número de individuos observados, Managua,2008.....	41
3	Asignacion de riesgo (Indice R de Nicholas Carther) , para las veinticuatro especies encontradas de la pista de aterrizaje y torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino,Managua,2008.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº. Figura		Página
1	Ubicación del área de estudio, Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	4
2	Representación gráfica de un punto de conteo de 100m de radio establecido en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008	7
3	Puntos de observación desde la torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, cada campo de visión orientado hacia los cuatro puntos cardinales, Managua, 2008.....	7
4	Puntos de conteo en el monitoreo de aves en el área verde alrededor de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	10
5	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, Managua, 2008.....	11
6	Distribución porcentual de las especies de aves más abundantes en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	17
7	Distribucion porcentual de las especies de aves mas abundantes observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua,2008.....	18
8	Distribución del logaritmo de la abundancia y riqueza en todo el año, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	20
9	Distribución del logaritmo de la abundancia y riqueza en todo el año, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino,Managua,2008.....	21
10	Valores promedios de abundancia de aves distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	23
11	Valores promedios de abundancia de aves distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino,Managua,2008.....	24
12	Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas de monitoreo en la estación seca, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	25
13	Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas del día, en la época seca, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino,Managua,2008.....	26

14	Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas de monitoreo en la estación lluviosa, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	27
15	Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas del día, en la época lluviosa, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	28
16	Riqueza de especie distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	29
17	Riqueza de especie distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	30
18	Abundancia distribuida en cada punto de muestreo de 100 metros de radio en ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	31
19	Riqueza distribuida en cada punto de muestreo de 100 metros de radio en ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	32
20	Logaritmo de la abundancia, precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (Octas) y temperatura (°C), distribuidos en todo el año, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	34
21	Logaritmo de la abundancia (número de individuos), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (octas) y temperatura (°C), distribuidos en todo el año, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	35
22	Abundancias totales en el período seco y lluvioso para las especies determinadas más abundantes, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	36
23	Abundancias totales en el período seco y lluvioso para las especies determinadas más abundantes, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	37
24	Relación proporcional del peso y la altura de vuelo de las aves, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	38
25	Relación proporcional del peso y la altura de vuelo de aves, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	39

26	Relación proporcional entre el tamaño máximo de individuos que conforman una parvada, el peso y la altura de vuelo, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	42
27	Porcentaje de abundancia de especies que perchan en el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	43
28	Abundancia total y riqueza para las tres partes en que se dividió el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	44
29	Abundancia por especies en cada parte en que se dividió el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	45
30	Comportamiento de escape y búsqueda de refugio de las aves avistadas en el enmallado perimetral del aeropuerto. 1. El ave no se ahuyenta, 2. El ave se ahuyenta, 3. El ave vuela hacia fuera del aeropuerto, 4. El ave vuela hacia dentro del aeropuerto, 5. El ave estaba dentro del aeropuerto y voló hacia fuera, 6. El ave estaba fuera del aeropuerto y voló hacia dentro, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	46
31	Abundancia de nidos encontrados por sitios, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	47
32	Abundancia porcentual de nidos por tipo de material utilizado, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	48
33	Registro de impactos entre aves y aeronaves desde el 2004 hasta el 2008, en el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.....	49
34	Áreas de Riesgos de Impactos por aves con Aeronaves distribuidos en un radio de 3000m alrededor de aeropuerto tomando como centro la torre de control, Managua, 2008.....	52
35	Zonas de Concentraciones de aves de mayor riesgo, distribuidos en un radio de 3000m alrededor de aeropuerto tomando como centro la Torre de Control, Managua, 2008.....	54
36	Focos de Atracción distribuidos en un radio de 3 km alrededor de aeropuerto tomando como centro la Torre de Control, Managua, 2008.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Formulario A (Pista de aterrizaje).....	63
2	Formulario B(Torre de control).....	64
3	Formulario E (Persecución de parvadas).....	65
4	Formulario G Conteo de Aves que Perchan en la Cerca Perimetral.....	66
5	Propuesta de formulario para reportar choques entre aves y aeronaves de choques con aves.....	67
6	Clasificación taxonómica, abundancia, altura de vuelo (m), estatus (pasante P, residente R y migratorio M) y apéndices CITES para todas las especies de aves determinadas en el aeropuerto (sin incluir las tres desconocidas).....	68
7	Listado de especies de aves avistadas desde la pista de aterrizaje y Torre de Control del Aeropuerto con régimen alimenticios y hábitat.....	69
8	Variables utilizadas para el cálculo del índice de riesgo.....	70
9	Cuadro de permanencia, peso y altura de las aves determinadas en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje.....	72
10	Regresión lineal entre peso y altura de vuelo de aves en la Pista de aterrizaje.....	73
11	Regresión lineal entre peso y altura de vuelo de aves en la Torre de Control del Aeropuerto.....	74
12	Correlación entre abundancia de aves y variables climáticas en la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto.....	75
13	Correlación entre abundancia de aves y variables climáticas en la Torre de Control del Aeropuerto.....	76
14	Descripción de las especies más abundantes y que representan mayor riesgo para la aviación.....	77
15	Dossier de fotografías.....	80

RESUMEN

Se realizó una investigación comprendida desde el mes de febrero al mes de diciembre del año 2008, en el Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino, que se encuentra ubicado aproximadamente a 11.5 kilómetros del centro de la ciudad de Managua en el sector oriental entre las coordenadas 12°08'30" de latitud norte y 86°10'24" de longitud oeste. Esta investigación consiste en el monitoreo de aves con el objetivo de conocer abundancias, riquezas y el riesgo que representan para las aeronaves. Para efecto de orden, el área de estudio se dividió en dos, pista de aterrizaje y torre de control, en la primera se evaluaron la incidencia de aves a los alrededores de la pista de aterrizaje y que tienen influencia directa con el impacto aves-aeronaves dentro del aeropuerto para la cual se ubicaron 13 puntos de conteo alrededor de la misma y la segunda para evaluar la incidencia de aves que vuelan por encima de la torre de control (25 m) como *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, entre otros que vuelan en un radio de 3000 m (con centro en la torre de control) a los alrededores del aeropuerto, para eso se dividió en cuatro cuadrantes de avistamiento delimitados por 10 minutos de observación, además con las observaciones desde la torre de control se realizó un mapa de peligrosidad aviar, concentraciones de aves y otro de focos de atracción de aves en el área de estudio. En los alrededores de la pista de aterrizaje se encontraron 1155 individuos agrupados en 22 especies, 20 géneros, 15 familias y 9 órdenes. En la torre de control se determinaron 726 individuos agrupados en 15 especies, 13 géneros, 9 Familias y 5 órdenes. Las especies como *C. atratus* tiene un patrón de movimientos de norte a sur, la especie *Quiscalus mexicanus* se mueve principalmente de este a oeste, *Zenaida asiatica* se desplaza en dirección este – oeste utilizando principalmente las áreas cubiertas por vegetación y la especie *Columba livia* e *Hirundo rustica* no presentan un patrón de movimiento definidos. Existe un aumento significativo de la abundancia por especies que visitan en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje en los meses de octubre y diciembre, encontrándose en su mayoría con *H. rustica* (67.46 %) y *Q. mexicanus* (18.64 %). Las especies que vuelan arriba de los 25 m son abundantes mayormente en los meses de septiembre y octubre, entre los que se destacan *C. atratus* y *Z. asiatica* con totales de 300 y 140 respectivamente. La riqueza de especies que visitan las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje y las especies que vuelan por encima de los 25 m de altura determinadas desde la torre de control no sufren cambios significativos a lo largo del año, observándose una riqueza promedio de 9 especies para todos los meses. Las especies que representan mayor peligro para la aviación son: Zopilote (*Coragyps atratus*) con un porcentaje de riesgo relativo de 100 %, Zanate (*Quiscalus mexicanus*) con 81% y Paloma de castilla (*Columba livia*) con 73 %. Los focos de atracción identificados son 42 de los cuales 41 son basureros de todo tipo de desperdicios y 1 es el matadero Carnes de Nicaragua S.A, ubicado en el sector norte del aeropuerto pero, no es este sitio el que genera un foco de atracción, sino su desaguadero de desperdicios ubicado en la costa del lago de Managua a una distancia de 2,920m del aeropuerto y donde se determinaron altas concentraciones de *C. atratus* de hasta 500 individuos.

ABSTRACT

It was carried out a research in the International Airport Augusto Cesar Sandino, from february to december 2008, the airport is located 11.5 kilometers from Managua, in the oriental sector of the city, the coordinates are 12°08'30'' north latitude and 86°10'24'' west longitude. The goal of this research was monitor bird's community to know abundances, richness and the risk of strike between birds and airplane. The monitoring was carried out from green areas next to the landing road and from control tower, in the first place were established 13 count points to observe birds that flew 25m under the control tower, in the second place the observer watched over high flier birds as *Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, etc. the last monitoring place was limit with a radius of 3000 m around the airport, it was divided in four observation quadrants. Observations were done by 10 minutes in each place. Near the land road 1155 individuals were identified, grouped in 22 species, 20 genus, 15 families and 9 order, in the other case, from the control tower 726 individuals were identified, grouped in 15 species, 13 genus, 9 families and 5 orders. Species as *C. atratus* has north-south pattern of movements, *Quiscalus mexicanus* and *Zenaida asiatica* flew mainly to east-west, the last species used to fly above areas covered by plants (mainly trees), on the other hand *Columba livia* and *Hirundo rustica* didn't get defined pattern of movement. There were a significant increase of abundance around the landing road in october and december, mainly of *H. rustica* (67.46%) and *Q. mexicanus* (18.64%). From the control tower there were an increase of abundance in september and october, mostly of *C. atratus* and *Z. asiatica*, there were observed 300 and 140 individuals respectively. Richness of birds around the landing road didn't change significantly, it was observed about 9 species in average along the year. The main risk species to aviation are: Black Vulture (*C. atratus*) with 100% of risk, Zenate (*Q. mexicanus*) with 81% and Blue Rock Pigeon (*C. livia*) with 73%. It were identified 42 focuses of attraction to steals birds, 41 are trash cans and one is the slaughterhouse (CARNIC) located in the north sector of the airport, it is not this place that generates a focus of attraction, but its waste drain located in the coast of the lake of Managua is the greatest attraction point of *C. atratus*, it was observed about 500 individuals, the waste drain is located 2,920m from the.

I. INTRODUCCION

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). Con el surgimiento del transporte aéreo a facilitado la forma de vida de las personas de una manera que se ha convertido en una necesidad primordial de todas las partes del mundo.

Los cielos Nicaragüenses recibieron el primer avión en 1922 y desde entonces cantidades de aeronaves han transitado por él. Reconociendo el potencial de este medio de transporte en el desarrollo de Nicaragua, en 1931 se inaugura en primer campo de aterrizaje al oeste de la ciudad de Managua llamado Campo de Aviación Xolotlan, el cual tuvo vida hasta el año 1956 (EAAI, 2006). Luego en los años cuarenta fue construido un segundo campo con mejores condiciones llamado Aeropuerto Las Mercedes el cual en los años ochenta fue designado como Aeropuerto Internacional de Managua Augusto C. Sandino.

A través de la historia aeronáutica los impactos con aves han sido un problema con el que biólogos y personal de los aeropuertos han tenido que lidiar y tratar de minimizar. Solo en los Estados Unidos, las colisiones de aeronaves con fauna silvestre cuestan anualmente a la aviación civil, cerca de 500 millones de dólares por daños directos y costos asociados, y aproximadamente 500 mil horas fuera de uso de las aeronaves, alrededor del mundo más de 400 personas habían muerto hasta 1995 (Cleary & Dolbeer, 2005).

Nicaragua no esta exenta de impactos con aves, año con año se registran colisiones que hasta el momento no han causado pérdidas humanas, pero si cuantiosos daños materiales, solo para el período 2004-2008 se han registrado 16 impactos con aves reportados, de los cuales el 43.75 % han sido con Zopilotes (*Coragyps atratus*), 6.25 % con Zanate (*Quiscalus mexicanus L.*) y en un 50 % de los casos no se pudo identificar el ave.

En un esfuerzo por mitigar la frecuencia de colisiones entre aves y aeronaves, en el año 2000 se conformo el Comité Interinstitucional de peligro aviario y se reeditó en el año 2005. Este comité tiene como meta prevenir accidentes de aviación que puedan ser provocados por la presencia de aves en el espacio aéreo.

El comité esta conformado por las siguientes instituciones: Empresa Administradora de Aeropuerto Internacionales (EAAI), Corporación Zona Franca (CZF), Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Dirección General de Aviación Civil (DGAC), Policía Nacional Distrito VI, Alcaldía de Managua distrito VI, Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), Ministerio de Salud (MINSAL) y las aerolíneas Continental Airlines, Atlantic Airlines, Copa Airlines, Delta Airlines y America Airlines.

El país más cercano que ha realizado estudios similares es Panamá y es el más avanzado en el tema de peligro aviario en la región Centroamericana, en donde se ha concluido que la especie de mayor peligro es el Zopilote (*Coragyps atratus*) (Godinez, 2001).

Actualmente no existe información que permita al Aeropuerto Internacional de Managua Augusto C. Sandino planificar un manejo pasivo de la fauna aviaria, el cual involucraría el estudio de tipo de vegetación y alimento para los diferentes gremios alimenticios como los granívoros, frugívoros, insectívoros, rapaces, entre otros factores que inciden en la proliferación de especies de aves. Por otro lado, se desconoce de forma exacta el riesgo que representa la presencia de cada especie de ave en el aeropuerto y de esta manera focalizar los esfuerzos de control en especies particulares, ya que no todas las aves dentro de un aeropuerto son peligrosas.

Con este estudio se determinaron las estaciones del año, los meses y horas del día donde la abundancia y la riqueza de aves son mayores, se hizo una clasificación de las aves por su nivel de riesgo, se determinaron las áreas de mayor riesgo alrededor del aeropuerto y se relacionó la abundancia vs. variables climatológicas, esta información servirá de base para la elaboración de un plan de manejo de las especies más peligrosas para la aviación, dentro y fuera del aeropuerto.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Generar información base para la elaboración de un plan de manejo de especies de aves con mayor riesgo para la aviación en el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino de Nicaragua.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las especies de aves que frecuentan y/o viven dentro del aeropuerto.
- Describir los movimientos de parvadas de aves que vuelan sobre la Torre de Control en un radio de 3000 m alrededor del Aeropuerto.
- Determinar el cambio de la abundancia y la riqueza de las aves por estación del año, por mes y por hora del día.
- Evaluar el nivel de riesgo que cada especie representa para la aviación.
- Identificar las áreas de riesgos y zonas de concentraciones de aves que representen un mayor riesgo.
- Brindar recomendaciones para el control de aves según los resultados obtenidos en el estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general del área de estudio

3.1.1 Localización

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 $12^{\circ}08'30''$ de latitud norte y $86^{\circ}10'24''$ longitud oeste (Figura 1). 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).

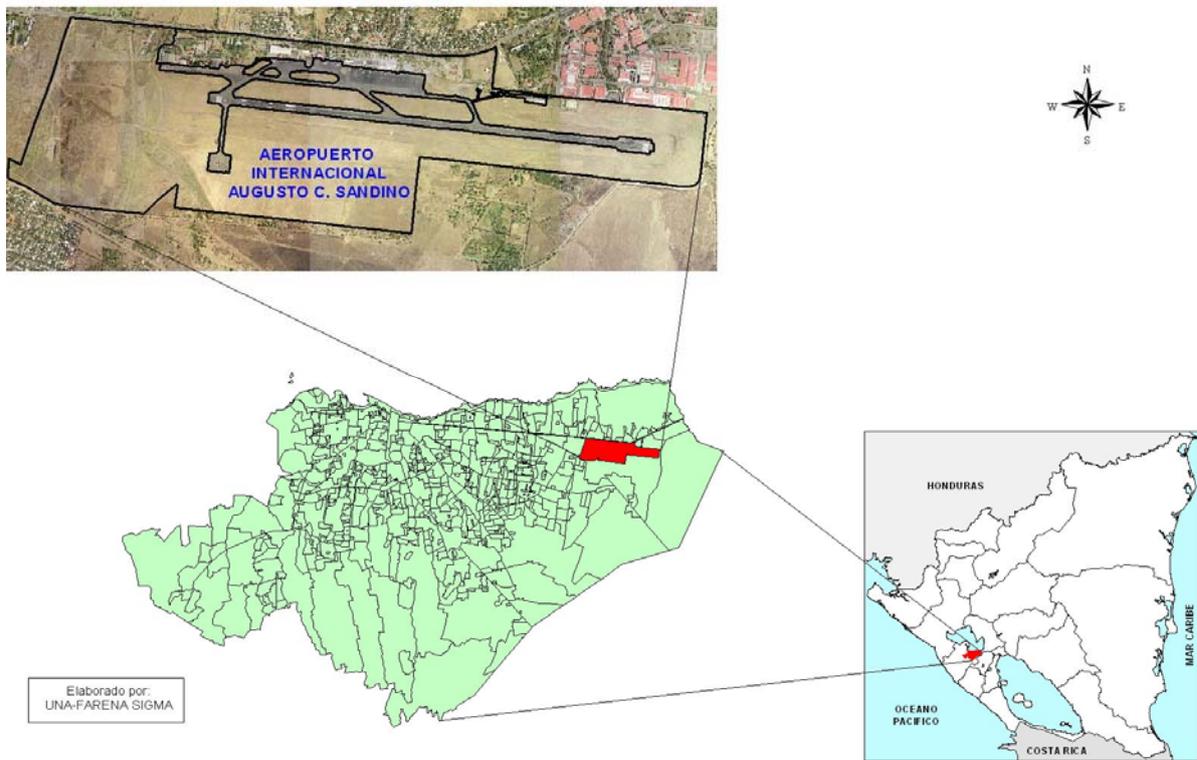


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

3.1.2 Ambiente físico

Clima

Información climatológica relativa al aeropuerto internacional de Managua, obtenida del resumen meteorológico anual de la estación ubicada en el aeropuerto.

- Temperatura máxima media: 32.9 °C
- Temperatura mínima media: 22.6 °C
- Humedad relativa media: 74.2 %
- Precipitación media mensual: 63.1 mm
- Precipitación máxima mensual: 132.3 mm
- Velocidad promedio mensual del viento (m/s): desde 0.2 hasta 3.8 en registro de 7 años.
- Elevación de la estación meteorológica: 56 m.s.n.m
- Presión atmosférica media: 1004.1 Hpa
- Nubosidad media: 2.0 octas.

Geología

Diversos estudios geológicos se han desarrollados en el área del aeropuerto encaminados a establecer la condición geológica del aeropuerto y en particular en establecer la ubicación de fallas geológicas, estableciéndose la presencia de una falla geológica llamada “Las Mercedes”, la cual cruza la Terminal de pasajeros por su zona media y se extiende en dirección norte-sur a lo ancho de los terrenos del aeropuerto. También se identifican otras dos fallas muy próximas a ésta, llamada los “Bomberos” que pasa por debajo de las instalaciones de los bomberos del aeropuerto a aproximadamente 100 metros al este del terminal de pasajeros y otra que pasa al extremo Oeste(EAAI, 2006).

Adicionalmente se han identificado otras dos fallas mayores, la llamada del “Aeropuerto” ubicada a aproximadamente a 1.5 kilómetros al oeste del edificio terminal de pasajeros y la falla llamada “Escuela” a 1.0 kilómetro al este del terminal. Se presume que existen en los terrenos del aeropuerto nueve fallas menores.

3.2 Proceso metodológico

La metodología está basada en la recopilación de información directamente en campo, complementada en algunos casos con información de origen bibliográfico. La parte operativa del estudio consistió en el desarrollo de tres etapas: etapa de Planificación, etapa de campo y procesamiento y análisis de la información.

3.2.1 Etapa de planificación

En esta etapa se realizó una primera visita a las áreas internas del Aeropuerto, se identificaron los problemas y se discutió el diseño de muestreo más recomendado para poder extraer los datos de una manera fidedigna y confiable. En este período también se gestionaron los permisos de entrada al aeropuerto para los involucrados, se adquirió equipo de campo, además se realizaron reuniones con los involucrados en donde se aclararon los detalles de la metodología a utilizar.

Para efectos operativos el área de estudio se dividió en dos partes, área verde alrededor de la pista de Aterrizaje y Torre de control, para las cuales se elaboraron mapas con el diseño de muestreo.

Para la pista de aterrizaje se elaboró un mapa escala 1:15000 con su respectivo diseño de muestreo, el cual contó con 13 puntos de conteos alrededor del área verde de la pista de aterrizaje a partir de la Ortofoto número 2952-2-4 de Managua, año 2004 con escala 1:25000 obtenida en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2008).

En lo que respecta a la Torre de Control se elaboró un mapa con 30 anillos concéntricos, 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. Este mapa se hizo a partir de la misma ortofoto de Managua año 2004.

3.2.2 Etapa de campo

La etapa de campo consistió en la distribución de las unidades de muestreo en el área de estudio según el diseño elaborado, seguidamente, se levantó la información dentro de cada una de dichas unidades según las variables requeridas. Esta etapa fue desarrollada en 11 meses que se extendió desde el mes de febrero al mes de diciembre del año 2008, esto con el fin de realizar el estudio en las dos estaciones del año.

A continuación se describen los detalles de la etapa de campo.

Unidad de muestreo para el area de estudio

Para el muestreo de aves en la pista de aterrizaje se utilizaron los puntos de 100 m de radio (Figura 2), estos puntos fueron diseñados y establecidos con el objetivo de contar e identificar las aves que hacen uso de las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, en las áreas de operación aeronáutica y evaluar la influencia de dichas aves en esas áreas.

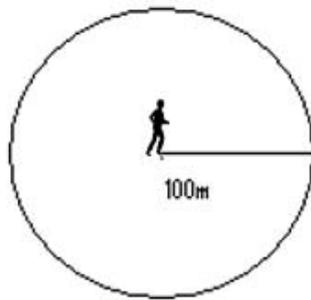


Figura 2. Representación gráfica de un punto de conteo de 100 m de radio establecido en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

En el muestreo de aves desde la torre de control se utilizaron puntos de observación que consistieron en dividir el área de visión periférica de la torre de control en cuatro puntos, el campo de visión de cada uno estuvo orientado hacia un punto cardinal (Figura 3). El objetivo en este sentido fue el contar y monitorear el movimiento de aves que vuelan arriba de la torre de control (25m).

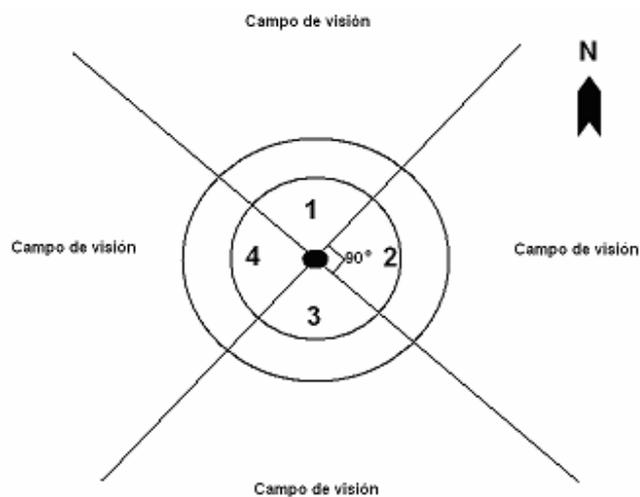


Figura 3. Puntos de observación desde la torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, cada campo de visión orientado hacia los cuatro puntos cardinales, Managua, 2008.

Diseño de muestreo para el área de estudio

En las áreas verdes de la pista de aterrizaje se establecieron sistemáticamente 13 puntos de conteo de 100 m de radio con una distancia entre punto de 500 m, comenzando su enumeración con el punto que está más al noroeste de la pista de aterrizaje, casi frente al portón 6 (Figura 4). El hecho de haberse colocado alrededor de la pista fue para tener una facilidad de observación de las aves cuando las aeronaves están operando, también fue fácil determinar las especies y abundancia de las aves que atravesaban de lado a lado la pista de aterrizaje, ya que existen muchas especies que no tienen ese comportamiento y por lo tanto no son tan peligrosas.

En estos puntos se evaluaron todas las aves que se encontraron o pasaban volando dentro o encima del área que cubría el punto de conteo, en el caso de las aves que pasaban volando, solo se tomaron en cuenta las que volaban a una altura menor que la altura de la torre de control (25m), las aves que vuelan a una altura mayor, fueron evaluadas en el muestreo desde la torre de control.

En las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje se realizaron 21 observaciones distribuidas en todo el año, que corresponden a 252 horas. El muestreo se iniciaba a las 05:30 en la mañana y finalizaba a las 05:30 de la tarde. Para iniciar el muestreo el observador se ubicaba en el centro del punto de 100 m de radio e identificaba y contaba todas las aves con la ayuda de binoculares durante 10 minutos, tratando de no recontar los individuos ya contados, posteriormente estos datos eran plasmados en el formulario "A" (ver Anexo 1).

Pasados los 10 minutos de observación se procedió a realizar las mismas observaciones en el punto siguiente, terminado el muestreo en el último punto. Una vez finalizado el conteo en los 13 puntos, se daba un tiempo de espera de 30 minutos y se iniciaba otra vez el conteo por el punto 1, hasta agotar todo el día.

El muestreo no siempre se empezó por el punto 1, generalmente el punto de inicio era escogido aleatoriamente, es decir, cualquier punto podía ser seleccionado para iniciar el conteo y continuar en el orden, esto con el objetivo de variar las horas de monitoreo en cada punto, ya que por ejemplo, si se hubiese seguido el orden, el punto 1 hubiese sido muestreado a las 05:30 am en todo el estudio, hora de mayor actividad la mayoría de las aves, aleatorizando el punto de inicio, se le da la oportunidad a todos los puntos de ser muestreados a las 05:30 am.

Si el observador no conocía la especie, anotaba las características sobresalientes del ave (color de patas, pico, del pecho, espalda, cabeza, cola o caracteres como copetes, plumas en las patas, entre otros.) o se tomaba fotografía con cámara digital que le hicieran recordarlo e identificarlo con la guía ilustrada Bird of Costa Rica de Stiles & Skutch, (1989).

No todas las aves tienen una influencia directa con las actividades aeroportuarias, muchas tienen una limitación en el desplazamiento hacia las áreas verdes abiertas a los alrededores de la pista, ya sea porque el sonido de los aviones les espante, o porque realmente no toleran el desplazamiento en áreas despejadas y sólo se limiten a áreas verdes arboladas.

En el enmallado perimetral del aeropuerto que colinda con áreas arboladas vecinas, perchan una gran cantidad de aves, la pregunta radica en que si ¿estas aves tiene influencia con las áreas operativas del aeropuerto? o simplemente usan el enmallado como perchaje, pero no ingresan a las áreas verdes despejadas del aeropuerto, ni cruzan la pista.

Para ello se diseñó un conteo de aves que perchan en el enmallado perimetral del aeropuerto. Este consiste en dividir el enmallado perimetral en tres: enmallado perimetral sur (EPS) con 3000 m de longitud, enmallado perimetral este (EPE) con 400 m y enmallado perimetral norte (EPN) con 1200 m de longitud (Figura 4).

En el enmallado se identificaron y se contaron las aves que hacían uso de los enmallados para perchar y posteriormente se compararon éstos resultados con los del muestreo en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, para determinar la influencia de especies que perchan en dicho enmallado hacia las áreas aeronáuticas.

Para el conteo de las aves que perchan en el enmallado perimetral del aeropuerto se realizaron recorridos en vehículo en la periferia del aeropuerto a una velocidad aproximada de 10 km/h, durante el recorrido se identificaron y contaron las aves que perchan en el enmallado, dicha información se plasmó en el formulario “G” (ver Anexo 4), además se observó si el ave volaba hacia dentro del aeropuerto o hacia fuera del mismo al ser espantado por el sonido del vehículo, este es un dato significativo para determinar si las aves que perchan usan las áreas verdes del aeropuerto como refugio o el arbolado de las áreas verdes colindantes al aeropuerto.

Los conteos en el enmallado perimetral se realizaron en los dos períodos de tiempo preestablecidos (estación seca y estación lluviosa), en total se realizaron 9 observaciones.

Se decidió hacer un recuento de nidos en la infraestructura y en el arbolado que esta en la cara norte con respecto a la pista de aterrizaje (Figura 4), esto siempre como parte del muestreo a los alrededores de la pista de aterrizaje, el objetivo fue determinar sitios o especies de árboles atractivos para el anidamiento de aves.

La búsqueda de nidos sólo se realizó en la infraestructura norte del Aeropuerto, comenzando con el edificio de la antigua terminal Las Mercedes. El conteo se realizó mediante un recorrido pie a pie, la búsqueda se hizo exhaustivamente, buscando en el techo de los hangares, en los árboles cercanos a la infraestructura, en los espacios entre las paredes y el techo, en los locales e infraestructura abandonadas, en los talleres, luminarias, entre otros. En el recorrido se determinó: el árbol o infraestructura en que se encontraba el nido, material del cual estaba elaborado y si era posible, la especie que lo elaboró.

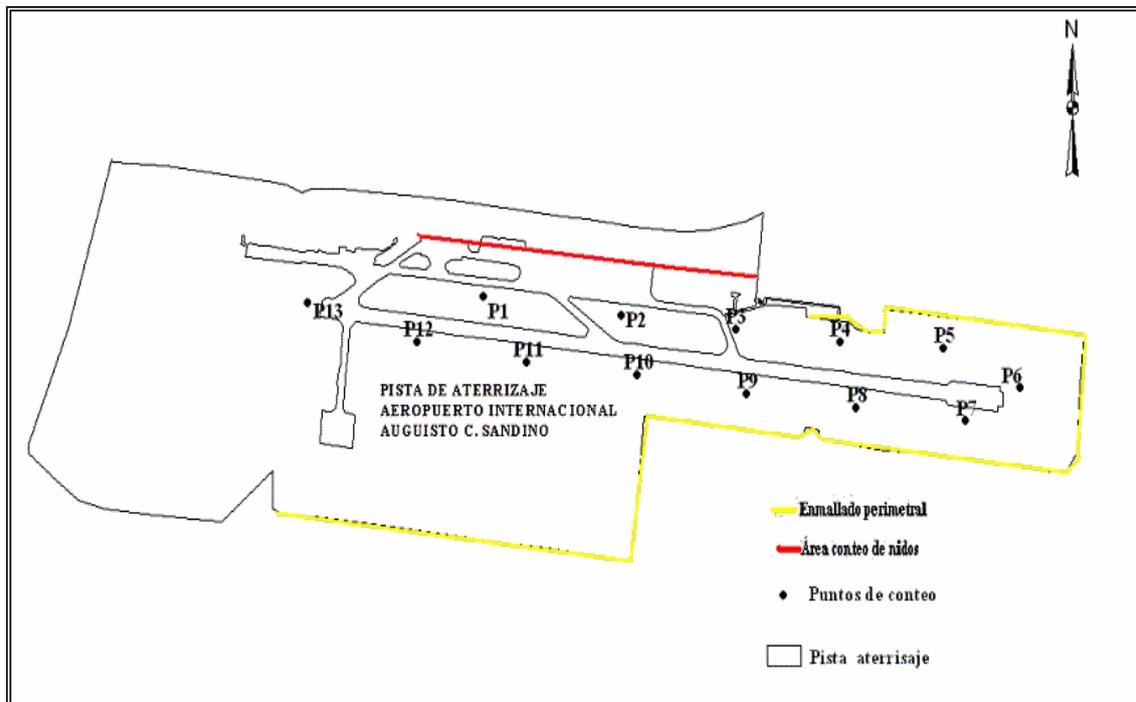


Figura 4. Puntos de conteo en el monitoreo de aves en el área verde alrededor de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

El Muestreo de la Torre de Control se realizó con el fin de determinar los movimientos y las rutas de las aves que vuelan arriba de la torre de control (25m), se diseñó un muestreo en el que los observadores pueden tomar datos desde la torre de control y plasmarlo manualmente en un mapa prediseñado para generar patrones de movimiento y puntos de congregaciones de aves, además, conociendo el índice de riesgo de los pájaros, se pudo elaborar un mapa de riesgo.

Para este muestreo se ocupó el mapa de los 30 anillos concéntricos a escala 1:15000 cuyo punto central es la torre de control, cada anillo tiene una distancia de 100 m uno y otro (Figura 5), los anillos sirvieron para hacer un estimado de la distancia entre las aves avistadas y la torre de control, se utilizó una brújula marca suunto para determinar el azimut de la posición de la especie de ave avistada, el cual junto con el estimado de la distancia se registraba la posición en el mapa de campo con el que contaba el observador.

Para ser más precisa en la estimación de la distancia, previamente se visitaron algunos puntos de referencia de distancia como torres de tendido eléctrico, tanques de almacenamiento de agua, edificios, entre otros. Que eran visibles desde la torre de control, estos se georeferenciaron con el uso de un GPS Modelo Garmin Plus II, se determinó la distancia desde la torre de control y se plasmó en el mapa con el sistema de anillos, entonces el observador desde el plano horizontal fue capaz de estimar la cercanía o lejanía de las parvadas de aves con respecto a alguno de los puntos de referencia de distancia conocida.

Las unidades de muestreo empleadas en esta oportunidad fueron los puntos de observación (Figura 5). El área muestreada fue un conjunto de círculos de los cuales el mayor tuvo un radio de 3000 m, tomando como centro la torre de control, abarcando 2,827.43 ha.

Como puntos de referencia se utilizaron 4 torres eléctricas y dos edificios, los cuales eran visibles desde la torre de control con distancia conocida, las que sirvieron para estimar la distancia de las aves desde la torre de control y la altura.

Se realizaron 18 observaciones distribuidas en todo el año, las que corresponden a 216 horas de muestreo, el conteo iniciaba a las 05:30am y finalizaba a las 05:30pm. Operativamente los cuatro puntos de observación fueron enumerados, iniciando el primero con el punto que da al norte franco, como se explicó para los puntos que se establecieron en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje, generalmente no se iniciaba las observaciones en el punto 1 a una hora fija, sino que cada día el punto de inicio a las 05:30 am era seleccionado aleatoriamente, de tal forma que todos los puntos tenían la oportunidad de ser muestreados a horas diferentes en cada visita.

Una vez seleccionado el punto de inicio del muestreo, el observador se colocaba frente al punto cardinal que representaba cada punto (Figura 5) y realizaba una exploración moviendo los binoculares de derecha a izquierda con un límite de 90 grados sobre el plano horizontal, detectando parvadas de aves en todo ese campo de visión, la observación en cada punto individual se hicieron por 10 minutos, todo los datos se extrajeron según el formulario “B” (ver Anexo 2).

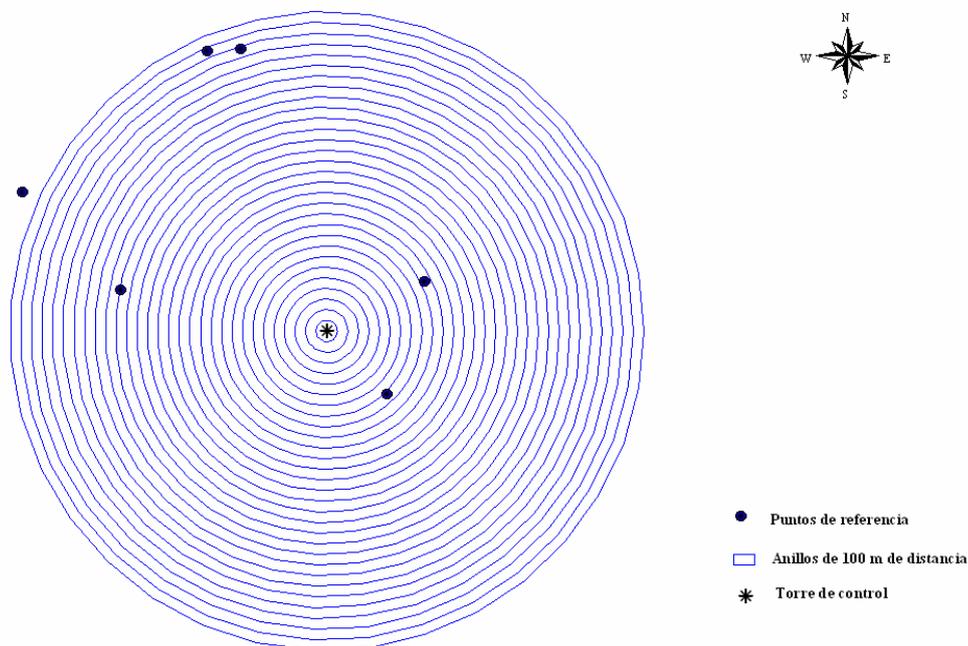


Figura 5. Esquema de las observaciones desde la torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, formado por 30 anillos concéntricos con separación de 100 m, Managua, 2008.

Una vez terminado el conteo en los cuatro puntos, se hacía un tiempo de espera de 30 minutos y luego se iniciaba de nuevo el conteo en todos los puntos según el orden que se llevaba, hasta llegar a las 05:30pm, de esta forma las observaciones se hacían de forma ordenada y sistemáticas.

Para identificar las aves, el observador reconocía los pájaros desde lejos mediante la observación de la forma en que vuelan, tamaño de los animales, forma de las colas, etc. ya que entre más lejos está el ave es más difícil observar detalles y solo se verá la sombra del pájaro al tener el cielo de trasfondo.

En el caso de la identificación, una de las ventajas que se tuvieron es que la diversidad de aves es un poco baja en la zona, además, la mayoría de ellos es bastante conocida, de todas formas se dispuso de una guía ilustrada para la identificación. Si la determinación de alguna especie era dudosa, se asignó un nombre temporal llamado también Morfoespecie (ej: pájaro blanco, patas largas, cola larga), se anotó alguna característica sobresaliente y luego se identificó la especie.

En el caso del conteo de parvadas compactas, se procedió a tomar fotografías que abarcaban el ancho y el alto de la nube de pájaros y luego, dichas fotos eran descargadas en un ordenador, donde era más fácil contar.

La habilidad para el conteo es fundamental ya que sólo se cuenta con unos cuantos segundos para contar los pájaros en dependencia de sus hábitos gregarios, hay aves que viajan solas (aves rapaces: gavilanes) y son fácilmente contables, hay otros que viajan en grupos pequeños (Pijules) que se tienen que contar con rapidez.

Existen otros que viajan en grupos grandes con individuos dispersos, los cuales no se pueden contar con rapidez por lo que se les toma varias fotografías con suficiente aumento de imagen, para posteriormente poder contarlas.

También se realizó un estimado de la altura de vuelo mediante observación directa, medición de ángulos verticales con teodolito marca Kern, modelo Swis y con los reportes de impactos en aeronaves facilitado por el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino.

La localización de una parvada de aves, de un sitio de congregación o de un patrón de movimiento no era el final de este muestreo, ya que para determinar qué estaba atrayendo a las aves, el por qué se congregaban en un sitio o por qué tenían una determinada ruta, era necesario ir a visitar directamente esos puntos en el terreno. En este caso desde la torre de control se determinaron las congregaciones y patrones de movimiento y luego se fue a visitar los sitios donde se observaron esas manifestaciones.

Para ello y como parte del monitoreo desde la torre de control, se realizaron dos actividades complementarias: monitoreo de focos de atracción de aves y persecución de parvadas de aves en las principales vías de tránsito del Distrito VI de la ciudad de Managua.

El Monitoreo de Focos de Atracción de aves fue empleado principalmente para las aves de rapiña, las cuales son las que van a la cabeza en el peligro que representan para colisionar con aeronaves. Se visitaron los sitios donde las aves de rapiña como *C. atratus* se congregaba.

Este monitoreo se realizó en camioneta en los alrededores del aeropuerto, buscando los principales focos atractivos de aves en un radio de 3000 m. Priorizando los basureros, aguas estancadas, mataderos, plantas procesadoras de huesos y cuernos. Este monitoreo se hizo con el objetivo de generar un mapa de focos de atracción de aves, realizándose en los dos primeros y últimos dos meses de la investigación durante las primeras horas de la mañana, es decir de 8:00 am a 12:00 am. En cada sitio se hizo una descripción de las fuentes de atracción y se tomaron fotografías.

Algunas especies de aves que vuelan sobre la torre de control no se congregaron permanentemente, sino, pasaban en grupos por lo general a ciertas horas del día como *Quiscalus mexicanus* y *Zenaida asiatica*. Las parvadas se determinaron desde la torre de control, pero eran perdidos de vista por varios motivos: por sus tamaños pequeños o porque volaron a nivel del arbolado de áreas vecinas y esto restó visibilidad.

Para superar este problema se procedió a hacer recorridos en las principales vías de tránsito del distrito VI de la ciudad de Managua y cuando eran observadas parvadas principalmente de *Q. mexicanus*, se les daba persecución hasta su destino o hasta que se encontraran fuera de la jurisdicción del distrito, y de esta forma se obtuvo una idea más clara del movimiento de estas aves.

Muchas variables fueron tomadas con el uso de bibliografías principalmente por la falta de equipo adecuado, por otro lado, muchas variables tomadas en campo fueron corroboradas con información bibliográfica, como es el caso de la altura de vuelo, entre las variables tomadas de bibliografía están: peso, altura de vuelo, tamaño, estatus y distribución en Nicaragua. Para ellos se utilizaron libros como: Bird of Costa Rica de Stiles & Skutch, 1989 y Check list of the birds of Nicaragua de Sánchez, 2000.

Variables climáticas

Estos datos se obtuvieron por medio de la dirección de Meteorología del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER), con datos de la estación Managua, dentro de las variables requeridas estaban: precipitación diaria en milímetros (mm), temperatura diaria en grados centígrados (°C), velocidad del viento diario en metros por segundo (m/s), nubosidad mensual medida en octas, presión atmosférica diaria y humedad relativa en porcentaje.

Metodología específica para la elaboración de mapas

Para el apoyo en la etapa de campo, se elaboraron una serie de mapas donde se ilustraron el diseño de muestreo y con el cual las unidades muestrales fueron colocadas en la Pista de Aterrizaje y la Torre de Control del Aeropuerto.

También se elaboró un mapa de ubicación de los principales rellenos sanitarios del distrito VI de la ciudad de Managua, un mapa de áreas de riesgo aviar y un mapa de concentraciones de aves, con el software base Arcgis 9.2.

Mapa de áreas de riesgos aviar

Para la elaboración de este mapa fueron requeridos datos de las observaciones hechas desde la Torre de Control. Luego de coleccionar la información en campo se digitalizó para luego ser procesada en Arcgis 9.2, procediendo a interpolar usando los puntos de observación y el área límite del estudio (3000 m de radio), esto por medio de la extensión Spatial Analyst por el método IDW (Interpolación en función Inversa a la Distancia), usando como variable el índice de riesgo de cada especie de ave.

Cada punto de la muestra ejerce una influencia sobre el punto a determinar y disminuye en función de la distancia. Así cada punto vecino contará con un "peso" en la determinación de la cota del punto a interpolar, que será mayor cuanto más cerca se encuentre, siguiendo el principio de correlación espacial.

Mapa de zonas de concentraciones de aves

Al igual que el anterior se elaboró con las observaciones hechas en la torre de control. Luego de tener la información en campo se digitalizó la información para luego ser procesada en Arcgis 9.2 usando la extensión Spatial Statistics. Su uso radicó en la creación de superficies continuas a partir de medidas esparcidas tomadas con puntos de muestreo para obtener una información mas detalladas de la especie de zopilote se procedió a dividir en zopilotes de la parte norte y zopilotes de la parte central al aeropuerto esto debido a la dispersión de los puntos y para un mejor análisis.

3.2.3 Procesamiento y análisis de la información

En esta etapa se explica los principales análisis y cálculos que se efectuaron, basados en los datos obtenidos en campo y por revisión bibliográfica.

Calculo de la abundancia y riqueza de especie

Abundancia

La abundancia se define como la cantidad de individuos de una especie determinada que se distribuyen en una determinada comunidad (Pérez, 2004). La forma de calcularla solo incluye la sumatoria de todos los individuos observados para cada especie, $N = \sum n$ donde: N es la abundancia y n es el número de individuos.

La abundancia total de las especies de aves observadas en el sitio de estudio, se determinó extrayendo las modas de las observaciones en cada hora y día de muestreo para las especies en cada período (seco y lluvioso) y calculando una media entre los dos, asumiendo que la mayoría de las poblaciones de aves no sufren cambios sustanciales a lo largo del tiempo en que se llevó a cabo el estudio.

También se exploró una relación entre la abundancia total para cada día de muestreo y las variables climatológicas, con el fin de determinar si alguna de estas variables tiene una relación positiva o negativa con la cantidad de individuos de aves.

Riqueza de especies

La riqueza se define como el número de especies en un determinado lugar (Moreno, 2001). Para calcular la riqueza únicamente se realizó la sumatoria de todas las especies determinadas para un sitio en un tiempo dado, " $S = \sum s$ " donde: S es la riqueza y s es el número de especies.

Asignación de número de riesgo para cada especie

Todas las observaciones que se realizaron tanto en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje como desde la torre de control, sirvieron de insumo para poder calcular el riesgo para cada especie de ave según el método del Dr. Nicholas B. Carter.

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.

Según Carter (s.f), los diez factores principales de riesgo son:

1. La población total de especie: se contó el número total de individuos que estaban dentro de las unidades muestrales.
2. La masa de los individuos de la especie: este se refiere al promedio del peso de los individuos por cada especie.
3. Tamaño promedio del grupo: se contó el número promedio de grupos o parvadas de animales encontrados por cada especie, la que se tomó de literatura debido a que no se capturaron aves por la falta de equipo.
4. Tiempo de permanencia en el aeródromo: son los promedios de días en el año que la especie estuvo presente en el aeródromo durante el periodo del estudio.
5. El momento del día en que la especie presenta mayor actividad: se realizó mediante los niveles de actividad de las diferentes especies durante el día, lo cual se midió con el tiempo de muestreo y la actividad de cada especie en ese lapso de tiempo.
6. La ubicación de la especie con respecto a las operaciones de vuelo: se anotaban la dirección en que permanecía la especie con respecto al área de operaciones aeronáuticas (AOA) y la altura de vuelo a la que volaban.

7. Altura de vuelo de cada especie avistada la cual fue estimada mediante los reportes de choques facilitados por el Aeropuerto y también mediante ángulos verticales con teodolito, reforzado con literatura.
8. El numero de impactos reportados que involucran a la especie: este se obtuvo mediante el registro de impactos reportados que involucran a la especie, registro que fue facilitado por el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino.
9. La habilidad de la especie para evadir activamente colisiones con aeronaves: se observaba y se describía la capacidad de cada especie de evitar activamente una colisión cuando una aeronave.
10. La habilidad real que se tiene para influenciar a la especie a través del control de fauna: para ello se tomó en cuenta la habilidad de cada especie de ser espantada o dispersada por el personal de operaciones del aeropuerto, se medía en este caso la persistencia de una especie en cuanto a no querer abandonar las áreas del aeropuerto.

La formula para el cálculo del índice de riesgo es: $R = \log x$

Donde:

$R =$ riesgo

$x =$ tamaño global de la población x masa de individuos x tamaño del grupo x tiempo en el aeródromo x hora del día de mayor actividad x ubicación x altura máxima de vuelo x historial de impactos x habilidad de evasión (inv) x habilidad de control (inv).

Para cada especie se determinó un valor de riesgo, por lo cual cada uno de los factores fue evaluado para cada especie similar a una escala de 1 a 100 siendo el 100 % la amenaza más significativa presente en el aeródromo 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 son inversamente proporcionales para lo cual los factores finales relacionados a operaciones aeronáuticas y los puntajes resultantes son multiplicados entre si para derivar el puntaje final de riesgo

3.3 Pruebas Estadísticas

Para la aplicación de las pruebas estadísticas se utilizaron los programas de computación como: GraphPad InStat versión 3.05 (GraphPad software ,200) y las opciones estadísticas de Microsoft office Excel. Algunos de los estadísticos aplicados son: Prueba ji cuadrado (Fowler & Cohen, 1990), Prueba T (Wayne, 2007), Prueba Mann Whitney (Fowler & Cohen, 1990), ANOVA / Kruskall Wallis (Magurran, 1988), Correlación de Pearson/Sperman (Wayne, 2007), Pruebas de Kolmogorov-Smirnov (Wayne, 2007).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se muestran los resultados obtenidos del cumplimiento de las fases de la investigación, presentados de acuerdo al objetivo específico planteado, en la unidad de muestreo y la época de estudio.

4.1 Especie de aves encontradas en el área de estudio

En las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto, se lograron determinar dentro de las unidades de muestreo 1155 individuos de aves, los que se agrupan en 9 órdenes, 15 familias, 20 géneros y 22 especies, incluyendo dos desconocidas.

Como se observa en el Anexo 6, los órdenes más representados según el número de familias fueron Passeriformes (5) y Falconiformes (3). Las familias más abundantes según el número de especies fueron Icteridae (3), Columbidae (3) y Cathartidae (2). 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), las 17 especies restantes resulto con menos de 100 individuos (Figura 6).

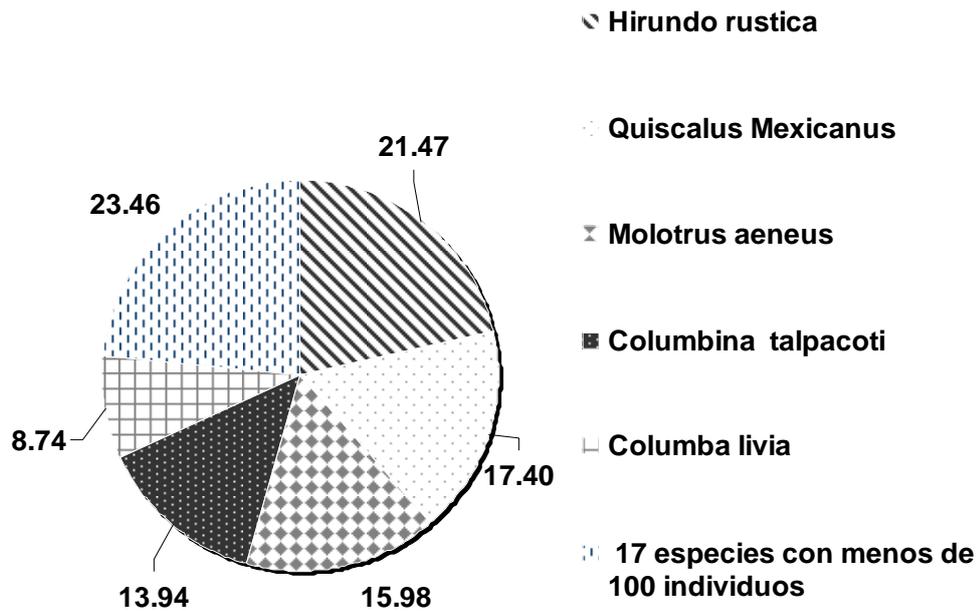


Figura 6. Distribución porcentual de las especies de aves más abundantes en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Desde la Torre de Control del Aeropuerto, fueron contabilizados 698 individuos, agrupados en 5 órdenes, 9 familias, 13 géneros y 15 especies.

Como se observa en el Anexo 6, los órdenes más abundantes según el número de familias fueron Passeriformes (4) y Falconiformes (2), el resto está representado por menos de dos familias.

Las familias más representadas según el número de especies fueron Columbidae (4), Cathartidae (2), Icteridae (2) y Tyrannidae (2). Las especies más abundantes según su número de individuos fueron *Coragyps atratus* (425), *Zenaida asiatica* (93), *Molothrus aeneus* (50) y *Quiscalus mexicanus* (26). Las 11 especies restantes resultaron con menos de 50 individuos (Figura 7)

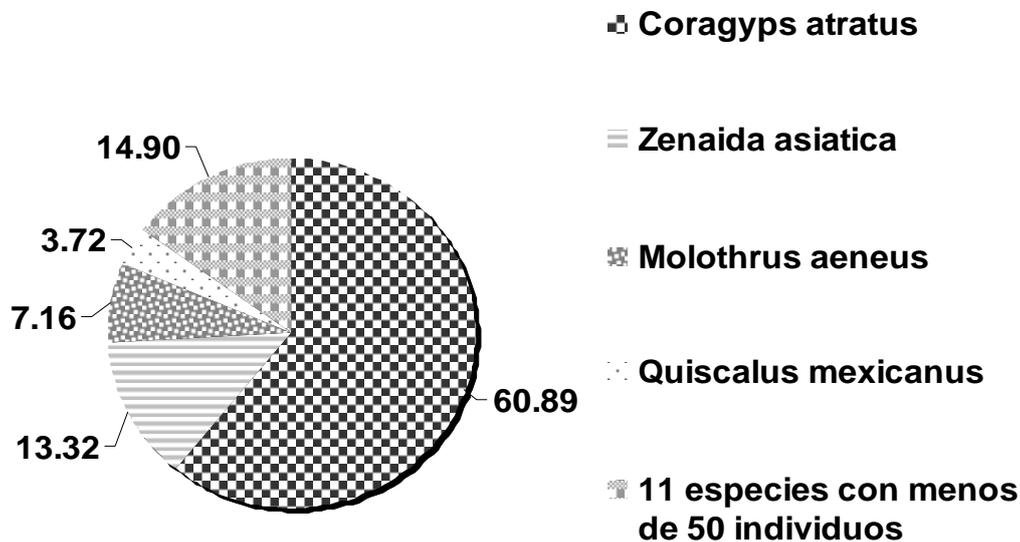


Figura 7. Distribución porcentual de las especies de aves más abundantes observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

En ambas áreas los órdenes más representados fueron Passeriformes y Falconiformes, así mismo las familias Columbidae, Cathartidae e Icteridae. Con respecto a *Hirundo rustica*, es la especie más abundante en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje, su abundancia durante la estación seca puede estar relacionada a la mayor presencia de insectos, debido a que los pastos en las áreas verdes de la pista de aterrizaje le brinda el hábitat y refugio a muchos insectos de los cuales se alimenta *H. rustica*, lo que fue confirmado con una disección que se le realizó a dicha especie.

Desde la Torre de Control, la especie de más abundancia es *Coragyps atratus*, presentando mayor abundancia en la estación seca probablemente debido a que esta especie utiliza las temperaturas altas para movilizarse en búsqueda de alimento.

En referencia a las especies, *Molotrus aeneus* y *Quiscalus mexicanus* fueron observados en ambos sitios, tanto en el area verde alrededor de la Pista de Aterrizaje asi como en la torre de Control, presentando la mayor abundancia en la estación lluviosa lo cual se ve fuertemente asociado con la época de producción de semillas de las diferentes variedades de pasto en el área del aeropuerto y otro tipos de granos en areas circunvecinas .

4.1.2 Cambios de la abundancia y riqueza de especie

En las áreas verdes alrededor de la Pista de Aterrizaje, los cambios de abundancia de manera global para todas las especies a lo largo de los meses del año, resultaron no ser significativas (KW= 23.04, P>0.29), encontrados los valores maximos en los meses de octubre y diciembre se encontraron los valores máximos , donde la precipitación fue el factor más influyente en el cambio de la abundancia registrada en octubre, encontrándose a inicios del mes hasta 295 individuos, de los cuales el 67.46% *Hirundo rustica* y 18.64 % eran *Quiscalus mexicanus* y el 13.89 % distribuido entre 5 especies restantes para esa observación .Al final del mes de octubre se observaron 438 individuos coincidiendo este aumento con el aumento de la precipitación registrada en este mes (Figura 8).

En el mes de octubre los individuos de *C. atratus* no registraron incidencia, esto probablemente se debe a lo próximo que se encuentra el período de reproducción de esta especie y realizan búsquedas de sitios mas seguros y menos abiertos, Stiles & Skutch, (1989), aseguran que estos individuos realizan pequeñas migraciones hacia áreas mas sureñas para esta época.

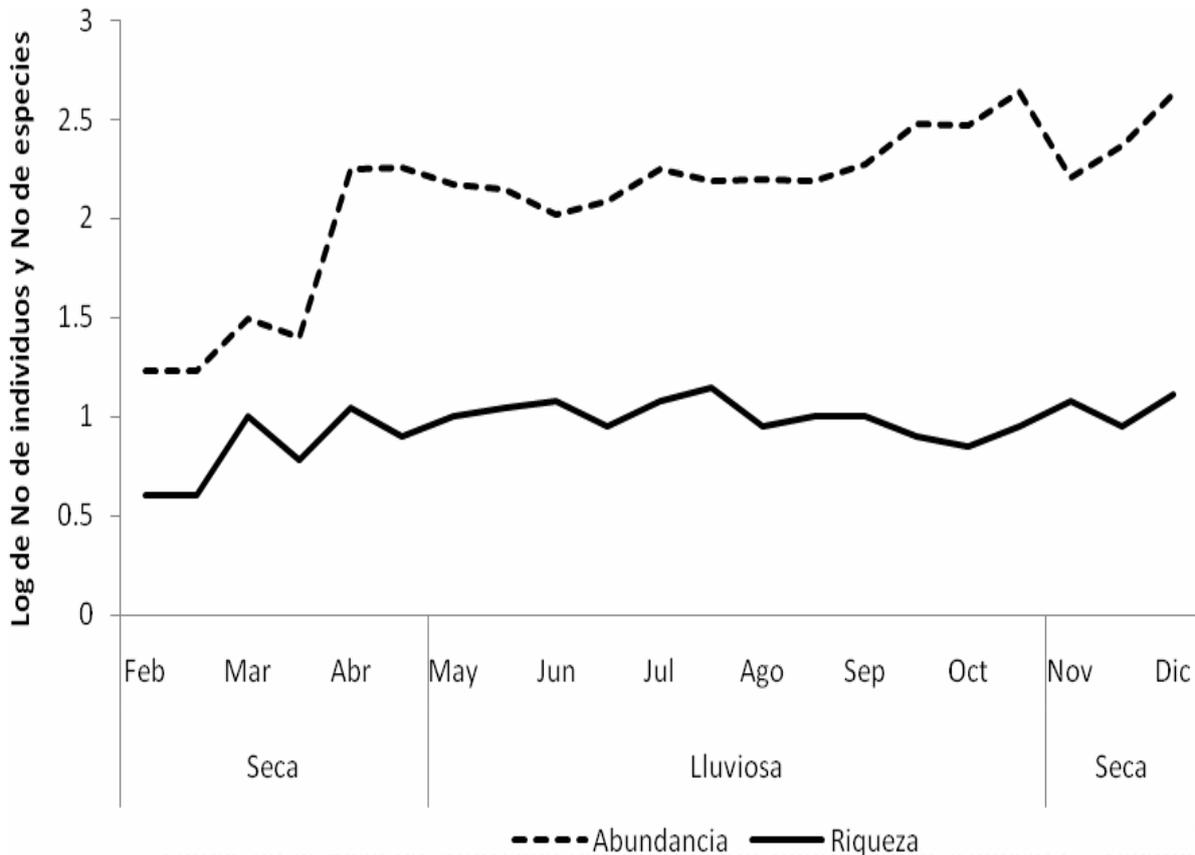
En cuanto a riqueza, el número de especies observados en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, permaneció constante en todo el año con un promedio de 9 especies, sin cambios significativos ($X^2=0.4$, P>0.53).

La composición de especies varió muy poco en el transcurso del año dado que el sitio no muestra variaciones relevantes en cuanto a sus atractivos alimenticios entre períodos, exceptuando por algunas especies de aves que fueron observadas en grupos grandes solamente en algún período del año como es el caso de *Molothrus aeneus* observado únicamente de junio a septiembre, época de producción de semillas del pasto y proliferación de insectos de los cuales posiblemente se alimentan estas aves, fueron observados en grupos compactos de 20-50 individuos mezclados con individuos de la especie *Q. mexicanus*.

Esto se respalda con lo mencionado por Stiles & Skutch, 1989 que aseguran que *M. aeneus* es una especie altamente gregaria.

Otros visitantes temporales fueron *Cathartes aura* sólo observado en marzo y en noviembre, posiblemente por algunos descensos en la velocidad del viento, ya que esta especie aprovecha a planear en contra del viento para percibir olores ocultos en la vegetación lo que se le pudo facilitar para esto meses, *Charadrius wilsonia* observada en noviembre y diciembre, ambos en pequeños grupos de 3-5 individuos, *Polyborus plancus* que sólo fue observado una vez en el mes de julio, el cual posiblemente ingresó al área verde alrededor de la Pista de Aterrizaje de manera accidental, porque no fue registrado de nuevo.

En la figura 8 se muestran los cambios de abundancia y riqueza a lo largo de los meses del año, valores que fueron transformado con logaritmo por motivos de estética y una mejor apreciación de los ascensos y descensos de la abundancia y riqueza, en donde se puede observar que las abundancias máximas se encuentran en el mes de octubre y diciembre.



valores de la lista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Durante el año, la abundancia de aves observadas en las unidades de muestreo desde la Torre de Control de Aeropuerto obtuvo algunos cambios, siendo los meses de septiembre y octubre los que presentaron mayor abundancia y disminuyendo gradualmente en diciembre. *C. atratus* y *Z. asiatica* fueron las especies más abundantes con un máximo de 300 y 140 individuos respectivamente, aunque los cambios en la abundancia no se consideran significativos ($X^2=2.89$, $P>0.089$) (Figura 9), las especies por su comportamiento gregario representan un peligro para la aviación.

La especie *Z. asiatica* no representa tanto peligro para las actividades de aviación del Aeropuerto, 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 y por la parte sur vuela sobre el arbolado de el recinto de Santa Rosa de la UNA hasta el arbolado del sector oeste del aeropuerto, sitio conformado por un gran número de árboles de *Albizia niopoides*. Lo anterior es respaldado con los pocos reportes de *Z. asiatica* en los alrededores de la pista de aterrizaje (Figura 9).

Para *Z. asiatica* se determinó un promedio de 43 individuos entre las dos estaciones, aproximadamente 2.14 veces menos que las observadas desde la Torre de Control. Sorprendentemente para finales del año, *C. atratus* y *Z. asiatica*, en particular *Z. asiatica* fueron registradas con menos frecuencia, esto probablemente se debe a que en los meses de noviembre a diciembre estas especies tienen migraciones, lo cual es confirmado por Stiles & Skuntch, (1989), que mencionan que en los meses de noviembre a mayo, estas especies tienen pequeñas migraciones a regiones más sureñas.

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 (Figura 9).

En la figura 9 se muestran los cambios de abundancia y riqueza a lo largo de los meses del año, valores que fueron transformado con logaritmo por motivos de estética y una mejor apreciación de los ascensos y descensos de la abundancia y riqueza, en donde se puede observar que las abundancias máximas se encuentran en el mes de septiembre y octubre.

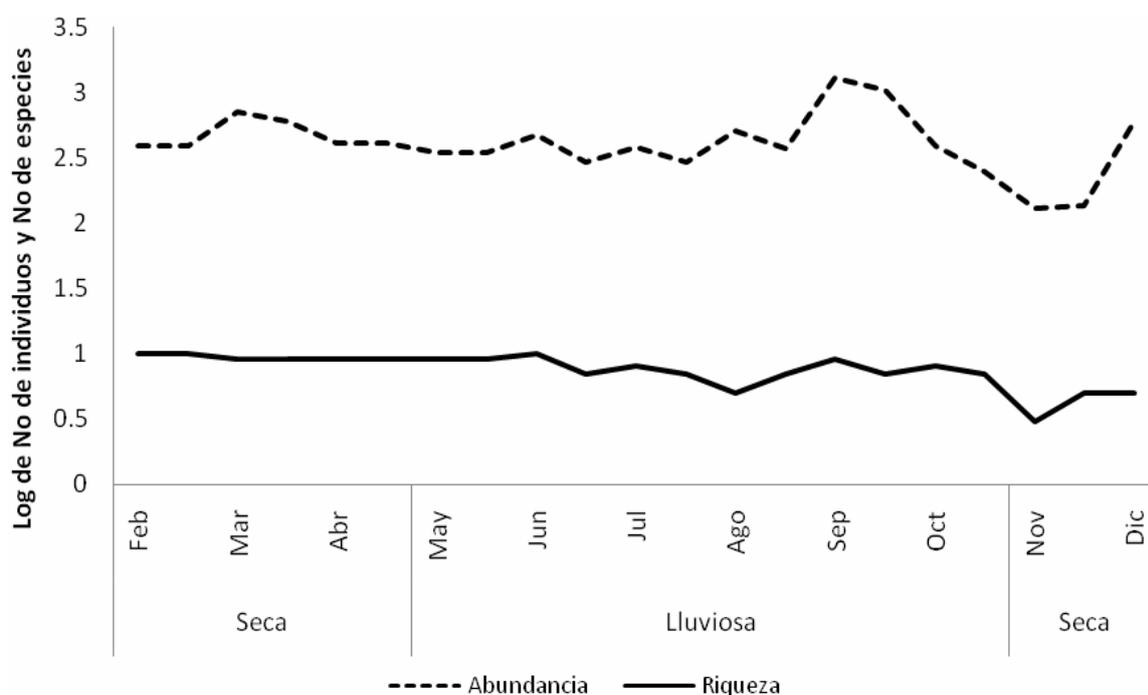


Figura 9. Distribución del logaritmo de la abundancia y riqueza en todo el año, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Cambios a lo largo de las horas del día

Al comparar la abundancia de cada especie encontradas en las áreas verdes alrededor de la Pista de Aterrizaje a lo largo del día entre los dos períodos, las diferencias resultaron ser no significativas ($U= 60.5$, $P>0.23$). En el período seco existe un aumento significativo ($X^2= 7.62$, $P<0.0058$) de las observaciones de aves a las 06:00 en donde el 65.85% (54) son *Q. mexicanus* los que aprovechan esas horas del día para volar en busca de alimentos por diferentes sectores

de la pista de aterrizaje y a las 07:00 donde el 50.67% (203) fueron *H. rustica*, las que vuelan en búsqueda de insectos que se descubren con el amanecer (Figura 10).

La riqueza no sufre cambios significativos a lo largo del día en este período ($X^2= 0.85$, $P>0.36$), observándose en promedio 8 especies las cuales pernoctan dentro o en áreas cercanas al aeropuerto lo que les permite una mayor exploración del área y así conocer sus principales atractivos ajustándolos a sus horas de búsqueda que es mayor por la mañana y tarde.

En el período lluvioso las fluctuaciones tanto de la abundancia ($X^2= 2.08$, $P>0.15$) como de la riqueza ($X^2= 0.31$, $P>0.069$) no presentan diferencias significativas. Pero las horas de la mañana resaltan más con respecto al resto del día, este ascenso probablemente se deba a cruces de aves e incluso a los distintos factores climáticos, como las lluvias que marcaban su movilidad en el transcurso del día, determinándose una abundancia promedio de 194 aves y una riqueza de 10 especies (Figura 10).

De igual forma que la abundancia las diferencias de riqueza comparada entre las dos estaciones tampoco resultaron ser significativas ($T= 1.38$, $P>0.18$), las especies encontradas no difieren mucho en lo referente a sus hábitos alimenticios, pues sus fuentes de alimentos prevalecen casi durante todo el año brindando mayor permanencia a especies omnívoras.

En la figura 10 se muestran los cambios de abundancia y riqueza a lo largo de los meses del año, valores que fueron transformados con logaritmo por motivos de estética y una mejor apreciación de los ascensos y descensos de la abundancia y riqueza, en donde se puede observar que las abundancias máximas se encuentran en las horas de las 6:00 y 7:00 para la estación seca.

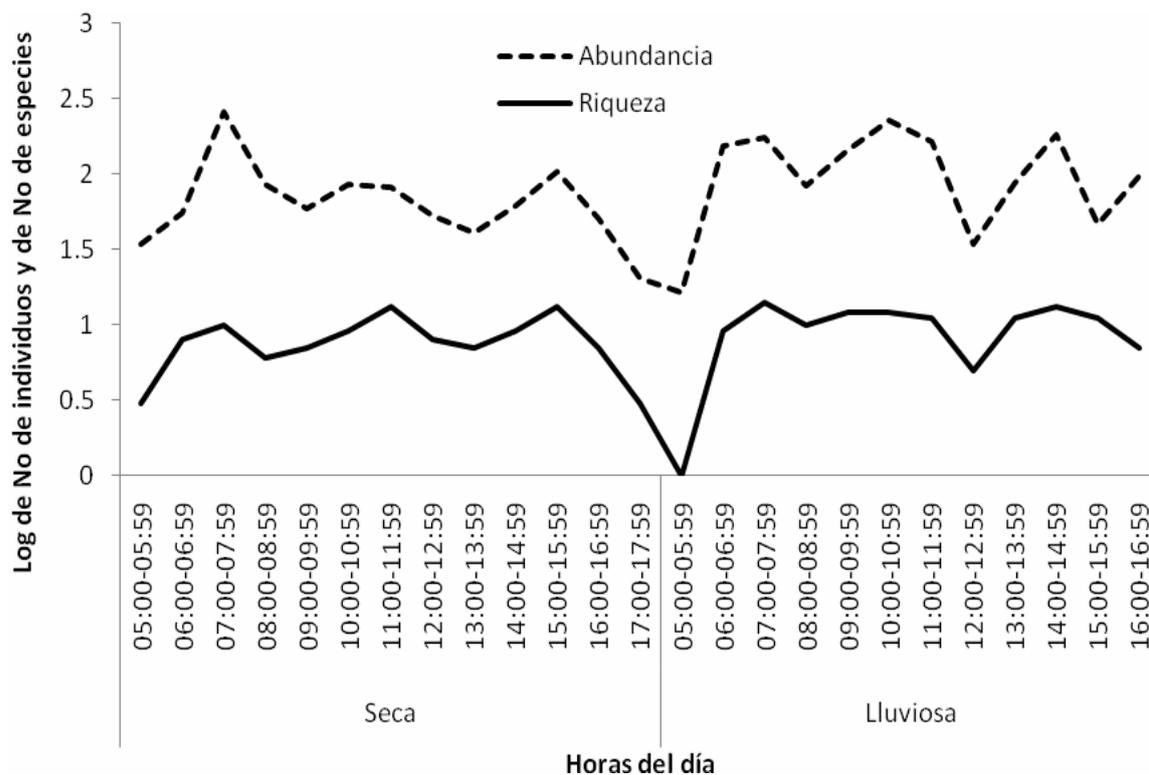


Figura 10. Valores promedios de abundancia de aves distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Para el muestreo desde la Torre de Control, se extrajo la abundancia de aves de cada hora de observación desde las 05:30 hasta las 17:30, según los registros de todo el período de muestreo y al comparar dichas abundancias entre la estación seca y la estación lluviosa, la abundancia no sufre cambios significativos ($U=70$, $P>0.93$).

En la estación seca las variaciones de abundancias resultaron no ser significativas ($X^2=0.67$, $P>0.41$).

En la estación lluviosa el máximo de abundancia de individuos para todas las especies se presentó en horarios de las 11:00-13:00 y a las 15:00 (Figura 11), siendo estos incrementos significativos ($X^2=6.67$, $P<0.0098$). La especie que más fue observada a horas del mediodía (11:00-13:00) fue *C. atratus* (Figura 13 y Figura 15), de estos eran observados en promedio entre 70 y 90 individuos, alcanzando algunas veces máximos de hasta 500, congregados a la orilla del lago de Managua.

Las grandes congregaciones de *C. atratus* a orillas del lago de Managua está asociado a la búsqueda de alimento, debido que en ese sector se encuentra un gran foco de atracción generado por el matadero el Carnic, en donde vierte desperdicios de ganado bobino, lo cual atrae a la especie mencionada la cual representa gran peligro por su gran tamaño y sus altas concentraciones.

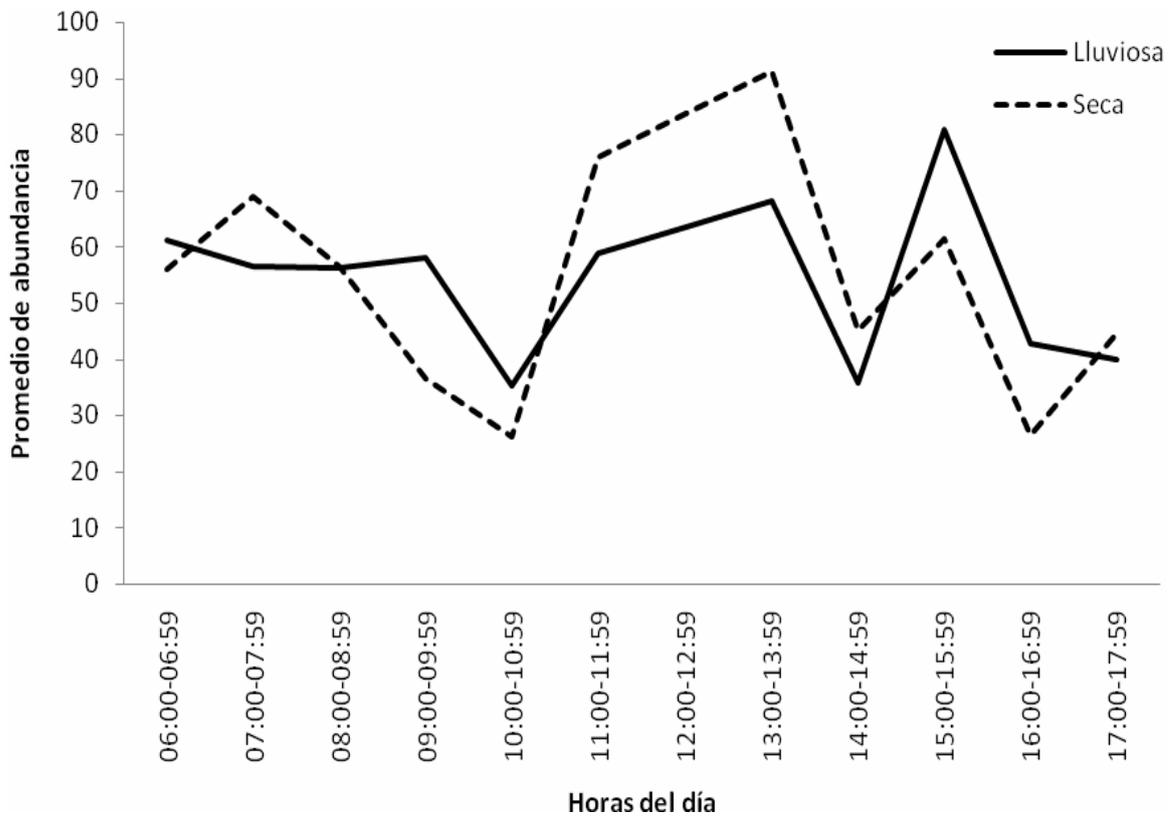


Figura 11. Valores promedios de abundancia de aves distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Haciendo un análisis específico para el muestreo de las áreas verdes alrededor de la Pista de Aterrizaje, para las especies más abundantes a lo largo del día en cada estación, en la estación seca las horas de mayor abundancia de aves fueron en la mañana de 05:30-10:00 am (Figura 12), siendo las especies más abundantes a esa hora *Hirundo rustica*, y disminuye temprano de 05:00 -07:00 am *Q. mexicanus*, esto probablemente se debe a la falta de competidores para estas aves y disponibilidad de los alimentos.

Para la tarde la abundancia de aves disminuye en comparación con la mañana, para algunas aves, la presencia de otras aves representa un peligro en la carencia de alimentos, que es mayor por las tardes ya que se han agotado algunas fuentes de alimentos, la abundancia de aves disminuye, observándose algunos individuos de la especie *Q. mexicanus* a eso de las 17:00 pm.

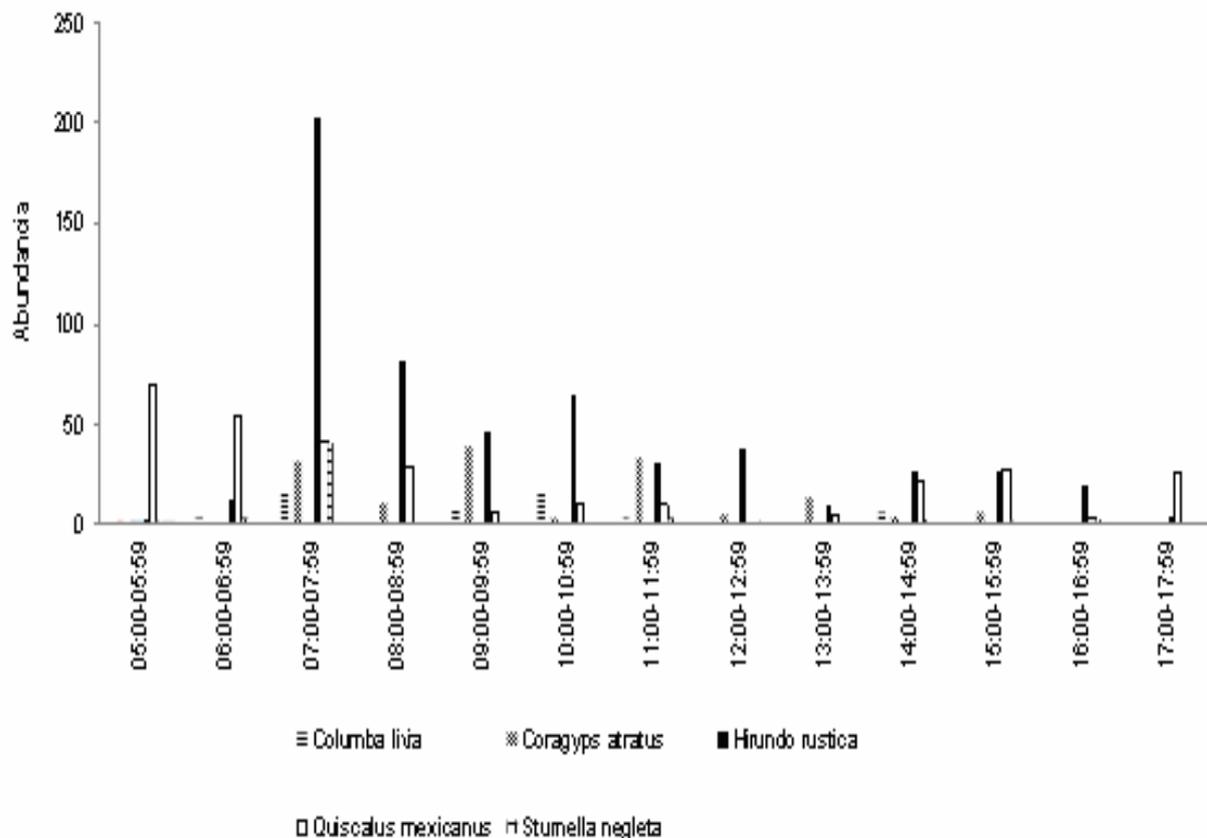


Figura 12. Valores promedio de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas de monitoreo en la estación seca, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

En el muestreo desde la Torre de Control, las fluctuaciones de la abundancia en el período seco no fue significativa ($X^2= 0.67, P>0.41$), *C. atratus* es la especie más observada a lo largo de todo el día y principalmente a mediodía con 43 individuos (Figura 13), seguidos de *Z. asiatica* con 140 individuos a las 6:00 am con menor presencia en las horas de la tarde.

Como se observa en la figura 13 las horas más abundantes en la estación seca para las observaciones desde la Torre de Control del aeropuerto se presentan a las horas más calientes del día de las 11:00 a las 13:00, en donde la especie que resalta es *C. atratus* debido a que esta especie aprovecha la baja densidad del aire a esas horas la cual le ayuda a explorar zona en busca de alimento.

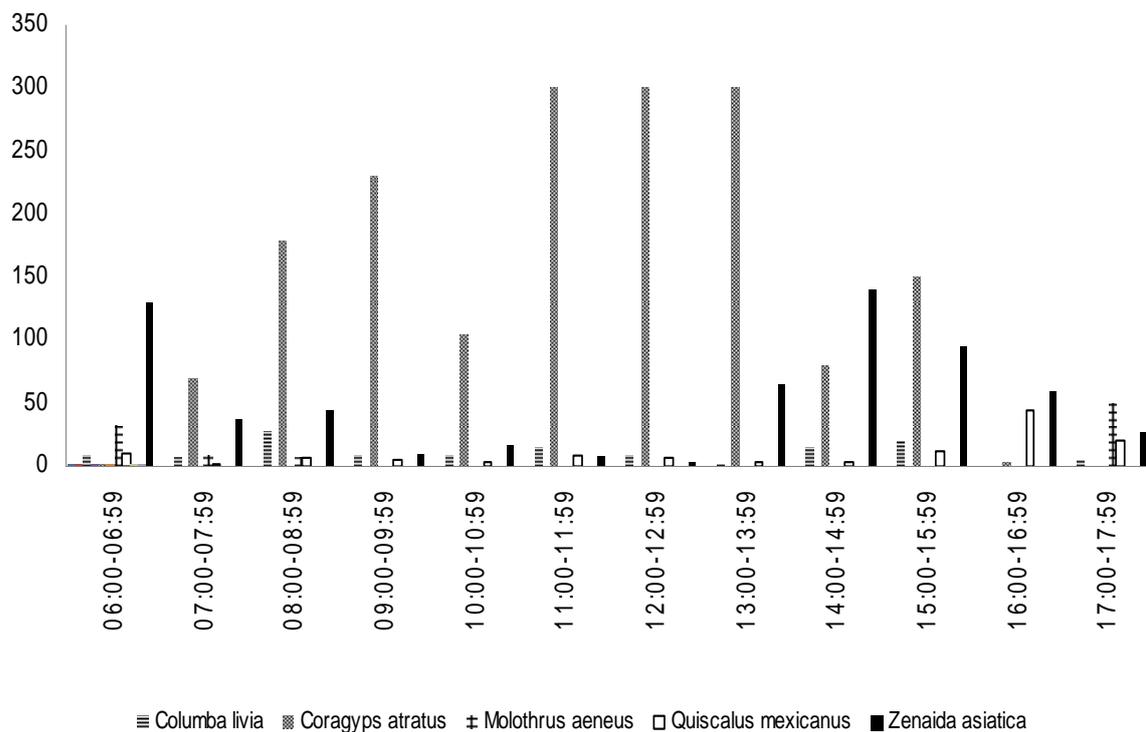


Figura 13. Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas del día, en la época seca, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

En el área verde alrededor de la pista de aterrizaje, en la estación lluviosa la situación cambia un poco, ya que las especies que tenían una mayor abundancia promedio por la mañana en la estación seca, dejan de ser abundantes y sus presencias se mantienen en todo el día relativamente baja (Figura 14), siendo en este caso los más representativos *Columbina talpacoti*, *H. rustica* y *Molothrus aeneus*, principalmente en la mañana de 06:00-08:00, 10:00 y por la tarde se tiene una gran presencia de *Q. mexicanus* a las 14:00, tomando en cuenta que esta ave es la que tiene en segundo lugar el mayor índice de peligrosidad para la aviación.

Las abundancias en las horas de la mañana, se debe a la búsqueda de alimentos descubiertos entre el pasto en los alrededores de la pista de aterrizaje y también a cruces que se dan en el Aeropuerto de parvadas que se movilizan en distintas direcciones. Referente a las 14:00 horas la abundancia de *Q. mexicanus*, es atribuida a la mayor presencia de insectos que quedan al descubierto con las actividades de chapoda del pasto que se realizan normalmente a esas horas.

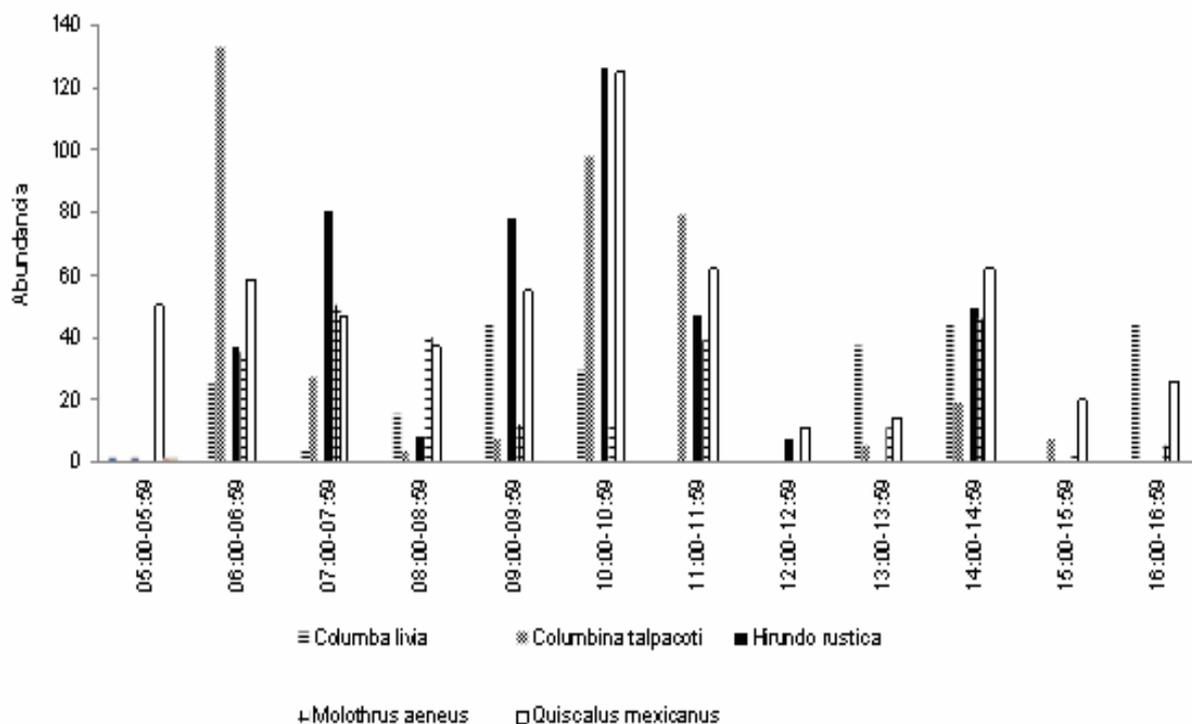


Figura 14. Valores promedios de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas de monitoreo en la estación lluviosa, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Desde la Torre de Control, el incremento significativo de la abundancia en el período lluvioso para el medio día fue debido a una mayor actividad a esas horas de *C. atratus* con 48 individuos en promedio. También fue abundante *Z. asiatica* distribuida de forma constante en todo el día y de *H. rustica* principalmente en horas de la mañana y en la tarde (Figura 15).

La especie *C. atratus* fue observada en congregaciones de hasta 500 individuos a orillas del lago de Managua, causado por un comportamiento alimenticio, posiblemente a esa hora hay más disposición de alimento en ese sitio, producto de los desechos provenientes de los mataderos principalmente, aunque no se determinó la hora en que los mataderos vierten sus desechos. El resto del día el grupo grande de *C. atratus* se dividía en pequeños grupos de menos de 60 individuos dispersándose en todas direcciones.

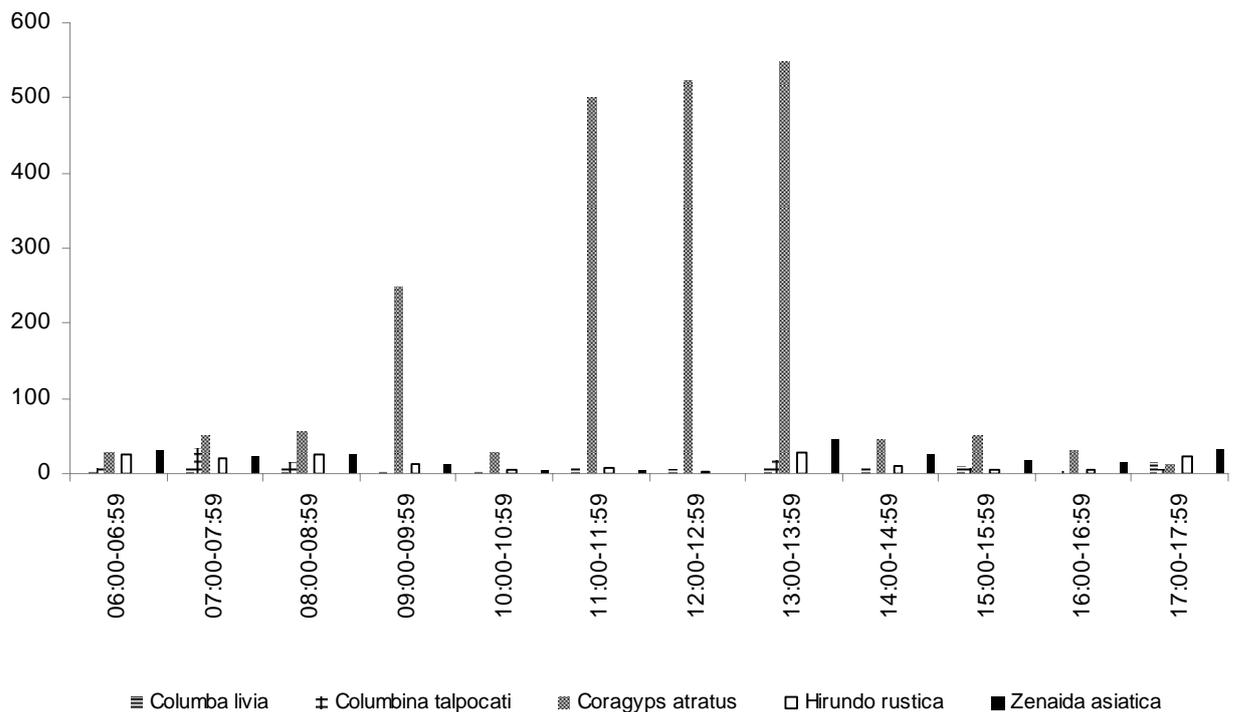


Figura 15. Valores promedio de abundancia de las cinco especies más abundantes, distribuido en las horas del día, en la época lluviosa, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

La riqueza de especie en ambas estaciones en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto (Figura 16), a lo largo del día no mostró diferencias significativas ($U= 48.5, P>0.11$). En la época lluviosa la riqueza se mantiene relativamente constante, observándose un promedio de 11 especies, exceptuando el inicio, a mediano y al final del día, donde tiene descensos significativos ($X^2= 4.67, P<0.031$), llegándose a observar solamente entre 1 y 5 especies. En cuanto a la época seca, la riqueza permanece constante a lo largo de todo el día ($X^2= 0.85, P>0.36$).

Los descensos en la estación lluviosa en las primeras horas, mediano y a final del día se debe probablemente a que existen alrededor de 3 a 4 especies que son las que se mantienen constante dentro del Aeropuerto y a medida que las demás especies se alejaban las condiciones eran más óptimas para estas especies que son las presentes cuando sufre descenso la riqueza.

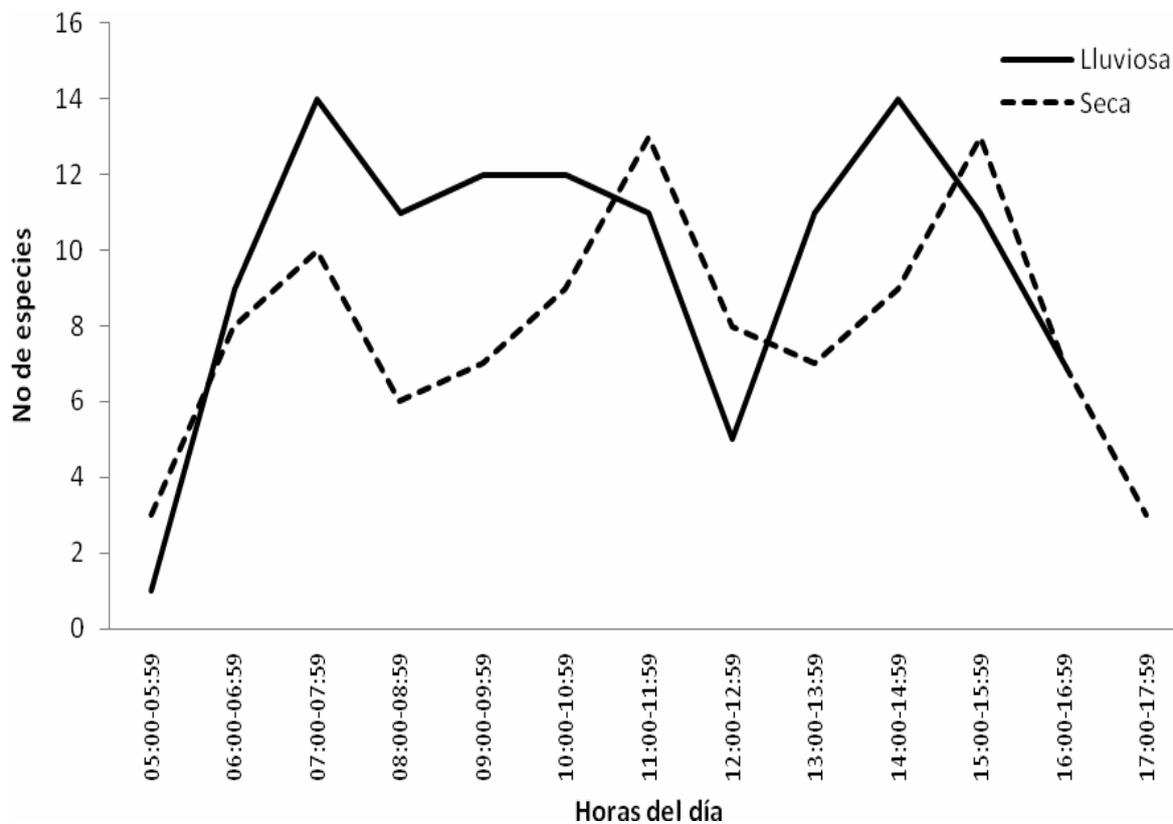


Figura 16. Riqueza de especie distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Para la Torre de Control del Aeropuerto, al comparar la riqueza entre ambas estaciones en las horas del día no se encontraron diferencias significativas ($U= 48$, $P>0.17$), tampoco se observaron variaciones significativas de la riqueza a lo largo del período seco ($X^2= 1.33$, $P>0.25$), ni a lo largo del período lluvioso ($X^2= 3.33$, $P>0.068$), encontrándose un promedio de 8 especies entre las dos estaciones (Figura 17).

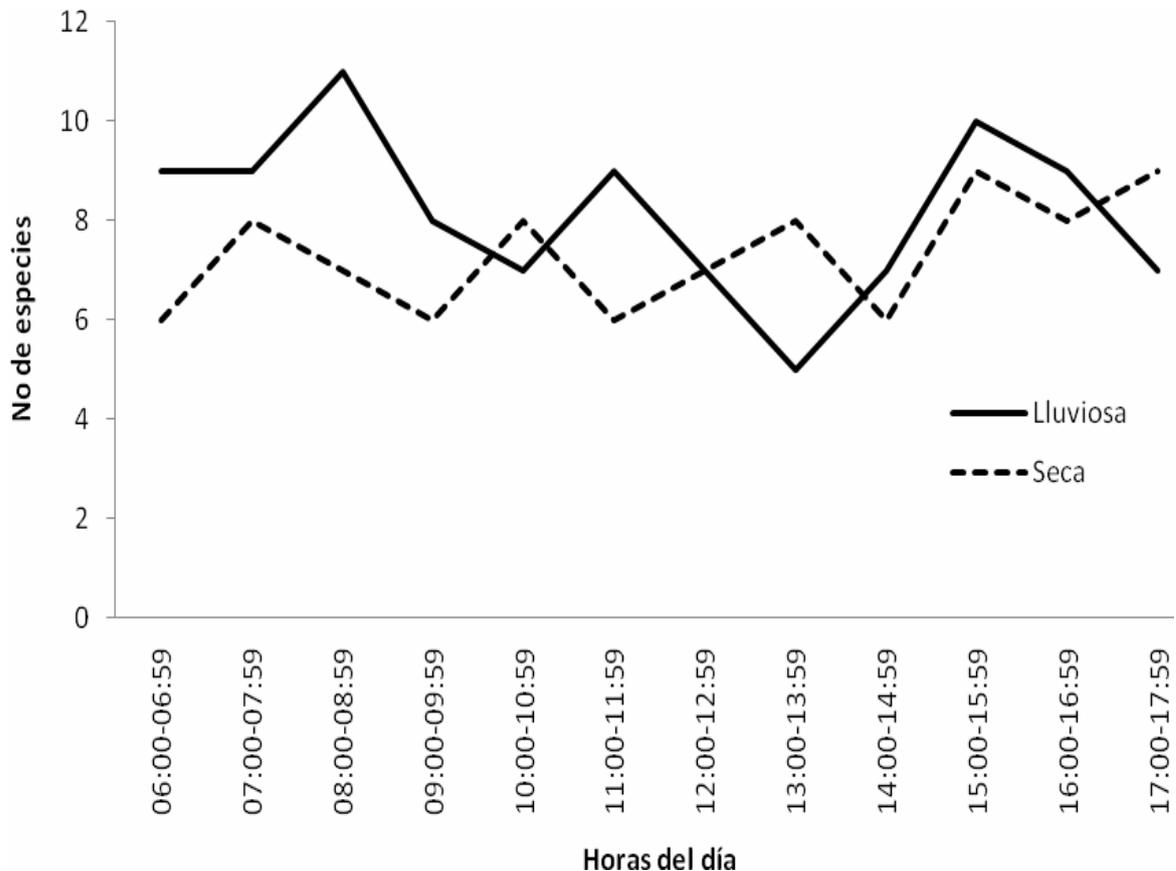


Figura 17. Riqueza de especie distribuidos en las horas del día para ambas estaciones, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Cambios observados en los puntos de conteo

La mayor abundancia de aves en los 13 puntos de conteos colocados en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje fueron significativamente mayores en la época lluviosa ($U=41$, $P<0.027$), en el cual se avistaron más aves en cada punto, registrándose mayor abundancia en el punto 3 con 219 individuos (Figura 18), el punto tres está ubicado cerca de la cabecera 09 al lado oeste por donde generalmente aterrizan los aviones. Las diferencias entre la abundancia en cada punto no fue significativa ni dentro de los puntos para la estación seca ($X^2=2.08$, $P>0.15$), igual para la estación lluviosa ($X^2=0.85$, $P>0.36$).

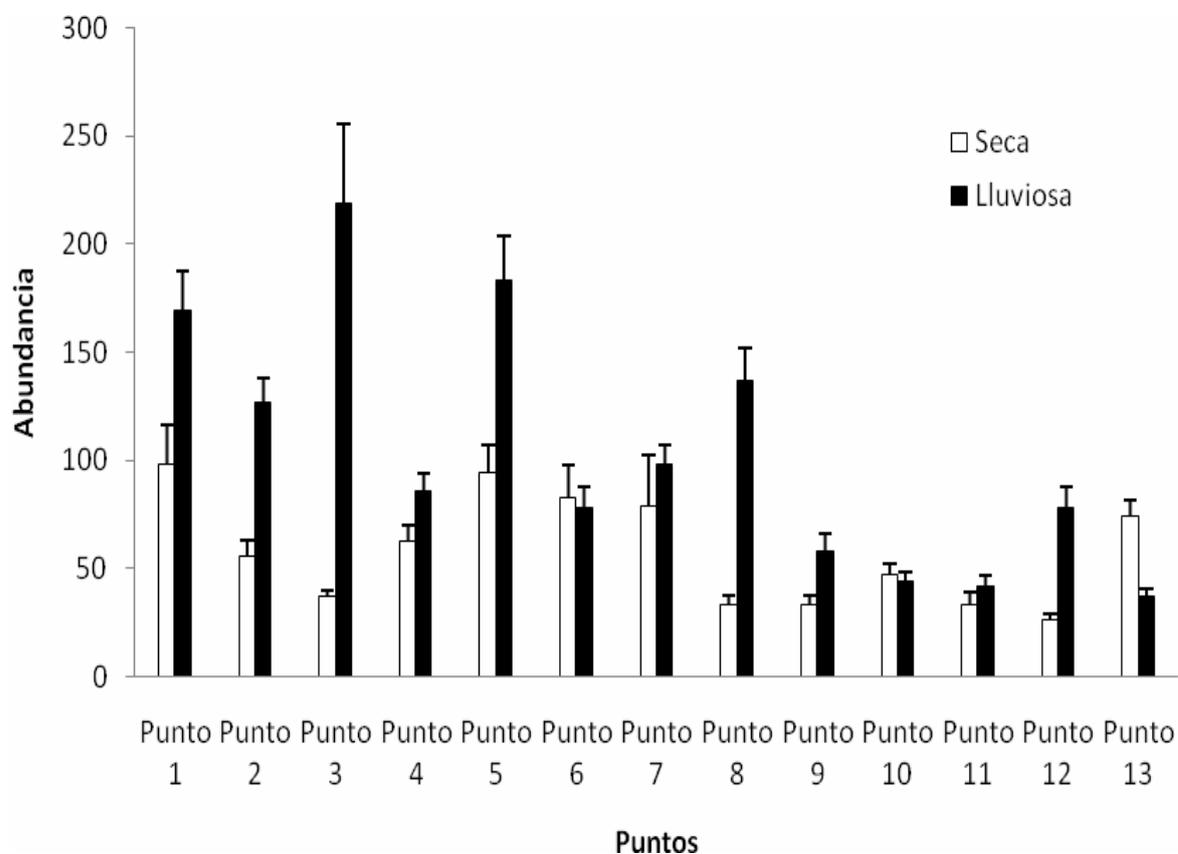


Figura 18. Abundancia distribuida en cada punto de muestreo de 100 metros de radio en ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

En la época lluviosa fueron observadas la mayor cantidad de especies, lo cual establece una diferencia significativa ($U= 35.5$, $P<0.013$). En el punto 5 fue el sitio donde se observó la más alta cantidad de especies con 13 (Figura 19), siendo este localizado cerca de la cabecera 27 donde generalmente despegan los aviones (Figura 4), de los cuales la mayoría (35.51%) eran *Columbina talpacoti* y una minoría (27.32 %) *M. aeneus*, por lo general estas especies son observados en grupos entre 50 y 100 individuos.

La riqueza distribuido entre los puntos no varían significativamente tanto para la estación seca ($X^2= 0.85$, $P>0.36$), como para la estación lluviosa ($X^2= 1.46$, $P>0.23$) encontrándose entre 8 y 10 especies .

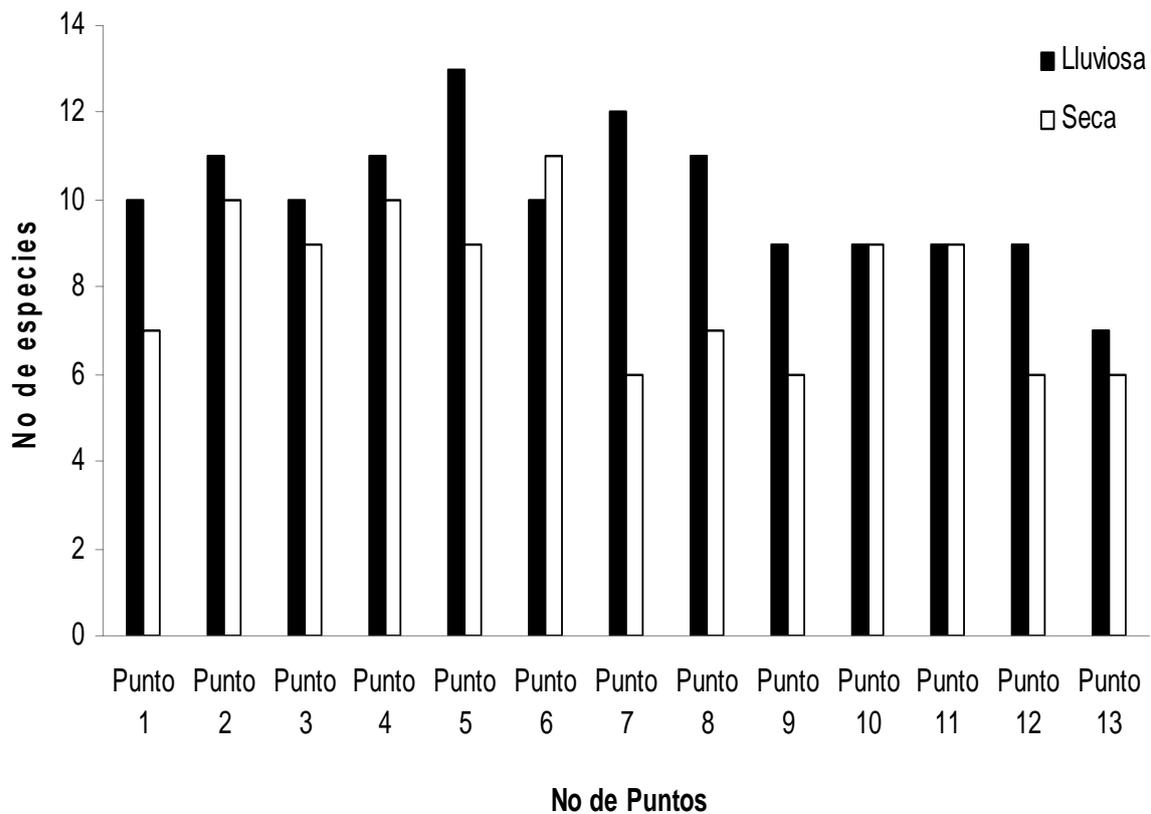


Figura 19. Riqueza distribuida en cada punto de muestreo de 100 metros de radio en ambas estaciones, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Cambios 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 presente en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, lo que deja al descubierto que la cantidad de aves observadas en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje permanecen en actividad dependiendo de las condiciones climáticas.

En la figura 20 se observa un incremento de la abundancia de las aves relacionadas con el aumento de la precipitación pluvial, ya que existe correlación positiva ($r = 0.5720$, $P < 0.0067$), esta relación se hace más evidente a fines del mes de octubre donde asciende la precipitación a 26.6 mm y a la vez la abundancia con 438 individuos y con el descenso de la velocidad del viento entre los meses de mayo-junio y octubre-noviembre.

Una evidencia de relación inversa se observa cuando el pico de abundancia de aves se incrementó a inicios del mes de junio con 104 individuos, hubo un descenso de la velocidad del viento (de 2.5 a 0.8 m/s) (Figura 20) y a fines del mismo mes baja la abundancia a 39 individuos y a la vez se incremento la velocidad del viento a 2 m/s ($r = -0.4989$, $P < 0.0213$).

En cuanto la nubosidad existe una correlación positiva, ya que a medida que aumenta la nubosidad se incrementa la abundancia ($r = 0.6316$, $P < 0.0028$), una muestra de esto se observó en el mes de octubre donde la abundancia se incrementó de 295 a 438 individuos entre visitas y una nubosidad de 7 octas,

En la temperatura existe una correlación inversa dado que a medida que disminuye la temperatura se da un aumento en la abundancia esto se da a finales del mes de octubre (Figura 20), donde se manifiesta un descenso en la temperatura de 24.5 °C y un aumento de 438 individuos

El análisis de relación entre la abundancia de cada día de observación y las variables climáticas: precipitación, viento, nubosidad y temperatura, determino que a medida que estas variables asciendan o desciendan la abundancia presentará un comportamiento diferente.

De una forma más clara es, que a medida que las variables precipitación y nubosidad asciendan, la abundancia también ascenderá, este comportamiento indica que de suceder esta variante el riesgo de impacto entre ave – aeronaves seria mayor, dado que existe más abundancia que la normal, cuando las dos variables climáticas antes mencionadas ascienden.

En referencia al viento y temperatura, son dos variables importantes para el control natural de la abundancia en el Aeropuerto, debido que a medida que estas dos variables ascienden la abundancia presenta descensos, pero no son herramientas determinantes para el manejo activo de la fauna ya que son dos variables que no se pueden manipular.

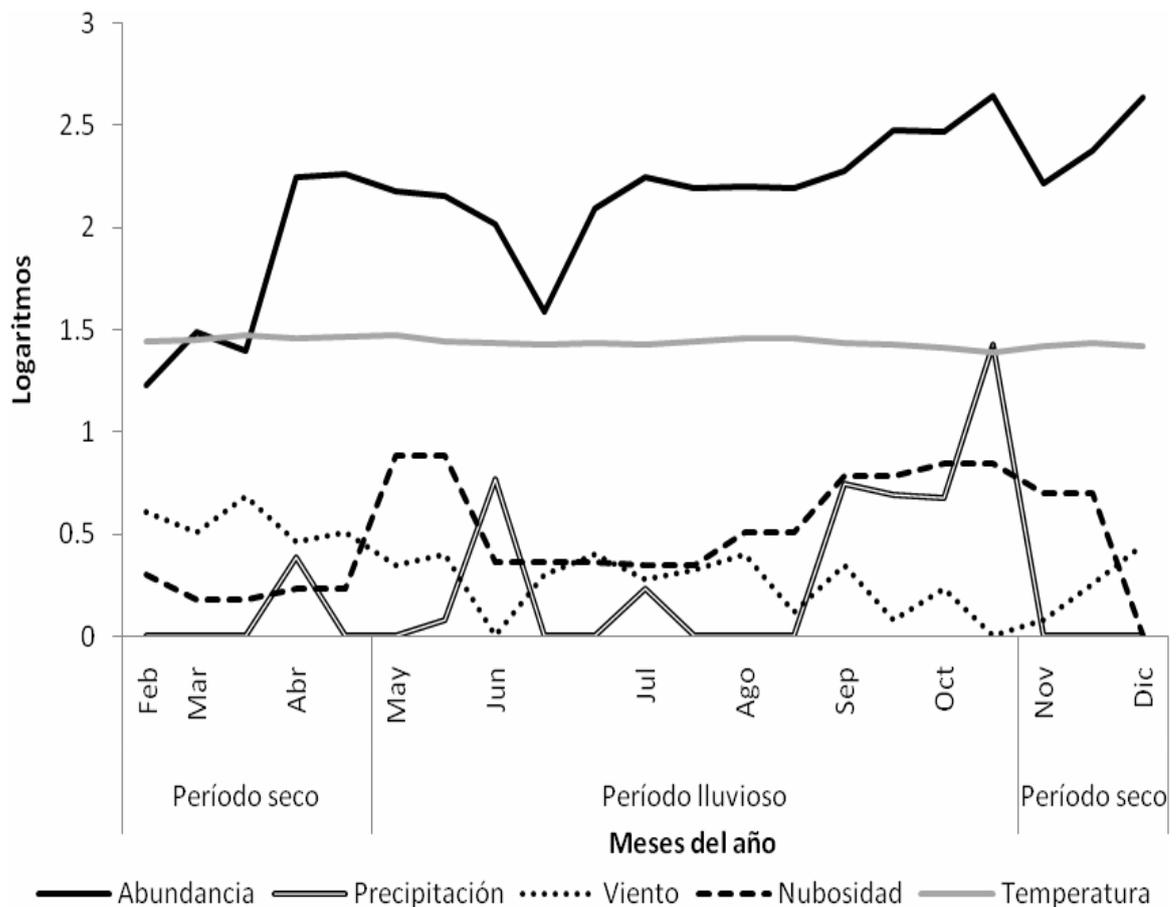


Figura 20. Logaritmo de la abundancia, precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (Octas) y temperatura (°C), distribuidos en todo el año, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Al igual que en el caso del muestreo en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje, en el muestreo desde la torre de control se exploró una relación entre la abundancia total para cada día de muestreo y las variables climatológicas.

Se determinó que ninguna de las variables climatológicas tiene una relación estadísticamente significativa con la abundancia, en lo que respecta a la precipitación ($r = -0.2342, P > 0.3494$), al viento ($r = 0.0665, P > 0.7996$), nubosidad ($r = 0.0966, P > 0.7292$) y temperatura ($r = 0.2061, P > 0.4118$) (ver Anexo 13) las aves observadas desde la torre de control, permanece en actividad independientemente de las condiciones climáticas.

En la figura 21 se observa un incremento de la abundancia aparentemente relacionados con el aumento de la precipitación pluvial, de la velocidad del viento, temperatura y de la nubosidad entre los meses de agosto-octubre, pero a como se expuso anteriormente dichas relaciones no

son significativas, esto nos quiere decir que independientemente que asciendan o desciendan las variables climaticas antes mencionadas, la abundancia no presentara cambios .

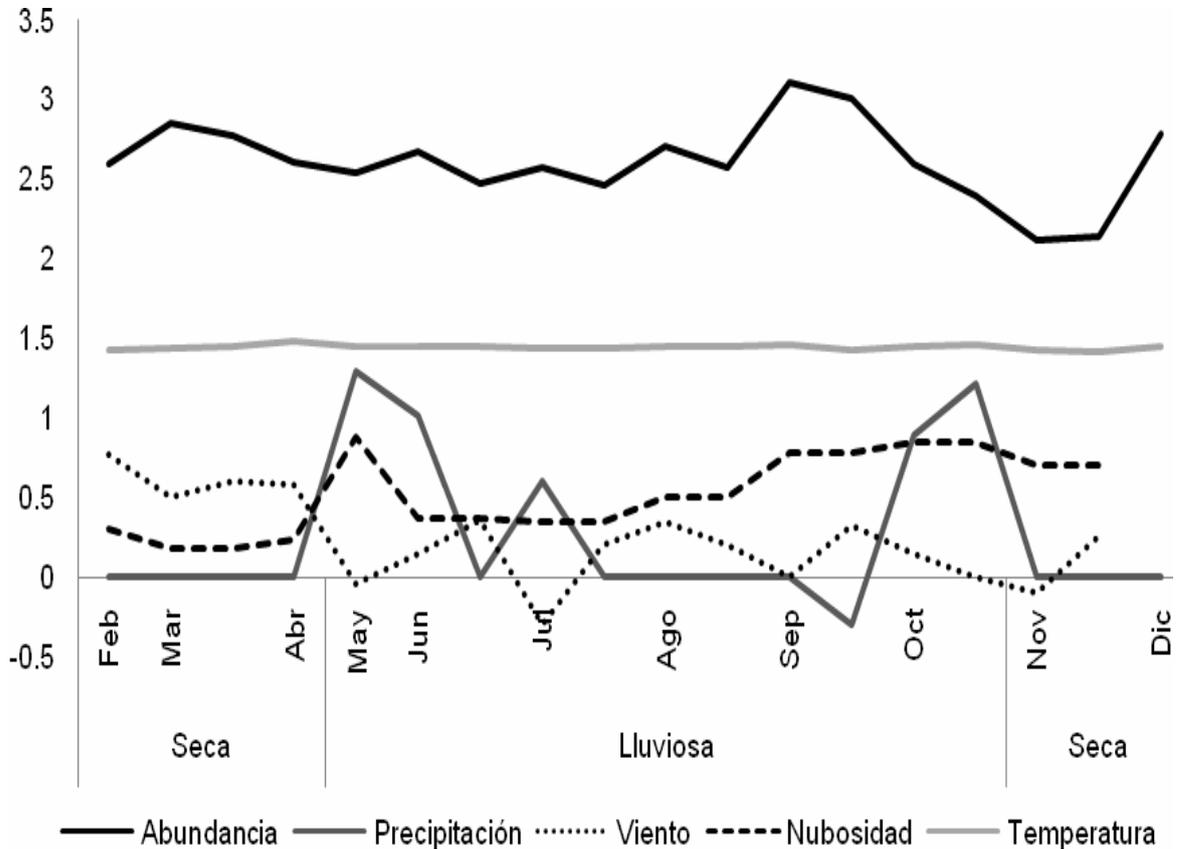


Figura 21. Logaritmo de la abundancia (número de individuos), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s), nubosidad (octas) y temperatura (°c), distribuidos en todo el año, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Cambios por estación del año

En el area verde alrededor de la pista de aterrizaje, la abundancia entre la estación seca y lluviosa es considerada no significativa ($U= 164, P>0.34$), la especies que tienen una presencia altamente significativa comparada con el resto, tanto en la estación seca ($X^2= 23.2, P<0.0000014$) como en la estación lluviosa ($X^2= 4.8, P<0.028$) fueron: *H. rustica* con un promedio de 248 en ambos entre períodos, las cantidades de esta especie permanecieron casi iguales en los dos períodos, *Q. mexicanus* con un promedio de 201 habiendo ligeramente mayor presencia en el período lluvioso y *M. aeneus* con 173 individuos solo observado en la estación lluviosa (Figura 22).

H.rustica, es la especie mas abundante, se debe a que es una especie insectívora y que el área verde alrededor de la pista de aterrizaje le brinda el alimento debido a que aloja a muchos insectos atractivos para esta especie. *Q.mexicanus* es la segunda especie más abundante, presentando mayor abundancia en la estación lluviosa lo que coincide con la producción de semillas de las diferentes variedades de pasto dentro del Aeropuerto, por lo que se atribuye la alta presencia de individuos de esta especie ya que además de alimentarse de insectos también se alimenta de granos.

La presencia de *M. aeneus*, también es atribuida a la producción de semillas por los pastos del aeropuerto, debido a que esta especie es granívora además de haberse presentado exclusivamente en la estación lluviosa, coincidiendo con la relación positiva que existe entre la abundancia y la precipitación.

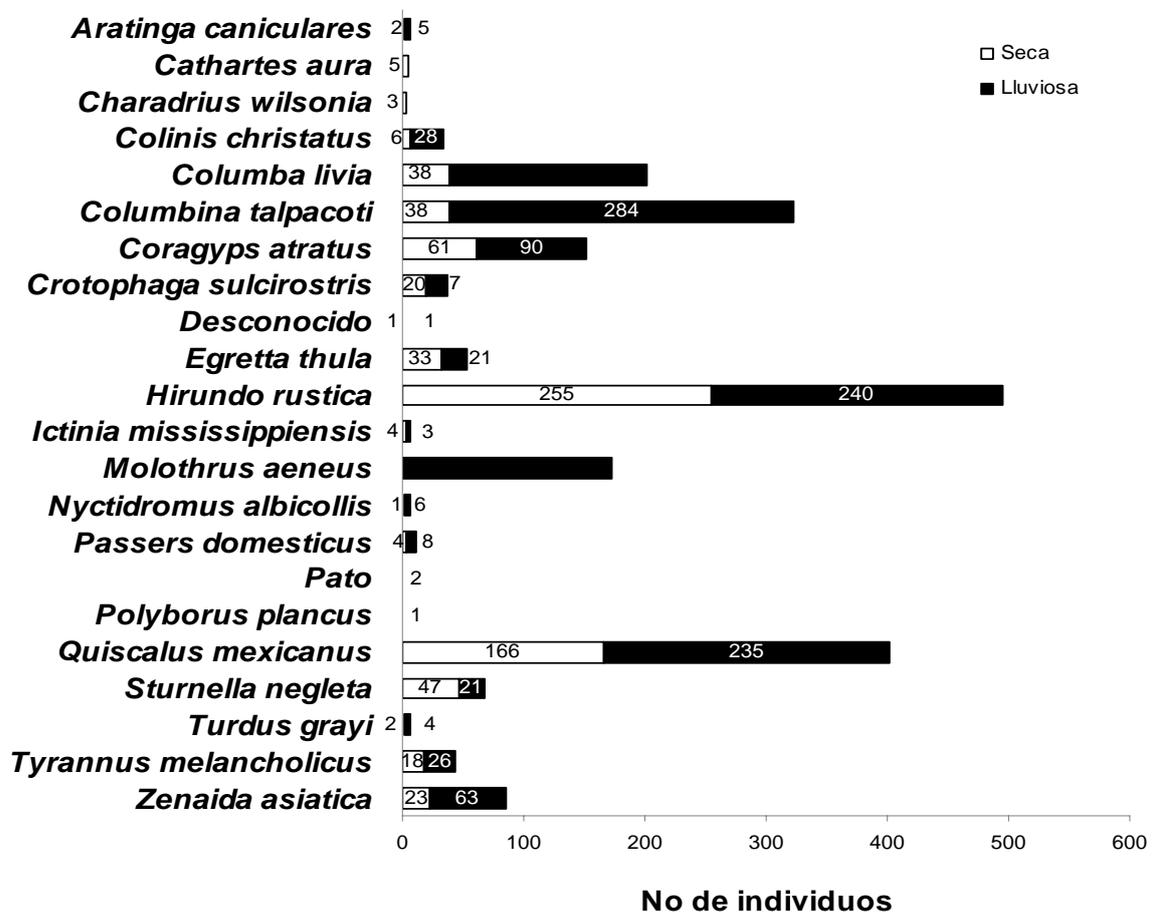


Figura 22. Abundancias totales en el periodo seco y lluvioso para las especies determinadas más abundantes, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Las especies más abundantes observadas en las unidades muestrales de la torre de control del Aeropuerto, fueron *Coragyps atratus* principalmente en la época seca (550), seguidas de *Zenaida asiatica* en la época lluviosa (140), el resto de las especies fueron determinadas con abundancia de menos de 50 individuos en todo el período de estudio (Figura 23).

La especie *C. atratus*, es la especie mas abundante, mayormente presente en la estacion seca, este comportamiento probablemente se debe a que esta especie aprovecha los vientos con densidad vaja por las altas temperaturas, para el planeo y asi poder explorar la zonas en busca de alimento. Otra de las razones, es que esta especie presenta un olfato mas agudo para detectar alimento en altas temperaturas. Esta abundancia del *C. atratus* en la estacion seca, aumenta el riesgo de impacto con una aeronave en dicha estacion , prueba de ello es que 6 de los 7 impactos con aeronaves ocurridos en el aeropuerto con esta especie fueron en la estacion seca.

La segunda especie mas abundante que es *Z. asiatica*, presentan la mayor abundancia en la estacion lluviosa, este comportamiento es por la busqueda de alimento y que logicamente es en esa estacion donde existe mayor alimento para esta especie granivora.

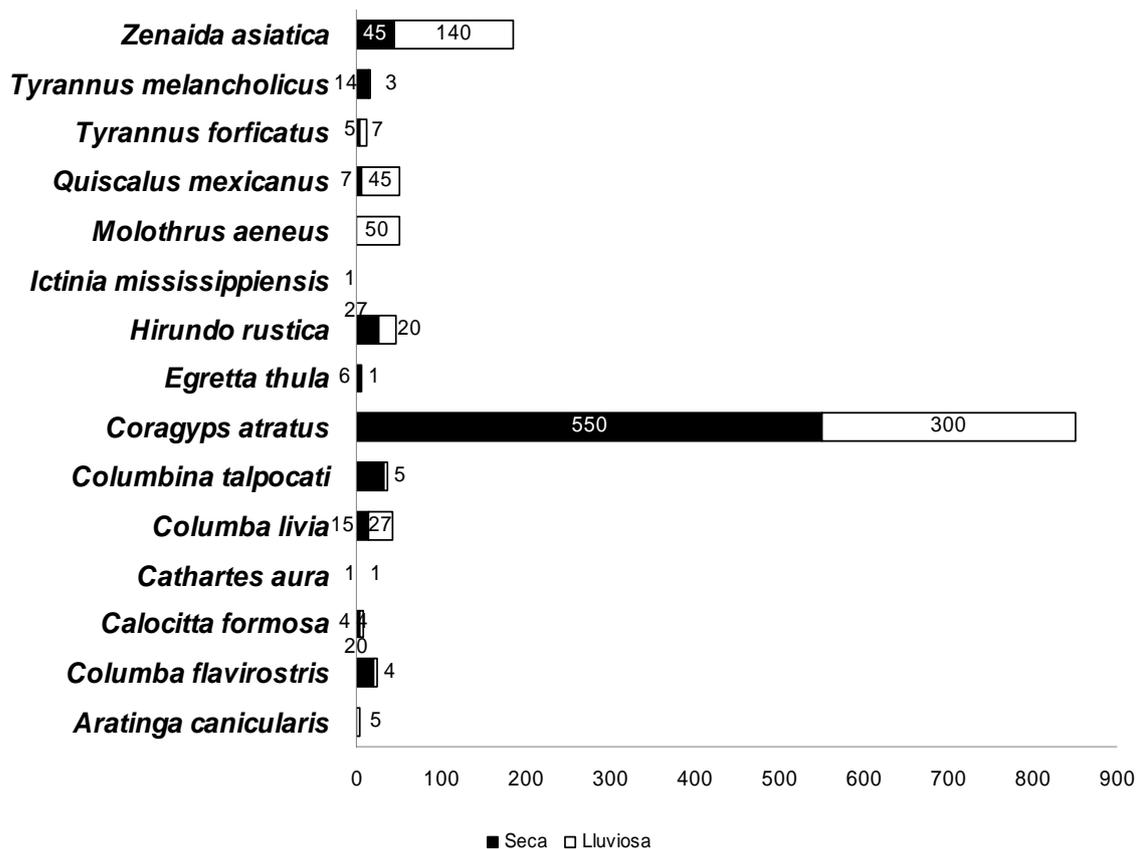


Figura 23. Abundancias totales en el periodo seco y lluvioso para las especies determinadas más abundantes, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

4.1.3 Relación entre peso y altura de vuelo

En las áreas verdes de la pista de aterrizaje, los Cathartedus (Familia Cathartidae) son los que tienen un mayor peso y mayor altura de vuelo, comparado con el resto de las especies, entre estos tenemos a *C. atratus* (1.8 Kg y 35.5m de altura de vuelo) y *C. aura* (1.4 Kg y 22.5m de altura de vuelo) (Figura 24).

C. atratus y *C. aura* son los principales ejemplares del grupo de los carroñeros, los cuales representan un peligro a la aviación. Aunque, a como se verá en el cuadro 3, *C. aura* no representa 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).

Seguido de *C. atratus* y *C. aura* tenemos al esporádico visitante *P. plancus* con un peso alto (1 Kg), pero con un vuelo bajo (2-5m), *Ictinia mississippiensis* (0.28 Kg, 15.13m), *Zenaida asiática* (0.15 Kg, 12.26m) y *Egretta thula* (0.38 Kg, 8.35m). De hecho existe una relación significativa entre el peso y la altura de vuelo ($f= 34.43$, $P<0.0001$) de tal forma de que entre mayor es el peso del ave, mayor es su altura de vuelo.

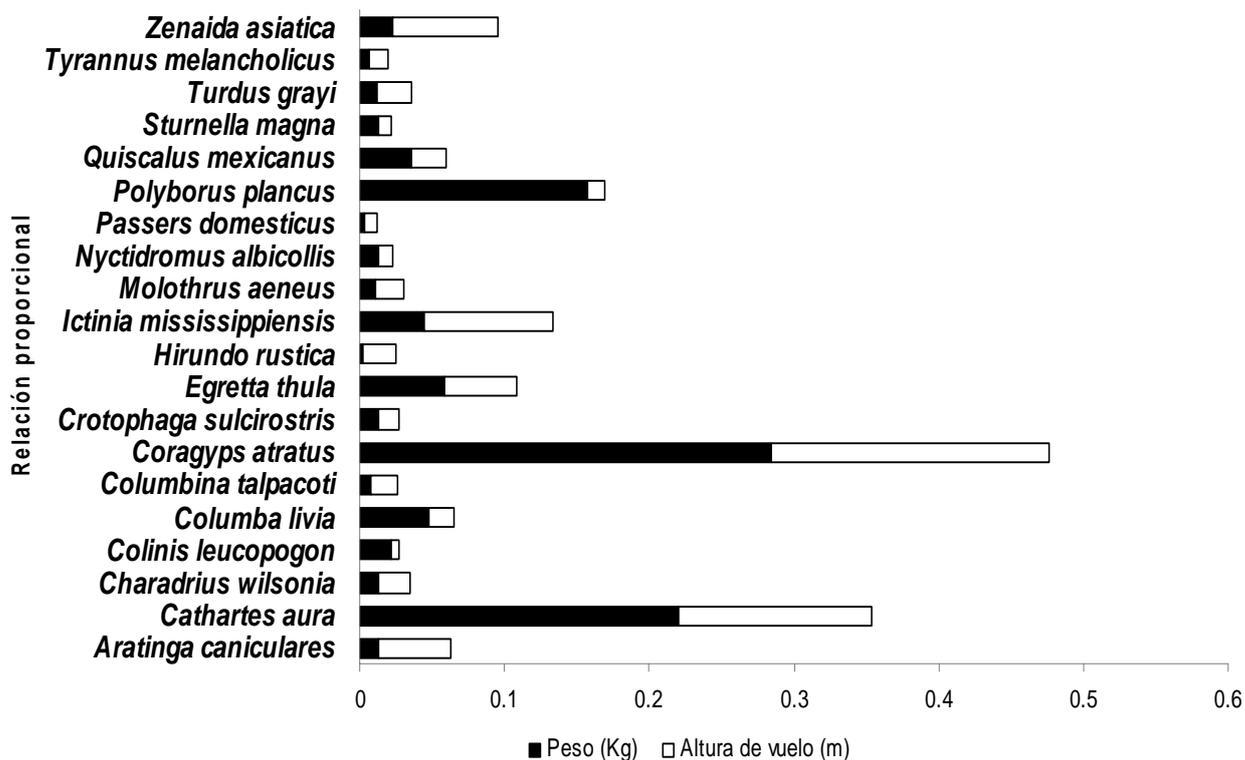


Figura 24. Relación proporcional del peso y la altura de vuelo de las aves, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Las especies de mayor peso y mayor altura de vuelo observadas desde la torre de control fueron, *C. atratus* (1.8 Kg y 70.37m) y *C. aura* (1.4 Kg y 42.50 m), miembros de la familia Cathartidae y del grupo de los carroñeros, igual que lo resultante en el muestreo en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje. Siendo *C. atratus* una de las especies más peligrosas para aviación. El resto de las especies observadas desde la torre de control pesan menos de 0.5 Kg y vuelan a una altura máxima de 30.5 m (Figura 25).

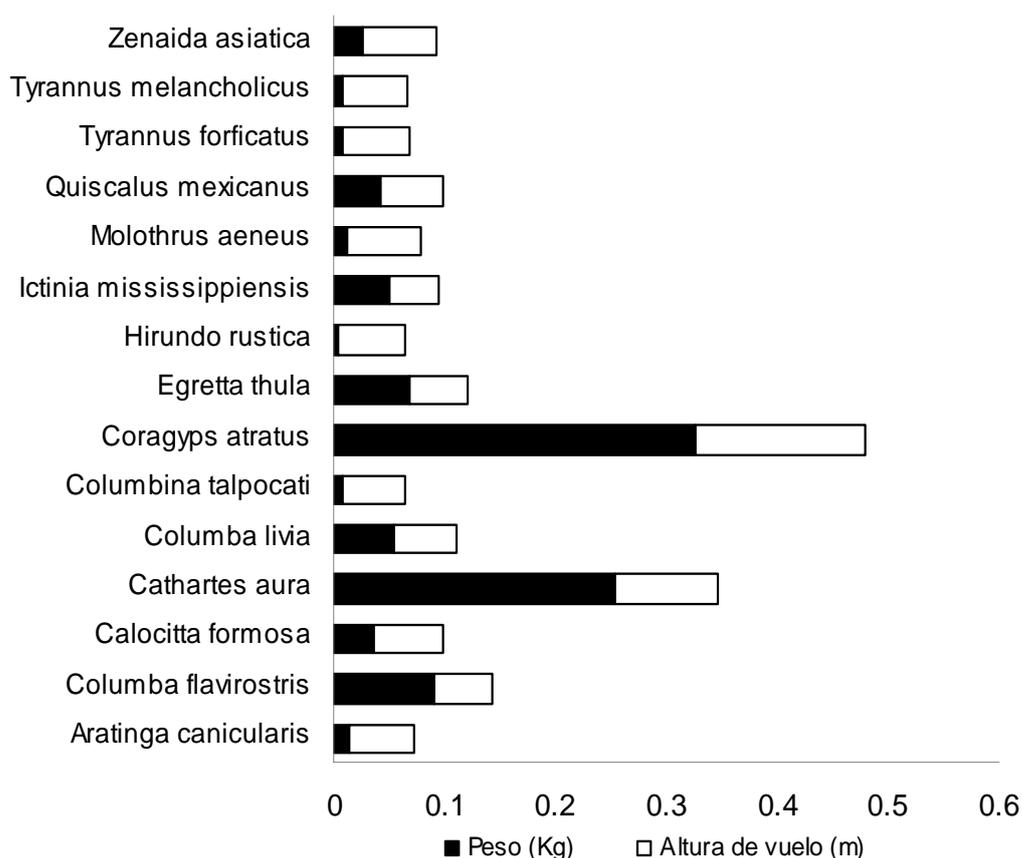


Figura 25. Relación proporcional del peso y la altura de vuelo de aves, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

4.1.4 Tamaño de parvadas por especie

En el área verde alrededor de la pista de aterrizaje, la especie *C. atratus* y *C. talpacoti* son las especies que se desplazan en grupos grandes de más de 100 individuos en las áreas de la pista aérea, seguidas por *H. rustica*, *M. aeneus* y *Q. mexicanus* (Cuadro 1) quienes se movilizan en grupos mayores de 50 individuos y menores de 100, Stiles & Skutch (1989), aseguran que este comportamiento es totalmente común en estas especies.

En el caso de *H. rustica*, se movilizan en grupos menos compactos, por lo general se mueven dispersos sobre las áreas verdes y sobre la pista, esta especie es una de las que más se impacta con aeronaves, según los responsables del mantenimiento de las áreas verdes, sin embargo, no está documentado, pero es frecuente observar sus cadáveres sobre o alrededor de la pista de aterrizaje, los cuales yacen mutilados por las hélice de los aviones. Esta especie puede causar daños graves a los aviones, pero lo cierto es que su tamaño pequeño y su vuelo en grupos dispersos, la excluye de representar un peligro inminente para la aviación.

En el caso específico de *M. aeneus* y *Q. mexicanus*, son especies que por lo general se mueven activamente en las áreas verdes y cruzando la pista de aterrizaje de un extremo a otro en grupos compactos, los que en un momento crítico de el desplazamiento de un avión, ya sea al despegar o al aterrizar, pueden causar daños considerables por los golpes recibidos al impactar con una parvada de hasta 100 individuos con pesos de 0.068 y 0.23 Kg respectivamente, esto equivale al peso de un individuo de 6.8 y 23 Kg, es decir, de 3.78 a 12.78 veces más pesado que un solo *C. atratus*.

Cuadro 1. Especies avistadas desde las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, por número de individuos por parvadas, con el mínimo y el máximo número de individuos observados, Managua, 2008.

Especie	Mínimo	Máximo	Rango individuos por parvada
<i>Aratinga caniculares</i>	2	5	<10
<i>Cathartes aura</i>	1	4	<10
<i>Charadrius wilsonia</i>	2	2	<10
<i>Colinus cristatus</i>	1	18	>10, <50
<i>Columba livia</i>	1	37	>10, <50
<i>Columbina talpacoti</i>	1	120	>100
<i>Coragyps atratus</i>	1	500	>100
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	10	>10, <50
<i>Desconocido</i>	1	1	Solitario
<i>Egretta thula</i>	1	15	>10, <50
<i>Hirundo rustica</i>	1	60	>50, <100
<i>Ictinia mississippiensis</i>	1	2	<10
<i>Molothrus aeneus</i>	2	50	>50, <100.
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	2	<10
<i>Passers domesticus</i>	1	6	<10
<i>Pato</i>	2	2	<10
<i>Polyborus plancus</i>	1	1	Solitario
<i>Quiscalus mexicanus</i>	2	50	>50, <100
<i>Sturnella magna</i>	1	40	>10, <50
<i>Turdus grayi</i>	1	3	<10
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	13	>10, <50
<i>Zenaida asiática</i>	1	16	>10, <50

Como se observa en el cuadro 2, la especie de mayor número de individuos por parvadas para la el muestreo desde la torre de control del aeropuerto, es *C. atratus* cuya cantidad de miembros por grupo superan los 100 individuos, al igual que *Z. asiatica*, estas dos especies son muy gregarias y por tal razón, son peligrosas para la aviación . *Z. asiatica* se desplaza generalmente por las areas arboladas, por tanto esto reduce la peligrosidad de impactarse con una aeronave, pero pueden darse incidentes con esta especie, ya que al oeste del aeropuerto hay un área arbolada por donde ellas se desplazan, justo cerca de la cabecera 09 donde por lo general aterrizan los aviones.

Cuadro 2. Especies avistadas desde la torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, por sus rangos de número de individuos por parvadas, con el mínimo y el máximo número de individuos observados,Managua,2008.

Especies	Mínimo	Máximo	Rango individuos por parvada
<i>Columba flavirostris</i>	1	20	>10, <50
<i>Cathartes aura</i>	1	1	<10
<i>Columbina talpocati</i>	1	32	>10, <50
<i>Egretta thula</i>	1	6	<10
<i>Hirundo rustica</i>	1	27	>10, <50
<i>Ictinia mississippiensis</i>	1	1	Solitario
<i>Quiscalus mexicanus</i>	1	45	>10, <50
<i>Tyrannus forficatus</i>	1	7	<10
<i>Tyrannus melancholicus</i>	1	14	>10, <50
<i>Aratinga canicularis</i>	2	5	<10
<i>Columba livia</i>	2	27	>10, <50
<i>Calocitta Formosa</i>	4	4	<10
<i>Molothrus aeneus</i>	4	50	>50, <100
<i>Coragyps atratus</i>	10	550	>100
<i>Zenaida asiática</i>	15	140	>100

La especie de mayor numero de individuos, mayor peso y mayor altura de vuelo fue *C. atratus*. Seguido de *C. aura* en peso y *Z. asiatica* en altura de vuelo (Figura 26). Se exploró la relación entre las tres variables y se determinó que hay una relación estadísticamente significativas entre ellas ($f= 38.95, P<0.0001$). Esto indica que a mayor peso mayor altura de vuelo para las aves encontradas en este estudio.

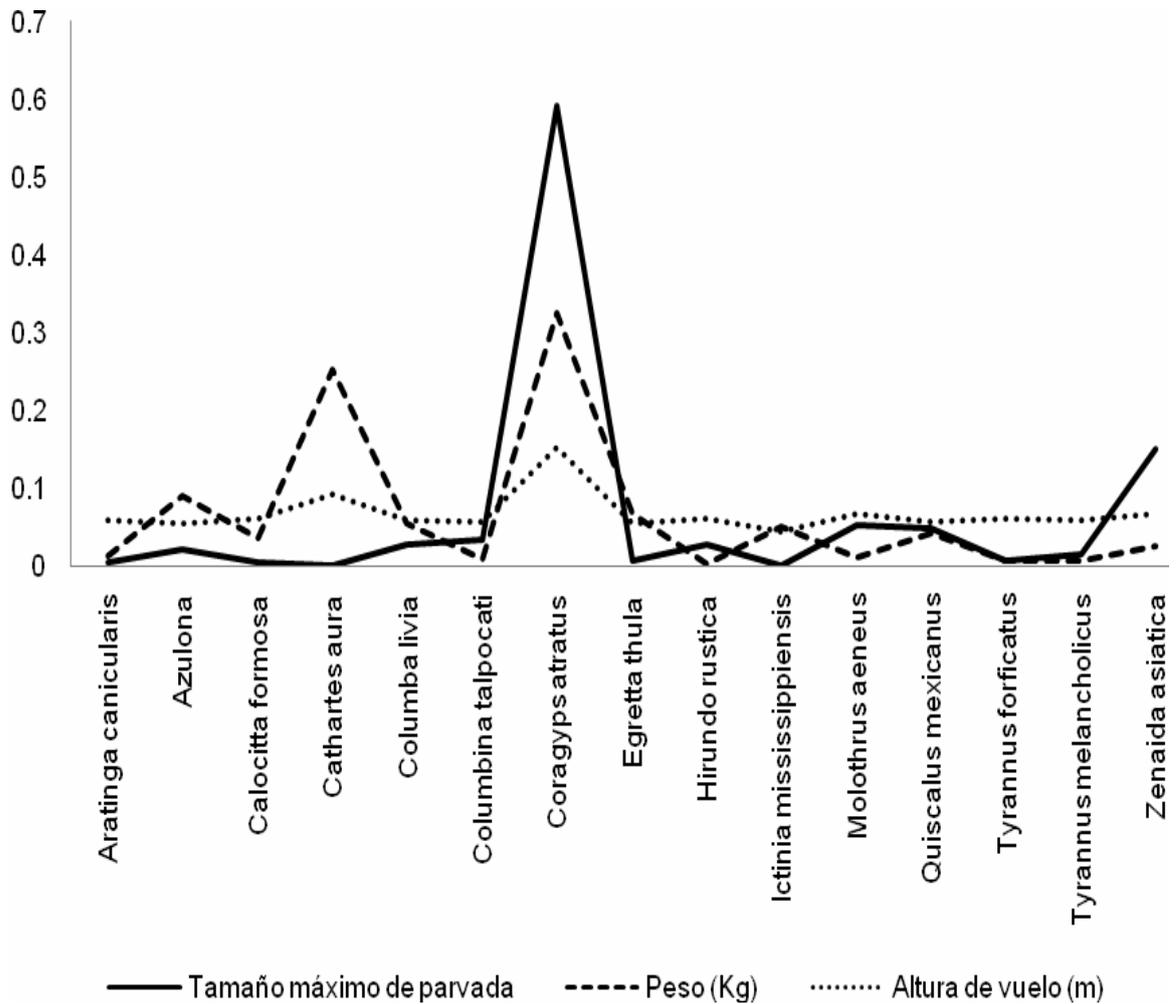


Figura 26. Relación proporcional entre el tamaño máximo de individuos que conforman una parvada, el peso y la altura de vuelo, observadas desde la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

4.1.5 Aves encontradas perchando en el enmallado perimetral

En los recorridos por la malla perimetral se determinó que la especie *Passers domesticus* fue la más registrada, con un 26% del total de individuos, seguido de *Columbina talpacoti* (17%), *Tyrannus melancholicus* (12%), *Crotophaga sulcirostris* (11%) y *Tyrannus forficatus* (9%), el resto de las especies se encuentran en porcentajes menores del 5% por cada individuo (Figura 27), esas diferencias resultaron ser estadísticamente significativas ($X^2=6.44$, $P<0.011$).

En el enmallado perimetral se identificaron especies que no fueron observadas en los puntos de conteo alrededor de la pista de aterrizaje, entre estas tenemos *Calocitta formosa*, *T. forficatus* y *Eumomota superciliosa*, el hecho de que no haya sido reportada por los observadores alrededor de la pista, da a entender que estas especies no influyen en las actividades aeroportuaria, las razones no son exactas, pero se puede especular al respecto, ya que una de las más fuerte es indicada por Stiles & Skuntch, 1989 donde mencionan que estas especies se desplazan solamente en lugares donde hay arbolado.

Otra de las razones puede ser debido a 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.

En el caso de *P. domesticus* y *T. melancholicus*, por lo general no mostró influencia directa en la pista de aterrizaje, en el sentido de que no cruzaban la pista y se mostraban alerta ante la actividad de los aviones. Estas especies nunca se lograron observar a menos de 100m de la pista de aterrizaje, debido a que ambas especies eran muy abundantes anidando en los hangares (principalmente *P. domesticus*) o perchando en el enmallado cerca de los hangares (el caso de *T. melancholicus*).

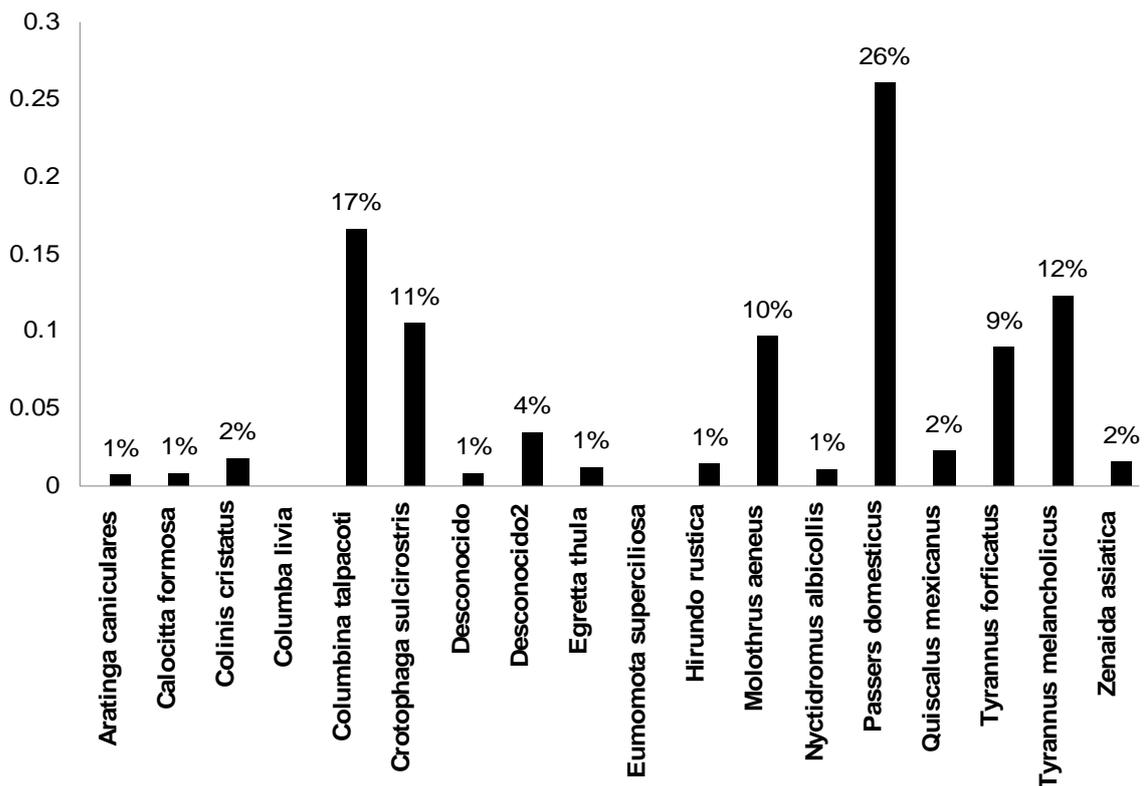


Figura 27. Porcentaje de abundancia de especies que perchán en el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Las diferencias en abundancia para las tres partes en que se dividieron el enmallado perimetral, resultaron no ser significativas ($X^2=1$, $P>0.32$). Sin embargo, el enmallado norte resultó ser el que tiene mayor abundancia de pájaros (Figura 28), además es el más cercano a las actividades aeroportuarias, lo cual toma una mayor importancia al momento de realizar un plan de manejo.

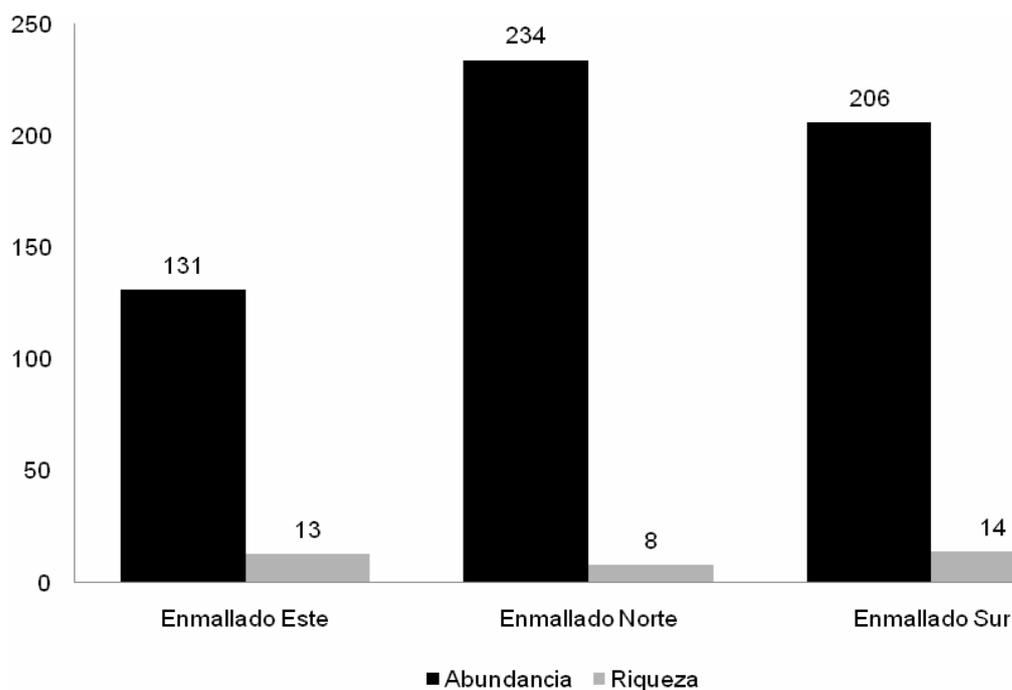


Figura 28. Abundancia total y riqueza para las tres partes en que se dividió el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Dentro de las especies más abundantes por enmallado están *P. domesticus* (la que prolifera haciendo nidos en el techo de los angares) *M. aeneus* y *T. forficatus*, que mayormente se presentan en búsqueda de alimento (Figura 29).

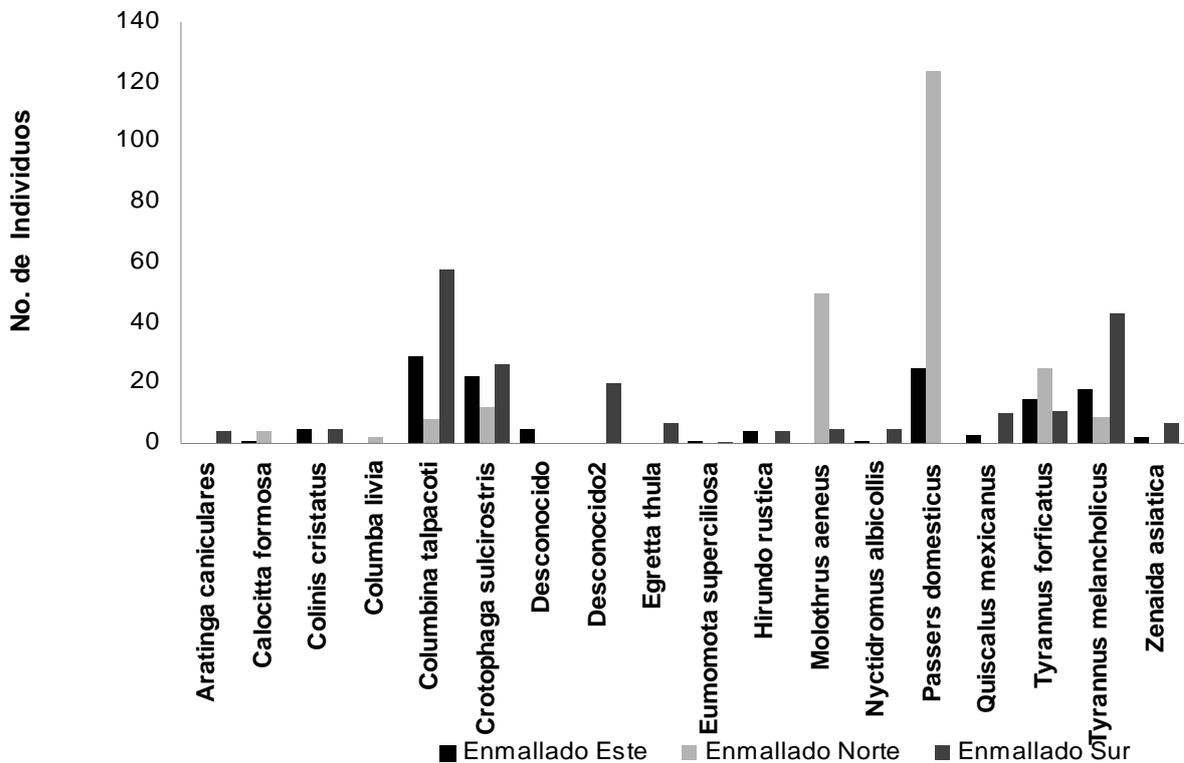


Figura 29. Abundancia por especies en cada parte en que se dividió el enmallado perimetral del aeropuerto, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

La mayoría de las aves que utilizan el enmallado perimetral del aeropuerto, emprenden su vuelo hacia fuera de este, en las áreas verdes de los vecindarios, esto se refleja, cuando eran espantados por el ruido del vehículo con el que se realizaba el muestreo, la mayoría de los individuos registrados (72.58%) volaron hacia las áreas verdes fuera del perímetro del aeropuerto.

Dentro de las especies que volaron hacia las áreas verdes fuera del perímetro del aeropuerto estaban *P. domesticus*, *C. sulcirostris*, *T. melancholicus* y *C. talpacoti* (Figura 30), muy pocas veces las aves volaron a refugiarse en las áreas verdes del aeropuerto.

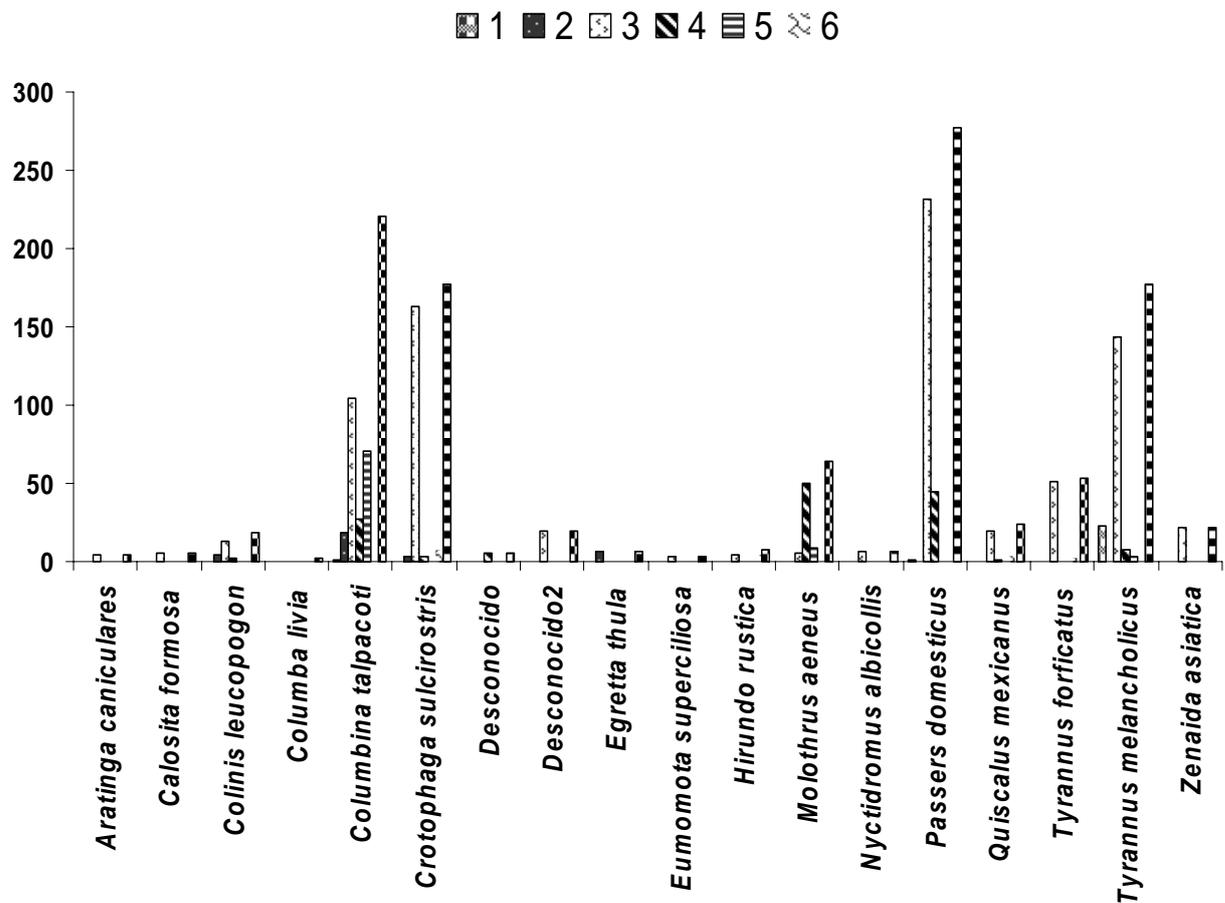


Figura 30. Comportamiento de escape y búsqueda de refugio de las aves avistadas en el enmallado perimetral del aeropuerto. 1. El ave no se ahuyenta, 2. El ave se ahuyenta, 3. El ave vuela hacia fuera del aeropuerto, 4. El ave vuela hacia dentro del aeropuerto, 5. El ave estaba dentro del aeropuerto y voló hacia fuera, 6. El ave estaba fuera del aeropuerto y voló hacia dentro, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

4.1.6 Conteo de nidos

Durante los tres meses de muestreo 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 (Figura 31). La mayoría de las especies que anidaban fueron determinadas como *Q. mexicanus*, *C. livia* y *P. domesticus*.

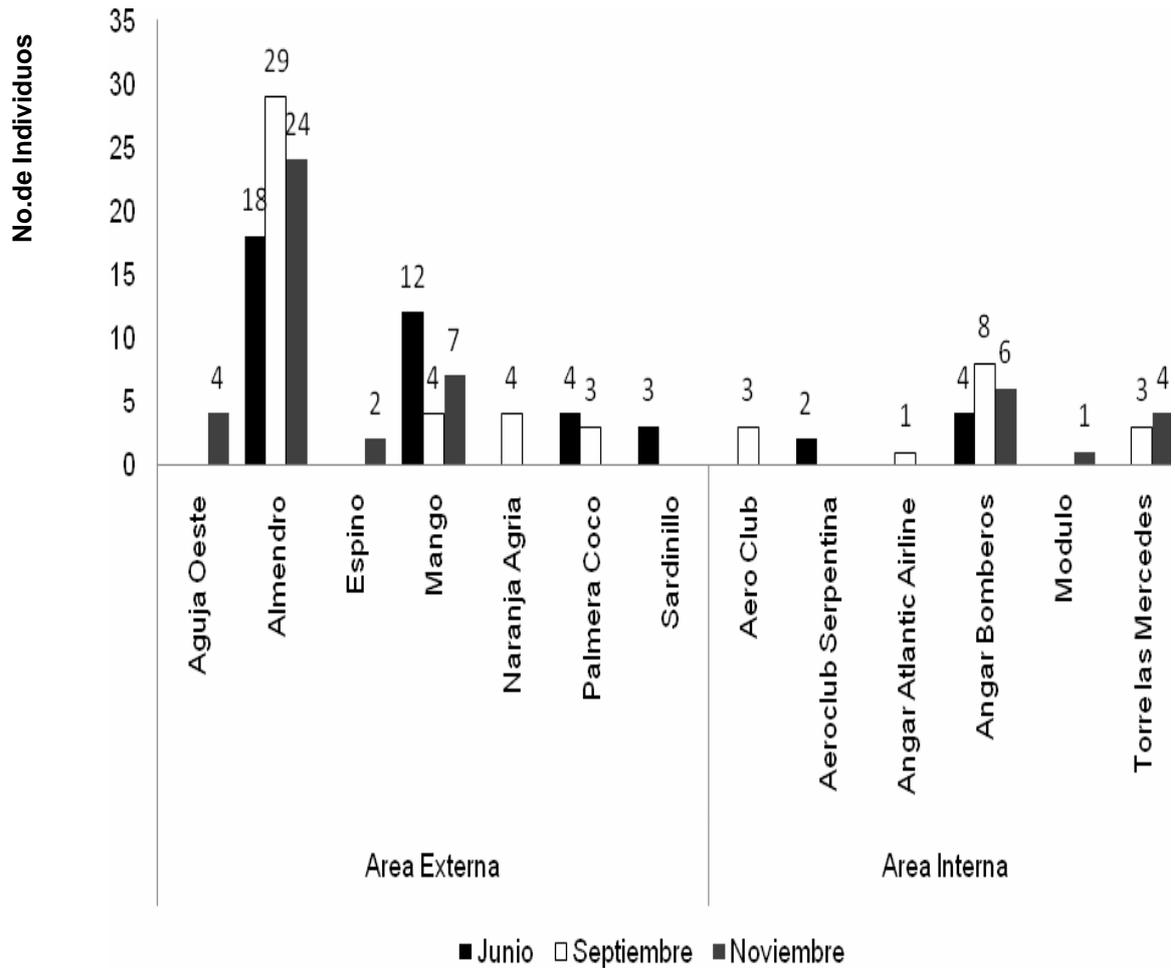


Figura 31. Abundancia de nidos encontrados por sitios, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

El material que más utilizaron las aves para hacer sus nidos fueron: zacate y algodón hasta en un (40% del total de nidos) . Stiles & Skutch (1989), mencionan que esas especies hacen uso de pasto y otros materiales para fabricar sus nidos, ya que son mas moleables y retienen más calor (Figura 32).

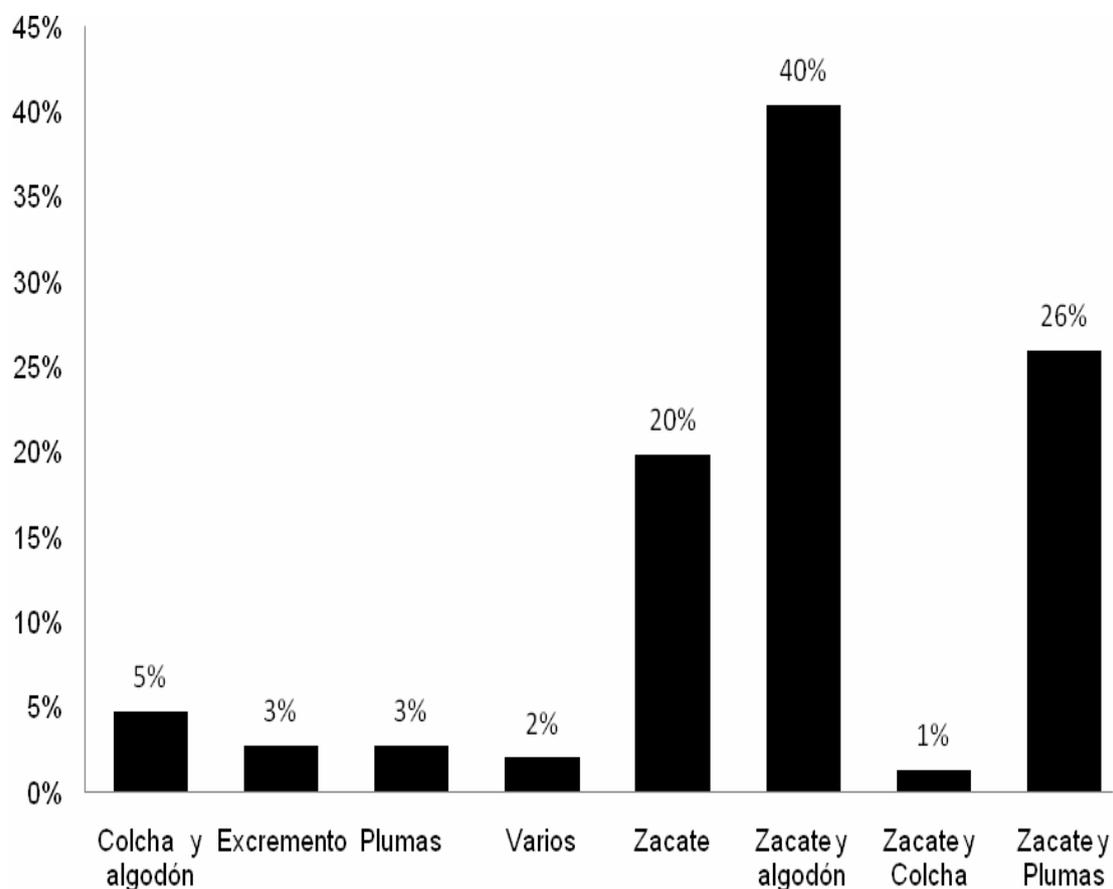


Figura 32. Abundancia porcentual de nidos por tipo de material utilizado, en las áreas verdes de la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

4.2 Asignación de riesgo para las especies de aves identificadas en el aeropuerto

El propósito de calcular este índice es con el fin de ordenar la lista de aves que se elaboró de las observaciones en los muestreos en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje y desde la torre de control, en base al riesgo que cada especie represente para la aviación, ya que no todas las aves son peligrosas, algunas representan más riesgo y a estas se les debe brindar más atención en manejo.

En base al cálculo del índice y a las observaciones en campo, el riesgo de las aves se ha dividido en tres tipos: las especies de poco riesgo (>1 , <10), las de mediano riesgo (>10 , <15) y las de alto riesgo (>15). *C. atratus* resulto con un índice de riesgo de 19.90 y *Q. mexicanus* con 16.05, resultaron ser las especies con más altos índices de riesgo (Cuadro 3).

En particular la primera es la que representa mayor peligro, *Q. mexicanus* no es tan pesado ni tiene grupos o abundancia tan grande comparado con *C. atratus*, pero si tiene un alto promedio de tiempo de actividad y permanencia en las áreas de actividad aeronáuticas, no responde muy bien al control y no son muy buenos para evitar impactos (ver anexo 7), con lo mencionado anteriormente, podemos decir que después de *C. atratus*, la especie *Q. mexicanus* es la segunda especie de aves que se reporta con seguridad estar involucrada en impactos con aeronaves (Figura 33), esto lo hace colocarse en el segundo lugar de riesgo sobre las especies restantes.

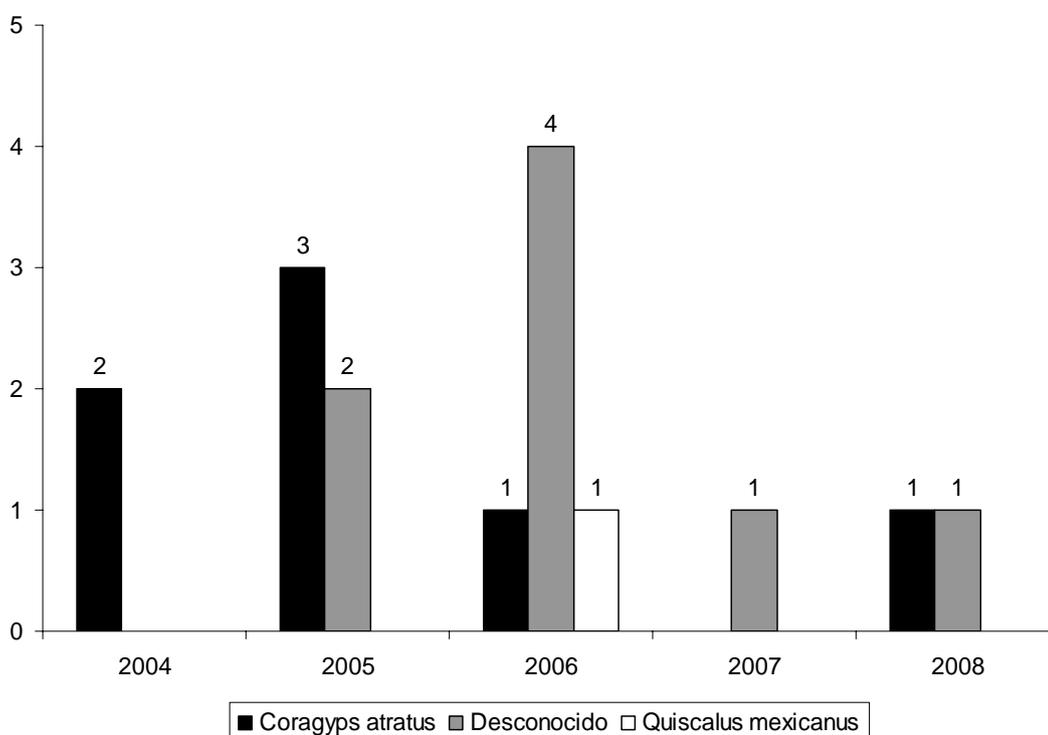


Figura 33. Resgistro de impactos entre aves y aeronaves desde el 2004 hasta el 2008, en el Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Las especies con riesgo moderado o mediano son *C. livia* hasta *T. melancholicus* (Cuadro 3). *C. 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 representa ser muy peligrosa en este sector donde la actividad aeronáutica es intensa, esta representa el 73% de peligrosidad con respecto a *C. atratus* que es por hecho el que representa el 100% de peligro.

C. talpocati, *H. rustica* y *M. aeneus* son especies que se movilizan en grupos en toda el área verde del aeropuerto, son especies que no se controlan fácilmente, una vez que son ahuyentadas regresan 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, todas estas características le atribuyen una posición de riesgo mediano, pero por su poco peso (0.017 Kg) y su baja altura de vuelo (3.73m) las colisiones con aeronaves no serían tan significativas en cuanto a daño, pero no se descarta que los golpes consecutivos de esta especie gregarias puedan ser graves.

Cuadro 3. Asignación de riesgo (Índice R de Nicholas Carther) , para las veinticuatro especies encontradas de la pista de aterrizaje y torre de control del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua, 2008.

Especies	Riesgo	Riesgo total	Porcentaje de riesgo relativo
<i>Coragyps atratus</i>	19.9	1	100
<i>Quiscalus mexicanus</i>	16.05	2	81
<i>Columba livia</i>	14.5	3	73
<i>Columbina talpocati</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>	10.8	11	54
<i>Tyrannus melancholicus</i>	10.45	12	53
<i>Ictinia mississippiensis</i>	9.5	13	48
<i>Columba flavirostris</i>	9.42	14	47
<i>Polyborus plancus</i>	7.65	15	38
<i>Colinus cristatus</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

Entre las seis especies restantes clasificadas como de riesgo mediano, se encuentra la especie *Chatartés aura*, quien es pariente cercano del peligroso *Coragyps atratus* y un visitante esporádico, sin mucha influencia directa con las áreas de actividad aeronáutica, lo que ha hecho ubicarlo en una escala de riesgo inferior (60%), es sin embargo, muy torpe al evitar colisiones y muy difícil de ahuyentar de las áreas verdes del aeropuerto, lo que lo convierte en la práctica como una especie de cuidado.

Otra especie interesante es *Z. asiática*, cuyas grandes poblaciones, considerables tamaños de parvadas y la constancia de su actividad diaria, se le ubicaría en las especies de alto riesgo, pero por su comportamiento de vuelo sobre las áreas arboladas, lejos de las áreas de actividad aeronáutica y su gran agilidad de vuelo que le permite evadir colisiones (según observación de campo) y la facilidad de ahuyentarlas, las coloca en una posición de riesgo mediano (55%).

El resto de las especies están dentro de la categoría de bajo peligro por varias razones entre otras poco peso, poca altura de vuelo, por lo general solitarios o visitantes esporádicos, entre otros.

4.3 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 parvadas, 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 observa una mayor área de riesgo que involucra a *C. atratus* (Zopilote), ocupando en su mayoría los sectores norte, oeste y una pequeña parte del sector sur del aeropuerto (Figura 34), prácticamente en toda el área del círculo de 3000 m de radio (2827.44 ha).

La especie *Q. mexicanus* (Zanate) esta distribuida principalmente en el sector sureste, suroeste y en parte del sector norte del aeropuerto, esta especie se observa asociado principalmente con las tres especies restantes. 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, utilizando como hábitat árboles principalmente de Mango (*M. indica*), Matapalo (*Ficus elastica*), Laurel de la india (*Ficus benjamina*), Coco (*Cocos nucifera*), entre otros.

Se determina una reducción del nivel de peligrosidad en el área sureste del aeropuerto, donde tiene mayor influencia *C. livia* (Paloma de castilla), *Z. asiática* (Paloma alas blancas) distribuida principalmente en los sectores sur y norte del aeropuerto por las zonas cubiertas con árboles e *H. rustica* (Golondrina) 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 34).

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.

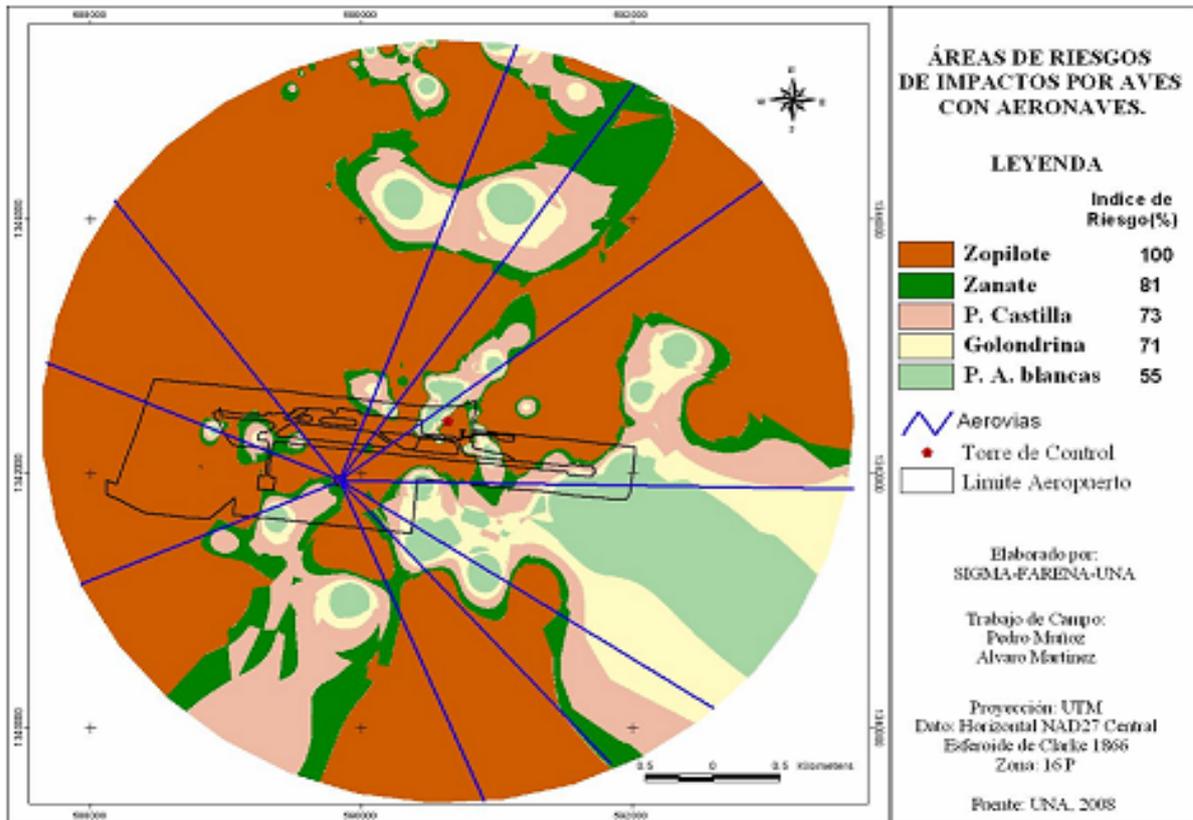


Figura 34. Áreas de Riesgos de Impactos por aves con Aeronaves distribuidos en un radio de 3000m alrededor de aeropuerto tomando como centro la torre de control, Managua, 2008.

C. atratus, se encuentra disperso en el área de la pista de aterrizaje y a orillas del lago de Managua (Figura 35), esta especie tiene un patrón de movimiento de norte a sur esto se debe principalmente a los hábitos alimenticios debido a la presencia de mataderos y basureros que son atractivos para estos pájaros.

La segunda especie que tiene una alta dispersión y que se mueve de norte a sur es la *C. livia* (Figura 35), la cual cruza la pista constantemente y se encuentra distribuida en los cuatro puntos cardinales con respecto al aeropuerto, esto se debe a que es una especie de hábitat urbano, y los barrios que se encuentran a los alrededores del aeropuerto le brindan las condiciones de vida. Por otro lado *Z. asiatica*, es una especie que se encuentra dispersa en sector norte y sur del aeropuerto y a eso se debe que la elipse muestra un movimiento de norte a sur, pero el patrón de movimiento que tiene es de este a oeste.

H. rustica , se encuentra concentrada principalmente en la pista de aterrizaje por lo que la hace una especie de mucho riesgo debido a la ubicación, también se encuentra en el sector norte y sur del aeropuerto y aunque la elipse muestra un movimiento norte sur, esta especie no tiene un patrón de movimiento estable es decir no sigue una sola dirección en su vuelo.

La especie de menor concentración es *Q. mexicanus*, esta especie se concentra específicamente en el área del aeropuerto a los alrededores de la pista de aterrizaje moviéndose en su mayoría en dirección oeste - este y muy poco en dirección norte – sur (Figura 35), Stiles & Skuntch, 1989, mencionan que es una especie que se alimenta de semillas además de insectos y algunos frutos, motivo por el cual se encuentran dentro del aeropuerto.

Como se observa en la figura 35 todas las aerovías cruzan las zonas de las especies consideradas peligrosas especialmente las zonas de mayor riesgo debido a la presencia de *C. atratus* , la especie mas peligrosa y de un alto vuelo que se convierte en un riesgo potencial debido a que esta distribuido casi en toda el área de operaciones aeronáuticas, son dos aerovías las que presentan el menor riesgo.

La primera, DAVIB la cual viene en dirección de 91° casi ubicada al este franco, es la ruta que tiene menor riesgo debido a que esta ubicada en el área que frecuentan especies de menor riesgo aunque siempre se ve afectada en parte por las concentraciones de *C. atratus* .

La segunda es EMARI que esta en 123° de dirección en la parte sureste, esta se ve mas afectada que la primera antes mencionada por que atraviesa un área que se encuentra mayor presencia de *C. atratus*, las otras aerovías se ven altamente afectadas por todas las especies y principalmente por la de mayor riesgo *C. atratus*, esto viene a confirmar que la única manera de reducir este peligro es poniendo en práctica un plan de manejo de fauna que además de incluir el área interna del aeropuerto tiene vital importancia el manejo de las áreas circunvecinas al mismo.

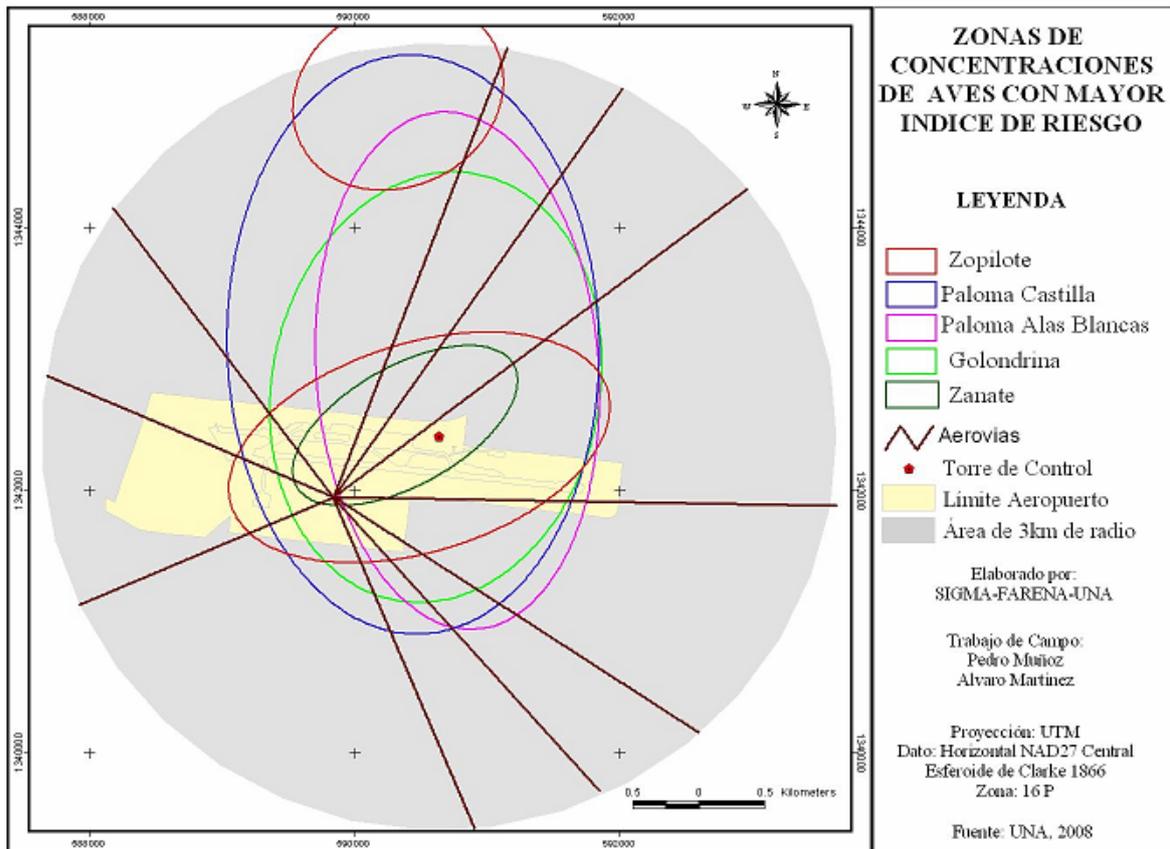


Figura 35. Zonas de Concentraciones de aves de mayor riesgo, distribuidos en un radio de 3000m alrededor de aeropuerto tomando como centro la torre de control, Managua, 2008.

4.4 Focos de atracción de especies de aves con hábitos alimenticios carroñeros

C. atratus la especie más peligrosa para la aviación, ha encontrado una gran fuente de alimentación en las áreas cercanas al aeropuerto internacional de Managua, y mientras los focos atractivos continúen, 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 a un foco de atracción.

4.4.1 Mataderos

Los principales mataderos que se determinaron en el área de estudio son tres, en primer lugar el matadero Carnes de Nicaragua (CARNIC), como principal foco atrayente de aves, ubicado en el sector norte del aeropuerto y que se encuentra identificado con el código B11 en el mapa (Figura 36) pero, no es este sitio el que genera un foco de atracción, sino un desaguadero de desperdicios ubicado en la costa del lago de Managua (ver anexo 15, Foto 8), a una distancia de 2,920m del aeropuerto y donde se determinaron altas concentraciones de *C. atratus* (Figura 36) de hasta 500 individuos.

En segundo lugar tenemos el matadero La Curva ubicado en el sector sur del aeropuerto y identificado en las cercanías de un botadero con el código B24 y el último por mencionar es el matadero PROINCASA que queda en el sector noreste del aeropuerto, carretera a Tipitapa que no se ubico en el mapa por que estaba a una distancia de 4,041 Km del aeropuerto es decir fuera del área de 3000 m de radio que correspondía al estudio, la incidencia de estos dos últimos mataderos como atractivo para las aves no fue certeramente determinada como en el primer caso.

También se cree (según entrevista informales a pobladores) que existen otros mataderos y sitios donde se procesan cachos de reses, pero estos operan de forma clandestina, principalmente al sur del aeropuerto, en el sector de Sabana Grande.

4.4.2 Basureros

Los basureros son otros de los más grandes y polémicos focos de atracción de aves de rapiña debido a que se encuentran a cielo abierto y esto conyeva a ser mas atractivos para estas aves dado el agudo olfato que poseen .

Para inicio del año 2008 se realizó un censo de todos los basureros del distrito VI de la ciudad de Managua y se identificaron 41 basureros no autorizados, y a como se observa en la figura 36, practicamente estan rodeando al aeropuerto internacional de Managua.

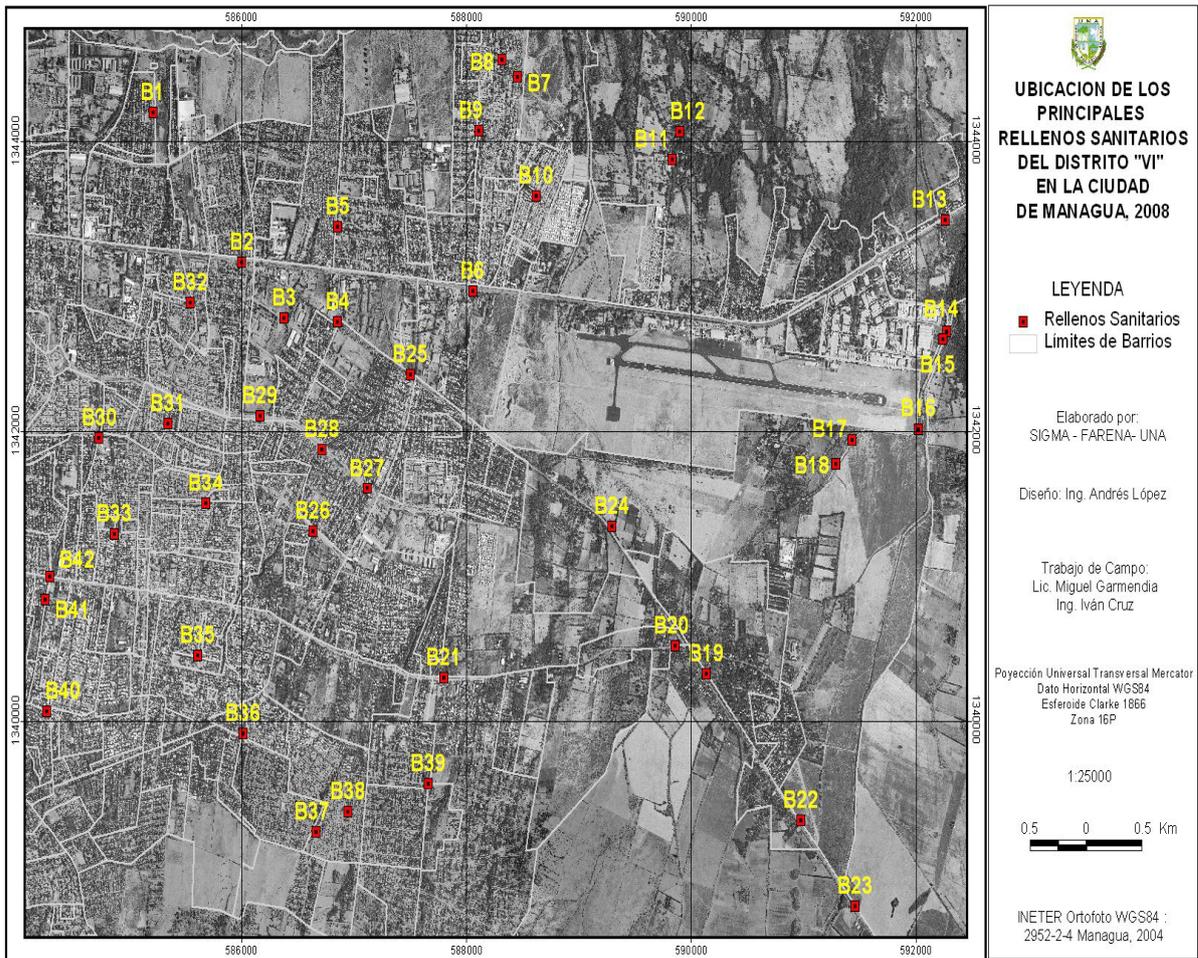


Figura 36. Focos de Atracción distribuidos en un radio de 3 km alrededor de aeropuerto tomando como centro la torre de control, Managua, 2008.

La forma de reducción del peligro aviar debe incluir la regulación y supervisión constante de la actividad y el trato de los desechos de los principales mataderos, la búsqueda y eliminación de los mataderos clandestinos y sanciones a los involucrados a través de las vías legales, bajo el argumento de poner en riesgo la vida de los pasajeros, al atraer a los peligrosos *C. atratus*. De igual forma en los basureros la tarea es ardua en el sentido de intentar reducir al mínimo la presencia de ellos a los alrededores del aeropuerto, priorizando aquellos que contienen desechos orgánicos.

V. CONCLUSIONES

- ◆ En las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje se contabilizaron 1155 individuos de aves, siendo mayor que la abundancia de la torre de control con 698 individuos, presentando mayor riesgo los individuos avistados desde la torre de control, debido a que de 698, 425 son de la especie *Coragys atratus*.
- ◆ Según el patrón de movimiento de sur a norte y el índice de riesgo de Charter del 100%, *C. atratus* es la especie que representa mayor riesgo para la aviación.
- ◆ Existe un aumento significativo de la abundancia por especies en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje en los meses de octubre y diciembre, tiempo en el cual frecuentan el área especies como *H. rustica* y *Q. mexicanus*.
- ◆ Las especies que vuelan arriba de los 25 m son abundantes mayormente en los meses de septiembre y octubre, entre las que se destacan *C. atratus* y *Z. asiatica* con totales de 300 y 140 individuos respectivamente.
- ◆ Un promedio de 9 especies de aves es encontrado en las áreas verdes alrededor de la pista de aterrizaje y las que vuelan por encima de los 25 m de altura, sin sufrir cambios significativos a lo largo de todo el año.
- ◆ En la estación seca los incrementos de la abundancia de especies cerca de la pista se dieron a las 06:00 y 7:00 de la mañana, con mayor presencia de *Quiscalus mexicanus* e *Hirundo rustica* contándose en promedio 54 y 203 individuos.
- ◆ No existe una variación en la abundancia de las aves que vuelan por encima de los 25 m, durante las horas del día.
- ◆ En la estación lluviosa la abundancia de aves alrededor de la pista de aterrizaje no es significativa, aunque se contabilizaron 194 individuos en promedio, lo que no deja de representar un peligro para el tránsito aéreo.
- ◆ Las especies avistadas desde la torre de control en la estación lluviosa, tienen mayor presencia a las 11:00-13:00 y a las 15:00 siendo más abundante *C. atratus*, con un promedio entre 70 y 90 individuos.
- ◆ Las variables precipitación y nubosidad tienen relación positiva con la abundancia de aves y las variables temperatura y viento, presenta una relación inversa con la abundancia, en los alrededores de la pista de aterrizaje, aunque no para las aves que vuelan por encima de los 25 m.
- ◆ El área de menor riesgo relativo, está ubicada en el sector este del aeropuerto debido a que esta área es menos frecuentada por las especies consideradas más peligrosas, distribuidas en el radio de 3000 m en que se realizó el estudio.

- ◆ Las concentraciones de aves en ciertos sectores del área de estudio esta relacionado principalmente por habitat, refugio y hábitos alimenticio de cada especie.
- ◆ Se determinaron 42 focos de atracción para especies de aves con hábitos alimenticios carroñeros , de los cuales 41 son basureros y los otros 2 son mataderos.

VI. RECOMENDACIONES

- ◆ Continuar con el monitoreo de Aves, para acumular datos en cuanto a abundancia, riqueza y riesgo que apoyen la veracidad de los resultados de este estudio y complementar la investigación con un estudio enfocado a la dinámica de poblaciones especialmente para la especie *C. atratus* considerando que es la de mayor riesgo para las actividades aeronáuticas.
- ◆ Realizar un plan de manejo dirigido hacia las especies de aves consideradas de mayor riesgo considerando las áreas de peligrosidad y de concentraciones de estas sin menospreciar las demás especies.
- ◆ Elaborar un plan de ordenamiento ambiental y modificación del terreno dentro del aeropuerto para reducir su atractivo hacia las aves y así eliminar parte del peligro, esto se puede realizar tomando algunas medidas entre las cuales están el de suprimir las fuentes de alimentos de las aves como cubierta vegetal, evitar aguas estancadas y manejo de desechos atractivos para las aves.
- ◆ Cambiar el tipo de cubierta vegetal existente en la pista de aterrizaje por una que produzca pocas semillas y que no crezca mucho o mantenerlo a una sola altura de corte.
- ◆ Realizar un manejo permanente a los árboles que ofrecen alimento y abrigo a las aves, especialmente aquellos en donde hacen sus nidos.
- ◆ Brindar capacitaciones sobre educación ambiental a las personas y empresas que están ubicadas en los alrededores del aeropuerto con enfoque de manejo de desechos y la regulación y supervisión constante de la actividad y el trato de los desechos de los principales mataderos, la búsqueda y eliminación de los mataderos clandestinos.
- ◆ Poner en práctica artificios sonoros como lo son los cañones de propano, para los cuales se sugiere se utilicen en las cercanías de la pista de aterrizaje, se recomienda utilizarlos principalmente en las horas de las mañanas (6:00-7:00), en las horas medias del día (11:00 ,12:00 y 13:00).
- ◆ Utilizar un erradicador de aves ultrasónico el cual genera ondas ultrasónicas digitales de última generación, además genera ultrasonido con variación de frecuencia para no producir acostumbamiento, se debe utilizar en las horas de mayor abundancias de aves para la estación lluviosa (6:00 am -8:00 am, 11:00 am - 13:00pm y de 16:00 pm).

- ◆ Los postes de luz, así como otras estructuras comunes en lotes de estacionamiento, que presten condiciones para anidamiento o perchaje, pueden ser cubiertos con dispositivos anti-percha llamados polibutenos para evitar que palomas de castilla, zanates, o cualquier otro tipo de ave utilicen el área, una vez aplicada esta pasta antipercha se recomienda revisarla cada 3 meses para evaluar su vida útil debido a las altas temperaturas de nuestra región.
- ◆ Poner en practica los artificios visuales entre los que están: banderines, luces, modelos de aves rapaces y espanta pájaros estos pueden ponerse a las orillas de la pista de aterrizaje.
- ◆ Utilizar barreras físicas de protección como la malla fina hechas de polietileno para cubrir infraestructura que pueden brindar abrigo a las aves especialmente los techos de los hangares.
- ◆ Poner en uso trampas para la captura de aves vivas, jaulas donde las aves pueden entrar pero no salir, colocadas en techos y a orillas de la pista de aterrizaje, para luego ser liberadas en lugares lejanos al aeropuerto.
- ◆ Realizar patrullaje regular al menos tres veces al día por las áreas de la zona aeronáutica para dispersar aves, es un componente importante en un plan de manejo de fauna silvestre en aeropuertos, esta realización de recorridos permitirá al personal de control de fauna silvestre aprender mejor patrones de movimiento de cada especie, preferencias de los hábitat y comportamiento de las aves en el aeropuerto.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- Carter, N. B. 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. y 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). 2006. Plan Maestro de Ampliación y Remodelamiento del Aeropuerto Internacional de Managua, Nicaragua. 48p.
- Fowler J. & L.Cohen.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). 2008. Fotografía aérea 2952-2-4, Escala 1:25,000 año 2004.
- _____.2008.imagen Managua 2001.
- Magurran, A. B. 1988. Medición de la diversidad biológica .20 – 22.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, Vol.1. Zaragoza. P.26.
- Pérez, A. M. 2004. Aspectos Conceptuales, Análisis Numérico, Monitoreo y Publicaciones de datos sobre Biodiversidad. 1 ed. MARENA – ARAUCARIA. Managua, Nicaragua. p. 74 – 75.
- Stiles, G. & Skutch, A. 1989. Bird of Costa Rica. Cornell University Press. Ithaca, New York. 481 p.
- Wayne, W.D. 2007. Bioestadística: Base para el analisis de las ciencias de la salud: Biostatistic: A foundation for análisis in the health sciences/ Wayne .W. Daniel, 4ta ed. México p. 161, 707,684-685.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. FORMULARIO A Monitoreo en la Pista de Aterrizaje

Número de Formulario N°: ____ Fecha: _____

Estado del tiempo para este día (promedio): Precipitación (mm): _____ Viento (Km/h): _____

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
 Estudio Sobre Peligro Aviario
 AEROPUERTO INTERNACIONAL AUGUSTO CESAR
 SANDINO

N° de Recorrido en el día	N° del Punto	Hora Inicio	Hora Final	Nombre Común/ Científico/ Morfoespecie	N° de individuos	En parvadas	altura de vuelo en metros	Ubicación respecto a Aeropuerto*	Dirección del Movimiento (Norte, Sur, Este, Oeste "en grados")	Tiempo de actividad en el aeródromo	Habilidad de evitar colisiones (escribir observaciones)	Respuesta a control (escribir observaciones)

Anexo 2. FORMULARIO B Monitoreo desde la Torre de Control

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
 Estudio Sobre Peligro Aviario
 AEROPUERTO INTERNACIONAL AUGUSTO CESAR
 SANDINO

Número de Formulario N°: _____ Fecha: _____
 Estado del tiempo para este día (promedio): Precipitación (mm): _____ Viento
 (Km/h): _____ Nubosidad: _____

N° de Observaciones	Hora Inicio	Hora Final	Nombre Común/ Científico/ Morfoespecie/ N° de foto	N° de individuos*	En parvadas	Altura de vuelo	Ubicación respecto a Aeropuerto	Dirección del Movimiento (Norte, Sur, Este, Oeste "en grados")	Tiempo de actividad en vuelo	Habilidad de evitar colisiones (escribir observaciones)	Respuesta a control (escribir observaciones)

Anexo 3. FORMULARIO E Persecución de las Parvadas
Número de Formulario N°: _____ Fecha: _____

N° de Recorrido	Hora de avistamiento	Nombre Común/ Científico/ Morfoespecie	N° de individuos	Altura de vuelo	Dirección de vuelo con respecto a la brújula*	Dirección de vuelo con respecto a carreteras, caminos, barrios, etc.

Anexo 5. Propuesta de formulario para reportar choques entre aves y aeronaves.

Datos básicos

Explotador _____
Marca/Modelo de la Aeronave: _____
Matrícula de la Aeronave: _____
Parte (s) de la aeronave golpeada: _____
Parte (s) de la aeronave dañada: _____
Se avisó al pilote del peligro: _____

Fecha: día ___ mes ___ años ___
Hora local: _____
Nombre del Aeródromo _____
Pista utilizada: _____
Altura de vuelo _____ Velocidad _____

Fase de vuelo

Estacionamiento
Rodaje
Recorrido de
Ascenso
En ruta
Aproximación
Despegue

Consecuencias para el vuelo

Ninguna
Despegue interrumpido
Se apagaron los motores

Información sobre costos

Tiempo en horas que la aeronave estuvo fuera de servicio: _____
Costo estimado de reparación o sustitución: _____
Otros costos: _____

Acerca de la (s) ave (s)

Especie de ave: _____
Número de aves: _____
1
2 - 10
11 - 100
Más de 100

Datos climáticos

Precipitación: _____
Nubosidad: _____
Temperatura: _____
Velocidad del viento: _____

Tamaño del ave:

Pequeño
Mediano
Grande

Notificado por: _____

Observaciones:

Anexo 6. Clasificación taxonómica, abundancia, altura de vuelo (m), estatus (pasante P, residente R y migratorio M) y apéndices CITES (Convenio sobre el comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre) para todas las especies de aves determinadas en el aeropuerto (sin incluir las tres desconocidas).

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Abundancia(No. de individuos)		Altura de vuelo en m		Estatus	CITES
				Pista	Torre	Pista	Torre		
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	Chocoyo catano	4	5	8.50	26.67	R	II
Passeriformes	Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca		4		28.00	R	
Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zonchiche	5	1	22.50	42.50	R y M	
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius wilsonia</i>	Desconocido	3		3.75		R	
Galliformes	Phasianidae	<i>Colinus cristatus</i>	Codornis	17		0.86		R	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba flavirostris</i>	Paloma azulona		12		24.44	R	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma de castilla	101	21	2.92	26.33	R	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Paloma San Nicolás	161	18	3.17	25.63	R	
Falconiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote	76	425	32.49	70.37	R	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Pijul	19		2.45		R	
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garza	27	4	8.35	24.58	R y M	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina	248	23	3.73	27.71	R y M	
Falconiformes	Accipitridae	<i>Ictinia mississippiensis</i>	Gavilancillo	4	1	15.13	20.00	P	
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo	173	50			R	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Pocoyo	4		1.71		R	
Passeriformes	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común	6		1.40		R	
Falconiformes	Falconidae	<i>Polyborus plancus</i>	Querque	1		2.00		R	II
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	201	26	3.99	26.05	R	
Passeriformes	Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	Desconocido	34		1.38		R y M	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Sensontle	3		4.00		R	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta		6		28.00	R	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Guis	22	9	2.14	27.19	R	
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	43	93	12.26	30.48	R y M	
----- --	----- ---	----- -----	Desconocido	1					
-----	-----	-----	Pato	2					

Anexo 7. Listado de especies de aves avistadas desde la pista de aterrizaje y torre de control del aeropuerto con su clasificador, régimen alimenticios y hábitat.

ESPECIE	CLASIFICADOR	CARNÍVORO	INVERTEBRADO	CARROÑERO	HERVÍVORO	FRUGÍVORO	GRANÍVORO	NECTARÍVORO	OMNÍVORO	ABIERTO	CERRADO
<i>Aratinga canicularis</i>	Linnaeus,1758					x				x	
<i>Columba flavirostris</i>	Wagler,1831						x			x	
<i>Calocitta formosa</i>	Swainson,1827							x		x	
<i>Charadrius wilsonia</i>	Ord,1814		x							x	
<i>Colinus cristatus</i>	Linnaeus,1766						x			x	
<i>Columba livia</i>	Gmelin,1789						x			x	
<i>Columbina talpacoti</i>	Temminck,1810						x			x	
<i>Coragyps atratus</i>	Bechstein,1783			x						x	
<i>Cathartes aura</i>	Linnaeus,1758										
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Swainson,1827		x							x	
<i>Egretta thula</i>	Molina,1782	x	x							x	
<i>Hirundo rustica</i>	Linnaeus,1758		x							x	
<i>Ictinia mississippiensis</i>	Wilson,1811		x							x	
<i>Molothrus aeneus</i>	Wagler,1829		x				x			x	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Vieillot,1819		x							x	
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Gmelin,1789		x							x	
<i>Passer domesticus</i>	Linnaeus,1758		x				x			x	
<i>Polyborus plancus</i>	Millar,1777	x		x						x	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Gmelin,1788							x		x	
<i>Sturnella magna</i>	Linnaeus,1758		x							x	
<i>Turdus grayi</i>	Bonaparte,1838		x			x				x	
<i>Tyrannus forficatus</i>	Gmelin,1789		x							x	
<i>Zenaida asiatica</i>	Linnaeus,1758						x			x	

Anexo 8. Variables utilizadas para el cálculo del índice de riesgo

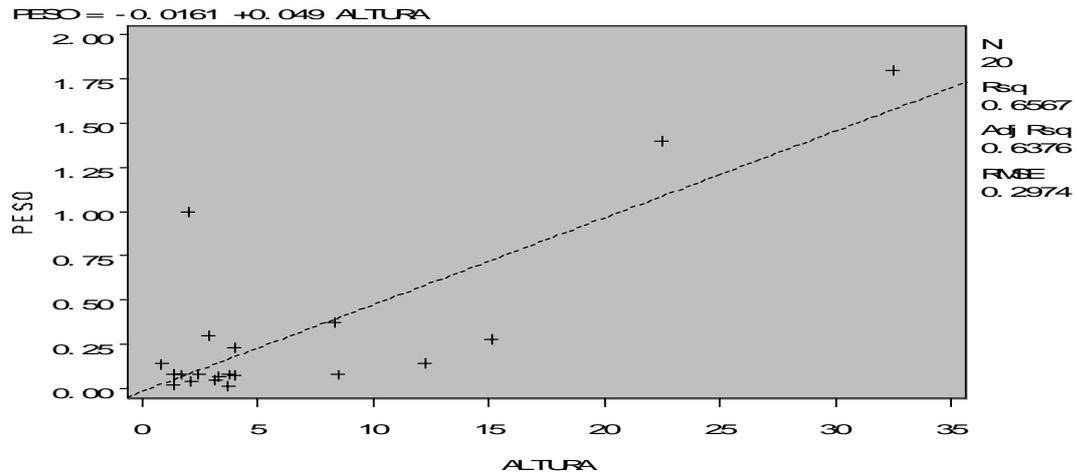
Especie	Población	Tamaño	Grupo	Tiempo Aeródromo	Tiempo Actividad	Ubicación	Altura de vuelo	Impactos	Evadir	Control	X	R
<i>Coragyps atratus</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	8E+19	19.90
<i>Quiscalus mexicanus</i>	36	13	9	100	100	100	29	14	50	100	8.55036E+15	15.93
<i>Columba livia</i>	25	17	6	100	92	100	28	1	50	100	3.2844E+14	14.52
<i>Columbina talpacoti</i>	43	3	14	90	92	100	28	1	50	100	2.8935152E+14	14.32
<i>Hirundo rustica</i>	40	1	8	100	100	100	31	1	100	100	9.92E+13	14.00
<i>Molothrus aeneus</i>	27	4	10	33	77	100	33	1	50	100	4.528062E+13	13.66
<i>Sturnella neglecta</i>	7	47	8	76	100	100	3	1	50	80	2.400384E+13	13.38
<i>Egretta thula</i>	5	21	2	52	69	100	32	1	50	80	1.0103808E+13	13.00
<i>Cathartes aura</i>	1	78	1	11	17	100	63	1	100	100	9.18918E+11	11.96
<i>Zenaida asiática</i>	22	8	15	94	100	100	42	1	1	1	1.042272E+11	11.02
<i>Turdus grayi</i>	1	42	1	24	31	100	8	1	50	50	6.2496E+10	10.79
<i>Tyrannus melancholicus</i>	4	2	3	71	92	100	29	1	1	50	2.273136E+10	10.36
<i>Ictinia mississippiensis</i>	1	16	1	19	38	100	34	1	80	1	3142144000	9.50
<i>Azulona</i>	3	28	4	39	42	100	48	1	1	1	2641766400	9.42
<i>Polyborus plancus</i>	1	56	1	5	8	100	4	1	1	50	44800000	7.65
<i>Colinus leucopogon</i>	4	8	3	38	46	100	2	1	1	1	33561600	7.53

<i>Charadrius wilsonia</i>	1	4	1	10	23	100	7	1	1	40	25760000	7.41
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	3	4	2	33	62	100	5	1	1	1	24552000	7.39
<i>Tyrannus forficatus</i>	1	2	1	22	33	100	54	1	1	1	7840800	6.89
<i>Aratinga canicularis</i>	1	4	1	17	25	100	34	1	1	1	578000	6.76
<i>Calocitta Formosa</i>	1	11	1	6	8	100	54	1	1	1	2851200	6.46
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	4	1	19	46	100	3	1	1	1	1048800	6.02
<i>Passers domesticus</i>	1	1	1	19	38	100	3	1	1	100	216600	5.34
<i>Eumomota superciliosa</i>	1	2	1	1	1	1	28	1	1	1	56	1.75

Anexo 9. Cuadro de Permanencia, peso y altura de las aves determinadas en el área verde alrededor de la pista de aterrizaje

<i>Aratinga canicularis</i>	Temporal	Temporal	0.08	8.50
<i>Cathartes aura</i>	Permanente y Temporal		1.4	22.50
<i>Charadrius wilsonia</i>	Permanente y Temporal		0.08	3.75
<i>Colinus cristatus</i>	Temporal	Permanente y Temporal	0.14	0.86
<i>Columba livia</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.3	2.92
<i>Columbina talpacoti</i>	Temporal	Permanente y Temporal	0.048	3.17
<i>Coragyps atratus</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	1.8	32.49
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.08	2.45
<i>Egretta thula</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.375	8.35
<i>Hirundo rustica</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.017	3.73
<i>Ictinia mississippiensis</i>	Temporal	Permanente y Temporal	0.28	15.13
<i>Molothrus aeneus</i>		Permanente y Temporal	0.068	3.33
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Permanente	Permanente y Temporal	0.08	1.71
<i>Passers domesticus</i>	Permanente	Temporal	0.02	1.40
<i>Polyborus plancus</i>		Permanente	1	2.00
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.23	3.99
<i>Sturnella magna</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.085	1.38
<i>Turdus grayi</i>	Temporal	Temporal	0.076	4.00
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Permanente y Temporal	Permanente y Temporal	0.04	2.14
<i>Zenaida asiática</i>	Temporal	Permanente y Temporal	0.145	12.26

Anexo 10. Regresión lineal entre peso y altura de vuelo de aves en la Pista de aterrizaje



Number of

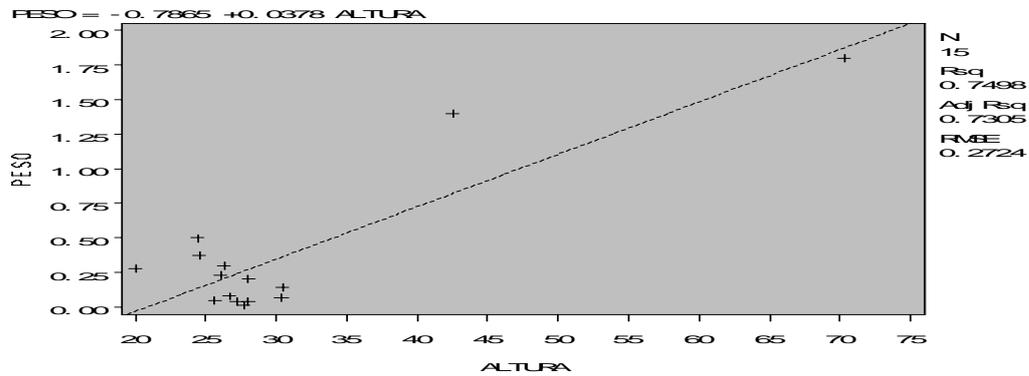
Observations Read 20
 Number of Observations Used 20
 The SAS System 16:22 Wednesday, February 6, 2008 3
 The REG Procedure
 Model: MODEL1
 Dependent Variable: PESO
 Number of Observations Read 20
 Number of Observations Used 20

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	3.04584	3.04584	34.43	<.0001
Error	18	1.59222	0.08846		
Corrected Total	19	4.63805			
Root MSE	0.29742	R-Square	0.6567		
Dependent Mean	0.31720	Adj R-Sq	0.6376		
Coeff Var	93.76299				

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	-0.01608	0.08746	-0.18	0.8562
ALTURA	1	0.04899	0.00835	5.87	<.0001

Anexo 11. Regresión lineal entre peso y altura de vuelo de aves en la Torre de Control del Aeropuerto



The SAS System 16:35 Wednesday, February 6, 2008 1

The GLM Procedure

Number of Observations Read 15

Number of Observations Used 15

Model: MODEL1

Dependent Variable: PESO

Number of Observations Read 15

Number of Observations Used 15

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	2.89006	2.89006	38.95	<.0001
Error	13	0.96448	0.07419		
Corrected Total	14	3.85454			

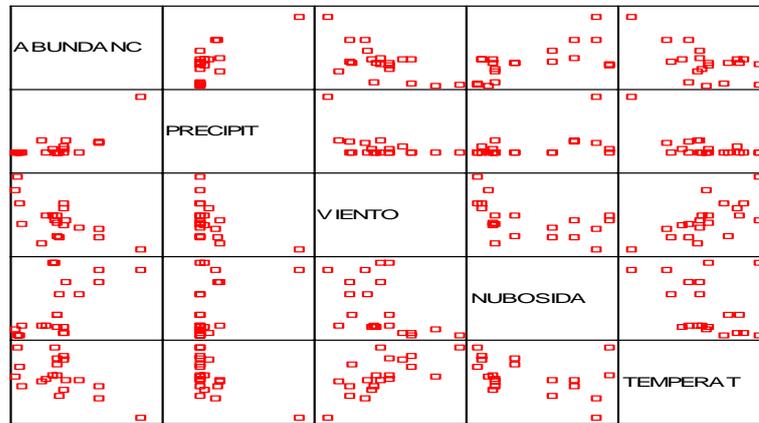
Root MSE 0.27238 R-Square 0.7498
 Dependent Mean 0.36853 Adj R-Sq 0.7305
 Coeff Var 73.90924

Parameter Estimates

Parameter Variable	DF	Standard Estimate	Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	-0.78653	0.19798	-3.97	0.0016
ALTURA	1	0.03780	0.00606	6.24	<.0001

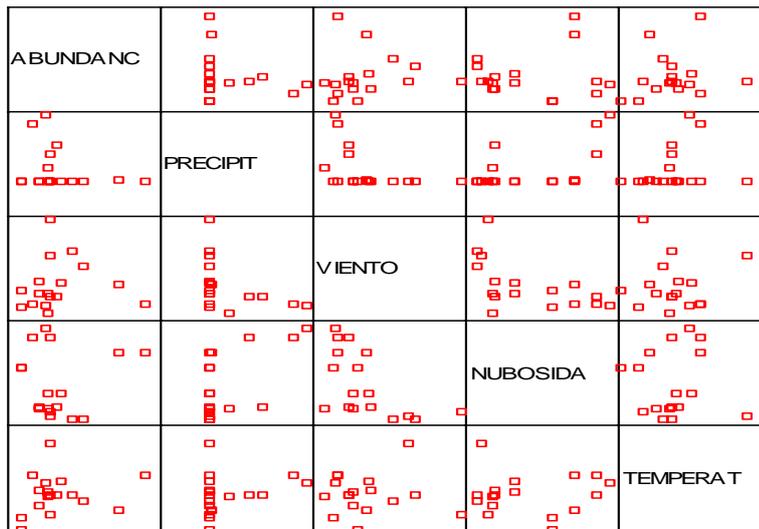
Anexo 12. Correlación entre abundancia de aves y variables climáticas en la Pista de Aterrizaje del Aeropuerto.

Correlations		ABUNDANC	PRECIPIT	VIENTO	NUBOSIDA	TEMPERAT
ABUNDANC	Pearson Correlation	1	0.57202613	-0.49891556	0.63165133	-0.58385169
	Sig. (2-tailed)	.	0.00673897	0.02131622	0.00281417	0.00545573
	N	21	21	21	20	21
PRECIPIT	Pearson Correlation	0.57202613	1	-0.50851574	0.41671874	-0.6069914
	Sig. (2-tailed)	0.00673897	.	0.0185768	0.06757915	0.00352478
	N	21	21	21	20	21
VIENTO	Pearson Correlation	-0.49891556	-0.50851574	1	-0.48672292	0.62874576
	Sig. (2-tailed)	0.02131622	0.0185768	.	0.02953158	0.00226609
	N	21	21	21	20	21
NUBOSIDA	Pearson Correlation	0.63165133	0.41671874	-0.48672292	1	-0.37454936
	Sig. (2-tailed)	0.00281417	0.06757915	0.02953158	.	0.10372764
	N	20	20	20	20	20
TEMPERAT	Pearson Correlation	-0.58385169	-0.6069914	0.62874576	-0.37454936	1
	Sig. (2-tailed)	0.00545573	0.00352478	0.00226609	0.10372764	.
	N	21	21	21	20	21
**	Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
*	Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					



Anexo 13. Correlación entre abundancia de aves y variables climáticas en la Torre de Control del Aeropuerto.

Correlations		ABUNDANC	PRECIPIT	VIENTO	NUBOSIDA	TEMPERAT
ABUNDANC	Pearson Correlation	1	-0.23426284	0.06654742	0.09066963	0.20615457
	Sig. (2-tailed)	.	0.34945262	0.79967861	0.72928328	0.4118058
	N	18	18	17	17	18
PRECIPIT	Pearson Correlation	-0.23426284	1	-0.42149409	0.57786212	0.24012869
	Sig. (2-tailed)	0.34945262	.	0.09197614	0.01511984	0.33716389
	N	18	18	17	17	18
VIENTO	Pearson Correlation	0.06654742	-0.42149409	1	-0.5609585	-0.00903625
	Sig. (2-tailed)	0.79967861	0.09197614	.	0.0191457	0.9725423
	N	17	17	17	17	17
NUBOSIDA	Pearson Correlation	0.09066963	0.57786212	-0.5609585	1	-0.0096646
	Sig. (2-tailed)	0.72928328	0.01511984	0.0191457	.	0.97063372
	N	17	17	17	17	17
TEMPERAT	Pearson Correlation	0.20615457	0.24012869	-0.00903625	-0.0096646	1
	Sig. (2-tailed)	0.4118058	0.33716389	0.9725423	0.97063372	.
	N	18	18	17	17	18
*	Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					



Anexo 14. Descripción de las especies más abundantes y que representan mayor riesgo para la aviación

Especie	Descripción	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Hábitat:	Se han expandido de su hábitat de pantanos abiertos, lodazales costeros, manglares y estuarios, a casi cualquier área sin bosque, incluso en cultivos, sabanas, poblaciones y suburbios. A menudo duermen y anidan en los árboles de sombra en los pueblos, hoteles y parques urbanos.
	Reproducción:	Durante los despliegues de cortejo, o cuando se comportan agresivamente, los machos se posan con el pico apuntando directamente hacia arriba. Su nido consiste en un tazón voluminoso con una base de diversos materiales vegetales, la pared externa hecha de fibras burdas, una capa intermedia de barro o boñiga, y un forro de raicillas finas u otras fibras. Anidan en forma solitaria en colonias dispersas en los manglares, o en colonias muy pobladas en palmas o árboles grandes en tierra firme, principalmente a una altura de 5 a 20 m. Ponen de 2 a 3 huevos, entre azul pálido y brillante, con manchas o rayones intrincados de color café o negro. Se reproducen de enero a julio.
	Alimentación:	Se alimentan de bayas, frutos muy grandes, granos recién cultivados o en maduración, larvas extraídas del suelo, garrapatas del ganado, varios invertebrados de la zona entre mareas, lagartijas, peces pequeños, huevos y pichones de otras aves, carroña, desperdicios y basura. Forrajean sobre todo en el suelo, a veces en compañía de “piuses” (<i>Molothrus aeneus</i>). Voltean las piedritas con el pico, especialmente a lo largo de la costa.
	Comportamiento:	Son sumamente gregarios.
	Relaciones:	

Especie		Descripción
<i>Coragyps atratus</i>	Hábitat:	Se les observa volar sobre los pueblos y en las áreas abiertas, y es más rara en las zonas boscosas.
	Reproducción:	Su nido está ubicado en el suelo, bajo rocas salientes, entre aglomeraciones densas de helechos, bromelias u otra vegetación pequeña. Ponen 2 huevos verdegrisáceos manchados con café oscuro. Se reproducen de noviembre a marzo
	Alimentación:	Se le considera una especie plaga, invasora de árboles en parques y parqueos de hoteles, condominios, etc. Además, se ha dedicado a desplazar especies tales como el “come maíz” (<i>Zonotrichia capensis</i>).
	Comportamiento:	Es agresiva, gregaria y oportunista, y se congrega en turbas que se pelean y empujan junto a cadáveres grandes o en los basureros.
	Relaciones:	Se le considera una especie plaga en algunos sitios del país, pues picotea los terneros recién nacidos y come los frutos de la “palma africana” (<i>Elais guineensis</i>).

Especie		Descripción
<i>Hirundo rustica</i>	Hábitat:	Durante la migración y sobre ambas costas vuela cerca del suelo o del agua temprano por la mañana, al atardecer o durante el mal tiempo; generalmente asciende más alto al mediodía durante los días soleados. Los individuos pasan espaciados, a baja altura sobre las filas y a mayor altura sobre los valles. Durante el invierno prefiere las áreas abiertas como jardines, potreros, arrozales, y pantanos.
	Alimentación:	Se alimentan de insectos que atrapan en pleno vuelo.
	Comportamiento:	Son gregarias y se unen en grandes dormitorios comunales desde donde grupos más pequeños se dispersan diariamente para forrajear.

Especie		Descripción
<i>Zenaida asiatica</i>	Hábitat:	Viven en sabanas, bordes de bosque, zonas áridas con cactus, arbustos espinosos y árboles aislados. Descansan en grandes bandadas en árboles de sabana.
	Reproducción:	Su nido consta de un platón poco profundo de palitos burdos, colocado de 2 a 8 m. de altura en un árbol espinoso, cactus, arbustos o mangles bajos. Ponen 1 ó 2 huevos blancos, con un leve tono ante. Se reproducen entre enero y marzo.
	Alimentación:	Se alimentan de semillas, granos o arena sobre el suelo, en sitios abiertos dentro del bosque y en sabanas.
	Comportamiento:	Son sumamente gregarios.
	Relaciones:	Son depredados por el “falso vampiro” (<i>Vampyrum spectrum</i> , Phyllostomidae).

Anexo 15. Dossier de fotografías



Foto 1. *Tyrannus melancholicus* (Guis) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 2. *Polyborus plancus* (Querque). (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 3. *Columba livia* (Paloma de castilla) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 4. *Quiscalus mexicanus* (Zanate) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 5. *Passers domesticus* (Gorrión común) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martínez)



Foto 6. Nido de *Columba livia* (Paloma de castilla) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martínez).



Foto 7. *Pitangus sulphuratus* (Guis pecho amarillo) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martínez).



Foto 8 . Desaguadero la CARNIC (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martínez)



Foto 9 . *Coragyps atratus* (Zopilote) en desaguadero la CARNIC (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 10. *Cathartes aura* (Zopilote cabeza roja) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez).



Foto 11. *Coragyps atratus* (Zopilote) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)



Foto 12. *Coragyps atratus* (Zopilote) (Pedro E. Muñoz, Alvaro Martinez)

