

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



Distribución espacial y temporal de avifauna en el Aeropuerto Internacional
Jorge Chávez, Callao-Perú

Tesis para optar por el título profesional de Licenciado en Biología

CARLOS ALBERTO ELÍAS CRUZADO

Lima, Perú
2019

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



Distribución espacial y temporal de avifauna en el Aeropuerto Internacional
Jorge Chávez, Callao-Perú

Tesis para optar por el título profesional de Licenciado en Biología

CARLOS ALBERTO ELÍAS CRUZADO

Asesora: Blga. Flor de María Madrid de Mejía

Lima, Perú
2019

DEDICATORIA

A mi madre Lucrecia.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Carlos.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanas Giannina y Patricia

Por ser el ejemplo de hermanas mayores y de las cuales aprendí aciertos y de momentos difíciles.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin el apoyo de algunas personas. En primer lugar, me gustaría reconocer el tiempo y trabajo de dos grandes cetreros, el Sr. Gianmarco Caceda y el Sr. Jonathan Vergara, quien con su amplia experiencia en el campo de la cetrería supieron absolver todas mis dudas y aconsejarme sobre comportamiento aviar, técnicas de censo y disuasión. Considero muy satisfactorio haber tenido la oportunidad de trabajar con ellos en los meses que duró el estudio.

Así mismo, tengo el placer de agradecer al oficial de control y peligro agrario Jerico Solís y a todos los profesionales del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez que me permitieron trabajar en las respectivas instalaciones, pues no solo me compartieron sus conocimientos, también facilitaron mi trabajo y la elaboración de esta tesis. Además, a la Blga. Flor de María Madrid de Mejía por la paciencia brindada durante los meses de redacción.

A mis amigos Andrea Macedo, Fernanda Elliot, Mirtha León, Valeria Ferrario, Eduardo Sauñe, Martín Dávila, Samantha Calle, Daniela del Carpio, en especial a Gianfranco Villamonte, quien me prestó su apoyo profesional y su incondicional amistad durante años. Finalmente, pero no menos importante, a Julissa Mesia que me acompañó en los momentos finales de la realización de este arduo trabajo dándome fuerzas y motivos para acabarlo. Gracias Chicos.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1 Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos específicos.....	10
5. MARCO TEÓRICO	10
6. ANTECEDENTES	12
7. METODOLOGIA.....	16
7.1. Área de estudio.....	16
7.2. Lugar de ejecución	16
7.3. Tipo y diseño de la investigación	16
7.4. Variables.....	17
7.5. Operacionalización de variables.....	17
7.6. Evaluación cuantitativa	18
7.7. Determinación de especies	21
7.8. Índice de evaluación de riesgo aeronáutico (IERA).....	21
8. PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	23
9. ASPECTO ÉTICO	23
10. RESULTADOS	24
10.1. Composición de avifauna de las zonas monitoreadas	26
10.2. Análisis de los grupos más abundantes.....	28
10.3. Uso de Ambientes	29
10.4. Análisis de horarios.....	31
10.5. Clasificación de la avifauna según su riesgo potencial para la aeronavegación	38

10.6.	Análisis de biodiversidad	41
11.	DISCUSIÓN	44
12.	CONCLUSIONES	47
13.	RECOMENDACIONES	47
14.	REFERENCIAS CITADAS	48

RESUMEN

Alrededor de los aeropuertos se encuentran condiciones externas que resultan ser atractivas para las aves las cuales incluyen: humedales, pastizales, sembríos, manglares, desmontes de residuos orgánicos provenientes de actividades antrópicas, además las pistas de rodaje para las aeronaves son foco de tránsito permanente de aves. El aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJCh) ubicado en Lima, Perú presenta muchos de los factores mencionados por lo que la evaluación de la fauna aviar es necesaria. El objetivo de este trabajo es realizar la evaluación espacial y temporal mediante censos por punto de conteo durante noviembre del 2015 hasta julio 2016 y utilizar el Índice de Evaluación de Riesgo Aviario (IERA) para detectar aquellas que generan riesgo. Las especies que presentaron mayor abundancia fueron las gaviotas (Familia Laridae) con un máximo reportado de 5189 individuos y los gallinazos (*Coragyps atratus*) con un máximo reportado de 371 individuos. Así mismo ambos grupos estuvieron más activos a partir de las primeras horas de la mañana (9:00 horas) y en la media tarde (16:00-17:00 horas). Estos grupos también presentaron mayor riesgo según el IERA. Dicho índice funciona eficientemente como herramienta de diagnóstico de especies de aves potencialmente peligrosas.

Palabras clave: Aeropuerto. Peligro aviario. Distribución espacial y temporal

ABSTRACT

Around airports, there are external conditions that turn out to be attractive for birds that include wetlands, grasslands, crops, mangroves, organic waste from human activities, and taxiways for aircraft which are permanent source for bird transit. Jorge Chávez International Airport (AIJCh) located in Lima, Peru presents many of the factors above mentioned, so the evaluation of avian fauna is necessary. The objective of this work is to perform the spatial and temporal evaluation through surveys during, November 2015 until July 2016 and use the Avian Risk Assessment Index (IERA in Spanish) to detect those species that generate the greatest risk. The groups of species that presented greater abundance were the gulls (Family Lariade) with a maximum reported of 5189 individuals and the "black vulture" (*Coragyps atratus*) with a maximum reported of 371 individuals. Likewise, both groups were more active from the first hours of the morning (9:00 am) and in the mid-afternoon (4:00 pm to 5:00 pm). In addition these groups also presented higher risk according to the IERA. This index works efficiently as a diagnostic tool for potentially dangerous bird species for air navigation.

Keywords: Airports. avian risk. spatial and seasonal distribution

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de la población de aves que eventualmente o permanentemente se encuentran dentro de las áreas operativas de un aeropuerto responde a diferentes factores, generalmente suelen ser atraídas por condiciones tan esenciales como el alimento, el agua, un lugar de abrigo o descanso, las migraciones, el clima, el tránsito aéreo, los tipos de aeronaves e incluso la misma infraestructura del aeropuerto pueden ofrecer zonas de anidamiento, alimentación y percha.

Alrededor de los aeropuertos se encuentran condiciones externas que resultan ser atractivos para las aves las cuales incluyen: humedales, pastizales, sembríos, manglares, desmontes de residuos orgánicos provenientes de actividades antrópicas, además las pistas de rodaje para las aeronaves son foco de tránsito permanente de aves.

Los factores que afectan la distribución y abundancia de las aves son la temporalidad, las estaciones del año y algunas variables ambientales como la temperatura, la distribución espacial de los recursos alimenticios, el tipo de sustrato, la comunidad vegetal y sus tiempos de alimentación. Además, el viento afecta la distribución y abundancia ya que en días de fuertes vientos las aves prefieren sitios menos expuestos como los hangares o las estructuras de los puentes de embarque. Asimismo, la disminución de la cobertura vegetal provoca cambios en la distribución espacial hacia los campos de agricultura aledaños.

Aunque la colisión de un ave con una aeronave no cause pérdidas humanas, en la mayoría de los casos se producen daños materiales en partes de la aeronave como en los motores, fuselaje, alas (alergones y flaps), tren de aterrizaje y, en menor medida, la cola. Por consiguiente organismos internacionales reconocen la importancia de poner en funcionamiento planes de manejo en aquellos aeropuertos donde el riesgo aviar sea un factor importante. Por ello un programa de control y monitoreo exitoso debe resultar de evaluaciones específicamente realizadas para cada sitio particular. (Hygnstrom SE, 1994).

El aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJCh) presenta muchos de los factores antes mencionados por lo que la evaluación de la distribución espacial y temporal es necesaria para el establecimiento de un plan de monitoreo aviar. El AIJCh, se encuentra ubicado en la Provincia Constitucional del Callao, a 10 kilómetros del centro

de Lima, limitando al Norte y Oeste por zonas fragmentadas, antes humedales, al Sur por el río Rímac y al Este por un ecosistema urbano.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El impacto de aves contra aeronaves o *birdstrikes* se ha reportado desde el comienzo de la aviación en todo el mundo, es el mayor peligro por parte de la fauna silvestre para la aeronavegación y se considera directamente proporcional al incremento del tráfico aéreo. Esto trae muchas pérdidas económicas, parte del presupuesto asignado podría implementarse para mejorar el transporte aéreo.

En la actualidad el número de accidentes reportados por fauna silvestre se ha incrementado en forma sostenida. La presencia de aves pone en peligro las operaciones de las aeronaves. Las bases de datos de organizaciones internacionales referidas a colisiones, muestran que el 90%, se producen sobre la pista y el entorno inmediato, siendo los grupos con mayor masa corporal como los catártidos, láridos, accipítridos, falcónidos y colúmbidos entre los de mayor riesgo para los aeropuertos de la costa peruana.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El riesgo potencial de colisiones con aves se da en todo momento a lo largo del año, va a depender del tipo de aves, las causas de su presencia, horarios de actividad y el espacio que estas utilicen. Es importante considerar que probablemente dichos patrones de distribución espacial y temporal cambien constantemente. Estas características las vuelven potencialmente peligrosas para las aeronaves.

La identificación y aplicación de un método de categorización de especies según el riesgo para la aeronavegación es de vital importancia para aquellas que son abundantes, de gran porte, las que usan el espacio aéreo de las aeronaves y que presentan alto vuelo. Las especies problema varían de acuerdo al lugar de estudio y sus condiciones. Se sabe que el control de una especie en particular puede resultar exitoso, pero al mismo tiempo crear un problema con otras especies por lo que el manejo deberá ser integral.

Se considera esta problemática como un tema ecológico y de comportamiento, por la relación existente entre las aves y sus hábitats generando cambios en los patrones de distribución espacial y temporal. Resultando imprescindible llevar a cabo un programa

de monitoreo aviar en el aeropuerto para responder de manera inmediata a través de medidas de control a corto y largo plazo y medidas de seguridad para minimizar los riesgos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la distribución espacial y temporal de Avifauna en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, Callao-Perú

4.2. Objetivos específicos

- Identificar la composición de avifauna de 3 zonas del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez: Cabecera 33, Cabecera 15 y Chacra Oeste.
- Determinar la distribución espacial para cada especie de ave según actividad: alimentación, reposo y percha.
- Determinar la distribución temporal para cada especie de ave según actividad: alimentación, reposo y percha.
- Aplicar el Índice de evaluación de riesgo aeronáutico.
- Analizar la biodiversidad según especie y mes del año, en las 3 zonas del AIJCh

5. MARCO TEÓRICO

Los aeropuertos son la superficie de límites definidos dispuesta para la llegada y partida de aeronaves con inclusión, en su caso, de edificios e instalaciones para salida y llegada de pasajeros. Los aeropuertos al encontrarse dentro de un hábitat presentan el espacio con las condiciones adecuadas para que la avifauna pueda residir y reproducirse.

Las aves son un grupo de organismos que han desarrollado el vuelo gracias a características evolutivas especiales como las plumas, huesos neumatizados, fuerte musculatura y sacos aéreos. Esta habilidad les permite tener una gran movilidad en el hábitat donde se encuentren.

Su presencia en los aeropuertos es una consecuencia de no encontrar otro lugar en el entorno más próximo que les ofrezca mejores condiciones. Una de las razones más

frecuentes se debe a la ubicación de los aeropuertos en grandes extensiones donde las aves encuentran alimento y refugio con facilidad como lo son los puentes de embarque edificios y hangares. Asimismo, las áreas no ocupadas por edificios, como las pistas de rodaje, pueden contar con cobertura vegetal donde encontrar alimento y por consiguiente facilitan su establecimiento en la zona.

En otras ocasiones las aves no se establecen en el aeropuerto, sino que sobrevuelan con frecuencia el espacio aéreo, puesto que las aeronaves se encuentran en la ruta de su desplazamiento. Esto va a depender del tipo de vuelo de cada grupo específico. Se sabe que las grandes superficies pavimentadas facilitan la existencia de corrientes de aire ascendentes y estas mismas favorecen la presencia de aves que aprovechan estas corrientes para desplazarse como es el caso de los Cathartiformes los cuales cuentan con alas de silueta redondeada , anchas en su base y con los extremos de las plumas separados, denominándosele ala ancha planeadora. En contraste con la mayoría de las aves Columbiformes que presentan alas elípticas pues viven en ambientes con vegetación cerrada y pastizales. A diferencia del grupo anterior presentan coberteras primarias más externas y más cortas que las centrales, así, cuando el ala se abre tiene una silueta redondeada. Este tipo de ala permite maniobrar en espacios cortos con gran rapidez.

Desde que empezó la historia de la aviación se han reportado los birdstrikes lo que corresponde a colisiones entre una aeronave y un ave, lo cual puede causar pérdidas económicas y poner en riesgo la seguridad aeronáutica. Para prevenir estos incidentes es necesario conocer el patrón de utilización del ambiente ya sea, lugar o estructura donde las aves pernoctan, espacio aéreo y zonas aledañas. Asimismo, se tiene que complementar con el patrón de avistamiento durante las horas del día, reportar las mayores concentraciones de individuos, reuniendo así, datos para establecer la distribución espacial y temporal de las aves.

6. ANTECEDENTES

Ralph *et al.* 1993 publicaron un libro sobre monitoreo aviar a largo plazo donde mencionan las características y condiciones que se deben tener en cuenta para escoger una estación de muestreo, así como también técnicas de muestreo de transectos y puntos fijos. De manera adicional explican cómo evitar el sesgo durante la recolección y procesamiento de datos.

Guzmán *et al.* 1994 dieron a conocer la distribución temporal e importancia relativa de cada una de las especies de aves acuáticas en el Estero de San José del Cabo, realizaron censos mensuales de septiembre de 1986 a septiembre de 1987. Observaron 50 especies, repartidas en 12,490 individuos. La comunidad estuvo dominada por *Fulica americana* “gallareta gris”. Esta zona es también un apostadero importante para aves migratorias, principalmente de la familia Anatidae. Se comparó la presencia con los datos registrados por otros autores, y se notó una disminución del número de especies, explicable por el deterioro del estero.

Reca *et al* 1994 mencionan que en la mayoría de los países en desarrollo, no se dispone de la información necesaria para conducir acciones de manejo de la vida silvestre proponiendo índices para evaluación de especies utilizando 12 variables de las cuales las más relevantes fueron abundancia, uso del sector y uso del hábitat.

González y Málaga. 1997 Analizaron la información obtenida de las aves silvestres en el valle de Majes desde 1992 hasta 1995 y realizaron estudios de inventario, distribución y poblaciones del Sudoeste del Perú. Este valle es la continuación del valle del Colca en Arequipa. Recorrieron 115 km desde la desembocadura del río hasta 900 m de altitud, encontrando 59 especies en esta gradiente altitudinal. Discutieron la distribución temporal y espacial de las especies acuáticas y migratorias. Utilizaron el método de puntos fijos de conteo, captura y liberación con redes de niebla.

Bibby *et al.* 1998 elaboraron un manual sobre técnicas para censar aves donde dan a conocer los diseños experimentales básicos y avanzados para determinar la composición de una población aviar, técnicas de muestreo como los puntos fijos de conteo y transectos. Además de una completa explicación de cómo interpretar los resultados obtenidos, aplicando los índices de diversidad alfa, beta y software de procesamiento automático.

Linnell *et al.* 1999 Documentaron 526 colisiones con aves, en el Aeropuerto de Lihue de Hawái, de los cuales solo el 25% fueron reportados por pilotos. La tasa de reportes varió por especies accidentadas, número de aves, estación, hora del día, localización de la aeronave durante el proceso de aterrizaje - despegue y la masa del ave. Dichos reportes fueron independientes de la velocidad del viento, dirección del mismo y nubosidad.

Barras y Dolbeer. 2000 reportaron que un 75% de todos los impactos de aves contra aeronaves que ocurren en los EE. UU. Pueden no ser informados por pilotos o personal de la torre de control del aeropuerto. Analizaron un conjunto de datos de 20 años reportados en el aeropuerto internacional John F. Kennedy en Nueva York para determinar el sesgo en los informes de impacto. Durante los años 1979 a 1998, los impactos no fueron reportados en un promedio de 86.8% ($P < 0.01$), y el solo 33.9% ($P < 0.01$) de las especies de aves fueron reportadas.

Carmona y Danemann. 2000 Realizaron 12 censos durante un año registrando el número máximo, mínimo de aves y promedio por censo. Describieron el comportamiento, preferencias de hábitat y nichos tróficos de las 4 especies descritas. (*Pelecanus erythrorhynchos*, *P. occidentalis*, *Phalacrocorax auritus* y *Phalacrocorax penicillatus*), demostrando que dichas especies prefieren las áreas con menor salinidad y que las salinas son un punto importante para la reproducción y alimentación.

Sodhi. 2002 concluyó en su reporte que los aeropuertos atraen a la avifauna cuando estos proveen recursos como alimento y sitios de anidación. Para reducir estos peligros es necesario plantear un plan de monitoreo riguroso de manera integral a todas las áreas del aeropuerto puesto las aves no están restringidas a una sola zona y que los patrones migratorios deben ser considerados al momento de realizar dichos estudios.

Owino *et al.* 2004 realizaron el estudio de impactos de aves durante 10 años (1991-2001) en 3 aeropuertos internacionales en Mombasa-Kenya. Se reportaron un total de 224 impactos de aves durante el periodo de estudio. Como resultado obtuvieron que la mayor cantidad de incidentes se dio durante las fases de despegue, durante la época húmeda y migratoria. Asimismo, se dio un evidente aumento en el número de impactos conforme fueron pasando los años debido al incremento de vuelos realizados

Gatto *et al.* 2005 realizaron un monitoreo de aves neárticas en un humedal marino del Golfo San Jorge, Argentina para sustentar su conversión a un área protegida.

Describieron precisa y detalladamente el lugar y los puntos de muestreo. Como resultado publicaron una línea base de los humedales mediante la técnica de conteos instantáneos y prolongados. Finalmente plantearon los resultados mediante una curva de rarefacción, el índice de biodiversidad de Simpson y la abundancia relativa.

Cleary *et al.* 2006 publicaron un reporte sobre los daños que ocasionaron las aves a las aeronaves durante los años 1990 hasta el 2005. Determinaron que las especies que más causan daños a las aeronaves fueron aquellas que presentan gran tamaño y dominancia en la zona. Asimismo, aquellas especies que presentan menor masa corporal y un vuelo ágil tienen menos probabilidades de generar impactos.

García. y Gómez-Laich. 2007. Determinaron la abundancia temporal mensual durante un año en ensambles costeros de Buenos Aires, utilizando el método de punto de conteo por radio finito y elaboraron un listado de especies de importancia para la conservación de los litorales. Finalmente analizaron los datos para obtener el índice de biodiversidad, curvas de rarefacción e índice de importancia relativa.

Ugalde-Lezama *et al.* 2009 Realizaron un estudio sobre la presencia de diferentes especies de aves en dos zonas localizadas en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. Se caracterizó y comparó la distribución de aves en estratos verticales de vegetación, mediante análisis de regresión de Poisson y por frecuencia de observación; además, se desarrollaron análisis específicos para describir la estructura vegetal de ambas zonas. La distribución vertical de las aves siguió cuatro patrones: bajo (B), alto (A), alto-bajo (AB) e indeterminado (I). La abundancia de individuos por estrato tuvo un valor diferente entre estratos y zonas; en ambas, el estrato superior tuvo una mayor abundancia que el inferior y medio. Sin embargo, el número de individuos por especie, registrado en cada estrato, fue mayor en el bosque perturbado.

Schulenberg *et al* 2010 trabajaron por 45 años investigaciones sobre el territorio peruano, logrando publicar una guía de campo con más de 1800 especies de aves que se encuentran en el Perú. Este manual incluye láminas de las especies encontradas, con distinción de plumaje, distribución relativa y una breve descripción de los hábitos de la especie y ubicación. Este libro se ha convertido en el material básico para cualquier investigación ornitológica.

Novaes y Alvarez 2010 realizaron un análisis de las colisiones de aves y aeronaves en los aeropuertos del noreste de Brasil. Analizaron los registros de 1985 a 2009 con la base de datos del centro de investigación y prevención de accidentes aeronáuticos de

Brasil. Encontrando que los gallinazos, búhos, caracaras y avefrías fueron las especies que más riesgo e impactos generaban durante las operaciones de aterrizaje y despegue. Las zonas más afectadas de las aeronaves fueron las alas y los motores.

Leôncio *et al* 2010 realizaron un censo de aves en el aeropuerto internacional de Brasilia. Identificaron las aves en el área del aeropuerto y las compararon con los reportes del mismo aeropuerto, con el objetivo de sugerir métodos preventivos para el área. Los censos se llevaron a cabo en las zonas de rodaje de las aeronaves, siendo las aves de mayor tamaño las cuales ofrecieron mayor riesgo de colisión. Finalmente establecieron puntos de atracción para la región como áreas de forraje, alimentación y nidificación.

Marateo *et al*. 2011 realizaron un diagnóstico de riesgo aviario en el aeródromo de la planta de gas Las Malvinas, ubicada en la cuenca del bajo Urubamba, en la amazonia del Perú. Delimitaron 4 sectores, identificando zonas atrayentes para aves y su comportamiento. Clasificaron la altura de vuelo estimada de las especies encontradas en dos estratos menor y mayor a 50 metros. Finalmente clasificaron a las especies de acuerdo al grado de riesgo potencial para la aeronavegación mediante un el índice de evaluación riesgo aviar.

Ayala-Pérez *et al* 2013, realizaron un estudio sobre la avifauna acuática invernal de la ciénaga de Tláhuac-México la cual fue estudiada de noviembre de 2006 a febrero del 2007. Se dividió el área de conteo en 4 zonas, realizaron los censos utilizando conteos de individuo por individuo y el conteo de estimación por bloque, de tal forma que solo utilizaron el máximo número de individuos registrados durante las visitas. Se trabajó el índice de importancia relativa para detectar la presencia de especies en cada zona y al mismo tiempo realizaron pruebas de independencia (Chi cuadrado).

Remsen *et al* 2016 Forman el comité de clasificación de aves de Sudamérica, actualizan la lista de aves que incluyen revisiones taxonómicas, estudios moleculares y de genética de poblaciones. Cada cambio se encuentra sustentado en cientos de notas y artículos científicos.

Madrid y Elías 2017 reportan la presencia de especies de la familia Columbidae (*Columba livia*, *Zenaida meloda*, *Z. auriculata* y *Columbina cruziana*), como las aves que poseen mayor indicio de abundancia y distribución en el campus de la Universidad Ricardo Palma

7. METODOLOGIA

7.1. Área de estudio

El proyecto se realizó, en base a los datos obtenidos por el investigador responsable en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJCh), ubicado en la Avenida Elmer Faucett s/n, provincia constitucional del Callao y departamento de Lima, durante los meses de octubre 2015 a julio 2016. (Fig. 1)



Fig.1: ■ Delimitación de la zona de estudio

7.2. Lugar de ejecución

Laboratorio de Ecología y laboratorio de cómputo avanzado de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Santiago de Surco – Lima.

7.3. Tipo y diseño de la investigación

De acuerdo al enfoque de esta investigación, corresponde a una metodología observacional y descriptiva ya que no hay intervención por parte del investigador y se limita a medir las variables que se definen en el estudio.

7.4. Variables

En el proyecto se analizó 8 variables que son resultado de las acciones a tomar para la ejecución de los objetivos planteados. Variables dependientes: Abundancia, tamaño corporal, grado de agregación, uso del espacio vertical, uso de sector, uso del hábitat, riesgo de uso de zonas, antecedentes de incidentes.

7.5. Operacionalización de variables

Variable					
Tipo	Nombre	Definición	Naturaleza	Indicador	Autor
Dependiente	Abundancia	Número de individuos por especie. Los límites entre las categorías de abundancia serán establecidos por medio del cálculo promedio y desviación estándar.	Cuantitativa	Número de individuos	Reca <i>et al</i> 1994.
	Tamaño corporal	Masa corporal de aves obtenida a través de literatura	Cuantitativa	Masa en gramos	Schulenberg <i>et al</i> 2010
	Grado de agregación	Conteo de individuos por hábitos gregarios y que se muevan en bandadas.	Cuantitativa	Grupos según número de individuos y dispersión	Marateo <i>et al</i> 2011
	Uso del espacio vertical	Los avistamientos se remitirán a 3 categorías de altura: a nivel de suelo, hasta 50 metros y a más de 50 metros de altura.	Cualitativa	Número de individuos	Marateo <i>et al</i> 2011
	Uso del sector	Sectores del aeropuerto donde se encuentran especies de aves	Cualitativa	Número de individuos por sector.	Reca <i>et al</i> 1994.
	Uso del hábitat	Hábitats dentro del aeropuerto donde se encuentran especies de aves	Cualitativa	Número de individuos por hábitat	Reca <i>et al</i> 1994.
	Riesgo de uso de zonas	En función del riesgo potencial, se verifica la presencia de aves en ciertas zonas.	Cualitativa	Número de individuos por zonas de riesgo	Marateo <i>et al</i> 2011
	Antecedentes de incidentes	Aquellas especies que hayan sido reportadas, de cualquier forma, o a través de cualquier medio, como intervinientes en un incidente o accidente aéreo	Cualitativa	Reportes de impacto dentro o fuera de la zona de la estudio	Marateo <i>et al</i> 2011

7.6. Evaluación cuantitativa

Para la evaluación de la estructura de la comunidad de avifauna, la riqueza de especies y abundancia de las poblaciones, se empleó el censo por conteo de puntos fijos, método a través del cual el observador permanece en un punto fijo, y registra las aves vistas y escuchadas en un tiempo y radio determinado. Se consideraron 3 estaciones de muestreo con sus respectivos puntos de conteo (16) en donde se registró el número de individuos observados durante un tiempo aproximado de 10 minutos, dejando transcurrir un minuto luego de la llegada del observador al punto de evaluación, con el fin de disminuir el disturbio y detectar la mayor cantidad de aves posibles. Las especies observadas e identificadas serán fotografiadas. (Bibby *et al.* 1998).

La intensidad de muestreo y la delimitación de áreas se estableció en campo, tomando en consideración el tamaño del área de evaluación y los hábitats presentes, de manera que el esfuerzo de muestreo realizado sea representativo, tanto estadística como ecológicamente para la zona (Ralph *et al.* 1993). En este sentido los puntos establecidos para cada zona fueron distribuidos de la siguiente forma: 3 puntos de conteo para la Cabecera 33 (Fig.2), 2 puntos de conteo para la Cabecera 15 (Fig.3) y 10 puntos de conteo para chacra Oeste (Fig.4).



Fig.2: ■ Delimitación de la zona de Cabecera 33 con los puntos conteo establecidos

Tabla 1: Coordenadas UTM de los puntos de conteo de la zona de Cabecera 33

Punto de conteo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
AV 1	270842	8668359
AV 2	270739	8668283
AV 3	270588	8668288



Fig.3: ■ Delimitación de la zona de Cabecera 15 con los puntos conteo establecidos

Tabla 2: Coordenadas UTM de los puntos de conteo de la zona de Cabecera 15

Punto de conteo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
AV 1	269004	8671993
AV 2	268847	8671824



Fig.4: Delimitación de la zona de Chacra Oeste con los puntos conteo establecidos

Tabla 3: Coordenadas UTM de los puntos de conteo de la zona de Chacra oeste

Punto de conteo	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
AV 1	268937	8670434
AV 2	268476	8670254
AV 3	268616	8669760
AV 4	268692	8669126
AV 5	268965	8668515
AV 6	269315	8668888
AV 7	269978	8668510
AV 8	269882	8668958
AV 9	269546	8669573
AV 10	269269	8669939

7.7. Determinación de especies

Para la determinación de especies se utilizó la edición en castellano de la guía de campo “Aves de Perú” (Schulenberg, *et al* 2010). No se realizaron colectas.

De manera adicional para la actualización de nombres científicos y taxonomía se utilizó la lista del comité de clasificación de Sudamérica (SACC por sus siglas en inglés) (Remsen 2016) y la base datos Xeno-canto para identificación de sonidos.

7.8. Índice de evaluación de riesgo aeronáutico (IERA)

El IERA se utilizó para conocer el grado de riesgo aviar para las operaciones aeronáuticas, considerando que un alto valor corresponde a un mayor nivel de riesgo y un valor más bajo se asocia a niveles menores de riesgo. Se definen 8 variables:

1.- Abundancia (Abu)

Se asumió que la especie más común o frecuente representara un riesgo mayor que una más rara. Los límites entre las categorías de abundancia serán establecidos por medio del cálculo promedio y desviación estándar de las abundancias relativas que se obtendrán por los muestreos de campo.

0: Rara. Corresponde a todas las especies con un valor de abundancia relativa menor al promedio

1: común. Corresponde a todas las especies con un valor de abundancia relativa ubicado entre el promedio y el promedio más la desviación estándar

2: abundante. Corresponde a todas las especies con un valor de abundancia mayor al promedio más la desviación estándar.

2.-Tamaño Corporal (Tam)

Se asume que un ave de mayor tamaño representa un riesgo mayor para las aeronaves que una de menor tamaño.

0: menos de 100 gramos de masa corporal

1: entre 100 y 500 gramos de masa corporal

2: más de 500 gramos de masa corporal

3.- Grado De Agregación (Agr)

Se asume que aquellas especies que tengan hábitos gregarios y se muevan en bandadas son más peligrosas que las que no tienen este comportamiento.

0: Solitarios, en parejas o en grupos de menos de 5 individuos.

1: grupos de entre 5 y 50 individuos dispersos.

2: grupos de entre 5 y 50 individuos compactos.

3: grupos de más de 50 individuos

4.- Uso Del Espacio Vertical (Vert)

Los avistamientos se remitieron a 3 categorías de altura: a nivel de suelo, hasta 50 metros y a más de 50 metros de altura. Se asume que aquellas aves que utilizan generalmente un único estrato vertical son menos peligrosas que las que hacen generalmente uso de más de uno.

0: usa generalmente un único estrato

1: usa generalmente dos estratos

2: usa generalmente los 3 estratos

5.- Uso De Sector (Sect)

Se asume que aquellas aves que se encontraron en un único sector son menos peligrosas para la aeronavegación que las que se encontraron en más de uno.

0: usa un único sector

1: uso dos o tres sectores

2: uso cuatro o más sectores

6.- Uso Del Hábitat (Hab)

Se asume que aquellas especies que aprovechan varios tipos de hábitats que son potencialmente más peligrosas que las que se relacionan a un único hábitat.

0: usa un único hábitat

1: usa dos hábitats

2: usa tres o más hábitats

7.- Riesgo de impacto por uso De Zonas (Ruzon)

En función del riesgo potencial que puede representar la presencia de las aves en ciertas zonas.

0: Se vio en las zonas aledañas de la pista

1: Se vio en la pista

2: se vio en las zonas de despegue y/o aterrizaje

8.-Antecedentes De Incidentes (Inci)

Se asumirá aquellas especies que hayan sido reportadas como intervinientes en un incidente o accidente aéreo.

0: no existen antecedentes de ningún tipo

1: existen antecedentes, referencia de otras áreas fuera del AIJCh

2: existen antecedentes, referencia en zonas dentro del AIJCh

8. PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

Con la finalidad de evaluar la distribución espacial y temporal descritos en el IERA durante los meses de octubre 2015 a julio 2016 se utilizaron los softwares SPSS ver 22.0 para el análisis estadístico, PAST ver 3.14 para la obtención de los índices de diversidad alfa y finalmente Microsoft Excel 2017 para el procesamiento de cuadros y operaciones básicas. De esta manera se presentan las tablas de resultados correspondientes, estimando los parámetros descriptivos y para el cálculo de abundancia se usó el promedio y la desviación estándar.

9. ASPECTO ÉTICO

La investigación no requirió de la manipulación de ejemplares, por lo que no se necesitó permiso de colecta ni tuvo ningún riesgo físico dado que es un estudio no invasivo.

10. RESULTADOS

En el aeropuerto internacional Jorge Chávez, durante los 9 meses de observación de noviembre del 2015 a julio del 2016, se registraron un total de 31 especies de aves, predominando especies residentes, salvo una especie migratoria la cual corresponde a *Leucophaeus pipixcan*.

La riqueza específica de las zonas monitoreadas presentó pocas variaciones a lo largo de la duración del estudio, con mayor riqueza en el mes de noviembre 2015 con un total de 28 especies registradas y menor riqueza en los meses marzo, mayo y junio 2016 con 20 especies registradas. El compartimiento de la abundancia fue diferente a la riqueza. Durante los 9 meses de observación durante el mes de abril se obtuvo la mayor suma del total de individuos para las 3 zonas que fue de 6542 individuos, seguido por el mes de marzo con 3784 y en tercer lugar los meses de diciembre y enero, ambos con una suma de 857 individuos para las 3 zonas (Fig. 2)

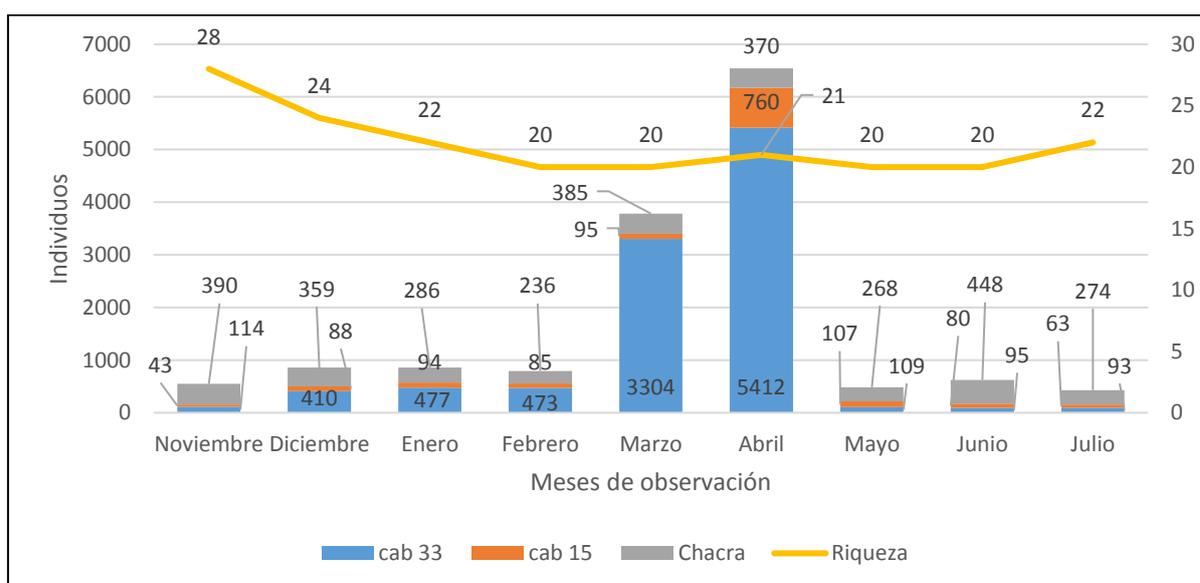


Fig. 4: Riqueza específica y abundancia temporal. La abundancia temporal fue dividida considerando tres zonas del AIJCh. Cabecera 33 (cab 33) Cabecera 15 (cab 15) y Chacra Oeste (Chacra)

Para el total absoluto de individuos registrados en el AIJCH se tomó la abundancia máxima que presentó en cualquiera de las 3 zonas evaluadas en este sentido el total absoluto registrado fue de 5930 individuos. La comunidad estuvo notoriamente dominada por las especies de la familia Laridae (*Larus belcheri*, *Larus dominicanus* y *Leucophaeus pipixcan*) con una abundancia máxima de 5189 individuos registrados,

Es preciso indicar que debido a la gran cantidad de individuos presentes al momento que se realizaron los conteos no fue posible identificar a todos los ellos hasta un nivel específico. En este sentido, dicha familia será considerada dentro del análisis de abundancia como si de una especie se tratase debido al alto pico de actividad que presenta. La segunda especie más abundante fue *Coragyps atratus* con una abundancia máxima de 371 individuos registrados

En cuanto a los registros totales acumuló un total de 14 908 registros de todas las especies. Se obtuvo que la familia Laridae presentó 9384 registros y *Coragyps atratus* con 4007 registros. En la tabla 1 se da con más detalle la abundancia máxima y total de registros obtenidos para el resto de las especies reportadas.

Tabla. 4: Especies de aves observadas durante el tiempo de duración del estudio

Especies	Registros totales	Conteo máximo
<i>Amazilia amazilia</i>	19	3
<i>Athene cunicularia</i>	15	3
<i>Bulbucus ibis</i>	10	4
<i>Burhinus superciliaris</i>	21	6
<i>Camptostoma obsoletum</i>	33	7
<i>Charadrius vociferus</i>	4	3
<i>Chordeiles acutipennis</i>	10	5
<i>Columba livia</i>	107	17
<i>Columbina cruziana</i>	39	8
<i>Coragyps atratus</i>	4007	371
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	121	19
<i>Falco peregrinus</i>	54	6
<i>Falco sparverius</i>	30	4
<i>Larus belcheri</i>	9384	5189
<i>Larus dominicanus</i>		
<i>Leuphaeus pipixcan</i>		
<i>Parabuteo unicinctus</i>	48	9
<i>Passer domesticus</i>	28	7
<i>Pygochelidion cyanoleuca</i>	89	27
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	13	2

<i>Sicalis luteola</i>	291	127
<i>Sporophila simplex</i>	56	16
<i>Sporophila telasco</i>	118	20
<i>Thinocorus rumicivorus</i>	2	1
<i>Troglodytes aedon</i>	61	13
<i>Tyrannus melancholicus</i>	2	1
<i>Tyto alba</i>	1	1
<i>Volatinia Jacarina</i>	54	21
<i>Zenaida auriculata</i>	88	15
<i>Zenida meloda</i>	157	17
<i>Zonotrichia capensis</i>	23	8
Riqueza:31	14 885	5930

10.1. Composición de avifauna de las zonas monitoreadas

Cabecera 33

En esta zona se registró un total máximo de 6 especies durante los meses de marzo, abril y mayo del 2016 por otro lado se observó un mínimo de 4 especies durante los meses de noviembre 2015 y julio 2016. En cuanto al análisis de abundancia se presentaron oscilaciones sumamente marcadas y dispersas. Durante los meses de marzo y abril del 2016 se obtuvo un conteo máximo de 3304 y 5412 individuos respectivamente, siendo estos dos meses donde se registró el mayor pico de abundancia caracterizándose por el tránsito de miles de individuos de la familia Laridae en su mayoría pertenecientes a la especie *L. pipixcan*, especie migratoria.

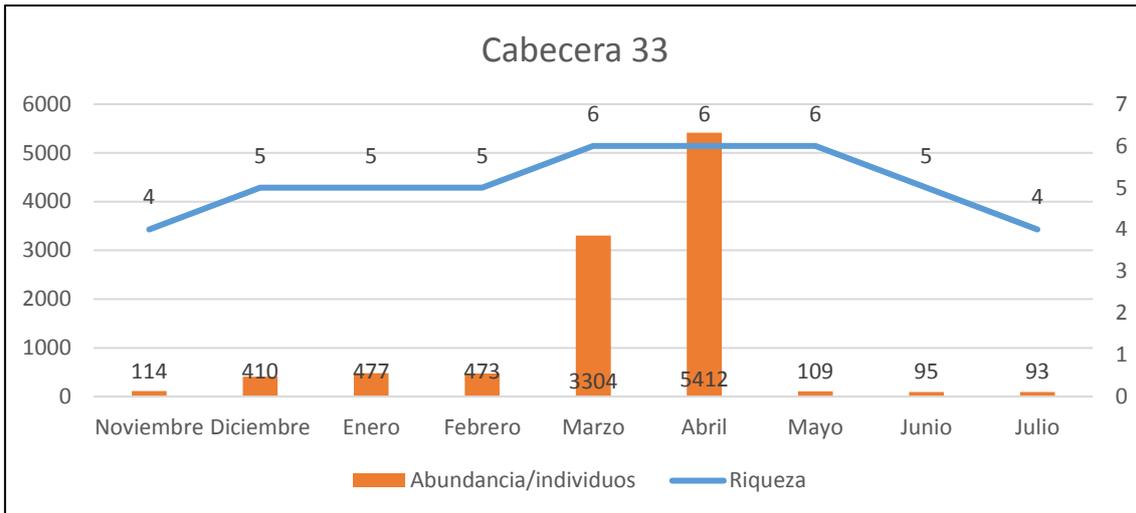


Fig.5: Riqueza específica y abundancia temporal de la zona cabecera 33.

Cabecera 15

En esta zona se registró un total de 7 especies durante el mes de mayo 2016, por otro lado, se observó un mínimo de 4 especies durante los meses de noviembre 2015, febrero abril y junio 2016. En cuanto al análisis de abundancia presentó pocas oscilaciones durante los meses de observación, salvo en el mes de abril del 2016 en el cual hubo un pico de individuos pertenecientes a la especie *L. pipixcan*, durante dicho mes se obtuvo un conteo máximo 760 individuos.

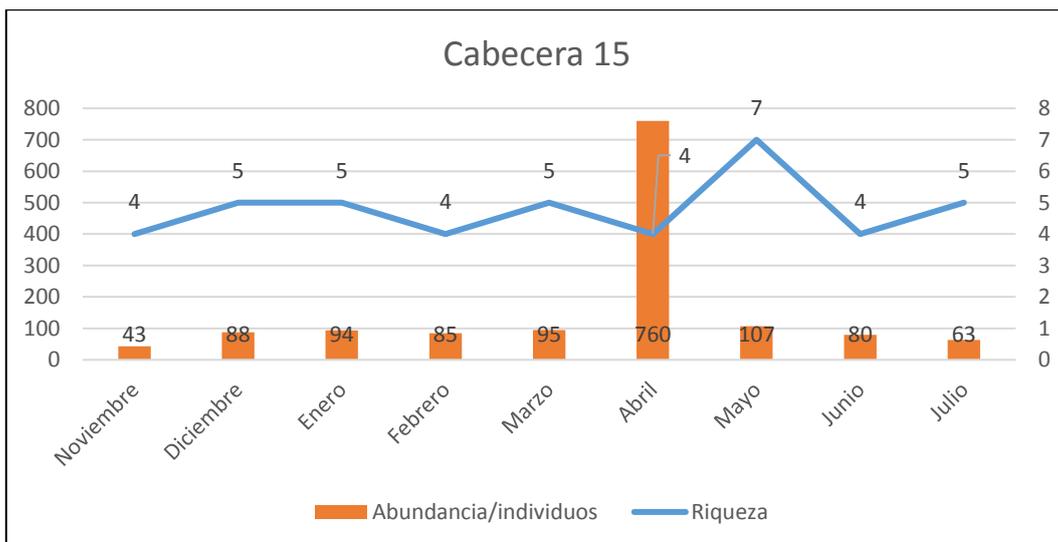


Fig.6: Riqueza específica y abundancia temporal de la zona cabecera 15.

Chacra Oeste

En esta zona se registró un total de 28 especies durante el mes de noviembre del 2015, por otro lado, se observó un mínimo de 20 especies en los meses de febrero, marzo, mayo y junio del 2016. A diferencia de las zonas anteriores los patrones de abundancia no presentaron oscilaciones marcadas durante los meses de observación siendo el mes de junio 2016 donde se presentó la mayor abundancia y en contraste se observó la menor abundancia en el mes de febrero 2016

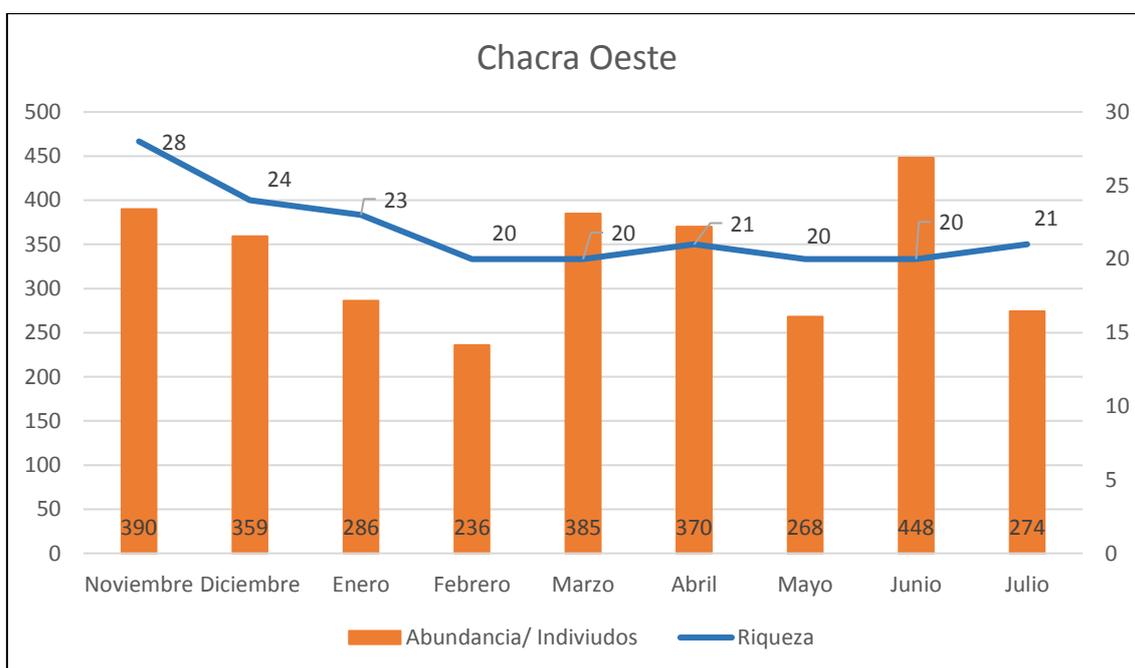


Fig.7: Riqueza específica y abundancia temporal de la zona de chacra oeste

10.2. Análisis de los grupos más abundantes

Considerando a la familia Laridae en los conteos máximos, este grupo representa el 88% (5189 individuos), seguido en porcentaje 6% por *C. atratus* con un conteo máximo de 371 individuos y en tercer lugar *S.luteola* con un 2% del conteo máximo de 127 individuos. finalmente las otras especies representan el 4% restante.

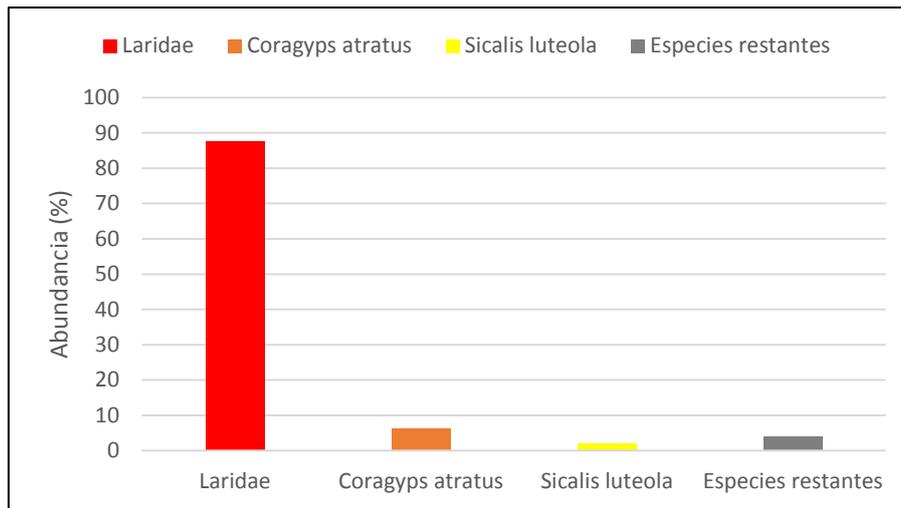


Fig. 8 Porcentaje de abundancia de los cuatro de grupos de aves del AIJCh.

En análisis de abundancia por zonas reveló que la Cabecera 33 tuvo el mayor valor absoluto en cuanto a abundancia de aves (conteo máximo diario) considerando los tres grupos más abundantes, mientras que la cabecera 15 y Chacra oeste obtuvieron menores valores absolutos en los meses que duraron los conteos.

10.3. Uso de Ambientes

Los dos grupos potencialmente más peligrosos para las actividades aéreas (gaviotas y gallinazos) utilizaron mucho más el espacio aéreo del aeropuerto que los distintos ambientes del mismo. Es decir, se los registró volando más que posados, alimentándose o nidificando en la valla perimetral o en el suelo. Esto se refleja en la abundancia máxima y en los registros totales. (Fig. 7 y 8)

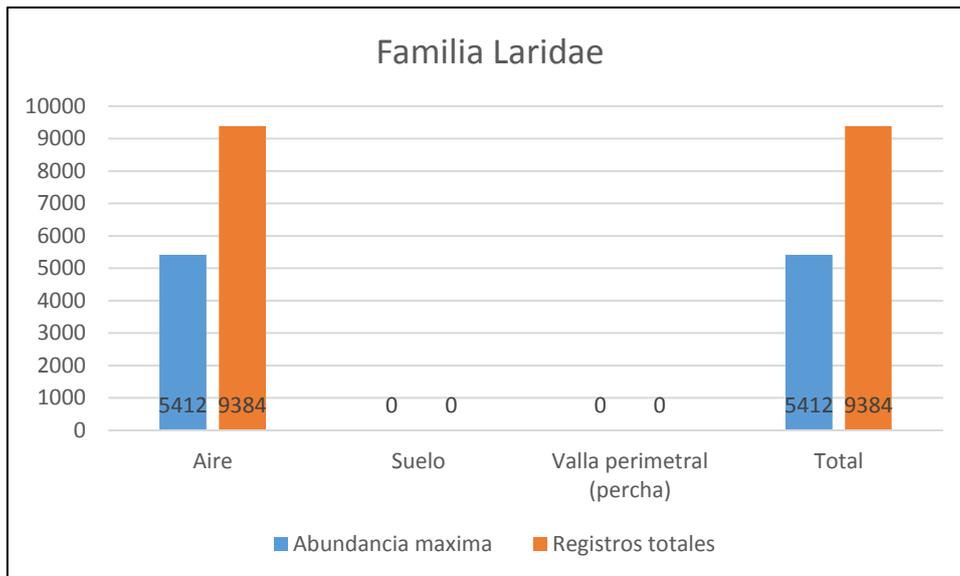


Fig.9 Conteo máximo de la familia *Laridae* y registros totales por ambiente durante los meses de observación en el AIJCh

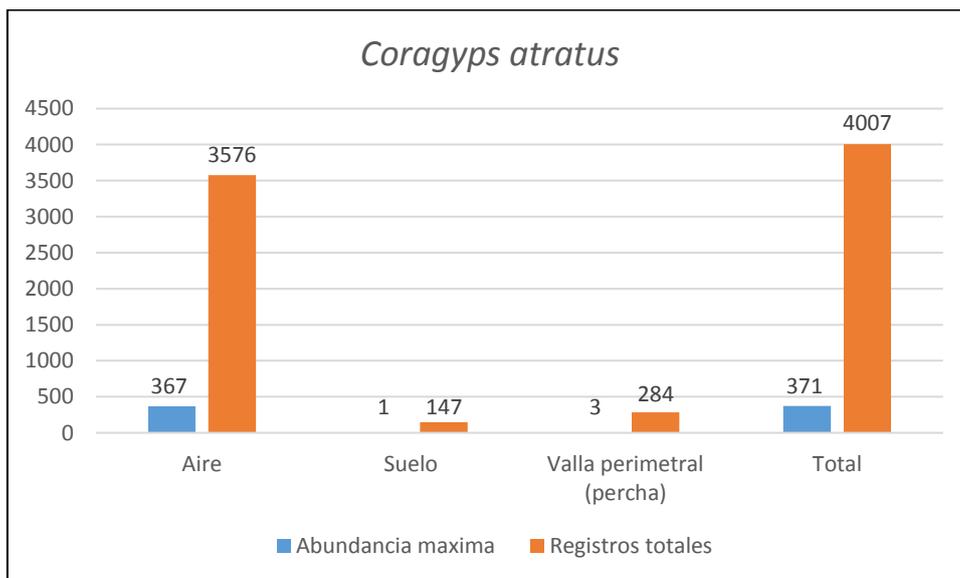


Fig. 10 Conteo máximo de la especie *Coragyps atratus* y registros totales por ambiente durante los meses de observación en el AIJCh

10.4. Análisis de horarios

El análisis de horarios se basó en el máximo conteo de individuos que se realizó desde las 7:00 horas hasta 19:00 horas. En este sentido se separaron las horas de observación en 12 franjas horarias y se tomó el número máximo de conteos durante cada una de las franjas.

Cabecera 33

Coragyps atratus comienza con un periodo de actividad bajo en la franja horaria de 7:00-8:00 horas con 36 individuos, este número fue incrementándose hasta llegar a una abundancia máxima de 371 individuos registrados entre las 9:00-10:00 horas luego disminuye paulatinamente hacia las 14:00-15:00 horas con 59 individuos registrados en dicha franja horaria. Finalmente, se presenta un ligero incremento con 139; 110 y 150 individuos entre las 16:00 y 19:00 horas respectivamente.

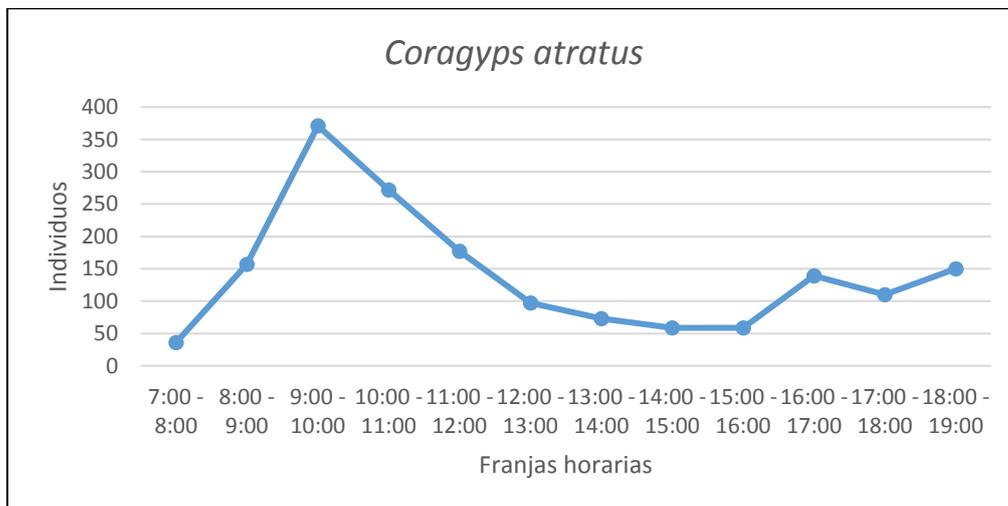


Fig.11: Abundancia máxima de la especie *C. atratus* en cada franja horaria

La familia Laridae tuvo un registro de actividad más abrupto durante las franjas horarias, con una abundancia de 3000 individuos entre las 7:00- 8:00 horas, luego fue disminuyendo abruptamente durante las franjas siguientes llegando a un mínimo de 17 individuos a las 16:00 horas para luego llegar a la abundancia máxima registrada de 5189 individuos entre las 17:00-18:00 horas.

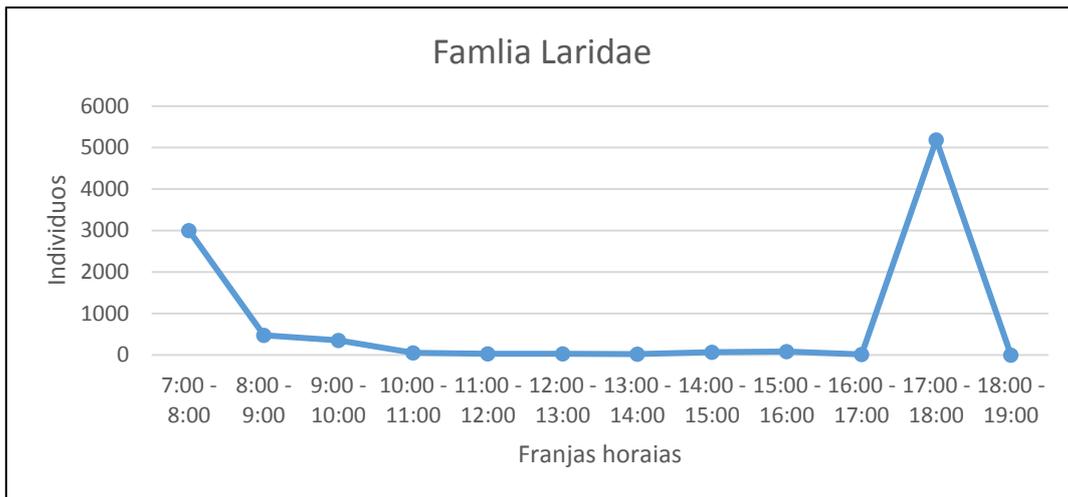


Fig.12: Abundancia máxima de la familia Laridae en cada franja horaria

Falco peregrinus mostró un registro de actividad habitual a lo largo de las franjas horarias iniciando con el avistamiento de 2 individuos entre las 7:00-8:00 horas luego con un máximo de 6 registros en la franja horaria de 10:00-11:00, durante el resto de las franjas horarias se mantiene una presencia constante hasta llegar a la abundancia mínima de dos individuos entre las 18:00-19:00 horas.

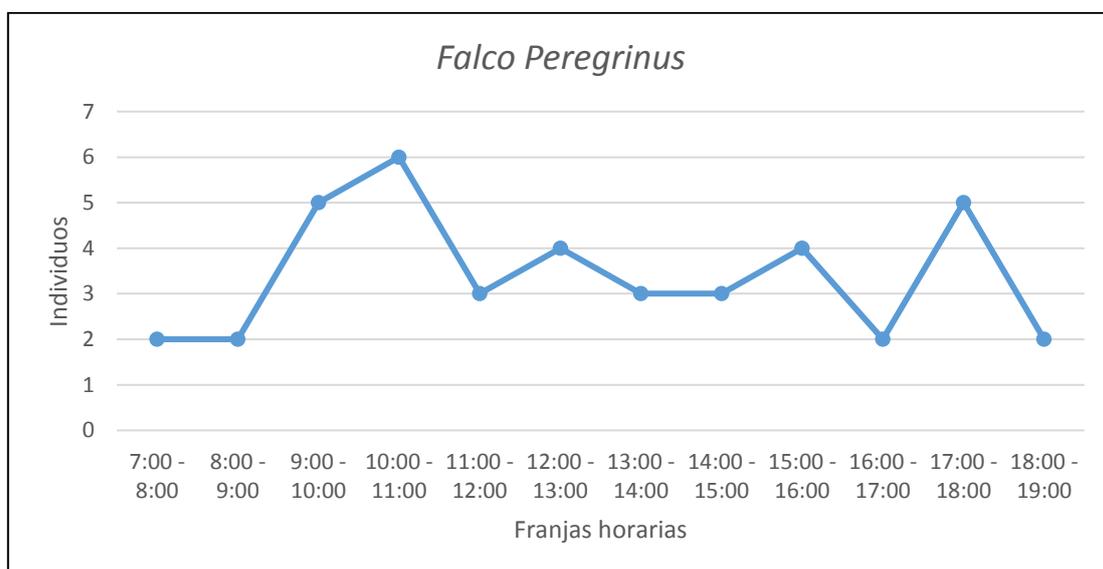


Fig.13: Abundancia máxima de la especie *F. peregrinus* en cada franja horaria

La especie *Columba livia* tuvo periodos de actividad más marcados durante las primeras horas del día encontrándose un promedio de 10 individuos entre las 7:00 horas y 10:00 horas. Se obtuvo una abundancia máxima de 13 individuos entre las 11:00 – 12:00 horas para luego ir disminuyendo a 5 individuos entre las 18:00-19:00 horas.

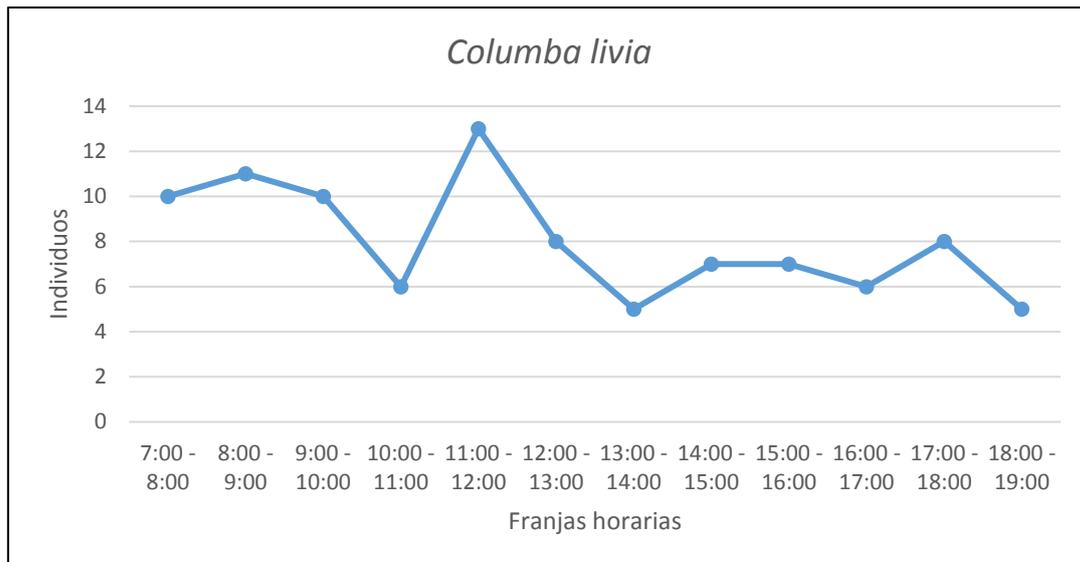


Fig.14: Abundancia máxima de la especie *C. livia* en cada franja horaria

Zenaida meloda de igual modo presentó registros variables durante las primeras horas, se observó un máximo 6 individuos entre 11:00-13: y disminuyeron los registros durante las 5 franjas siguientes.

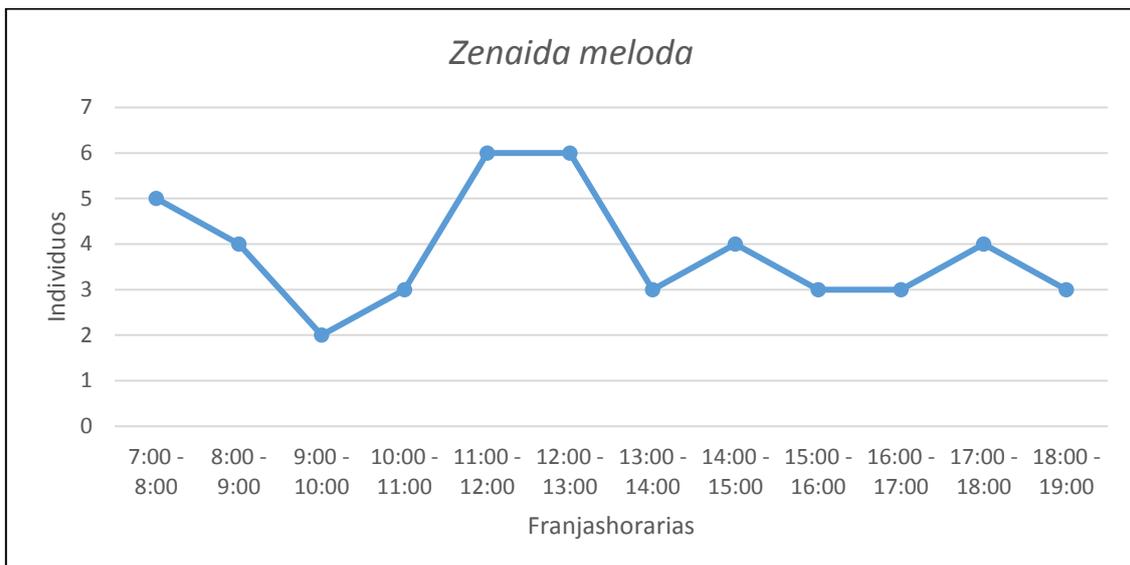


Fig.15: Abundancia máxima de la especie *Z. meloda* en cada franja horaria

Parabuteo unicinctus presentó poca actividad durante las 12 franjas horarias, registrándose un mínimo de un individuo durante la primera franja horaria de 7:00-8:00, luego se registraron 2 individuos hasta las 15:00 horas para finalmente en las dos últimas franjas horarias no se registraron individuos.

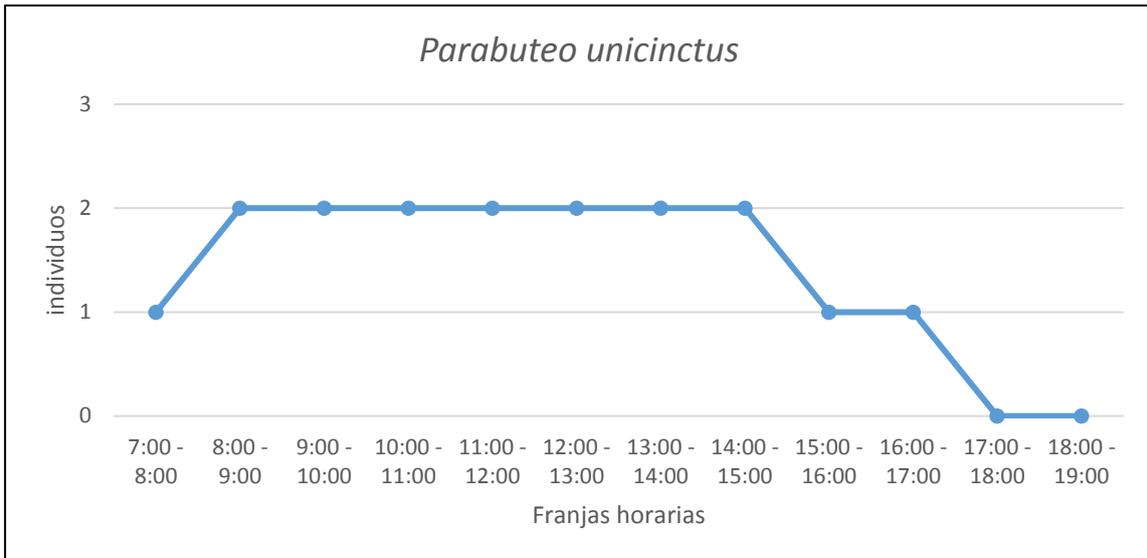


Fig.16: Abundancia máxima de la especie *P. unicinctus* en cada franja horaria

Cabecera 15

A diferencia de la Cabecera 33, la Cabecera 15 presentó menor abundancia. Sin embargo, comparten ciertos picos de actividad para las especies en común como en el caso de *Coragyps atratus* y la familia Laridae. A continuación, se describe la actividad durante las franjas horarias de las especies encontradas en la cabecera 15.

Coragyps atratus presentó la máxima actividad durante la franja horaria de 8:00-9:00 horas con la presencia de 84 individuos, luego presentó un descenso a 52 individuos durante la siguiente franja, para luego incrementar la cantidad de individuos nuevamente hasta 74 durante la franja horaria de 10:00-11:00 horas. A partir de este punto la cantidad de individuos fue disminuyendo paulatinamente hasta llegar a un mínimo de 24 individuos durante la franja final de 18:00-19:00 horas.

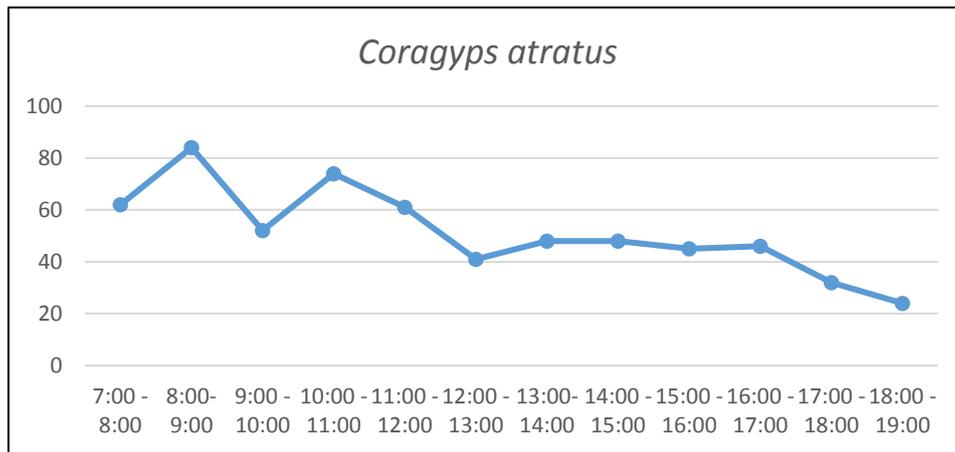


Fig. 17: Abundancia máxima de la especie *C. atratus* en cada franja horaria

La familia Laridae presentó una ligera actividad durante las primeras franjas horarias de 7:00-10:00 horas, luego tuvo un incremento llegando a su máxima abundancia de 668 individuos entre las 10:00-11:00 horas al igual que la especie anterior disminuyó su presencia paulatinamente durante el resto del día

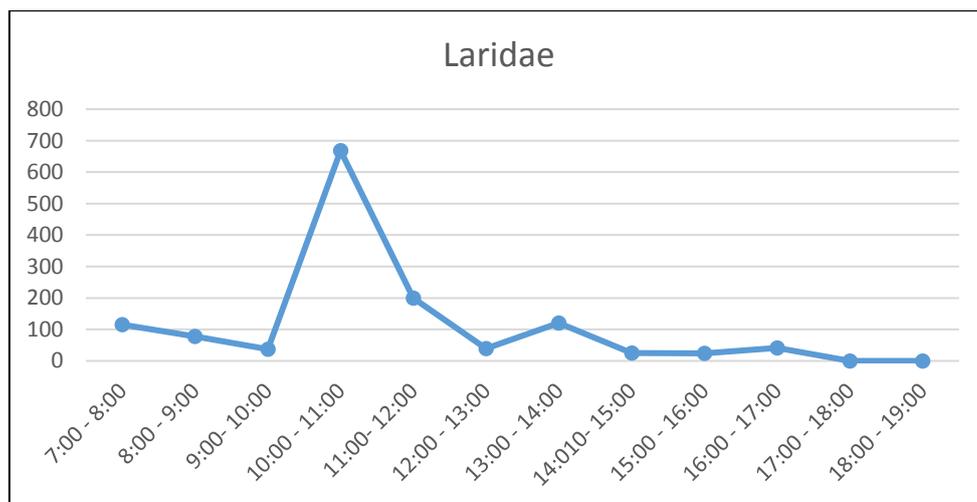


Fig. 18: Abundancia máxima de la especie de la familia Laridae en cada franja horaria

Zenaida meloda tuvo una abundancia máxima durante la primera franja horaria de 7:00-8:00 horas con 12 individuos luego, durante el resto de las franjas horarias tuvo una presencia constante a lo largo del día que va de 6 a 4 individuos y finalmente tuvo una mayor actividad en la franja de 15:00-16:00 horas.

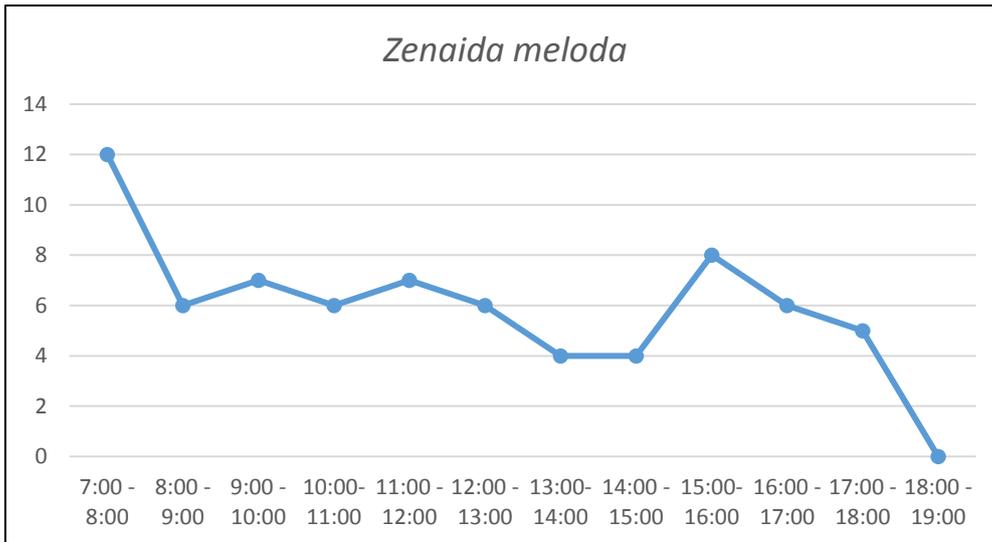


Fig. 19: Abundancia máxima de la especie *Z. meloda* en cada franja horaria

Zenaida auriculata presentó el menor registro de individuos en la franja de 7:00-8:00 horas con 2 individuos para luego tener un registro no diferenciado durante las siguientes franjas horarias siendo las franjas de 12:00-13:00 y 14:00-15:00 horas donde se presentó la abundancia máxima de la especie con un registro de 7 individuos.

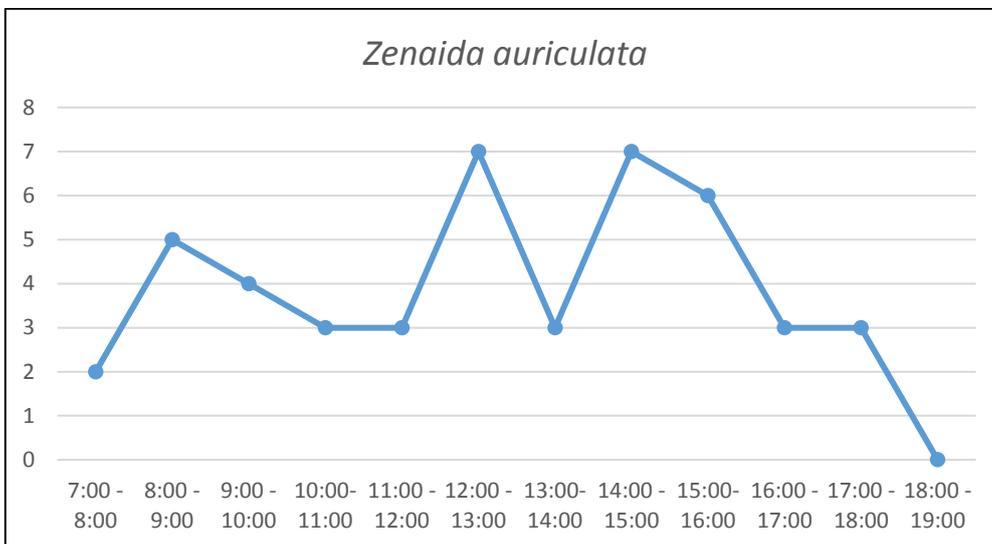


Fig. 20: Abundancia máxima de la especie *Z. auriculata* en cada franja horaria

La especie *Falco sparverius* solo presentó 2 individuos a lo largo de los meses de observación. Se presumió que se trataba de una pareja, por lo que los registros durante las franjas horarias van de 1 individuo a 2 individuos en distintos momentos del día sin tener una marcada presencia.

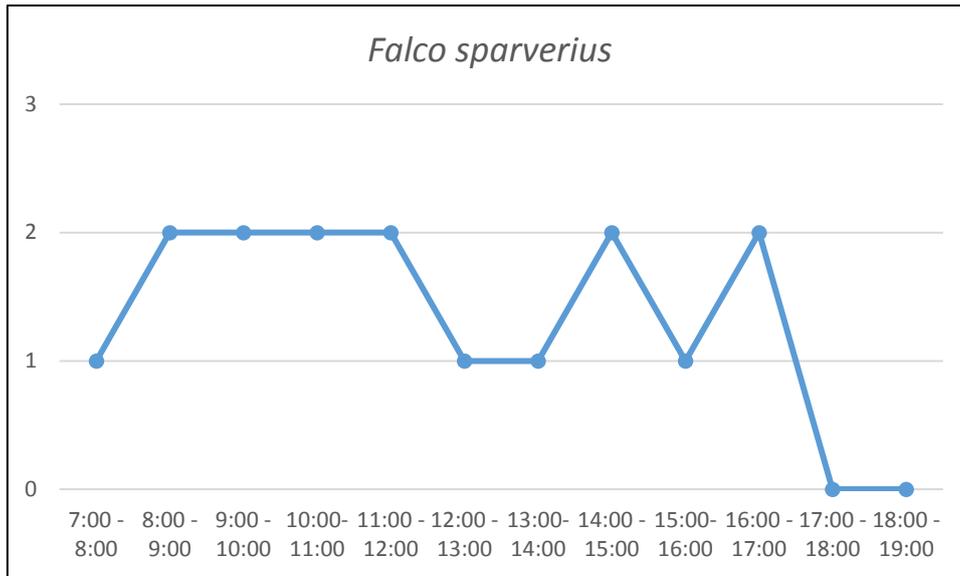


Fig. 21: Abundancia máxima de la especie *F. sparverius* en cada franja horaria

Parabuteo unicinctus utilizaba la zona de cabecera 15 como zona de tránsito hacia Chacra Oeste por lo que la mayoría de registros fueron mientras dicha especie volaba hacia la zona antes mencionada. La abundancia mínima para esta especie fue de un individuo en 4 franjas horarias. La abundancia máxima de esta especie se dio en la franja horaria de 13:00-14:00 horas con la presencia de 3 individuos.

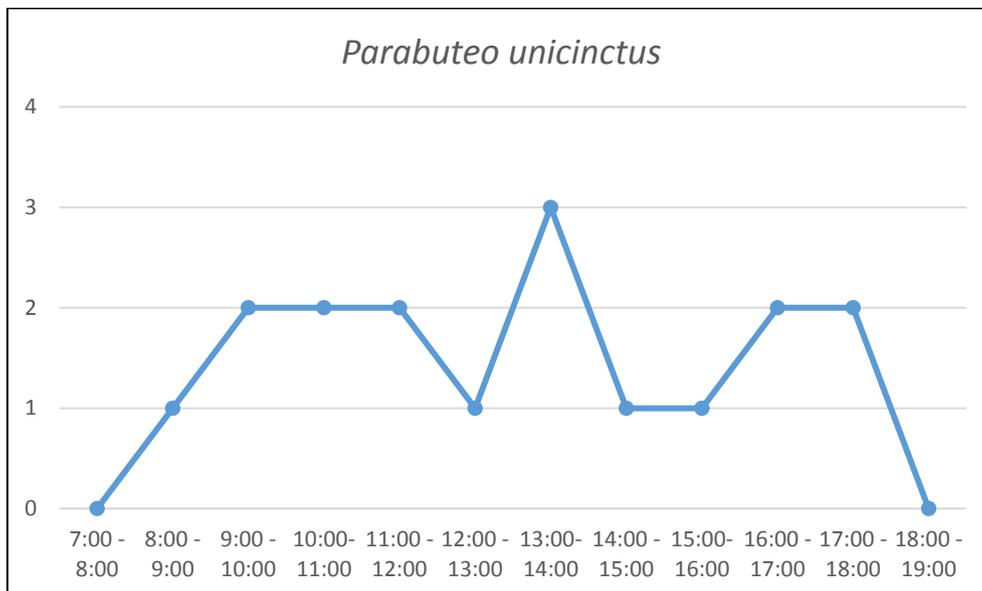


Fig. 22: Abundancia máxima de la especie *F. sparverius* en cada franja horaria

Finalmente, para la especie *Falco peregrinus* presentó registros solamente en los en los 3 últimos meses de observación. Se lo registró realizando vuelos esporádicos hacia chacra oeste de uno o dos individuos

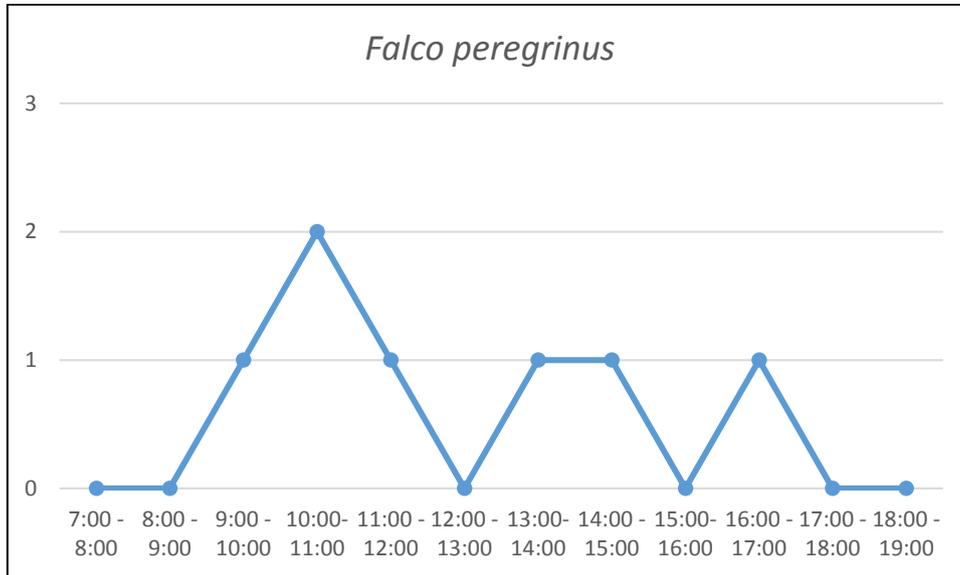


Fig. 23: Abundancia máxima de la especie *F. peregrinus* en cada franja horaria

10.5. Clasificación de la avifauna según su riesgo potencial para la aeronavegación

Se clasificaron las especies y/o grupos de especies de acuerdo al grado de riesgo potencial para la aeronavegación. En la presente investigación se presenta un sistema de categorización que se basa en una serie de atributos o variables propias de cada una de las especies, el cual es denominado Índice de Evaluación de Riesgo aeronáutico (IERA). Dichos atributos corresponden a: abundancia, tamaño corporal, grado de agregación, uso de espacio vertical, uso de sector, uso de hábitat, Riesgo de impacto por uso de zonas y antecedentes de incidentes.

De acuerdo a los valores del IERA, la especie *Coragyps atratus* resultó ser potencialmente la más peligrosa para las operaciones aéreas en el AIJCh con 16 puntos. De las 8 características evaluadas, el valor más alto que se obtuvo para esta especie fue el grado de agregación con 3 puntos, lo que quiere decir que esta especie se la encontró en grupos de 50 individuos, las demás características

obtuvieron de igual modo un valor máximo de 2 puntos para esta especie salvo la de antecedentes de incidente que obtuvo un valor de 1 puesto que no se han reportado incidentes con esta especie dentro del AIJCh (Tabla 2)

En segundo lugar, se encuentra un miembro de familia Laridae que corresponde a *Leucophaeus pipixcan* con 14 puntos, igualmente que la especie anterior el máximo puntaje que obtuvo fue de 3 en grado de agregación puesto que se registraron miles de individuos. A diferencia de *C. atratus* aquellas características que evitaron que obtenga mayor puntaje fueron el tamaño corporal con un puntaje de 1 (entre 100 y 500 gramos de masa corporal) y el uso de hábitats, también con un solo punto puesto que solo utilizó 2 hábitats. (Tabla 2)

El resto de miembros de la familia Laridae (*L. belcheri* y *L. dominicanus*) obtuvieron 13 puntos cada uno. Si bien tienen características similares con *L. pipixcan* la diferencia de puntajes se debe a que presentan una menor abundancia que la especie anterior. (Tabla 2)

En cuanto a las especies *Falco peregrinus* y *Parabuteo unicinctus* ambos obtuvieron 10 puntos. Si bien no presentan una abundancia significativa como las especies anteriores. El tamaño corporal, la altura de vuelo que utilizan y su presencia constante en la zona de estudio eleva el índice de riesgo por lo que también se consideran especies de riesgo. (Tabla 2)

El resto de especies obtuvieron un valor menor a 10 puntos, por lo que no se consideran especies potencialmente peligrosas. Como nota adicional que la mayoría de especies fueron reportadas en la zona de Chacra Oeste, la cual sirve de refugio para dichas especies aunque no interfiere de manera significativa con las actividades aeronáuticas. Por otro lado, la especie que resultó con menor puntaje fue *Amazilia amazilia*, al ser solo encontrada en Chacra Oeste, tener un tamaño muy pequeño y ser una especie solitaria le permitió obtener un puntaje de 0. (Tabla 2)

Tabla N°5 Lista de especies de aves registradas en el AIJCh, indicando el valor que adquiere para cada variable y el valor final del IERA siendo este criterio por el cual se organizan

Especies	Abu	Tam	Agr	Vert	Sect	Hab	Ruzon	Inci	IERA
<i>Coragyps atratus</i>	2	2	3	2	2	2	2	1	16
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	2	1	3	2	2	1	2	1	14
<i>Larus belcheri</i>	1	2	2	2	2	1	2	1	13
<i>Larus dominicanus</i>	1	2	2	2	2	1	2	1	13
<i>Falco peregrinus</i>	1	2	0	2	2	1	2	0	10
<i>Parabuteo unicintus</i>	1	2	0	2	2	1	2	0	10
<i>Zenaida auriculata</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	9
<i>Zenida meloda</i>	1	1	1	1	2	2	1	0	9
<i>Columba livia</i>	1	1	1	1	1	2	1	0	8
<i>Sicalis luteola</i>	2	0	3	1	0	0	0	0	6
<i>Falco sparverius</i>	0	1	0	1	1	1	1	0	5
<i>Burhinus superciliaris</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	3
<i>Columbina cruziana</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	3
<i>Passer domesticus</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	3
<i>Pygochelidion cyanoleuca</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	3
<i>Tyto alba</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	3
<i>Athene cunicularia</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Bulbucus ibis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Charadrius vociferus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Sporophila simplex</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Sporophila telasco</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Troglodytes aedon</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Volatinia Jacarina</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Camptostoma obsoletum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>chordeiles acutipennis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Thinocorus rumicivorus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Amazilia amazilia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Abu=Abundancia; Tam=Tamaño Corporal; Agr=Grado de agregación; Vert =Uso Del Espacio Vertical; Sect=Uso De Sector; Hab= Uso Del Hábitat; Ruzon= Riesgo de impacto por uso De Zonas; Inci = Antecedentes De Incidentes)

10.6. Análisis de biodiversidad

Para las 3 zonas se evaluaron los siguientes índices de biodiversidad alfa: Índice de Simpson 1-D e Índice de Shannon-Wiener.

Cabecera 33

El índice de Simpson 1-D tuvo un valor mínimo de 0.079 bits/ind y un valor máximo de 0.473 bits/ind lo que sugiere que dentro de la zona hay una especie dominante, lo cual es corroborado con los avistamientos de *Coragyps atratus* que en varios casos superan los 300 individuos.

En cuanto a la variación temporal de esta zona se mantuvo de manera general constante, salvo donde varió sustancialmente la cantidad de individuos, sobre todo en los meses de marzo y abril. Esto quiere decir que la probabilidad de encontrar individuos de especies distintas cambió poco a lo largo de los meses de observación, si bien en el mes de noviembre se presentó un valor de 0.165 bits/ind conforme se fue mejorando las técnicas de observación y conteo se llegó a obtener valores que van desde 0.334 bits/ind hasta 0.416 bits/ind para los meses de diciembre y febrero respectivamente (Fig. 23). Sin embargo, para los meses de marzo y abril hubo caída abrupta en este índice (0.079 bits/ind) debido a la enorme cantidad de individuos registrados de la familia Laridae. En los meses subsiguientes dicho índice volvió a tener valores constantes.

En el índice de Shannon-Wiener se obtuvo un valor mínimo 0.183 bits/ind y un valor máximo de 0.992 bits/ind. Lo cual sugiere una baja biodiversidad para esta zona dentro del AIJCh. Esto se corrobora con la presencia de 6 especies durante los meses de observación y la amplia dominancia de *C. atratus* y de la familia Laridae en los meses marzo y abril.

En cuanto a la variación temporal de este índice los valores obtenidos en el mes de noviembre fueron de 0.388 bits/ind conforme fueron mejorando las técnicas de observación y conteo se llegó a valores más constantes que van desde 0.625 bits/ind hasta un máximo de 0.992 bits/ind. Al igual que el índice anterior tuvo una caída abrupta por la presencia de miembros de la familia Laridae, para luego retomar valores estables hacia los meses finales de observación.

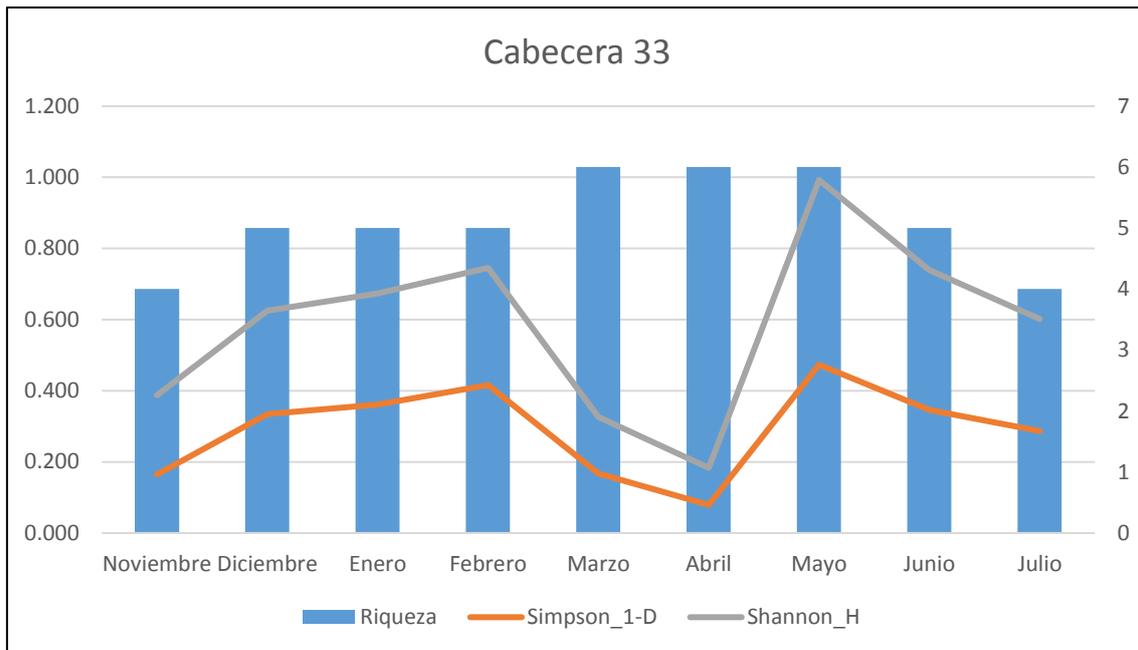


Fig.24: Variación de los índices de biodiversidad alfa en los meses de observación para la Cabecera 33

Cabecera 15

En cuanto a esta zona el índice de Simpson tuvo variaciones marcadas a lo largo de los meses de estudio. Lo cual se explica por los cambios en la riqueza y el número de individuos que fue mucho menor con respecto a la Cabecera 33.

En este sentido, se obtuvo un valor mínimo de 0.215 bits/ind para el mes de abril, de igual manera esto se debe a la mayor cantidad de individuos pertenecientes a la familia Laridae que fueron avistados durante dicho mes. El mayor valor que tomó este índice fue en el mes de febrero con 0.610 bits/ind esto sugiere que dentro de este periodo no hubo dominancia evidente como en los otros meses evaluados donde se obtuvo valores menores.

En cuanto al índice de Shannon-Wiener presentó un valor mínimo de 0.411 bits/ind y un máximo de 1.133 bits/ind dando como resultado una biodiversidad baja para la zona. En cuanto a la variación temporal del mismo se obtuvo un valor de 0.682 bits/ind en el mes de noviembre para luego aumentar a 0.965 bits/ind para el mes de diciembre en los siguientes tres meses (enero, febrero, marzo) se obtuvo valores con poca fluctuación los cuales corresponden a 1.100.1.133 y 1.042 bits/ind respectivamente. De igual manera para las zonas anteriores este índice tuvo una abrupta caída para el mes de abril dando un valor de 0.411

bits/ind para luego volver a valores más altos en los últimos 3 meses de observación.

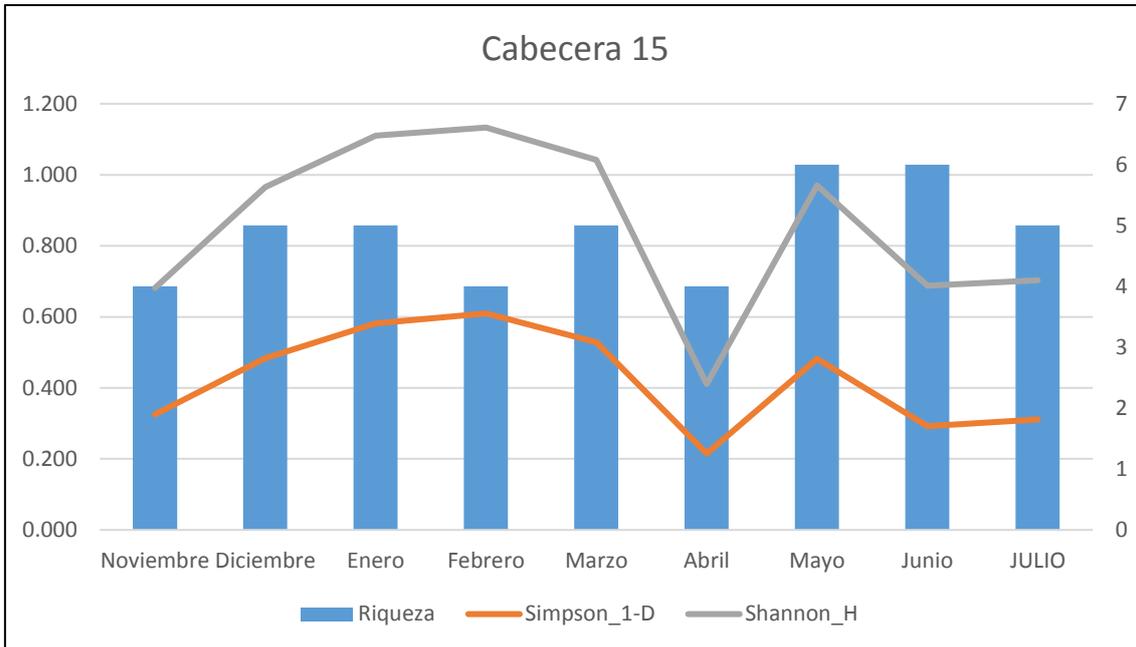


Fig.25: Variación de los índices de biodiversidad alfa en los meses de observación para la Cabecera 15

Chacra oeste

A diferencia de las otras zonas chacra oeste tuvo valores más altos para los índices de Simpson 1-D y de Shannon-Wiener. Esto se debe a la mayor riqueza de la zona y a la falta de dominancia de una especie en particular, como lo fue en la Cabecera 33 y Cabecera 15 aun así, dichos índices se vieron afectados en el mes de abril donde presentaron sus valores más bajos

En cuanto a la variación temporal del índice de Simpson 1-D en el mes de noviembre se obtuvo un valor de 0.7819 bits/ind para luego bajar y mantenerse estable en los siguientes 3 meses (diciembre, enero, febrero) con valores de 0.6749, 0.6013, 0.6808 bits/ind, en los siguientes dos meses hubo una caída en este índice con valores de 0.5685 bits/ind para marzo y 0.4937 bits/ind para el mes de abril correspondiendo al valor más bajo registrado. Luego en los últimos 3 meses de observación este índice vario notoriamente adoptando valores de 0.7522 bits /ind para el mes de mayo, 0.6958 bits/ind para el mes de junio y finalmente 0.8838 bits/ind para el mes de julio el cual corresponde al valor más alto obtenido.

Para el índice de Shanon-Wiener se obtuvieron valores que van desde un mínimo de 1.378 bits/ind hasta un valor máximo de 2.561 bits/ind en cuanto a la variación temporal de dicho índice para el mes de noviembre se obtuvo un valor de 2.302 bits/ind en los meses siguientes, la tendencia de este índice fue a declinar hasta llegar a un valor mínimo de 1.378 bits/ind para el mes de abril en los meses siguientes fue incrementándose hasta llegar al valor máximo de 2.561 bits/ind

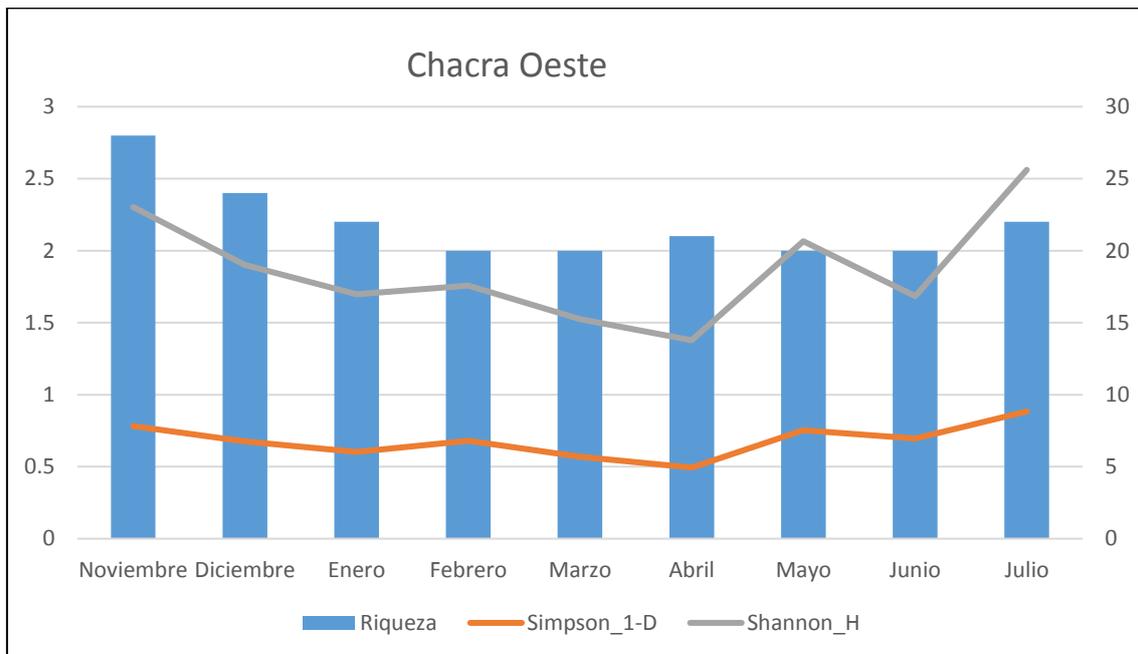


Fig.26: Variación de los índices de biodiversidad alfa en los meses de observación para Chacra oeste

11. DISCUSIÓN

La elaboración de un método de categorización de especies según su riesgo para la aeronavegación, resultó eficiente, según lo observado en la presente investigación. Los valores IERA calculados para las especies y grupos de especies están en concordancia con la literatura citada sobre el tema, que diagnostican a las especies con mayor masa corporal, alta abundancia y mayor grado de agregación como las más riesgosas. Complementariamente, las variables sobre el uso de hábitat y de los diferentes sectores del aeropuerto deben obtenerse directamente en el campo a partir de un cuidadoso y exhaustivo muestreo y el conocimiento sobre los incidentes que las especies involucradas aportan de manera sustancial a las puntuaciones finales del IERA (Marateo *et al* 2011)

Según lo muestran resultados de las puntuaciones del IERA, el “gallinazo de cabeza negra” *Coragyps atratus* es la especie más preocupante para el AIJCh. Esta especie es muy abundante y de gran porte, suele agruparse en bandadas, utilizan especialmente el espacio aéreo de las aeronaves y son voladores lentos que prefieren el planeo al vuelo batido, volando frecuentemente por encima de los 50m de altura lo que coincide con una experiencia de análisis en Estados Unidos (Blackwell & Wright 2006) quienes demostraron que el 99% de los accidentes con esta especie ocurrieron durante las horas del día, mientras que más del 90% ocurrieron por debajo de los 600m, 49% por debajo de los 150m y 29% por debajo de los 30m de altura. Resultados similares fueron encontrados para varios aeropuertos de Brasil (Novaes & Alvarez 2010). El rango promedio de vuelo de esta especie se encuentra entre los 55m y los 280m (DeVault *et al* 2005). Además existen antecedentes de accidentes para 3 aeropuertos de Perú (Lima, Iquitos y Chiclayo) (Vargas, 2013). Todas estas características los vuelven potencialmente peligrosos por riesgos de colisiones con aviones.

La familia Laridae con sus 3 especies: *Leucophaeus pipixcan*, *Larus belcheri* y *Larus dominicanus* fueron el segundo grupo en importancia. Si bien esta familia fue más abundante, en cuanto a valor absoluto, que *C. atratus* y presentan las mismas puntuaciones como en el grado de agregación, altura de vuelo, uso de hábitats, riesgo de uso por sector e incidentes reportados, la diferencia se encuentra en que presentan un tamaño mucho menor que *C. atratus* y además su hábito de vuelo no es lento ni de planeo si no que posee vuelo batido por lo que presentan mayor capacidad para evitar a los aviones cuando estos se aproximan. Además, se tiene que resaltar que esta especie no es un peligro constante durante todo el año que duran las operaciones de aeronavegación puesto que al ser una familia con especies migratorias (noviembre-abril) solo se encontraron presentes durante los meses de marzo y abril. Antecedentes reportados también por los autores (Burger *et al.* 2010; Villegas-Patracca & Herrera-Alsina, 2014) Lo cual quiere decir que esta familia utilizó el espacio aéreo del AIJCh una vez finalizada la época de migración. Por otro lado, *Falco peregrinus* y *Parabuteo unicinctus* son especies menos abundantes en el aeropuerto, pero al igual que *C. atratus* por su porte y altura de vuelo son potencialmente peligrosas por colisiones con aeronaves. (Marateo, 2011)

La presencia de los miembros de la familia Columbidae: *Zenaida auriculata*, *Zenaida meloda* y *Columba livia* se reportaron de manera constante en las zonas de Cabecera 33 y Cabecera 15, utilizando la infraestructura y el ras del suelo como hábitat, si bien son aves de pequeño porte se observó que tuvieron menor

posibilidad de impacto reportado igualmente por (Vargas, 2013) que menciona menor frecuencia de impacto a los aviones generando menor riesgo al ser ágiles voladoras. Además, su presencia está relacionada con las modificaciones del paisaje y el tipo de hábitat que son factores clave para determinar la presencia en los aeropuertos. (Kuster, 2000; Washburn & Seamans 2004) lo que concuerda también con Madrid y Elías (2017) donde estas especies fueron observadas en otros ecosistemas

El riesgo potencial de colisiones con aves se observó para todo el día de actividad, pero con diferencias en los horarios de actividad de las especies y grupos más abundantes.

De las zonas de pista más riesgosas, es decir las cabeceras, los análisis por sectores del AIJCh mostraron que *C. atratus* utilizan tanto la Cabecera 33 como la Cabecera 15, siendo la especie más activa y abundante a partir de las 9:00 horas y hasta la media tarde (16:00-17:00 horas) usando las corrientes de aire ascendente (térmicas) para realizar sus vuelos de planeo, mientras que las especies de la familia Laridae fueron más activas y numerosas durante las primeras horas de la mañana (7:00 horas) y durante las últimas horas de la tarde (17:00-18:00 horas) lo cual coincide con el comportamiento conocido para muchas especies de aves y que generalmente realizan este tipo de viajes dos veces al día (mañana y tarde) lo cual coincide con los picos de abundancia máxima de estas aves. (Del Hoyo *et al.*, 1994; del Hoyo *et al.*, 1997)

De manera general la zona de estudio presentó índices bajos de biodiversidad alfa, lo cual se corrobora con las observaciones de pocas especies registradas para las Cabeceras 33 y 15 donde la cobertura vegetal es prácticamente nula. Reportes similares indican que se debe generar compatibilidad de un aeropuerto con sus proximidades, de tal forma que se minimice el peligro de la fauna y así mismo, controlando y gestionando los aspectos ambientales que generan impactos al entorno. (Godin 1994) Si bien no existen muchos sitios atractivos para aves dentro de dichas cabeceras, en las inmediaciones del AIJCh se encuentran numerosos asentamientos humanos que atraen a las especies consideradas antrópicas como *C. atratus* y *C. livia*. Adicionalmente según lo reportado (Vargas 2013) en las zonas de biodiversidad baja (Chala, Puna), biodiversidad media (Quechua) y biodiversidad alta (Selva alta y baja) los índices de biodiversidad alfa no tuvieron correlación alguna con la Riqueza de especies presentes en el área sino más bien con aquellas que presentan mayor tamaño y hábitos de vuelo.

12. CONCLUSIONES

1. La composición de especies en el AIJCh se basa en especies antrópicas y residentes del lugar, siendo *Leucophaeus pipixcan* la única especie migratoria durante los meses de verano (diciembre -marzo).
2. Las zonas donde se encuentra una amplia cobertura vegetal son aquellas que tienen mayor oferta de alimento, lugares de reposo, anidamiento y percha. Por consecuencia a esto, dichas zonas presentan la mayor riqueza.
3. La temperatura ambiental es un factor que no condiciona la presencia estacional de las especies. Sin embargo, la especie *Coragyps atratus* incrementa su presencia en verano aprovechando las térmicas de aire caliente para realizar vuelos.
4. El tamaño corporal, abundancia y tipo de vuelo de las aves fueron los factores que más influyeron en el riesgo de impacto aeronáutico, siendo *Coragyps atratus* y la familia Laridae los que presentan mayor riesgo de impacto.
5. El riesgo de impacto aeronáutico no está directamente relacionado con los índices de biodiversidad, sino más bien con la presencia de aves de gran porte y con vuelo de mayor altitud.

13. RECOMENDACIONES

Resulta imprescindible llevar a cabo un programa de monitoreo periódico y permanente en el AIJCh para poder responder de manera inmediata, a través de las medidas de control pertinentes, ante cualquier posible cambio en los patrones de abundancia y de actividad de la avifauna en el espacio y tiempo.

La implementación de planes de manejo de avifauna efectivos, incluyendo técnicas pasivas y activas, generará la reducción significativa de riesgos y daños asociados a las colisiones en el espacio y tiempo.

14. REFERENCIAS CITADAS

1. Ayala-Pérez V, Arce N, Carmona R. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la Ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 2013; 84(1):327–337.
2. Barras SC, Dolbeer RA. Reporting bias in bird strikes at John F Kennedy International Airport, New York, 1979-1998. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications. 2000:140
3. Bibby C, Jones M, Marsden S. Expedition field techniques: bird surveys. London: Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society; 1998.
4. Blackwell BF, Wright SE. Collisions of Red-tailed Hawks (*Buteo Jamaicensis*), Turkey Vultures (*Cathartes Aura*), and Black Vultures (*Coragyps Atratus*) with Aircraft: Implications for Bird Strike Reduction. 2006;40(1):76–80.
5. Burger J, Gochfeld M, Ridgely R. Migratory Behavior of Franklin's Gulls (*Larus pipixcan*) in Peru. *Energy and Power Engineering*. 2010;02(03):143–147.
6. Carmona R, Danemann G. Distribución espacio-temporal de aves pelecaniformes en la salina de Guerrero Negro, B.C.S , Mexico. *Hidrobiológica*. 2000;10(2):85–90.
7. Cleary EC, Dolbeer RA, Wright SE. Wildlife strikes to civil aircraft in the United States 1990-2005. Other Bird Strike and Aviation Materials. 2006:7.
8. DeVault TL, Reinhart BD, Brisbin IL, Rhodes OE. Flight Behavior of Black and Turkey Vultures: Implications for Reducing Bird-Aircraft Collisions. *The Journal of Wildlife Management*. 2005;69(2):601–608.
9. Del Hoyo, J; Elliot, A; Sargatal, J (Ed). Handbook of the birds of the world: New World Vultures to Guineaifowl. V.2. Barcelona: Lynx Editions, 1994.
10. Del Hoyo J; Elliot, A; Sargatal, J (Ed). Handbook of the birds of the world: Sadgrouse to cuckoos. V.4. Barcelona: Lynx Editions, 1997.

11. García G, Gómez-Laich A. Abundancia y riqueza específica en un ensamble de aves marinas y costeras del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *El hornero*. 2007;22(1):9–16.
12. Gatto A, Quintana F, Yorio P, Lisnizer N. Abundancia y diversidad de aves acuáticas en un humedal marino del Golfo San Jorge, Argentina. *El hornero*. 2005; 20(2):141–152.
13. Godin AJ. *Birds at airports*. 1994.
14. González O, Málaga E. Distribución de aves en el Valle de Majes, Arequipa, Perú. *Ornitología Neotropical*. 1997; 8:57–69.
15. Guzmán J, Carmona R, Bojórquez M, Palacios E. Distribución temporal de aves acuáticas en el estero de San José del Cabo, BCS, México. *Ciencias Marinas*. 1994 [accessed 2017 Feb 2];20(1). <http://www.redalyc.org/html/480/48020107/>
16. Hygnstrom SE, Timm RM, Larson G, University of Nebraska--Lincoln, Cooperative Extension, United States, Animal Damage Control, Great Plains Agricultural Council, Wildlife Committee. *Prevention and control of wildlife damage*. Lincoln]; Washington, DC; [Nebraska: University of Nebraska Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska--Lincoln; U.S. Dept. of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Animal Damage Control; Great Plains Agricultural Council, Wildlife Committee; 1994.
17. Küsters E. Man-made wetlands and flight safety. In: *International bird strike committee meeting*. Vol. 25. 2000.
18. Leôncio F, Henrique D, De Paiva B, Viera L. Avifauna relacionada ao risco de colisões aéreas no aeroporto internacional presidente Juscelino Kubitschek, Brasília, distrito federal, Brasil. *Revista Conexão SIPAER*. 2010; 1(2):230-243
19. Linnell M, Conover M, Ohashi T. Biases in Bird Strike Statistics Based on Pilot Reports. *The Journal of Wildlife Management*. 1999 ;63(3):997.

20. Madrid FM, Elías C. Avistamiento de aves en el campus de la universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. *Revista Biotempo*.2017;14(2):167-177
21. Marateo G, Grilli P, Ferretti V, Bouzas N. Diagnóstico de riesgo aviario en un aeródromo de un aérea megadiversa del Perú. *Revista Conexao SIPAER* 2011; 3(2):203-227
22. Mendonça FAC. Gerenciamento do perigo aviário em aeroportos. *Revista Conexão SIPAER*. 2009;1(1):153–174.
23. Novaes W, Alvarez M. Perigo aviário em aeroportos do nordeste do Brasil: análise das colisões entre aves e aviões entre os anos de 1985 e 2009. *Revista Conexão SIPAER*. 2010;1(3):47–68.
24. Owino A, Biwott N, Amutete G. Bird strike incidents involving Kenya Airways flights at three Kenyan airports, 1991–2001. *African Journal of Ecology*. 2004; 42(2):122–128.
25. Ralph CJ, Geupel GR, Pyle P, Martin TE, DeSante DF. *Handbook of field methods for monitoring landbirds*. 1993 [accessed 2017 May 30].
26. Reca A, Úbeda C, Grigera D. Conservación de la fauna de tetrápodos. I. Un índice para su evaluación. *Mastozoología Neotropical*. 1994;1(1):17–28.
27. Remsen V, Areta J, Cadena C, Claramunt S, Jaramillo A, Pacheco J, Pérez-Emán J, Robbins M, Stiles F, Stotz D, and Zimmer K. 2016. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
28. Schulenberg T, Stotz D, Lane D, O'Neill J, Parker III T. *Birds of Perú: Updated and revised Edition*. Princeton University press. Serie Biodiversidad CORBIDI. CORBIDI 2010.
29. Sodhi NS. COMPETITION IN THE AIR: BIRDS VERSUS AIRCRAFT. *The Auk*. 2002;119(3):587. doi:10.1642/0004-8038(2002)119[0587:CITABV]2.0.CO;2

30. Ugalde-Lezama S, Valdez-Hernández JI, Ramírez-Valverde G, Alcántara-Carbajal JL, Velázquez-Mendoza J. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y bosques*. 2009;15(1):5–26
31. Vargas Villegas, Flavio. Informe técnico el peligro de fauna en los aeródromos del Perú. Callao: Corpac; 2013. p. 48. Report No.: 1.
32. Villegas-Patracá R, Herrera-Alsina L. Migration of Franklin's Gull (*Leucophaeus pipixcan*) and its variable annual risk from wind power facilities across the Tehuantepec Isthmus. *Journal for Nature Conservation*. 2015;25:72–76.
33. Washburn BE, Seamans TW. Management of vegetation to reduce wildlife hazards at airports. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications. 2004:396.