

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO INTERNACIONAL EN CONSERVACIÓN
Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE

PATRÓN TEMPORAL MIGRATORIO DE RAPACES EN EL CARIBE SUR DE COSTA RICA
DURANTE LA PRIMAVERA BOREAL

Arianna Gisela Tejeda Tellez

Heredia, Mayo de 2019

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Postgrado
de la Universidad Nacional para optar al título de Magister Scientiae
en Conservación y Manejo de Vida Silvestre

PATRÓN TEMPORAL MIGRATORIO DE RAPACES EN EL CARIBE SUR DE COSTA RICA
DURANTE LA PRIMAVERA BOREAL

Arianna Gisela Tejeda Tellez

Tesis presentada para optar al grado de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de
Vida Silvestre. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de
Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

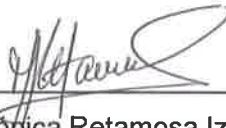
Miembros del Tribunal Examinador



Dr. Francisco San Lee Campos
Representante del Consejo Central de Posgrado



Dr. Luis Diego Alfaro Alvarado
Coordinador del posgrado



Ph.D. Mónica Retamosa Izaguirre
Tutor de tesis



Ph.D. Manuel Spínola Parallada
Miembro del Comité Asesor



Ph.D. Ernesto Ruelas Inzunza
Miembro del Comité Asesor

Arianna Gisela Tejeda Tellez

Arianna Gisela Tejeda Tellez
Sustentante

RESUMEN

Cada año, millones de individuos de al menos 33 especies de rapaces neárticas que se reproducen en Canadá, Estados Unidos y el norte de México, viajan hacia Centro y Sudamérica a través del Corredor Mesoamericano, el cual forma parte de la ruta migratoria trans-americana y es considerado la ruta migratoria más importante de América. Las rutas de migración de otoño en este corredor son conocidas y han sido ampliamente documentadas en el hemisferio norte para las tres especies principales que usan el corredor (*Cathartes aura*, *Buteo platypterus* y *Buteo swainsoni*); sin embargo, la geografía del corredor durante la migración de primavera no se conoce a tanto detalle como la de otoño. Los factores que definen la selección de rutas de migración durante la primavera y el otoño están determinados por diferencias en las corrientes térmicas de advección (termales), la topografía, presencia o ausencia de cuerpos de agua, en combinación con factores ecológicos y meteorológicos, así como características propias de las aves como el comportamiento. Desde el 17 de febrero hasta el 17 de mayo se contabilizaron migrantes siguiendo el protocolo de monitoreo del Centro Científico Kéköldi, en el Territorio Indígena Kéköldi, Costa Rica. Durante 83 días de conteo se registró un total de 613.849 individuos pertenecientes a 16 especies de rapaces, una especie de cigüeña y una especie de garza. El Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*), junto con el Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*), el Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*) y el Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*) representaron el 98% del conteo total. Debido a la ubicación del sitio de conteo con respecto a las zonas de reproducción y zonas de invernada de las rapaces, el ensamble de especies incluye migrantes completos, parciales, irruptivos, neárticos, neotropicales, incluso, migrantes australes. El Aura Cabeza Roja se observó migrando durante toda la temporada, al igual que el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*). El Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*) y el Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*) son de los primeros migrantes en regresar a Norteamérica. El Milano Mississippi migró desde finales de marzo hasta principios de mayo; el Aguilucho Alas Anchas y el Aguilucho Langostero se observaron migrando desde principios de marzo hasta finales de abril y la migración del Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) es más numerosa en abril. También se contabilizaron individuos del Milano Pico Garfio (*Chondrohierax uncinatus*), del Vari Norteño (*Circus hudsonius*), del Gavilán Norteño (*Accipiter striatus*), del Azor de Cooper (*Accipiter cooperii*), del Caracolero Común (*Rostrhamus sociabilis*), del Aguilucho Cola Roja (*Buteo jamaicensis*), del Cernícalo

Americano (*Falco sparverius*) y del Esmerejón (*Falco columbarius*). El patrón diario de migración para casi todas las especies muestra más actividad por la mañana y por la tarde (09:00 y 14:00 horas). Las rapaces de vuelo sostenido y las rapaces migratorias no presentan diferencia en su ritmo temporal diario. El ensamble de especies registradas en la costa Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal es muy similar al registrado durante el otoño boreal. Durante los meses de marzo y abril se puede observar una gran concentración de diferentes especies de rapaces migrantes en el Caribe sur, en su regreso a Norteamérica. Se recomienda continuar con el monitoreo de rapaces durante la migración de primavera boreal para entender la migración de rapaces en el trópico, así como las diferencias o similitudes con respecto a la migración de otoño y con otros sitios de conteo a lo largo del Corredor Mesoamericano. Asimismo, se recomienda impulsar el ecoturismo como una fuente que permita solventar el monitoreo constante a largo plazo. Se recomienda ampliar las fechas de monitoreo durante la primavera, comenzando idealmente a principios de enero. De igual forma, se recomienda comenzar a las seis de la mañana y terminar a las seis de la tarde. Asimismo, se debe dar a conocer la información generada durante el monitoreo, para que la información diaria esté disponible y pueda ser usada en estudios a nivel regional. Se recomienda complementar el conteo de migrantes con estudios de radar de forma simultánea. Se recomienda llevar a cabo estudios de las rapaces residentes en la zona para analizar la relación entre especies residentes y migratorias durante las épocas de migración.

Palabras Clave. Caribe sur, Costa Rica, Kèköldi, migración, primavera boreal, rapaces, Talamanca.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente a las diversas instituciones y a aquellas personas que hicieron posible mis estudios de maestría, así como el desarrollo de esta tesis.

Al Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés) por brindarme la oportunidad de ser becaria y recibir el apoyo para estudiar la maestría en Conservación y Manejo de Vida Silvestre.

A IdeaWild por proporcionar el equipo para llevar a cabo el trabajo de campo.

A la American Ornithologists' Union por hacerme acreedora a la "AOU Student Membership Award 2010", por medio de la cual pude acceder a diversa literatura relacionada al campo de las aves.

Al Centro Científico Kèköldi de la Asociación Kèköldi Wak ka koneke, en especial al Sr. Sebastian Hernández Balma y a su familia por todo el apoyo económico, logístico, por brindarme la confianza y permitirme pertenecer al grupo de investigadores de este Centro.

Al Sr. Earl Fernando Junier Wade por las facilidades brindadas para realizar los trámites necesarios ante el MINAE y el SINAC.

A Hawk Mountain Sanctuary por la oportunidad de pertenecer a su grupo de internos y por las facilidades brindadas en el desarrollo del escrito, especialmente a Keith Bildstein y a Laurie Goodrich, por sus consejos y asesoría.

Al personal administrativo del ICOMVIS, quienes me asesoraron y apoyaron antes, durante y después de mis estudios en Costa Rica. En especial a Hilda Casasola, quien siempre respondió a mis correos aclarando mis dudas, dándome consejos y ánimos.

Al Biól. Daniel Martínez por sus enseñanzas y por su valiosa cooperación durante el desarrollo del trabajo de campo. También quiero agradecer a Duaro, Keswar, Weymer y Maycol, chicos de la localidad quienes me apoyaron durante mis días en la torre de observación.

Agradezco enormemente a Rosa Lilia Tellez Uribe, quien brindó sin dudar todo su apoyo moral y económico para la realización de mis estudios de maestría, así como para la finalización de mi tesis.

Quiero agradecer también a quienes me apoyaron en la fase de escritura de la tesis, en particular, a mi tutora Mónica Retamoza Izaguirre, quien a pesar de las circunstancias no dejó de creer en mí y me brindó su apoyo hasta la culminación de esta fase; a mis asesores Manuel Spínola Parallada y Ernesto Ruelas Inzunza quienes tuvieron la paciencia y el tiempo de compartir sus conocimientos conmigo y por brindarme sus consejos.

En especial, quiero agradecer al M.S. César Lautaro Chávez Villavicencio por sus aportes, su paciencia, sus enseñanzas, sus regaños y sus consejos durante mis estudios de maestría y en el desarrollo del escrito.

También agradezco a cada uno de los profesores que impartieron sus enseñanzas durante mis estudios de maestría, gracias a ellos he logrado mejorar mi desempeño en varios ámbitos, no sólo profesionales sino también personales.

Agradezco a Peter Derycz por el financiamiento brindado para llevar a cabo la defensa de la tesis.

Le agradezco a Gina Kent y a Ken Meyer por permitirme hacer uso de su información.

Por último, quiero agradecer a mis compañeros de la promoción XX del ICOMVIS, con quienes compartí momentos bastante gratos que quedan en mi memoria y en mi corazón. Especialmente a Wendy y a Jenell por dejarme presenciar el milagro de la vida.

DEDICATORIA

A mi madre, Rosa Lilia, de quien he aprendido a nunca rendirme a pesar de las circunstancias. Quien me ha alentado a seguir adelante con mis planes, siempre contando con todo su apoyo de manera incondicional, aún en la distancia.

A mis hermanos Mario, Alejandro, Ricardo y Adrián, quienes han sido base y soporte en las diferentes etapas de mi vida.

A Kerlin, quien me ha brindado la confianza de compartir su vida conmigo, con quien he compartido mis aventuras en el campo y también ha tenido que soportar ausencias prolongadas.

Especialmente para ti, que me has enseñado que las ganas de vivir no deben acabarse nunca y que esta vida debe vivirse de la mejor manera. Quien a pesar de tu corta edad, ha tenido que soportar un gran peso sin perder tu hermosa sonrisa. Por tu madurez para sobrellevar lo que acontece, por tu paciencia y comprensión. Con todo mi amor, para mi pequeño gran guerrero Zedrick Karim.

CONTENIDO

RESUMEN.....	v
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA.....	ix
CONTENIDO	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
ÁREA DE ESTUDIO.....	9
METODOLOGÍA.....	11
1. Colecta de datos	11
2. Análisis de datos.....	14
2.1. Ensamble de especies.....	14
2.2. Periodo migratorio estacional.	15
2.3. Ritmo temporal diario de migración.....	15
RESULTADOS	16
1. Ensamble de especies	16
2. Periodo migratorio estacional.....	19
3. Ritmo temporal diario de migración	24
DISCUSIÓN.....	30
1. Ensamble de especies	30
2. Periodo migratorio estacional.....	34

3. Ritmo temporal diario de migración	36
CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA EL MANEJO Y LA CONSERVACIÓN	38
LITERATURA CITADA	40
Comunicaciones Personales	53
ANEXO A	54
ANEXO B	55

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Especies migratorias observadas durante la primavera boreal de 2010 en el Caribe sur de Costa Rica.	16
Cuadro 2. Características ecológicas de las rapaces registradas en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.	18

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Ruta seguida por las tres principales especies que migran a través del Corredor Mesoamericano durante la migración de otoño y primavera.	4
Figura 2. Localización de la torre de observación del Centro Científico Kèköldi en el Territorio Indígena Kèköldi, Talamanca, Costa Rica.	10
Figura 3. Puntos de referencia para el conteo y toma de datos durante la migración de aves rapaces en el Territorio Indígena Kèköldi, Talamanca, Costa Rica. Kaskicha corresponde a la Cordillera de Talamanca, del otro lado de Sixaola; Carbón es la montaña al lado del Parque Nacional de Cahuita. La posición de vuelo corresponde a sur lejos que es al sur de la torre, entre el Congo y el límite del Territorio Indígena; sur cerca que es al sur de la torre, hasta la loma que cruza hacia el cerro el Congo; costa cerca corresponde al norte de la torre, hasta la última línea de árboles en la dirección de la costa; costa lejos es al norte de la torre, después de la última línea de árboles y coincide con la línea de costa y T corresponde a la torre de observación.	13
Figura 4. Periodo migratorio estacional del Aura Cabeza Roja (<i>Cathartes aura</i> ; TUVU), del Milano Mississippi (<i>Ictinia mississippiensis</i> ; MIKI), del Aguilucho Alas Anchas (<i>Buteo platypterus</i> ; BWHA) y del Aguilucho Langostero (<i>Buteo swainsoni</i> ; SWHA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.	21
Figura 5. Periodo migratorio estacional del Águila Pescadora (<i>Pandion haliaetus</i> ; OSPR), del Elanio Tijereta (<i>Elanoides forficatus</i> ; STKI), del Milano Plomizo (<i>Ictinia plumbea</i> ; PLKI) y del Halcón Peregrino (<i>Falco peregrinus</i> ; PEFA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.	22

- Figura 6. Periodo migratorio estacional del Cigüeñón (*Mycteria americana*; WOOD) y de las rapaces no identificadas (URAPTORS) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010. 23
- Figura 7. Ritmo temporal diario del Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*; TUVU), del Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*; MIKI), del Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*; BWHA) y del Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*; SWHA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010. 26
- Figura 8. Ritmo temporal diario del Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*; OSPR), del Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*; STKI), del Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*; PLKI) y del Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*; PEFA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010. 27
- Figura 9. Ritmo temporal diario del Cigueñón (*Mycteria americana*) y de las rapaces sin identificar (URAPTOR) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010. 28
- Figura 10. Ritmo temporal diario de las aves rapaces planeadoras (que dependen de las termales para migrar) y de las de vuelo sostenido en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010. 29

INTRODUCCIÓN

Las rapaces, al igual que otros grupos de aves, recorren grandes distancias en su migración latitudinal, realizando movimientos estacionales de ida y vuelta del área de reproducción al área de invernada. Estos movimientos casi siempre ocurren en las mismas fechas año con año y tienen direcciones fijas y restringidas (Kerlinger 1989, Newton 2010). Las rapaces, a diferencia de otras aves, migran principalmente de día y evitan cruzar grandes cuerpos de agua, por lo que generalmente atraviesan rutas bien establecidas sobre tierra (Bildstein y Zalles 2001, Bildstein 2004).

Cada año, millones de individuos de al menos 33 especies de rapaces neárticas, especies que se reproducen en Canadá, Estados Unidos y el norte de México, viajan hacia Centro y Sudamérica a través del Corredor Mesoamericano (Bildstein y Zalles 2001, Goodrich y Smith 2008). Este corredor forma parte de la ruta migratoria trans-americana y es considerado la ruta migratoria más importante de América (Bildstein 2006).

Entre las especies registradas migrando en el corredor, existen categorías ecológicas de acuerdo a su comportamiento migratorio: (a) migratorias parciales, (b) migratorias completas, (c) especies irruptivas y de movimientos regionales (Kerlinger 1989, Bildstein 2006) y (d) una cuarta clasificación que incluye a las migratorias intratropicales (Bildstein 2018). La mayoría de las poblaciones que migran a través de este corredor son migrantes parciales (Goodrich y Smith 2008), es decir, las áreas reproductivas y no reproductivas se traslapan y en el área de traslape las especies se encuentran presente todo el año (Kerlinger 1989, Berthold 2001). Entre estas especies se encuentran el Zopilote Negro (*Coragyps atratus*), Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*), Elanio Maromero (*Elanus leucurus*), Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*), Águila Real (*Aquila chrysaetos*), Vari Norteño (*Circus hudsonius*), Gavilán Norteño (*Accipiter striatus*), Azor de Cooper (*Accipiter cooperii*), Azor Norteño (*Accipiter gentilis*), Águila Cabeciblanca (*Haliaeetus leucocephalus*), Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*), Aguilucho cangrejero (*Buteogallus anthracinus*), Gavilán Mixto (*Parabuteo unicinctus*), Aguilucho Hombros Rufos (*Geranoaetus albicaudatus*), Gavilán Gris (*Buteo plagiatus*), Gavilán Pechirrojo (*Buteo lineatus*), Aguilucho Aura (*Buteo albonotatus*), Aguilucho Cola Roja (*Buteo jamaicensis*), Aguilucho Real (*Buteo regalis*), Cernícalo Americano (*Falco sparverius*), Esmerejón (*Falco columbarius*), Halcón Plomizo (*Falco femoralis*), Halcón Peregrino (*Falco*

peregrinus) y Halcón Pradeño (*Falco mexicanus*) (Bildstein y Zalles 2001, Bildstein 2006, Goodrich y Smith 2008).

Este corredor también es usado por migrantes completos, o sea, especies en las que no se encuentran individuos de la especie durante la época no reproductiva, tales como el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*), el Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*), el Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*), el Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*) y el Aguilucho Ártico (*Buteo lagopus*; Bildstein y Zalles 2001, Bildstein 2006, Goodrich y Smith 2008).

El tercer grupo se compone de especies migrantes irruptivos o locales, aquellas especies que presentan movimientos más esporádicos, asociados a fluctuaciones ambientales basados en la disponibilidad de presas y típicamente recorren menos distancias. Ejemplos de estas especies son el Milano Pico Garfio (*Chondrohierax uncinatus*), el Gavilán Caminero (*Rupornis magnirostris*), el Aguilucho Cola Corta (*Buteo brachyurus*) y Caricare (*Caracara cheriway*; Bildstein y Zalles 2001, Bildstein 2006, Bildstein y Zalles 2010).

Finalmente, los migrantes intratropicales son aquellas especies que migran dentro de los trópicos, generalmente en respuesta a diferencias estacionales en la disponibilidad de presas y usualmente entre regiones que tienen épocas secas y lluviosas y son considerados migrantes parciales (Bildstein 2006, Newton 2008, Bildstein 2018). Las especies dentro de esta categoría que migran a través del corredor son el Zopilote Negro, el Elanio Maromero, el Milano Plomizo, el Caracolero Común (*Rostrhamus sociabilis*; Bildstein y Zalles 1998, Zalles y Bildstein 2000).

Las rutas de migración de otoño en el Corredor Mesoamericano son conocidas y han sido ampliamente documentadas en el hemisferio norte para las tres especies principales que usan el corredor (*Cathartes aura*, *Buteo platypterus* y *Buteo swainsoni*). Se sabe que los individuos que nidifican en el oeste de Canadá y Estados Unidos, entran a la región por el oeste montañoso de Estados Unidos o por las montañas Rocallosas, dependiendo de la especie, mientras que los individuos que se reproducen en el noreste de Estados Unidos y Canadá entran al corredor por la costa sureste de Texas. Estas tres especies convergen en el estado de Veracruz, México, justo al norte de la Sierra Manuel Díaz, que es una extensión montañoso que forma parte de la Sierra Madre Oriental y es donde se crea un cuello de botella de menos de 20 km a lo largo de la costa del Golfo de México (Bildstein y Zalles 2001). Desde ese punto, el corredor continúa al sureste y se

ramifica al oeste del Istmo de Tehuantepec en dos principales rutas, una que va al este a lo largo de la vertiente Caribe vía Chiapas, México y al sur de Petén en Guatemala hacia el noroeste de Honduras, mientras que la otra ruta continúa al sureste a través de las tierras bajas de Tehuantepec hacia la vertiente del Pacífico en Chiapas, Guatemala y El Salvador (Zalles y Bildstein 2000, Bildstein y Zalles 2001).

En Belice (Phillips *et al.* 2014), Honduras y Nicaragua no se conoce la ruta exacta seguida por las especies migratorias, pero se menciona que las dos principales rutas se juntan en la vertiente del Pacífico en el sur de Honduras, cerca al Golfo de Fonseca, y la frontera con Nicaragua. De ahí, la ruta sigue hacia el sureste a través de la costa (misma dirección que antes) Pacífica, por el Lago de Managua y el Lago de Nicaragua. Al sur de Nicaragua la ruta continúa al sureste a lo largo de la vertiente del Caribe y la planicie costera del noreste de Costa Rica. En este punto, la ruta migratoria avanza hacia el sureste entre la base de la Cordillera de Talamanca y la costa del Caribe. Una vez en Panamá, la ruta continúa hacia el este, a lo largo de la vertiente Caribe y cruza el sur del Canal de Panamá, hacia el Pacífico, antes de entrar en el noroeste de Colombia (Figura 1; Zalles y Bildstein 2000, Bildstein y Zalles 2001).

Por otro lado, la geografía del corredor durante la migración de primavera no se conoce a tanto detalle como la de otoño. En Panamá, la migración de esas tres especies se concentra en la parte norte (Bildstein y Zalles 2001), entrando a Costa Rica por la costa Caribe y un número menor de migrantes entra por el Pacífico. Ambas líneas migratorias se juntan en el centro del país, en las laderas de la Cordillera Central y continúan hacia el noreste, atravesando la Llanura de los Guatusos hasta llegar a la parte central de la frontera con Nicaragua (Figura 1; Hidalgo *et al.* 1995) para seguir su camino hacia Honduras, El Salvador y Guatemala donde, presumiblemente, siguen las mismas rutas que en la migración de otoño (Bildstein y Zalles 2001). En México la migración es más dispersa y sigue una ruta similar a la de otoño (Ruelas Inzunza 2007).

Los factores que definen la selección de rutas de migración durante la primavera y el otoño están determinados por diferencias en las corrientes térmicas de advección (también llamadas termales, Ruelas Inzunza 2007), la topografía, presencia o ausencia de cuerpos de agua, en combinación con factores ecológicos y meteorológicos, así como características propias de las aves como el comportamiento (Kerlinger 1989, Bildstein 2006, Goodrich y Smith 2008). De acuerdo con Alerstam (1979, 2011), el viento juega un papel crucial en la migración de las aves, afectando la velocidad y la altura de vuelo, así como las rutas migratorias que siguen los individuos.

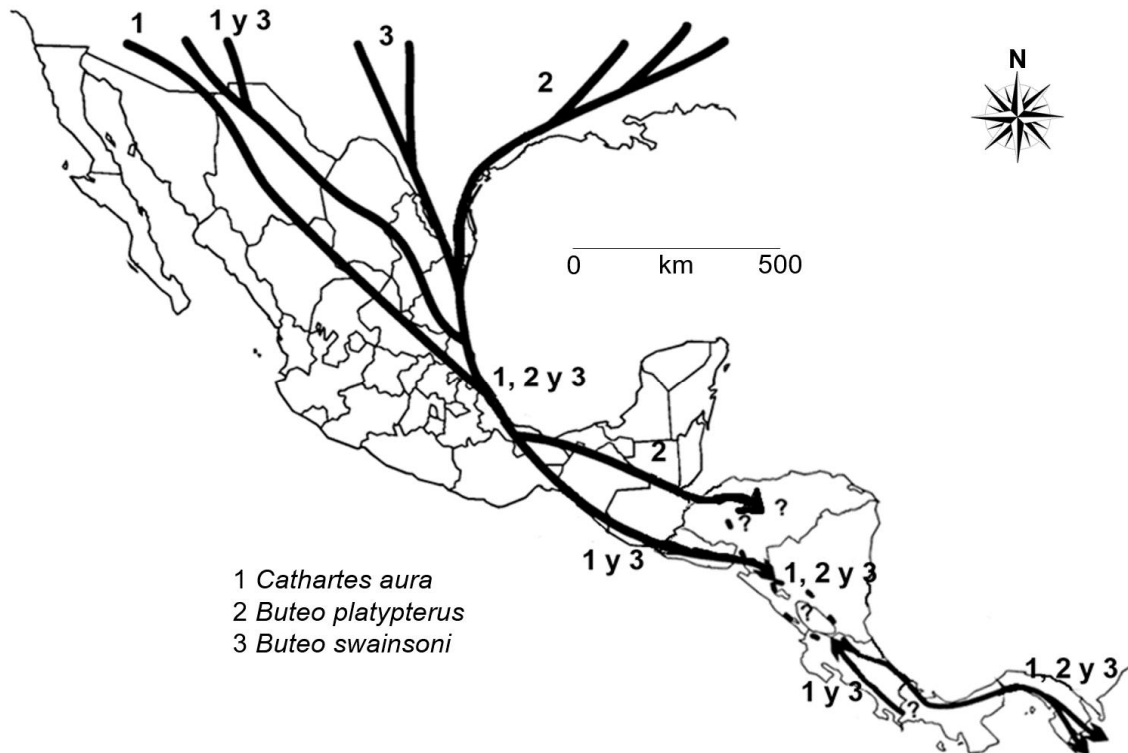


Figura 1. Ruta seguida por las tres principales especies que migran a través del Corredor Mesoamericano durante la migración de otoño y primavera. (Tomado y adaptado de Bildstein y Zalles 2001).

Las termas son columnas ascendentes de aire caliente que se forman cuando la superficie de la tierra, que tiene coberturas heterogéneas (por ejemplo, pastizales, bosque, cultivos) recibe y absorbe diferentes cantidades de luz o radiación solar, y consecuentemente se calienta de manera diferencial. Esto hace que la superficie del suelo se caliente más rápido entre menos vegetación tenga y favorece el ascenso del aire con el empuje de esta fuente de calor (Kerlinger 1989).

El ascenso de corrientes termas con la progresión del día comienza unas horas después del amanecer. Las termas crean una franja de movimiento activo de intercambio de masas de aire que los meteorólogos llaman “capa de mezcla” (en inglés “boundary layer”) que se levanta hasta cierta altura, típicamente no mayor a los 2.000 m sobre la superficie del suelo, y se estabiliza en esa altura (Kerlinger 1989, Kerlinger y Moore 1989). Por la tarde, al descender la temperatura del ambiente, las termas se debilitan y la altura general de la capa de mezcla desciende. El desarrollo de la capa de mezcla sigue una distribución platicúrtica (asciende, se “aplana” en la parte media del día y desciende por la tarde; Kerlinger y Moore 1989).

Las termales más grandes y fuertes se forman en días soleados alrededor de mediodía y son más fuertes en verano que durante el otoño o el invierno en las zonas templadas y, a su vez, son más fuertes en los trópicos. Además, en los trópicos, las termales se forman más temprano en la mañana debido a que la inclinación de los rayos del sol es más directa (menos oblicua) y la superficie del suelo se calienta más rápidamente (Bildstein 2006). La gran mayoría de las rapaces planeadoras usan estas corrientes de aire caliente para ascender y poder trasladarse en sus migraciones (Pennycuick 1972, Pennycuick 1998) y así reducir el gasto energético que ocasiona el aleteo constante (Pennycuick 1998, Kerlinger y Moore 1989). Por su parte, las especies de vuelo sostenido (aquellas que requieren de un aleteo constante) tienen la posibilidad de prescindir de las termales si estas no están disponibles por la hora del día o por el estado del tiempo, de manera que no son usuarios obligados de las termales y podrían tener diferencias en la hora y condiciones del tiempo en las que migran (Ruelas Inzunza 2007).

Las características del paisaje como las cordilleras, valles fluviales y líneas costeras actúan como “líneas guía” y “líneas de divergencia” en la migración de las rapaces, formando corredores migratorios bien establecidos (Mueller y Berger 1967, Bildstein y Zalles 2005, Bednarz y Kerlinger 1989), que actúan como concentradores o difusores de las rutas que siguen estas aves (Bildstein y Zalles 1998). Así, los sitios de paso en los que hay una concentración de grandes números de migrantes son sitios que reúnen ciertas características del paisaje y disponibilidad de termales (Bayly *et al.* 2018). Ejemplos de estas condiciones se presentan en Veracruz, México (Ruelas Inzunza 2007, Ruelas Inzunza *et al.* 2009) y Eilat, Israel (Safriel 1968, Shirihai y Christie 1992, Yosef 1995), entre algunos otros.

La presencia de grandes cuerpos de agua (mayores a 25km de diámetro) son considerados como una “línea de divergencia”, ya que actúan como barrera en la migración de las rapaces y la mayoría de las especies evita cruzarlos (Kerlinger 1989, Bildstein y Zalles 1998), debido a que las termales que se forman sobre lagos, lagunas y el mar suelen ser mucho más débiles y son menos numerosas en comparación con las que se forman sobre tierra (Bildstein 2006). Por tal motivo, las aves tienden a concentrarse en líneas de costa, istmos y penínsulas, como es el caso del Istmo de Panamá (Smith 1973, 1980, 1985a, 1985b) y el Estrecho de Gibraltar (Evans y Lathbury 1973, Finlayson *et al.* 1976, De Lucas *et al.* 2004, De la Cruz *et al.* 2010, Panuccio *et al.* 2016), entre otros.

El Corredor Mesoamericano está conformado por diferentes características topográficas entre las que destacan sierras, selvas, pantanos, humedales, ríos, lagos, lagunas, bosques e istmos (Cortés 2002, Álvarez Icaza 2013, Martínez 2013), formando una serie de rutas interconectadas que se extienden alrededor de 4.000 km desde la región sureste de México hasta la región este de Panamá (Bildstein y Zalles 2001, Bildstein 2006). Debido a dichas características, este corredor concentra a millones de rapaces migratorias al actuar como cuello de botella, ya que las planicies costeras se van estrechando por la presencia de los sistemas montañosos (Bildstein 2006).

A pesar de que el fenómeno de la migración de rapaces ha sido bien estudiada en América del Norte desde inicios del siglo pasado (Bildstein y Zalles 1998), el conocimiento que se tiene acerca de este fenómeno en el Corredor Mesoamericano es escaso y ha sido generado especialmente en México (Bussjaeger *et al.* 1967, Andrieu 1968, Purdue *et al.* 1972, Thiollay 1980, Tilly 1985 y 1987, Tilly *et al.* 1990, Ruelas Inzunza 1992, Sutton y Sutton 1999, Ruelas Inzunza *et al.* 2000, Zalles y Bildstein 2000, Ruelas Inzunza 2007, Ruelas Inzunza 2009, Ruelas Inzunza *et al.* 2009, McGrath 2010, Ruelas Inzunza 2010, Ruelas Inzunza *et al.* 2010a, 2010b, Villegas-Patracá *et al.* 2014, Cabrera-Cruz y Villegas-Patracá 2016, Cabrera-Cruz *et al.* 2017) y en Panamá (Hicks *et al.* 1966, Smith 1973, 1980, 1985a, 1985b, 1985c, Smith *et al.* 1986, Smith 1990, Batista *et al.* 2004, Bildstein *et al.* 2007b, Ventocilla Cuadros 2007).

En otros lugares del corredor ha sido resultado de observaciones ocasionales. En Guatemala, por ejemplo, Montejo Díaz y Ruelas Inzunza (1997) reportaron más de 3.000 individuos migrando al norte a lo largo de la costa pacífica y atlántica; mientras que en el 2005 se contabilizaron más de 200.000 individuos migrando al sur a finales de octubre y principios de noviembre (Heinrichs *et al.* 2006). En Belice se registraron más de 8.000 migrantes en su camino hacia el sur (Phillips *et al.* 2014); en El Salvador se contabilizaron alrededor de 300.000 rapaces en migración durante el otoño de 2005 (Pérez *et al.* 2013); en Honduras se reportan algunos miles de migrantes (Zalles y Bildstein 2000, Taylor 2011) y en Nicaragua se han observado varios cientos de miles de individuos de diferentes especies de rapaces en migración de otoño (Arrengi y McCrary 2004, McCrary y Young 2008).

Particularmente para Costa Rica, Jenkins (1970), Skutch (1969), Hidalgo *et al.* (1995), Bildstein y Duncan (2003) y Jiménez-Solera (2009) comentan la observación ocasional de rapaces migratorias a través del territorio en su camino hacia el sur del continente. Por otra parte, sólo Hernández y Zook (1993) e Hidalgo *et al.* (1995) mencionan haber visto rapaces migrando en su regreso a Norteamérica.

El primer conteo estandarizado de rapaces migratorias en el país se llevó a cabo en el mes de marzo de 1999, contabilizando migrantes en 10 diferentes puntos a lo largo de la nación, centrándose en la Costa Caribe sur, en la Cordillera de Talamanca y en la Cordillera Central para identificar aquellas zonas donde se concentra una mayor cantidad de migrantes (Bildstein y Saborio 2000). Posteriormente, Porras-Peñaranda *et al.* (2004) contabilizaron por primera vez, de manera estandarizada, el paso de migrantes solamente en dos puntos de la Costa Caribe sur durante el otoño de 2000 y 2001. Durante la migración de otoño de 2004 se llevó a cabo el conteo de migrantes, de la misma manera que en el estudio anterior, pero sólo en un punto de conteo (Porras-Peñaranda y McCarty 2005).

Aunque la literatura menciona que Costa Rica es el país más estudiado en cuanto a migración de aves rapaces en el Corredor Mesoamericano (Pérez *et al.* 2013, Phillips *et al.* 2014), no existe un estudio que registre de manera estandarizada el monitoreo de especies migrantes durante la primavera boreal, en su camino de regreso a Norteamérica. Esta carencia de información motivó la realización del presente estudio.

Se conoce que las aves rapaces atraviesan el Caribe sur durante la migración (Bildstein y Saborio 2000, Porras-Peñaranda *et al.* 2004 y Porras-Peñaranda y McCarty 2005), convirtiendo a este sitio como uno de los más importantes a nivel mundial para evaluar este fenómeno (Newton 2010). Desde esta ubicación se pueden determinar las especies de aves rapaces que atraviesan el Caribe sur durante el otoño y la primavera boreales, documentar las abundancias, así como sus periodos migratorios a lo largo de la temporada (periodo migratorio estacional). Además, el tránsito de aves por esta zona permitiría establecer si las especies usan esta ruta indistintamente durante todo el día o existen tendencias a usar determinadas horas. Incluso, permitiría conocer si existen diferencias en las abundancias de las especies rapaces que migran planeando o de manera sostenida durante la migración de primavera boreal.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Generar conocimiento del patrón temporal migratorio durante la primavera boreal en el Caribe sur de Costa Rica, como información clave para entender dicho proceso en las poblaciones de rapaces a lo largo del Corredor Mesoamericano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Describir el ensamble de especies que cruzan el Caribe sur de Costa Rica durante la migración de primavera boreal.
- b) Determinar el periodo migratorio estacional de las poblaciones de rapaces a lo largo de la primavera boreal.
- c) Determinar el ritmo temporal diario de migración de cada una de las diferentes especies de rapaces por separado y agrupadas de acuerdo a sus características de migración (especies planeadoras y de vuelo sostenido).

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Centro Científico Kèköldi (CCK), dentro del Territorio Indígena Kèköldi, zona que es reconocida como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (Sánchez *et al.* 2009) y tiene una extensión de 5.480 ha de bosque (<http://www.birdlife.org>). Kèköldi se ubica en las tierras bajas del Caribe, al sureste de Talamanca, Costa Rica; entre los poblados Hone Creek y Puerto Viejo y es parte del Corredor Biológico Talamanca–Caribe, el cual incluye a la Reserva Biológica Hitoy–Cerere, el Refugio de Vida Silvestre Gandoca–Manzanillo, otras reservas indígenas y tierras privadas (Hernández Balma *et al.* 2017).

La temperatura diaria promedio de la zona es de 26° C y la precipitación anual promedio es de 2370 mm. En la región, la altura va desde los 20 hasta los 300 msnm (Porras-Peñaranda *et al.* 2004). Hay dos épocas relativamente secas, marzo–abril y septiembre–octubre (S. Hernández com. pers.). La zona de vida del Territorio Indígena es bosque tropical húmedo y la vegetación de la zona está conformada por parches más o menos continuos de bosques secundarios y poco alterados, plantaciones de cacao (manejadas y abandonadas), áreas abiertas o alteradas y bosque primario (Figura 2; <http://www.birdlife.org>).

El sitio de observación y conteo es una torre de 10 m de altura que se localiza aproximadamente a 8,5 kilómetros de la costa y a una elevación de 200 msnm, desde donde se tiene alrededor de 300° de visibilidad por encima del dosel, desde el norte al noreste de la ciudad de Limón, al oeste y noroeste de Bri-brí, el Valle de Sixaola y la Sierra de Panamá, al este y sureste del Mar Caribe y al sur hacia Puerto Viejo (S. Hernández com. pers.). El Mar Caribe y la Cordillera de Talamanca actúan como un cuello de botella (o embudo) que concentra a las rapaces migrantes en la línea de costa y las montañas (Zalles y Bildstein 2000). La vegetación entre la que se encuentra inmersa la torre de observación corresponde a bosque lluvioso de crecimiento secundario y plantaciones de cacao abandonadas (Porras-Peñaranda *et al.* 2004).

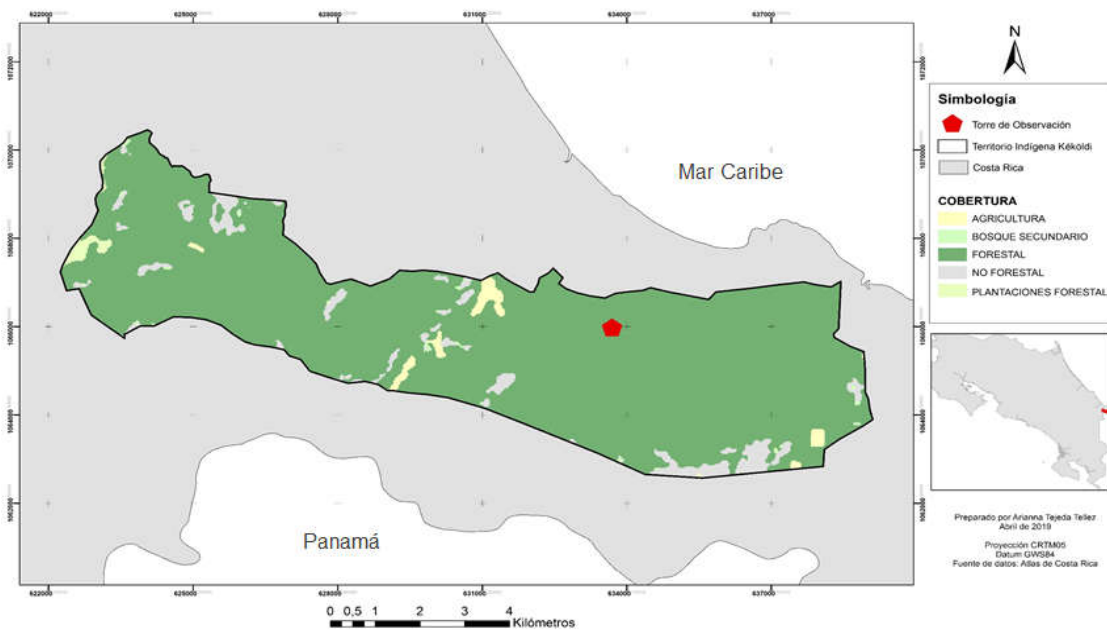


Figura 2. Localización de la torre de observación del Centro Científico Kéköldi en el Territorio Indígena Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

METODOLOGÍA

1. Colecta de datos

El monitoreo de las rapaces se llevó a cabo siguiendo la adaptación hecha por el Centro Científico Kèköldi (Anexo A) al protocolo establecido por la Hawk Migration Association of North America (HMANA 2006). La colecta de datos se llevó a cabo desde el 17 de febrero hasta el 17 de mayo de 2010, en un horario comprendido entre las 07:00 y las 12:00 horas y entre las 13:00 y las 17:00 horas, siempre dependiendo de las condiciones climáticas [aunque se monitoreó la migración como establece el Manual de Voluntarios del CCK (reporte sin publicar), el muestreo no comprende todo el periodo migratorio para todas las especies]. Uno o dos observadores con experiencia monitorearon la migración desde una torre de 10 m de altura que ofrece una vista de aproximadamente 300° por encima del dosel de los árboles. Con la ayuda de binoculares 10x50 y de un telescopio 20-60X se escaneó el cielo de forma sistemática (de arriba hacia abajo, de derecha a izquierda) para la detección de las rapaces migratorias. Para la identificación de las especies se utilizaron las guías de campo Clark y Wheeler (1987), Stiles y Skutch (1989) y Wheeler y Clark (1995). Con el fin de facilitar el conteo de los individuos migrando en grupos numerosos, se utilizaron contadores manuales (clickers).

Como una manera de contribuir a la estandarización de los nombres comunes de las rapaces en español, los nombres de las especies corresponden a los sugeridos por Seipke *et al.* (2007). El nombre en español de las especies no rapaces corresponde al mencionado por Bird Studies Canada y BirdLife International (<https://avibase.bsc-eoc.org>). El orden de aparición de las especies en el presente documento está basado en los listados establecidos por la American Ornithologists' Union (AOU 1998) y algunos de sus suplementos (Chesser *et al.* 2012, Chesser *et al.* 2015, Chesser *et al.* 2017, Chesser *et al.* 2018).

Al inicio de cada día de monitoreo se registró en la hoja de campo el día, mes y año, así como el número y nombre de los observadores. También se registraron las variables del estado del tiempo de velocidad y dirección del viento, cobertura nubosa (porcentaje del cielo cubierto por nubes), visibilidad (considerando hasta donde se alcanzaba a ver a simple vista, tomando como referencia el valle de Sixaola, Kaskicha, Bribri, cerro el Congo, cerro Samasati, valle la Estrella, Hone Creek, Carbón, Limón, Cahuita, la costa del mar, el Mar Caribe y el pueblo de Puerto Viejo (Figura 3), temperatura y presencia o ausencia de precipitación.

Para medir la temperatura se utilizó un termómetro comercial. La velocidad y dirección del viento se midió siguiendo los criterios establecidos en el Manual de Voluntarios del CCK (reporte sin publicar). Los valores van del cero al nueve:

0 → menos de 1 km/h (no hay movimiento en hojas de árboles, humo sube verticalmente);

1 → 1–5 km/h (la dirección del humo muestra la dirección del viento);

2 → 6–11 km/h (hojas de árboles se mueven, se puede sentir el viento en la cara);

3 → 12–19 km/h, (hojas y ramas pequeñas se mueven);

4 → 20–28 km/h (se levanta el polvo, hojas y papeles; ramas se mueven);

5 → 29–38 km/h (árboles pequeños se mueven);

6 → 39–49 km/h (ramas grandes se mueven; se escucha silbido del viento);

7 → 50–61 km/h (árboles en movimiento; resistencia al caminar contra el viento);

8 → 62–74 km/h (ramas pequeñas se quiebran de los árboles; es difícil caminar);

9 → Más de 75 km/h.

La visibilidad se clasificó en mala (cuando no se veía ningún punto de referencia), buena (cuando se podían observar algunos puntos de referencia claramente) y muy buena (cuando se observaban todos los puntos de referencia: valle de Sixaola, Kaskicha, Bribri, cerro el Congo, cerro Samasati, valle la Estrella, Hone Creek, Carbón, Limón, Cahuita, la costa del mar, el Mar Caribe y el pueblo de Puerto Viejo; Figura 3). Para la cobertura nubosa se establecieron estimaciones en porcentaje (0%, 25%, 50%, 75% y 100%, donde 0% equivale a cielo completamente despejado y 100% es igual a cielo completamente nublado). Cuando había precipitación se anotaba el lugar donde llovía (tomando como base los puntos de referencia). Todos estos valores se registraron al inicio de cada hora (07:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00 y 16:00 horas) durante la jornada diaria de monitoreo; asimismo, se anotó cuántos minutos se observó la migración en cada hora, ya que en ocasiones no se contabilizaban migrantes por la presencia de lluvia o por otros factores.

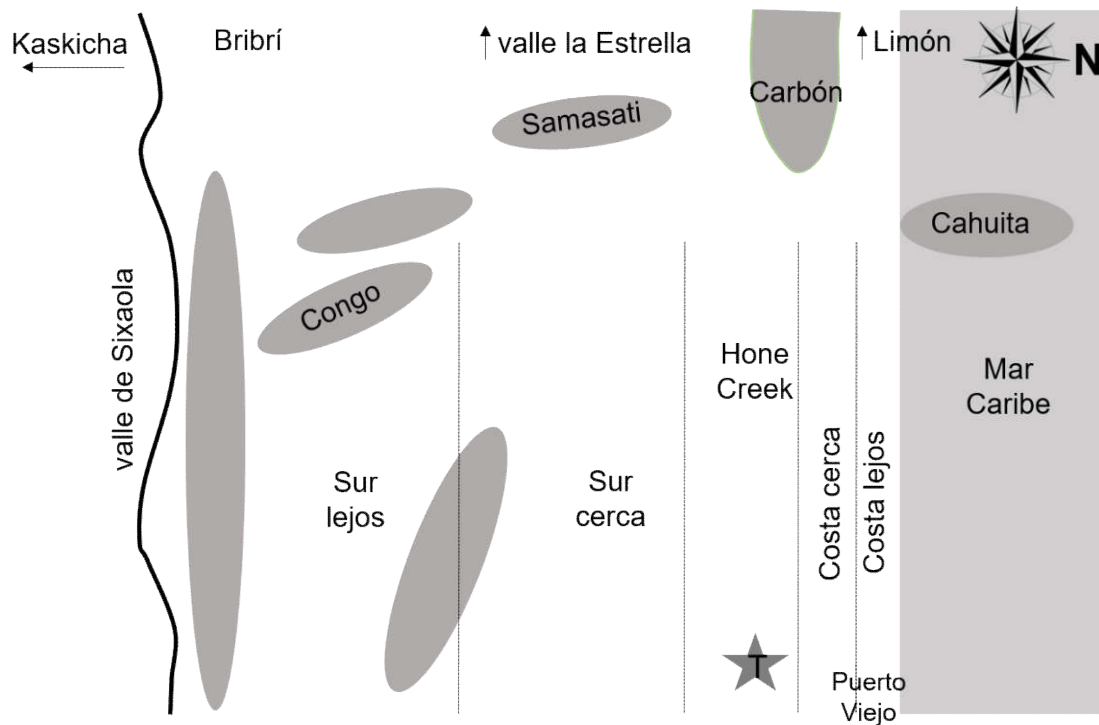


Figura 3. Puntos de referencia para el conteo y toma de datos durante la migración de aves rapaces en el Territorio Indígena Kéköldi, Talamanca, Costa Rica. Kaskicha corresponde a la Cordillera de Talamanca, del otro lado de Sixaola; Carbón es la montaña al lado del Parque Nacional de Cahuita. La posición de vuelo corresponde a sur lejos que es al sur de la torre, entre el Congo y el límite del Territorio Indígena; sur cerca que es al sur de la torre, hasta la loma que cruza hacia el cerro el Congo; costa cerca corresponde al norte de la torre, hasta la última línea de árboles en la dirección de la costa; costa lejos es al norte de la torre, después de la última línea de árboles y coincide con la línea de costa y T corresponde a la torre de observación. (Adaptado del Manual de Voluntarios del CCK, reporte sin publicar).

El conteo de las rapaces migratorias también se dividió en horas durante el día, al igual que las variables climáticas, para facilitar el manejo de los datos. Cada hora de conteo se dividió a su vez en tres segmentos de 20 minutos cada uno. Además de las especies de rapaces que eran claramente identificadas, se contabilizaron aquellas especies que no se pudieron identificar y, de acuerdo a las características observadas, se agrupaban en halcones, gavilanes, milanos y azores sin identificar. Si no se reconocían características claras en los individuos, se anotaban en el campo general de rapaces sin identificar. Aunado a las rapaces, se registró el número de individuos del Cigüeñón (*Mycteria americana*) que también migra a través de este sitio de conteo. Cuando se registraban individuos migrando, al final de la hora se anotaba el lugar por el cual

migraban (posición de vuelo), agrupando los puntos de referencia como Valle de Sixaola, SL (sur lejos), SC (sur cerca), CC (Costa Cerca), CL (costa Lejos) y torre de observación (Figura 3). También al final de cada hora se apuntaba la distancia de vuelo, que dependía de los recursos ópticos que fueron utilizados para observar e identificar a las aves, siguiendo el código:

- 1 → cuando las aves se pudieron observar e identificar sin usar algún aparato,
- 2 → cuando se usaron los binoculares para identificar las especies y
- 3 → cuando se utilizó el telescopio para identificar a la mayoría de las rapaces.

En las especies que se observaban migrando en grandes grupos, se hacían estimaciones, agrupando de cinco en cinco (o de diez en diez, dependiendo de la cantidad) a los individuos y contabilizándolos mediante el uso de los clickers o contadores manuales. El protocolo para este sitio establece el conteo de rapaces en segmentos de 20 minutos, debido principalmente a este tipo de especies, ya que migran en grandes números y de esta forma se facilita el conteo y se minimiza o elimina la probabilidad de errores. Una vez que eran anotados los datos al terminar los 20 minutos, el clicker se ponía nuevamente en cero. Cuando se registraban dos o más especies migrando juntas, se utilizaban varios clickers de manera simultánea para contabilizarlas por separado y evitar confundir los números. Cuando se presentaba este tipo de migración en gran número y de diferentes especies, un observador se dedicaba exclusivamente a contar las especies más numerosas, mientras que el otro registraba los datos en la hoja de campo y se encargaba de escanear el cielo en búsqueda de otras especies.

Cuando había visitantes, se registraba en la hoja de campo, anotando el número de personas, la hora de llegada y la hora de partida. Si había voluntarios en el sitio de conteo, ellos se encargaban de atender a los visitantes.

2. Análisis de datos

2.1. Ensamble de especies. Con el muestro señalado se obtuvo una base de datos que contenía el total de especies y los individuos observados por hora/día/semana de muestreo. Para determinar la categoría ecológica de las especies se hizo una revisión de literatura relacionada a la migración de rapaces neárticas y neotropicales (Chesser 1994, Bildstein y Zalles 1998, Zalles y Bildstein 2000, Bildstein *et al.* 2000, Ferguson-Lees y Christie 2001, Bildstein 2004, Bildstein 2006, Ruelas Inzunza 2007, Goodrich y Smith 2008, Bildstein y Zalles 2010).

2.2. Periodo migratorio estacional. Para el periodo migratorio estacional se sumaron los datos por semana para cada una de las diferentes especies y se graficaron los datos usando el paquete ggplot2 (Wickham 2016) del programa R 3.5.2 (R Core Team 2018). Aquellas especies en las que se registró menos de 0,05% de individuos durante la temporada migratoria fueron excluidas por la carencia de datos para determinar su periodo migratorio estacional.

2.3. Ritmo temporal diario de migración. El ritmo temporal diario de las diferentes especies se calculó mediante la sumatoria de individuos observados por especie a cada hora durante toda la temporada migratoria y se graficó el resultado usando el paquete ggplot2 (Wickham 2016) del programa R 3.5.2 (R Core Team 2018). Aquellas especies en las que se registró menos de 0,05% de individuos durante la temporada migratoria fueron excluidas por la carencia de datos para determinar su ritmo temporal diario. Para determinar el ritmo temporal diario de las especies de acuerdo a sus características de migración, se graficó la sumatoria de todas las aves planeadoras observadas por hora de muestreo y también la de todas las aves de vuelo sostenido.

RESULTADOS

1. Ensamble de especies

El número mínimo contabilizado durante 83 días (909 horas) de observación fue de 613.849 individuos, pertenecientes a 18 especies y cinco familias. El Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*) fue la especie más común, representando el 63% del conteo total de migrantes; el Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*) fue el segundo más común con un 19% del total, el Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*) representó el 9%, mientras que el Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*) fue el cuarto más común con un 7% del total de la migración. Estas cuatro especies en conjunto representan el 98% del conteo total de migrantes. Además de las rapaces, también se contabilizaron individuos del Cigüeñón (*Mycteria americana*), lo que representa el 0,27% del total de migrantes y un individuo del Garzón Azulado (*Ardea herodias*; Cuadro 1, Anexo B). Cuatro especies registradas corresponden a la categoría ecológica de migrantes completos y 12 son migrantes parciales; dos migrantes parciales son a su vez neotropicales, australes e intratropicales (Cuadro 2).

Cuadro 1. Especies migratorias observadas durante la primavera boreal de 2010 en el Caribe sur de Costa Rica.

Espece	Individuos observados (% del total de la migración)	Conteo máximo ^a	Día ^b
Familia Ardeidae			
<i>Ardea herodias</i>	1 (<1%)	1	Marzo 6
Familia Ciconiidae			
<i>Mycteria americana</i>	1.696 (<1%)	200	Mayo 16
Familia Cathartidae			
<i>Cathartes aura</i>	385.699 (63%)	51.705	Marzo 7
Familia Accipitridae			
<i>Pandion haliaetus</i>	906 (<1%)	103	Marzo 23
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	5 (<1%)	2	Marzo 2
<i>Elanoides forficatus</i>	6.141 (1%)	1.792	Marzo 8
<i>Circus hudsonius</i>	6 (<1%)	3	Marzo 7
<i>Accipiter striatus</i>	2 (<1%)	2	Abril 4

Cuadro 1. Especies migratorias observadas durante la primavera boreal de 2010 en el Territorio Indígena Kèköldi, Talamanca, Costa Rica. (Continuación)

Especie	Individuos observados (% del total de la migración)	Conteo máximo ^a	Día ^b
<i>Accipiter cooperii</i>	1 (<1%)	1	Abril 13
<i>Ictinia mississippiensis</i>	40.535 (7%)	10.781	Abril 21
<i>Ictinia plumbea</i>	3.449 (<1%)	1.053	Febrero 19
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	1 (<1%)	1	Abril 1
<i>Buteo platypterus</i>	116.544 (19%)	14.209	Abril 6
<i>Buteo swainsoni</i>	55.496 (9%)	10.704	Abril 12
<i>Buteo jamaicensis</i>	5 (<1%)	2	Marzo 25
Azores sin identificar (género <i>Accipiter</i>)	5 (<1%)		
Gavilanes sin identificar (género <i>Buteo</i>)	117 (<1%)		
Milanos sin identificar (género <i>Ictinia</i>)	52 (<1%)		
Familia Falconidae			
<i>Falco sparverius</i>	2 (<1%)	1	Abril 8 y 21
<i>Falco columbarius</i>	9 (<1%)	2	Abril 6 y 14
<i>Falco peregrinus</i>	330 (<1%)	45	Abril 14
Halcones sin identificar (género <i>Falco</i>)	9 (<1%)		
Rapaces sin identificar	2.838 (<1%)		
Total	613.849	52.361	Marzo 7

^aMáximo número de individuos contabilizados en un día.

^bDía en el que se contó el mayor número de individuos.

Cuadro 2. Características ecológicas de las rapaces registradas en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010*.

Nombre científico	Categoría ecológica migratoria	Migrante de grandes distancias ^a	Migrante neártico ^b	Migrante neotropical ^c	Migrante austral ^d	Migrante intratropical	Migrante altitudinal ^e	Cruza cuerpos de agua	Depende de termales
<i>Cathartes aura</i>	Parcial	X	X					X ^f	X
<i>Pandion haliaetus</i>	Completo	X	X					X	
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Parcial/Irruptiva		X	?	?	?	X		
<i>Elanoides forficatus</i>	Parcial	X	X	?	?		X	X	
<i>Circus hudsonius</i>	Parcial	X	X					X	
<i>Accipiter striatus</i>	Parcial	X	X				X	X ^f	
<i>Accipiter cooperii</i>	Parcial		X				X	X ^f	
<i>Ictinia mississippiensis</i>	Completo	X	X						
<i>Ictinia plumbea</i>	Parcial			X	X	X			
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Parcial		?	X	X	X			
<i>Buteo platypterus</i>	Completo	X	X					X ^f	X
<i>Buteo swainsoni</i>	Completo	X	X					X ^f	X
<i>Buteo jamaicensis</i>	Parcial		X					X ^f	
<i>Falco sparverius</i>	Parcial		X					X ^f	
<i>Falco columbarius</i>	Parcial	X	X				X	X	
<i>Falco peregrinus</i>	Parcial	X	X					X	

*Información recopilada de Chesser 1994, Bildstein y Zalles 1998, Zalles y Bildstein 2000, Bildstein *et al.* 2000, Ferguson-Lees y Christie 2001, Bildstein 2004, Bildstein 2006, Ruelas Inzunza 2007, Goodrich y Smith 2008, Bildstein y Zalles 2010.

^aMigrantes de grandes distancias son aquellas especies en las cuales al menos 20% de todos los individuos migran >1.500 km en un viaje de ida (Bildstein 2006).

^bMigrantes neárticos son especies que se reproducen en Canadá, Estados Unidos y el norte de México y migran al sur durante la época no reproductiva (Hayes 1995).

^cMigrante neotropical son aquellas especies que se reproducen en Centro y Sudamérica y migran al norte durante la época no reproductiva (Hayes 1995).

^dMigrante austral son aquellas especies que se reproducen en el hemisferio sur y migran hacia el norte durante la época no reproductiva (Hayes 1995).

^eMigrante altitudinal son especies que migran regularmente de una altitud a otra (Hayes 1995).

^fMigrantes que cruzan pequeños cuerpos de agua (<25 km).

2. Periodo migratorio estacional

La especie más abundante, el Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*) se observó migrando durante toda la temporada migratoria; sin embargo, se observa un pico que corresponde al 30% del total de individuos registrados para esta especie a principios de marzo (Figura 4).

El Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) también se observó migrando durante toda la temporada migratoria; sin embargo, hacia el inicio de la temporada, así como al final, el conteo de individuos fue mucho menor que durante el resto de la temporada y se observa un pico que representa el 19,65% del total de individuos del Águila Pescadora a principios de abril (Figura 5).

El Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*) es uno de los primeros migrantes en regresar a Norteamérica; se observó al inicio de la temporada migratoria con mayor abundancia (52,64% del total de los individuos contabilizados de esta especie) en la primer semana de marzo (Figura 5).

El Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*) se observó migrando desde finales de marzo hasta principios de mayo y tiene un pico que representa el 45,22% del total de individuos registrados de esta especie en la tercer semana de abril (Figura 4).

Junto con el Elanio Tijereta, el Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*) son de los primeros migrantes que comienzan su regreso a Norteamérica. El monitoreo no abarca todo el periodo migratorio de esta especie, ya que se observa un pico justo al inicio del conteo de migrantes, representando el 73,18% de la migración de esta especie (Figura 5).

El Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*) se observó migrando desde principios de marzo hasta finales de abril, con un pico hacia finales de marzo que representa el 28% del total de individuos contabilizados para esta especie (Figura 4).

El Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*), se observó en migración desde principios de marzo hasta finales de abril. Tiene un pico migratorio que representa el 24% de la migración de esta especie a principios a abril (Figura 4).

El Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) se observó migrando durante casi toda la temporada migratoria; sin embargo, su migración es más numerosa en abril, con un pico que representa el 38,79% del total de individuos registrados para esta especie a mediados de abril (Figura 5).

Además de las especies de rapaces, también se registró la migración del Cigüeñón (*Mycteria americana*) a través del Territorio Indígena, observándose migrar durante toda la temporada migratoria; sin embargo, se observan dos picos, uno que representa el 18,22% y el otro con el 20,93%, hacia finales de marzo y a mediados de abril, respectivamente (Figura 6).

El número de rapaces que no se pudieron identificar es considerable, comparado con otras especies. A lo largo de la temporada migratoria hubo individuos no identificados, sin embargo, el mayor número se registró hacia mediados de marzo (Figura 6).

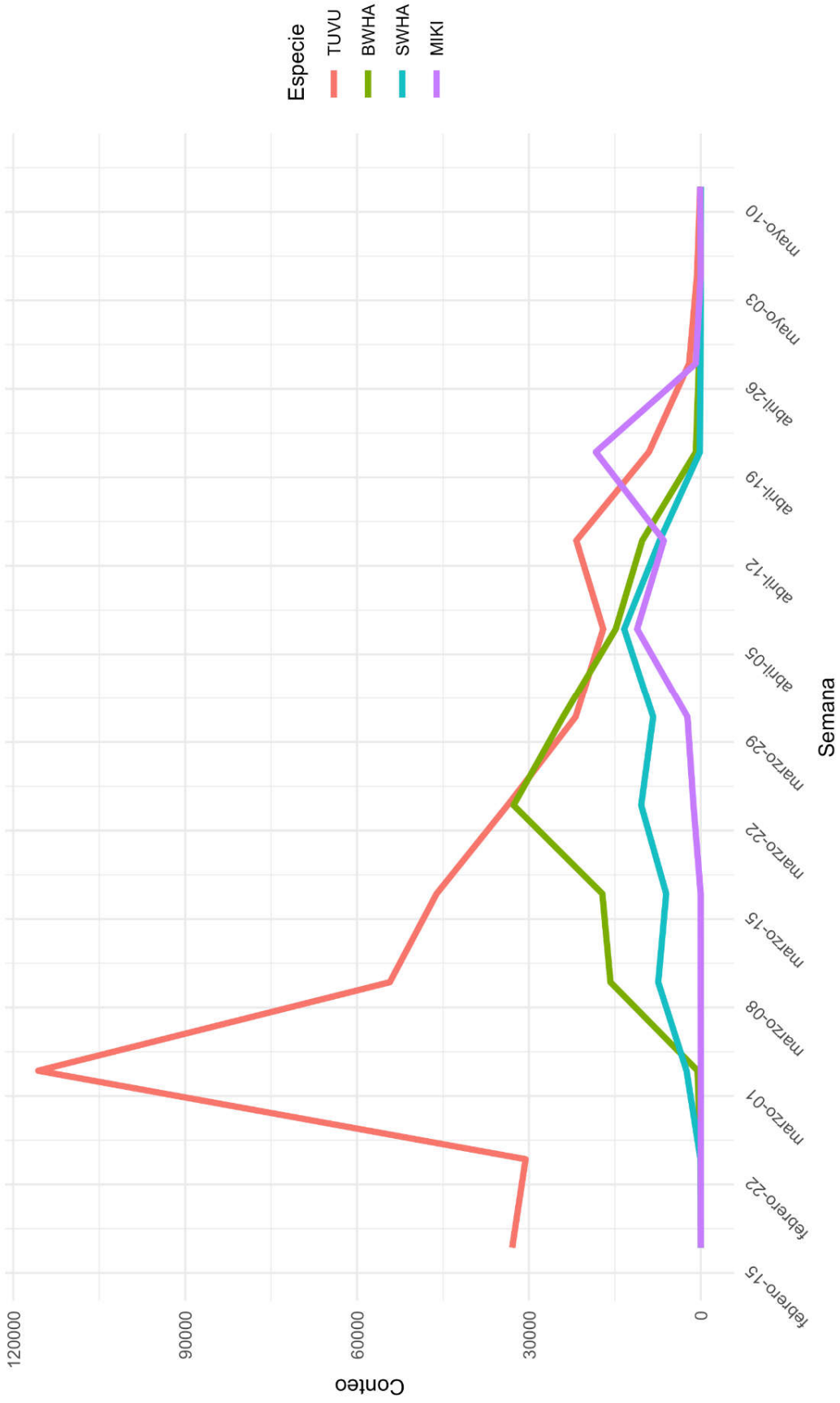


Figura 4. Periodo migratorio estacional del Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*; TUVU), del Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*; MIKI), del Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*; BWHA) y del Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*; SWHA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

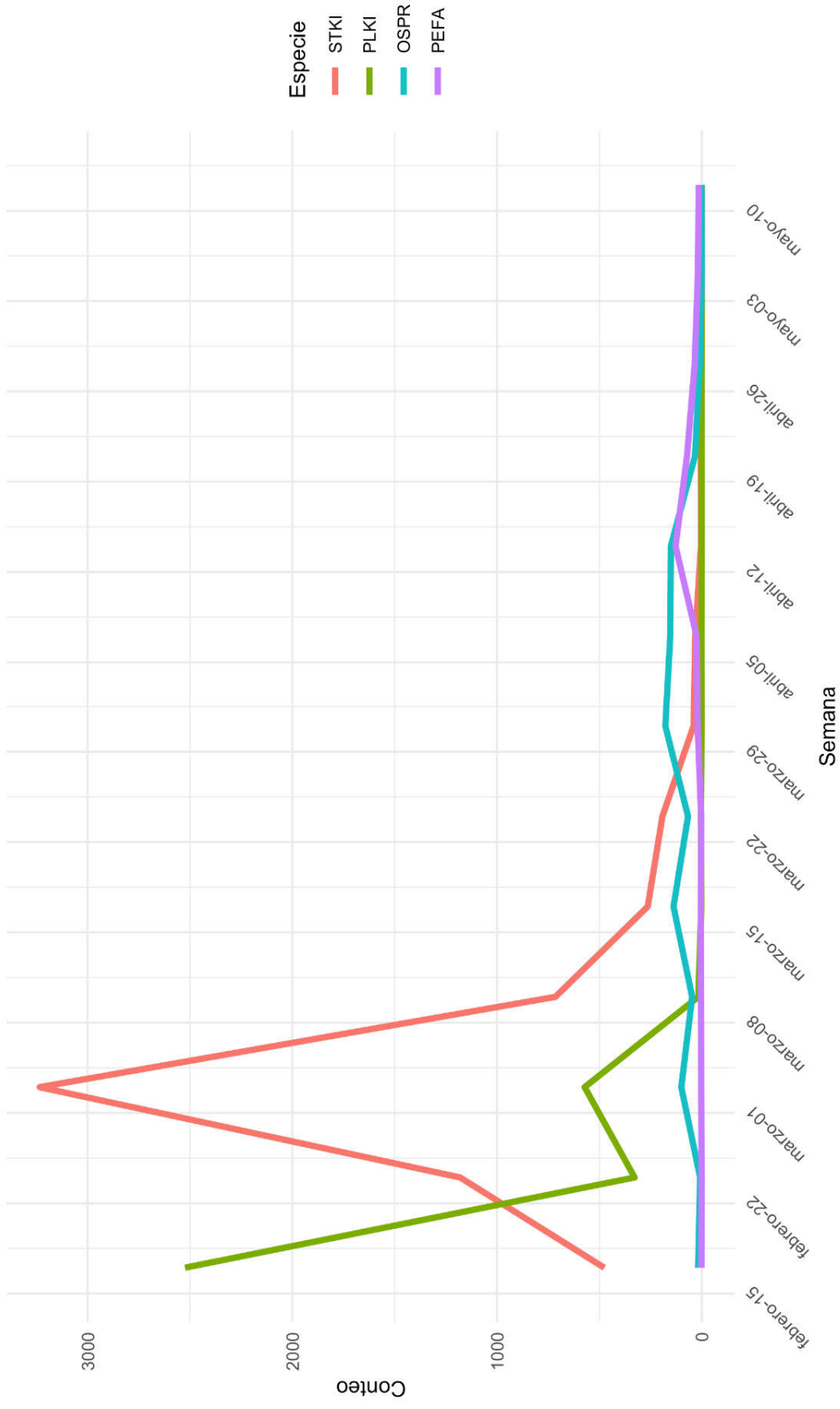


Figura 5. Periodo migratorio estacional del Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*; OSPR), del Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*; STKI), del Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*; PLKI) y del Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*; PEFA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

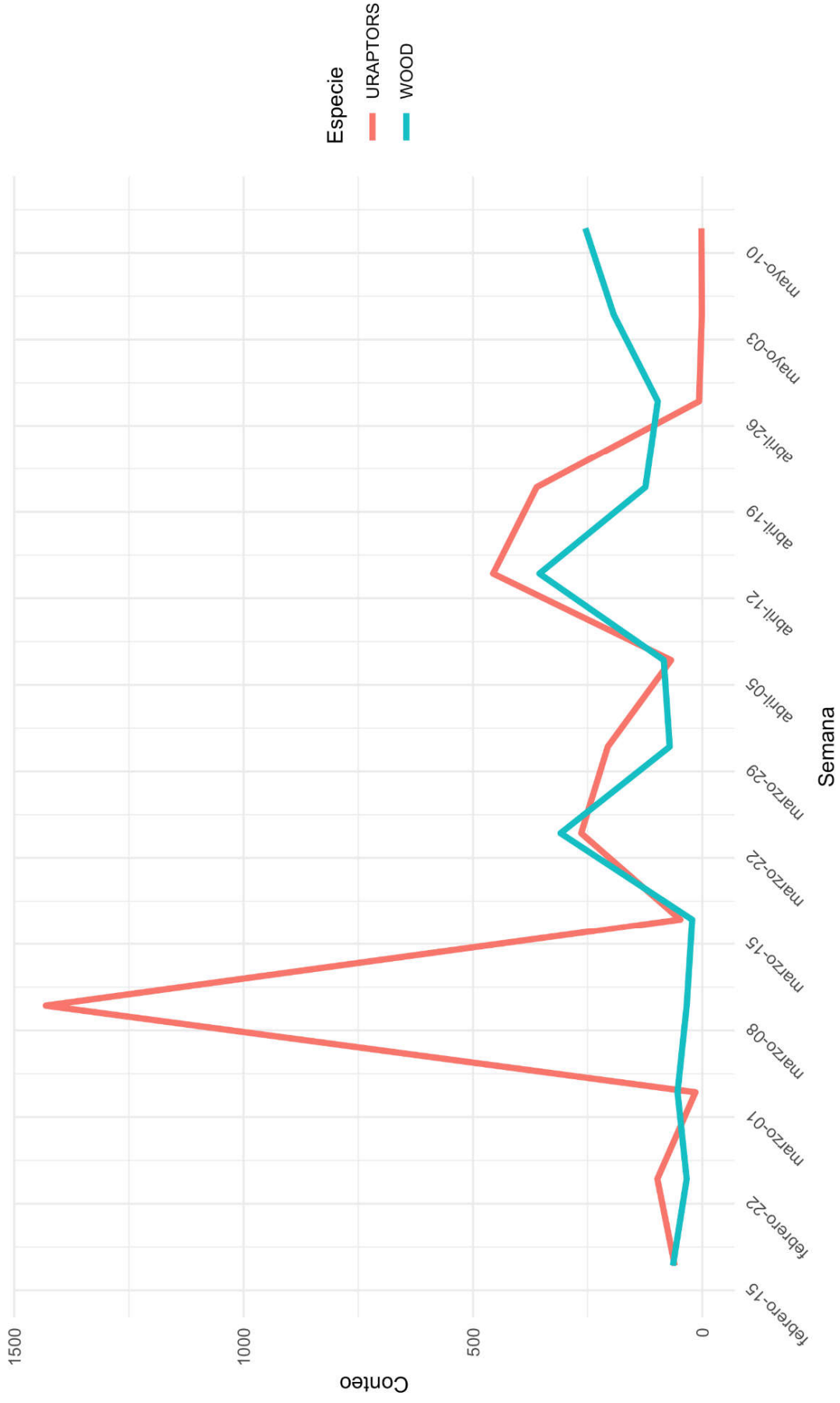


Figura 6. Periodo migratorio estacional del Cigüeñón (*Mycteria americana*; WOOD) y de las rapaces no identificadas (URAPTORS) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

3. Ritmo temporal diario de migración

El Aura Cabeza Roja presenta un patrón bimodal en su ritmo temporal diario. El primer pico es a las 09:00 de la mañana con un 14,40% de su migración y el segundo pico, que es mayor, es a las 14:00 horas con 21,54% de su migración. Después del horario de muestreo aún se registraron algunos individuos migrando (Figura 7).

El ritmo temporal diario del Águila Pescadora presenta dos picos de migración. El primer pico y de mayor tamaño es a las 09:00 de la mañana con un 23,51% de su migración, mientras que el segundo pico es a las 14:00 horas con un 11,92% de migrantes (Figura 8).

El Elanio Tijereta tiene un pico mayor en su ritmo temporal diario a las 09:00 horas, lo que representa el 17,33%, otro pico a las 12:00 horas (13,37%) y un tercer pico a las 14:00 horas (12,78%). Esta especie también se contabilizó después de finalizado el conteo (después de 17:00 horas; Figura 8).

El ritmo temporal diario del Milano Mississippi presenta un pico de migración a las 10:00 horas (17,06%) y un pico menor a las 14:00 horas (13,20%; Figura 7).

El Milano Plomizo tiene un patrón unimodal en su ritmo temporal diario con un claro pico a las 11:00 horas, que representa el 26% de su migración (Figura 8).

El Aguilucho Alas Anchas tiene un ritmo temporal diario con dos picos durante el día; el primero es a las 09:00 de la mañana con 22,57% de su migración, mientras que el segundo es a las 14:00 horas con 21,52% (Figura 7).

El ritmo temporal diario del Aguilucho Langostero tiene un pequeño pico de migración a las 10:00 de la mañana con un 10,95% de su migración y un pico mayor a las 15:00 horas con un 29,88% de su migración (Figura 7).

El Halcón Peregrino tiene un patrón bimodal en su ritmo temporal diario con un primer pico de mayor tamaño a las 09:00 de la mañana, que representa el 25,15% de su migración y un segundo pico de migración a las 15:00 horas con un 10,30% de su migración. Esta especie también fue registrada después del horario de muestreo (Figura 8).

El ritmo temporal diario del Cigüeñón presenta un pico de migración a las 08:00 horas con un 20,52% y otro pico mayor a las 10:00 horas con un 30% de su migración (Figura 9).

Las rapaces sin identificar fueron registradas a lo largo del día, con mayor número a las 11:00 horas, lo que representa el 31,24% (Figura 9).

Las especies que dependen de las termales para migrar, o sea, las planeadoras (*Cathartes aura*, *Buteo platypterus* y *Buteo swainsoni*) presentan un claro patrón bimodal a lo largo del día. El primer pico se presenta a las 09:00 de la mañana con un 14,5% del total de la migración y un segundo pico a las 14:00 horas con un 18,9%, disminuyendo considerablemente hacia mediodía y hacia la tarde (Figura 10).

Por otro lado, las especies de vuelo sostenido presentan un pico a las 09:00 y 10:00 horas, correspondiendo al 1.3% en ambas horas. También hay un pico menor que corresponde al 1.1% a las 14:00 horas (Figura 10).

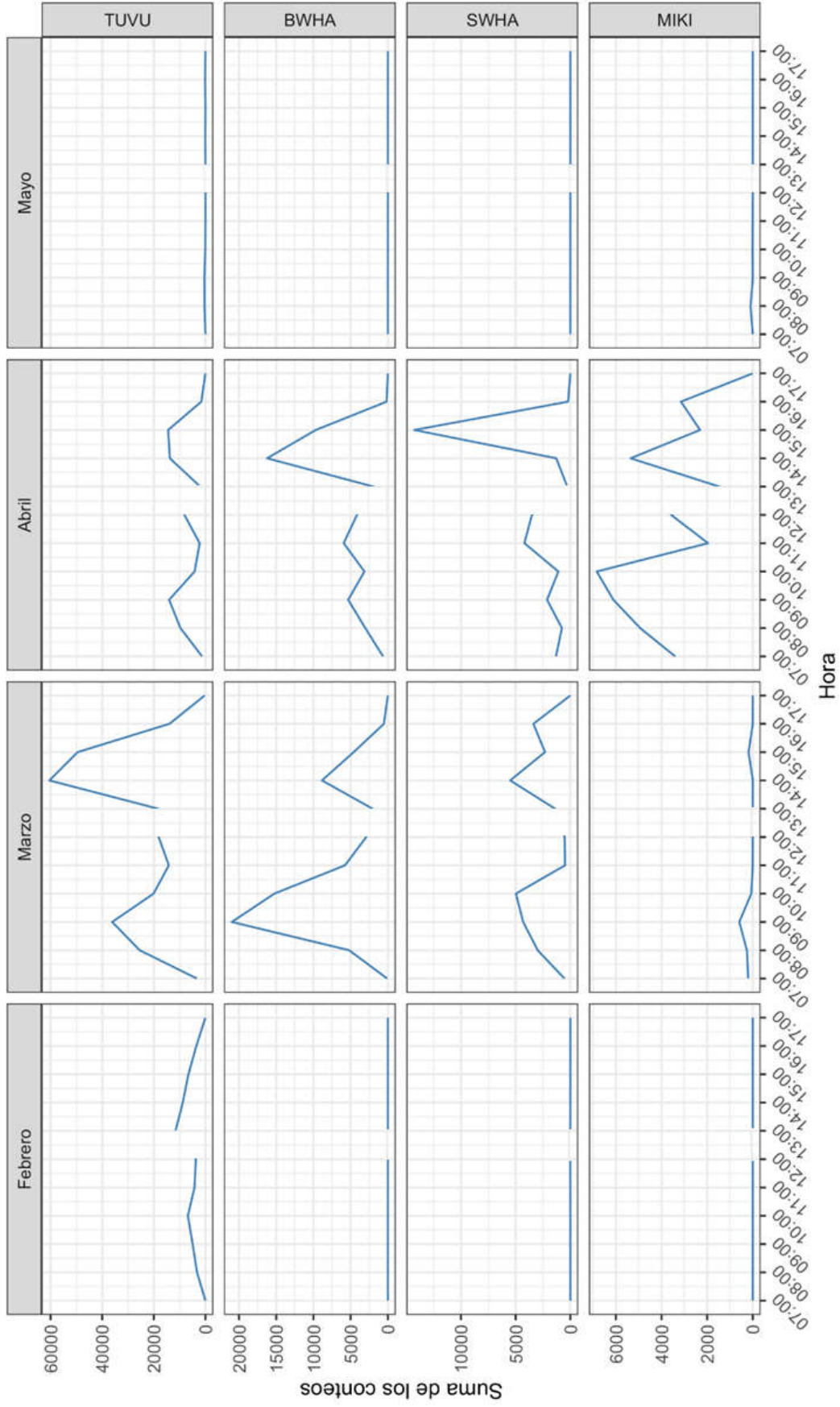


Figura 7. Ritmo temporal diario del Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*; TUVU), del Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*; MIKI), del Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*; BWHA) y del Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*; SWHA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

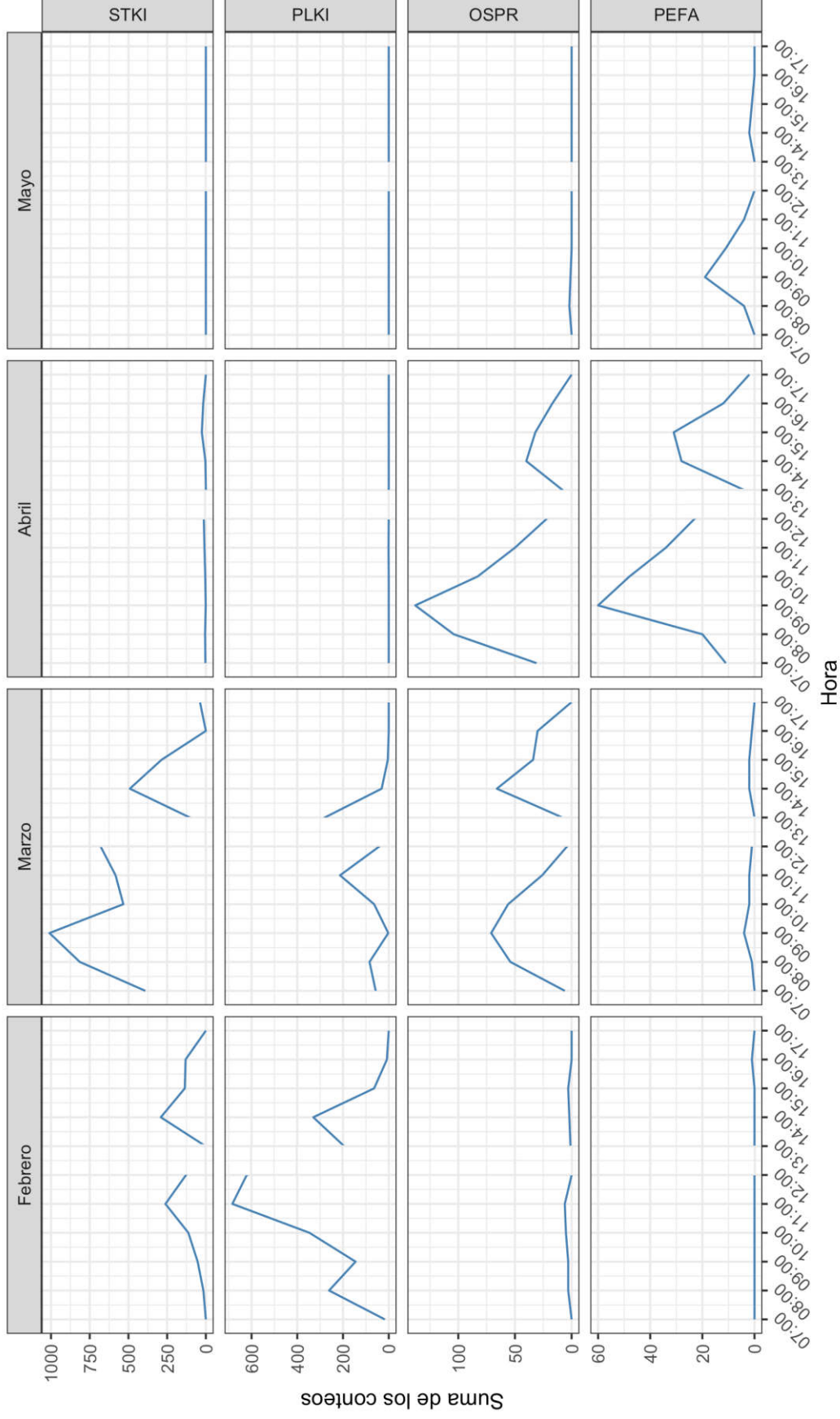


Figura 8. Ritmo temporal diario del Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*; OSPR), del Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*; STKI), del Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*; PLKI) y del Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*; PEFA) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

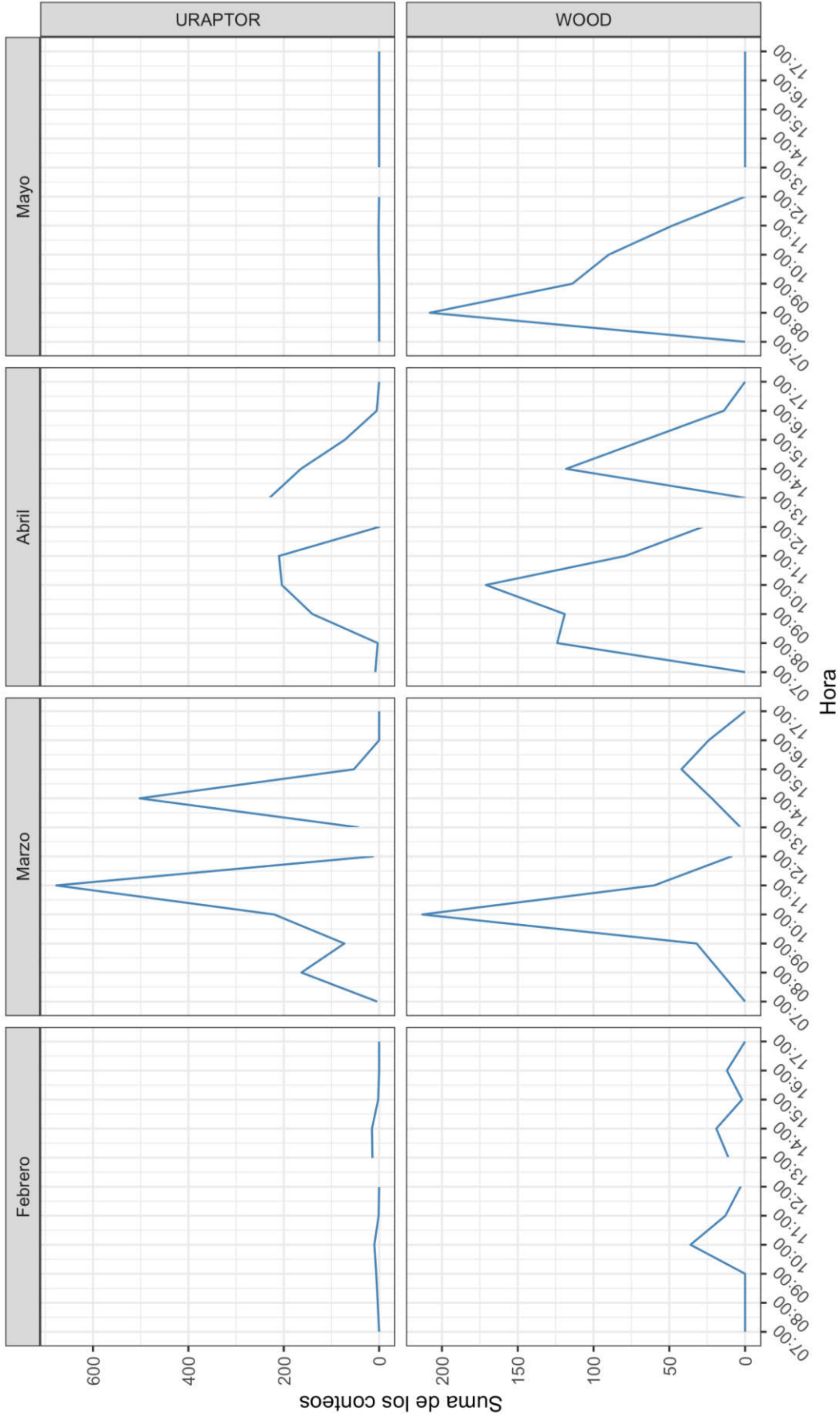


Figura 9. Ritmo temporal diario del Ciguëñón (*Mycteria americana*) y de las rapaces sin identificar (URAPTOR) en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

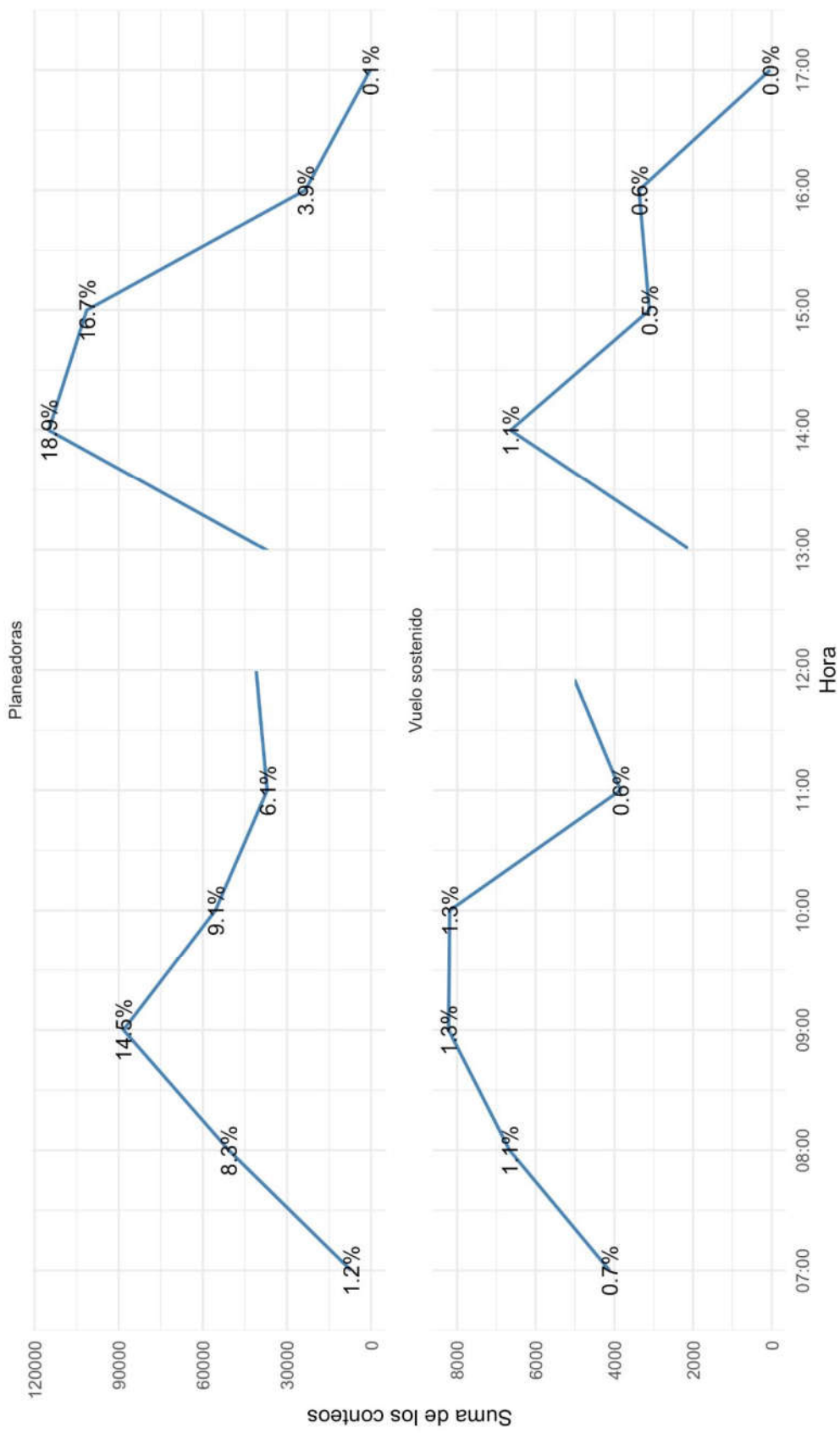


Figura 10. Ritmo temporal diario de las aves rapaces planeadoras (que dependen de las termales para migrar) y de las de vuelo sostenido en el Caribe sur de Costa Rica durante la primavera boreal de 2010.

DISCUSIÓN

1. Ensamble de especies

El conteo de rapaces en sitios establecidos es una técnica de bajo costo y de fácil implementación (Bildstein *et al.* 2007a). Sin embargo, el monitoreo en el Centro Científico Kéköldi, lugar que ha sido identificado como un punto de alta concentración de migrantes en el Caribe sur de Costa Rica (Bildstein 2006) y es considerado uno de los tres sitios más importantes a nivel mundial (Newton 2010), no ha sido constante a lo largo de los años desde sus inicios y los esfuerzos se han centrado en la migración de otoño boreal (Porras-Peñaranda *et al.* 2004 y Porras-Peñaranda y McCarty 2005), por lo que este estudio es el primero en documentar la migración de primavera boreal en el Caribe sur de Costa Rica.

En el año de 1999 se realizó un estudio para identificar sitios de concentración de rapaces en Costa Rica (Bildstein y Saborio 2000). Dicho estudio registró 7 de las 16 especies de rapaces migratorias contabilizadas durante el presente estudio (*Cathartes aura*, *Pandion haliaetus*, *Elanoides forficatus*, *Buteo platypterus*, *Buteo swainsoni*, *Falco columbarius* y *Falco peregrinus*) en el Caribe sur. Los autores de ese estudio encontraron que la especie más abundante en es el Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*); sin embargo, en el presente estudio la especie más abundante fue el Aura Cabeza Roja (*Cathartes aura*) y no el Aguilucho Alas Anchas, debido a que el pico de migración del Aura Cabeza Roja es a principios de marzo y como ellos lo establecen, su muestreo abarcó probablemente la última parte del movimiento migratorio de esta especie. El Milano Pico Garfio (*Chondrohierax uncinatus*), el Azor de Cooper (*Accipiter cooperii*), el Caracolero Común (*Rostrhamus sociabilis*) y el Aguilucho Cola Roja (*Buteo jamaicensis*) no fueron detectados por tal estudio, probablemente por la baja abundancia de estas especies en la migración de primavera, como se encontró en el presente estudio. Ninguna de las dos especies del género *Ictinia* fue detectada por el estudio de 1999; *I. plumbea* no fue observada muy probablemente porque migra en febrero-marzo (Ferguson-Lees y Christie 2001) y para las fechas en las que realizaron el monitoreo estaba finalizando el periodo migratorio de esta especie, mientras que *I. mississippiensis* apenas comenzaba su migración a través de la costa Caribe sur en el país (Stiles y Skutch 1989).

Por otra parte, Porras-Peñaranda *et al.* (2004) y Porras-Peñaranda y McCarty (2005) registraron 17 especies de rapaces durante la migración de otoño en el Caribe sur, de las cuales, 16 fueron registradas durante el presente estudio en la primavera boreal de 2010. El Aguilucho Aura (*Buteo albonutatus*) es la especie que no se registró en el presente estudio. Es un migrante neártico parcial (Ferguson-Lees y Christie 2001, Goodrich y Smith 2008) y en la mayoría de los sitios donde se ha registrado en migración de otoño, sus números apenas alcanzan algunas decenas (Pérez *et al.* 2013, Phillips *et al.* 2014), aunque también se han reportado más de 100 individuos (Ruelas Inzunza 2007, McCrary y Young 2008). Solamente en Veracruz, México se han reportado algunos individuos migrando durante la migración de primavera (Ruelas Inzunza 2007). Esta especie se parece mucho al Aura Cabeza Roja y suelen migrar juntas, por lo que detectarla e identificarla se hace muy difícil, principalmente cuando hay grandes grupos del Aura Cabeza Roja migrando (Goodrich y Smith 2008) y muy probablemente, si hubo individuos del Aguilucho Aura migrando, fueron confundidos con el Aura Cabeza Roja durante el presente estudio.

Además de las aves rapaces, se registraron migrando individuos del Cigüeñón (*Mycteria americana*) y del Garzón azulado (*Ardea herodias*) en el presente estudio. Porras-Peñaranda y McCarty (2005) también registraron estas especies durante el otoño de 2004, observando una cantidad del Cigüeñón poco mayor a la registrada en el presente estudio y muchos más individuos del Garzón Azulado.

La correcta identificación de las especies es de suma importancia en los conteos de migrantes (Bildstein y Zalles 2010). En comparación con un gran número de especies rapaces migratorias registradas, el número de individuos contabilizados, pero que no pudieron ser identificados es bastante mayor y se presentó cuando la migración fue más numerosa. Diferentes factores afectan la correcta identificación de las especies, entre ellos se encuentran el número y la experiencia del(os) observador(es), las condiciones climáticas (Hussell y Ruelas Inzunza 2008), el equipo óptico disponible (binoculares y telescopio), así como la fatiga del observador a lo largo del día (Bildstein y Zalles 2010).

En este sentido y, de acuerdo con Andersen (2007), llevar a cabo monitoreo de poblaciones de rapaces puede ser muy difícil debido a las características propias de estas aves y a que se requiere una gran cantidad de recursos. Como una alternativa a esta problemática, desde finales del siglo XIX se han utilizado observaciones y anotaciones de conservacionistas y ornitólogos para registrar el movimiento de grandes grupos de rapaces (Bildstein *et al.* 2009) en diferentes sitios de observación, principalmente siguiendo líneas de costa o penínsulas, así como sistemas montañosos, ya que es donde se concentra una mayor cantidad de individuos (Alerstam 1978, Bednarz y Kerlinger 1989).

Actualmente, el conteo de rapaces a lo largo de las rutas migratorias y en sitios establecidos ha sido ampliamente utilizado para documentar la ocurrencia de la migración, así como para cuantificar la distribución temporal y el paso diario de migración en una localidad. Además, este tipo de muestreo ha contribuido a identificar las principales rutas que siguen las especies al migrar, así como dinámicas de vuelo, comportamiento y ecología de las especies en sus viajes migratorios (Bildstein *et al.* 2007a).

Cuando el conteo se realiza año tras año, ayuda a determinar el estatus de conservación de las poblaciones migratorias (Bildstein *et al.* 2007a), aun cuando se presenten grandes diferencias entre los años debido a variaciones en el clima y en la cantidad de horas luz (factores extrínsecos), así como en el número y la experiencia de los observadores-contadores (factores intrínsecos; Hussell y Ruelas Inzunza 2008). Además de los factores extrínsecos e intrínsecos, también existe variación en la distribución estacional entre especies y entre sitios (Goodrich y Smith 2008), por lo que el uso de datos de conteo en una sola localidad puede dar una imagen incompleta de la migración (Kerlinger 1989). Sin embargo, en términos de conservación es imprescindible contar con este tipo de información a lo largo de las rutas migratorias (Zalles y Bildstein 2000), ya que puede ser utilizada para: i) cuantificar los efectos del clima en la migración, ii) hacer inferencias en la biogeografía y ecología de las especies migratorias, iii) estimar el tamaño poblacional y iv) planear la cobertura óptima durante la temporada migratoria en programas de monitoreo a largo plazo (Ruelas Inzunza 2007). Asimismo, el conteo de rapaces migratorias en *cuellos de botella* a lo largo de corredores migratorios, donde se pueden observar grandes concentraciones de individuos (como es el caso del Corredor Mesoamericano), sirve para monitorear poblaciones y además es una gran oportunidad para aplicar programas de educación ambiental (Zalles y Bildstein 2000).

La mayoría de los conteos de rapaces migratorias se llevan a cabo durante el otoño boreal debido a que los migrantes son más abundantes y tienden a concentrarse más (Bildstein 2006, Goodrich y Smith 2008). Sin embargo, contar con información tanto de la migración de otoño como de la migración de primavera puede facilitar el entendimiento del fenómeno migratorio y de la dinámica poblacional de las especies migratorias (Farmer y Smith 2010).

El Centro Científico Kèköldi no es la excepción, ya que la información que existe sobre migración de rapaces es exclusiva de la temporada migratoria de otoño. Al comparar ambas temporadas migratorias (otoño–primavera), se encontró que el ensamble de especies registradas en la costa Caribe sur es muy similar. Sin embargo, el número de migrantes contabilizados durante el presente estudio es considerablemente menor con respecto al otoño, donde se han registrado alrededor de tres millones de individuos. Gracias al uso de nuevas técnicas de monitoreo, como lo es la telemetría satelital, se conocen las rutas exactas de migración de algunos individuos. Kochert *et al.* (2011) estudiaron a varios individuos de *Buteo swainsoni* y a pesar de que no muestran a detalle las rutas seguidas a través del Corredor Mesoamericano, algunos individuos migran por la costa Pacífica de Costa Rica y otros lo hacen por la costa Caribe en su viaje de regreso a Norteamérica, por lo que el bajo número contabilizado en el presente estudio para esta especie puede deberse a que un gran número de individuos usan la costa Pacífica en su regreso a Norteamérica en lugar de la costa Caribe.

El sitio de conteo y observación de rapaces del Centro Científico Kèköldi del Territorio Indígena Kèköldi es importante para las rapaces migratorias en el Caribe sur, no sólo por el número de migrantes que pasan por la zona durante la primavera y el otoño boreales, sino también porque debido a su ubicación con respecto a las zonas de reproducción y zonas de invernada de las rapaces, el monitoreo de especies incluye diferentes categorías ecológicas: migrantes completos, migrantes parciales, migrantes irruptivos, migrantes neárticos, migrantes neotropicales, incluso, migrantes australes. Además de lo anterior, *Cathartes aura*, *Ictinia mississippiensis*, *Ictinia plumbea*, *Buteo platypterus*, *Buteo swainsoni* y *Falco peregrinus* han sido observadas buscando sitios para descansar; mientras que *Elanoides forficatus* e *Ictinia plumbea* se observaron alimentándose, por lo que esta zona es importante

no solamente como paso para los migrantes sino también como un sitio de descanso y alimentación usado por diferentes especies durante sus migraciones.

2. Periodo migratorio estacional

De acuerdo a lo observado para algunas especies, el periodo migratorio a través del Caribe sur comienza antes de las fechas en las que se inició el muestreo (17 de febrero) y en general, tiende a ir descendiendo conforme avanzan los días hasta finalizar el monitoreo (a mediados de mayo).

Los primeros migrantes que se registraron fueron el Milano Plomizo (*Ictinia plumbea*) y el Elanio Tijereta (*Elanoides forficatus*). Sin embargo, la fecha en la que comienza el muestreo parece abarcar solo una parte de la población migratoria del Milano Plomizo y también se pierde una parte del conteo de la otra especie. Seavy *et al.* (1998) comentan que el Milano Plomizo llega a Guatemala a finales de febrero. En Costa Rica se tiene registro que el Elanio Tijereta migra a finales de diciembre y principios de enero (Skutch 1965, Stiles y Skutch 1989).

El Aura Cabeza Roja también es de los primeros migrantes que pasan a través de esta zona y continua migrando a lo largo del muestreo con números mucho menores hacia mayo (coincide con lo reportado por Stiles y Skutch 1989). El Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) también se registró a lo largo del monitoreo; sin embargo, su pico de migración es a finales de marzo y principios de abril; Stiles y Skutch (1989) la reportan solamente en marzo y abril.

Después del Milano Plomizo y del Elanio Tijereta comenzó a observarse el Aguilucho Alas Anchas (*Buteo platypterus*), casi junto con el Aguilucho Langostero (*Buteo swainsoni*). El primero tuvo su pico de migración a finales de marzo, mientras que el segundo lo tuvo a principios de abril. Stiles y Skutch (1989) reportan al Aguilucho Alas Anchas a principios de marzo hasta finales de mayo, en el presente estudio se registró hasta finales de abril; por otro lado, reportan al Aguilucho Langostero desde finales de febrero hasta principios de mayo, coincidiendo con lo registrado en el presente estudio durante la primavera de 2010.

Los últimos migrantes registrados fueron el Milano Mississippi (*Ictinia mississippiensis*) y el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) y, aunque este último se observó durante casi toda la temporada, su migración fue más conspicua en la segunda semana de abril. Stiles y Skutch (1989) reportan al Milano Mississippi desde finales de marzo hasta principios de mayo y en el presente estudio se registró desde mediados de marzo hasta mediados de mayo. Los mismos autores reportan al Halcón Peregrino desde principios de marzo hasta mayo, coincidiendo con el presente estudio.

A pesar de que se excluyeron los resultados de aquellas especies en las que sólo se registraron menos de 0,05% de individuos con respecto al conteo total, es importante señalar que la migración del Milano Pico Garfio (*Chondrohierax uncinatus*) se registró a finales de febrero y a finales de abril; el Vari Norteño (*Circus hudsonius*) se registró a principios de marzo y después a mediados de abril; el Gavilán Norteño (*Accipiter striatus*) fue observado a principios de abril; el Azor de Cooper (*Accipiter cooperii*) se contabilizó a mediados de abril; el Caracolero Común (*Rostrhamus sociabilis*) se observó a principios de abril; el Aguilucho Cola Roja (*Buteo jamaicensis*) se presentó desde mediados hasta finales de abril; el Cernícalo Americano (*Falco sparverius*) se registró en la segunda semana de abril y el Esmerejón (*Falco columbarius*) se presentó desde principios de abril hasta principios de mayo. Stiles y Skutch (1989) reportan a casi todas estas especies como migrantes invernales en Costa Rica, con excepción del Caracolero Común que lo considera especie rara y del Aguilucho Cola Roja y el Milano Pico Garfio que las considera residentes.

A lo largo del Corredor Mesoamericano existen pocos sitios de conteo que registren la migración de primavera boreal. En Veracruz, México se registró como primer migrante durante la primavera boreal al Aura Cabeza Roja y no al Milano Plomizo y al Elanio Tijereta y (Ruelas Inzunza 2007). El Milano Plomizo se distribuye desde el sureste de México hasta Sudamérica (Ridgely y Gwynne Jr. 1989, Ferguson-Lees y Christie 2001) y el sitio de conteo en Veracruz se encuentra en el límite de la distribución de esta especie y el conteo de migrantes es muy bajo (Ruelas Inzunza 2007). Por otra parte, un gran número de individuos del Elanio Tijereta no son registrados en Veracruz, ya que después de pasar por Centroamérica y llegar al sureste de México, cruzan el mar hacia Cuba o viajan directamente a Florida sin pasar por ese sitio de conteo (<http://arcinst.org/>). Al igual que en Veracruz, el Milano Mississippi y el Halcón Peregrino son los últimos que se registran en migración (Ruelas Inzunza 2007).

Recientemente, Cabrera-Cruz *et al.* (2017) encontraron que algunas especies de rapaces migran de regreso a Norteamérica por el Istmo de Tehuantepec en México, coincidiendo con el presente estudio en que el Aura Cabeza Roja se registró durante todo el periodo de monitoreo; sin embargo su pico migratorio es a finales de abril, poco más de un mes después que en el presente estudio. Por otro lado, el Aguilucho Alas Anchas y el Aguilucho Langostero tuvieron un pico de migración a mediados de abril, medio mes después que en Kèköldi.

3. Ritmo temporal diario de migración

En el sitio de conteo del Centro Científico Kèköldi, la migración se puede observar desde las 07:00 de la mañana (a veces antes de esa hora) hasta las 05:00 de la tarde (a veces después). De acuerdo al ritmo temporal diario de las diferentes especies (con excepción de aquellas en las que se contabilizaron menos de 0,05% de individuos), se observó migración durante las diferentes horas a lo largo del día. La formación de termales durante el día, gracias a las características ambientales del trópico, favorece la migración de las especies (Smith 1980). Shirihai y Christie (1992) encontraron el mismo patrón en el ritmo temporal diario de rapaces migratorias durante la primavera en Eilat, Israel debido a que el clima generalmente es caliente con cielos despejados y se mantiene estable. De Roder (1989) y Decandido *et al.* (2004) también encontraron este patrón, pero durante el otoño en Annapurna, Nepal y en Chumphon, Tailandia, respectivamente.

En los trópicos las termales se desarrollan temprano por la mañana y, aunque se forman de manera aislada e independiente, el viento y las líneas de costa las alinean formando "calles de termales", generalmente durante intensa radiación. La temprana formación de termales permite que las rapaces comiencen su vuelo temprano (Bildstein 2006). Smith (1980, 1985c) comenta que hacia el mediodía y hasta media tarde (alrededor de las 15:00 horas) durante la época seca en el trópico, las termales se hacen más altas y hay mayor formación de termales. Smith (1980, 1985c) menciona un patrón (llamado "noon lull" en inglés) en el que alrededor de mediodía las termales alcanzan grandes alturas y las aves que las usan desaparecen de la vista. Este patrón ha sido comprobado con estudios de radar, en los que han viajado "junto" con las aves y miden la altura a la cual vuelan durante el día, siendo alrededor de mediodía cuando se presentan las mayores alturas de vuelo en función

con las termales (Kerlinger 1985, Kerlinger y Gauthreaux 1985a, Kerlinger y Gauthreaux 1985b, Kerlinger *et al.* 1985, Kerlinger y Moore 1989, Leshem y Yom-Tov 1996).

El Milano Plomizo se contabilizó en mayor número alrededor del mediodía. De igual forma, el Elanio Tijereta también tuvo uno de sus picos migratorios a mediodía. Ambas especies son de vuelo sostenido, aunque también usan las termales para migrar. Gerhardt *et al.* (1997) mencionan que estas dos especies son similares ecológicamente en muchos aspectos. A pesar de que las poblaciones de Estados Unidos del Elanio Tijereta han sido ampliamente estudiadas mediante telemetría satelital, en ningún estudio se reportan patrones diarios de migración (Meyer y Callopy 1995, Meyer 2004a, Meyer 2004b, Zimmerman 2004, Zimmerman y Meyer 2004, Zimmerman 2009). Por otro lado, existe muy poca información sobre la migración del Milano Plomizo, la mayoría de los estudios se han enfocado en aspectos relacionados a la reproducción y a la alimentación (Gerhardt *et al.* 1997, Seavy *et al.* 1997, Seavy *et al.* 1998, Seavy *et al.* 2012). En general, estas dos especies se observaron migrando a alturas muy cercanas a la torre de observación. Ambas especies se observaron en algunas ocasiones alimentándose en pleno vuelo y muy probablemente, aprovechan la cobertura vegetal presente en los alrededores de la torre de observación para buscar insectos.

Todas las especies registradas en el presente estudio en algún momento hacen uso de las termales para migrar, sin embargo, aquellas consideradas de vuelo sostenido no dependen de estas condiciones y pueden migrar en ausencia de termales, mientras que las otras especies no migran si no hay termales (Ruelas Inzunza 2007).

Las aves planeadoras (*Cathartes aura*, *Buteo platypterus* y *Buteo swainsoni*) son las que se registraron en mayor número durante la migración de primavera. Con respecto a las aves de vuelo sostenido, existe diferencia en la migración de estos dos grupos solamente en el número de individuos registrados, ya que el ritmo temporal diario de migración es muy similar en ambos grupos de aves.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA EL MANEJO Y LA CONSERVACIÓN

El presente estudio es pionero en documentar la migración de primavera boreal en el Caribe sur de Costa Rica. El ensamble de especies registradas en esta zona durante la primavera boreal es muy similar al registrado por estudios anteriores durante el otoño boreal. Durante los meses de marzo y abril se puede observar una gran concentración de diferentes especies de rapaces migrantes en el Caribe sur, en su regreso a Norteamérica. Las especies más abundantes son *Cathartes aura*, *Buteo platypterus*, *Buteo swainsoni* e *Ictinia mississippiensis*. La mayor concentración a lo largo del día se da a las 09:00 horas y a las 14:00 horas. Las rapaces de vuelo sostenido y las rapaces migratorias no presentan diferencia en su ritmo temporal diario.

Se recomienda continuar con el monitoreo de migración durante la primavera boreal para así entender la migración de rapaces en el trópico y para entender las diferencias o similitudes con respecto a la migración de otoño en la zona, así como con otros sitios de conteo a lo largo del Corredor Mesoamericano.

Se recomienda ampliar las fechas de monitoreo durante la primavera, comenzando idealmente a principios de enero, para que se contabilice la mayoría de la población migratoria de *Elanoides forficatus* e *Ictinia plumbea*.

Asimismo, se recomienda impulsar el ecoturismo, como una fuente que permita solventar el monitoreo constante a largo plazo., especialmente en los meses de marzo y abril, que es cuando se puede observar una mayor cantidad de individuos de diferentes especies migratorias.

Se recomienda hacer modificaciones en el protocolo de la toma de datos. La primera modificación es que durante la primavera el muestreo comience a las 6 de la mañana y termine a las 6 de la tarde, como se lleva a cabo durante el otoño. Es imprescindible la presencia de al menos dos contadores con experiencia, para así identificar y contabilizar el mayor número de migrantes durante todas las horas a lo largo de día, sin suspender el conteo. Es importante lograr identificar, siempre que sea posible, edad y sexo de los individuos e incluir esa información en la hoja de campo para la colecta diaria de datos. Asimismo, se debe dar a conocer la información generada durante el monitoreo, para lo cual

es importante registrarse y crear un usuario y una contraseña en la página HawkCount de la Hawk Migration Association of North America, a través del sitio <http://www.hawkcount.org/> para que la información diaria esté disponible y pueda ser usada en estudios a nivel regional.

Se recomienda complementar el conteo de migrantes con estudios de radar de forma simultánea para detectar la altura de vuelo de las diferentes especies, así como la velocidad a la cual migran y comparar los resultados con lo que ya se conoce para las zonas templadas. Este tipo de estudios, además, ayudará a conocer la ruta que siguen las rapaces después de pasar por el Caribe sur.

Se recomienda llevar a cabo estudios de las rapaces residentes en la zona para analizar la relación entre especies residentes y migratorias durante las épocas de migración.

A pesar de que se han llevado a cabo un sinnúmero de estudios en la migración de rapaces a lo largo de la ruta migratoria trans-americana, aún quedan preguntas sin resolver. Los individuos de *Elanoides forficatus* registrados en Costa Rica ¿son todos individuos de la población neártica o también hay individuos de la subespecie que habita en Centro y Sudamérica? La especie *Chondrohierax uncinatus* es categorizada como migrante irruptivo, pero recientemente se ha detectado en diferentes sitios de conteo durante la migración, ¿los individuos que pasan por Costa Rica provienen de poblaciones neárticas y poblaciones australes o intratropicales?, ¿cuál es su origen? Los individuos de *Rostrhamus sociabilis* ¿son todos migrantes australes o también hay migrantes neárticos? Las especies que se registraron en bajas cantidades como *Circus hudsonius*, *Accipiter striatus*, *Accipiter cooperii*, *Buteo jamaicensis*, *Falco sparverius* y *Falco columbarius* ¿son residentes invernales de la costa Caribe sur en Costa Rica o son migrantes que vienen de los países contiguos en el norte de Sudamérica? El Milano Mississippi aparentemente migra sólo por la costa Caribe tanto en otoño como en primavera, ¿por qué es tan baja su abundancia en la primavera comparada con el otoño?

LITERATURA CITADA

- Alerstam, T. 1978. Analysis and a theory of visible bird migration. *Oikos*, 273–349.
- Alerstam, T. 1979. Wind as selective agent in bird migration. *Ornis Scandinavica*, 10: 76–93.
- Alerstam, T. 2011. Optimal bird migration revisited. *Journal of Ornithology*, 152(S1): 5–23.
- Álvarez Icaza, P. 2013. Corredor Biológico Mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 110: 1–20.
- Andersen, D. E. 2007. Survey techniques. Páginas 89–100 en D. M. Bird y K. L. Bildstein, editores. Raptor Research and Management Techniques. Raptor Research Foundation. Hancock House Publishers.
- Andrle, R. F. 1968. Raptors and other North American migrants in Mexico. *Condor*, 70: 393–395.
- AOU (American Ornithologists' Union). 1998. AOU Check-list of North American Birds. Obtenida el 14 de noviembre de 2018 en <http://checklist.aou.org/>
- Arrengi, J. y J. McCrary. 2004. Raptor migration monitoring in Nicaragua. *Hawk Migration Studies*, 29: 20–25.
- Batista, C., R. Miro, G. Angehr y K. Bildstein. 2004. More than three million migrating raptors counted Ocean-to-Ocean in Panama, Autumn 2004. *Hawk Migration Studies*, 31: 5–6.
- Bayly, N. J., K. V. Rosenberg, W. E. Easton, C. Gomez, J. Carlisle, D. N. Ewert, A. Drake y L. Goodrich. 2018. Major stopover regions and migratory bottlenecks for Nearctic-Neotropical landbirds within the Neotropics: a review. *Bird Conservation International*, 28(1): 1–26.

- Bednarz, J. C. y P. Kerlinger. 1989. Monitoring hawk populations by counting migrants. Páginas 328–342 en Northeast Raptor Management Symposium and Workshop, Beth A. Giron Pendleton y National Wildlife Federation, editores. Proceedings of the Northeast Raptor Management Symposium and Workshop. (National Wildlife Federation Scientific & Technical Series). Washington D.C.
- Berthold, P. 2001. Bird Migration: A general survey. Oxford University Press.
- Bildstein, K. L. 2004. Raptor migration in the Neotropics: patterns, processes, and consequences. *Ornitología Neotropical*, 15(suppl): 83–99.
- Bildstein, K. L. 2006. Migrating Raptors of the World: Their Ecology and Conservation. Cornell University Press. Ithaca, NY.
- Bildstein, K. L. 2018. Raptor migration. Páginas 123–138 en J. H. Sarasola, J. M. Grande y J. J. Negro, editores. Birds of prey. Biology and conservation in the XXI century. Switzerland: Springer.
- Bildstein, K. L. y C. Duncan. 2003. Tropical Avenue of the Raptors. *Americas*, 55(1): 22–29.
- Bildstein, K. L. y J. Zalles. 1998. Moving targets: The science and conservation of migrating raptors in the Western Hemisphere. *Torgos*, 28: 97–108.
- Bildstein, K. L. y J. Zalles. 2001. Raptor migration along de Mesoamerican Land Corridor. Páginas 119–141 en K. L. Bildstein y D. Klem, editores. Hawkwatching in the Americas. North Wales, PA: Hawk Migration Association of North America.
- Bildstein, K. L. y J. I. Zalles. 2005. Old World versus New World long-distance migration in Accipiters, Buteos, and Falcons: the interplay of migration ability and global biogeography. Páginas 154–167 en R. Greenberg y P. P. Marra, editores. Birds of Two Worlds: The Ecology and Evolution of Migration. The Johns Jopkins University Press, Baltimore.
- Bildstein, K. L y J. I. Zalles. 2010. Raptor migration watch-site manual. Second edition. Hawk Mountain Sanctuary Association, Kempton, Pennsylvania, USA.

- Bildstein, K. L. y M. Saborio. 2000. Spring migration counts of raptors and New World Vultures in Costa Rica. *Ornitología Neotropical*, 11: 197–205.
- Bildstein, K. L., J. P. Smith y R. Yosef. 2007a. Migration counts and monitoring. Páginas 101–115 en D. M. Bird y K. L. Bildstein, editores. Raptor Research and Management Techniques. Raptor Research Foundation. Hancock House Publishers. Washington, USA.
- Bildstein, K. L., C. J. Farmer y R. Yosef. 2009. Raptor population monitoring: examples from migration watchsites in North America. *Avocetta* 33: 43–51.
- Bildstein, K. L., J. Zalles, J. Ottinger y K. McCarty. 2000. Conservation Biology of the World's Migratory Raptors: status and strategies. Páginas 573–590 en R. D. Chancellor y B. U. Meyburg, editores. Raptors at Risk. World Working Group on Birds of Prey and Owls, Berlin, Germany.
- Bildstein, K. L., M. J. Bechard, P. Porras, E. Campo y C. J. Farmer. 2007b. Seasonal abundances and distributions of Black Vultures (*Coragyps atratus*) and Turkey Vultures (*Cathartes aura*) in Costa Rica and Panama: Evidence for reciprocal migration in the Neotropics. Páginas 47–60 en K. L. Bildstein, D. R. Barber y A. Zimmerman, editores. Neotropical raptors: proceedings of the Second Neotropical Raptor Conference. Hawk Mountain Sanctuary. Raptor Conservation Science Series No. 1. Hawk Mountain, PA.
- Bussjaeger, L. J., C. C. Carpenter, H. L. Cleveland y D. L. Marcellini. 1967. Turkey Vulture Migration in Veracruz, México. *Condor*, 69: 425–426.
- Cabrera-Cruz, S. A. y Villegas-Patracá, R. 2016. Response of migrating raptors to an increasing number of wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 53(6): 1667–1675.
- Cabrera-Cruz, S. A., J. A. Cervantes-Pasqualli, E. R. Inzunza, T. Hernandez-Morales y R. Villegas-Patracá. 2017. Raptor and large soaring bird migration across the Isthmus of Tehuantepec, Mexico: distribution, seasonality, and phenology. *Bird Conservation International*, 27(1): 111–126.
- Chesser, R. T. 1994. Migration in South America: an overview of the austral system. *Bird Conservation International*, 4: 91–107.

- Chesser, R. T., C. R. C. Banks, F. K. Barker, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen Jr., J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2012. Fifty-third Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *The Auk*, 129(3): 573–588.
- Chesser, R. T., C. R. C. Banks, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, A. G. Navarro-Siguënza, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen Jr., J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2015. Fifty-sixth Supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *The Auk*, 132(3): 748–764.
- Chesser, R. T., K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen Jr., J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker. 2017. Fifty-eighth Supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds. *The Auk*, 134(3): 751–773.
- Chesser, R. T., K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen Jr., D. F. Stotz B. M. Winger y K. Winker. 2018. Fifty-ninth Supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds. *The Auk*, 135(3): 798–813.
- Clark, W. S. y B. K. Wheeler. 1987. A field guide to the hawks of North America. Hough Mifflin Company, Boston, Massachusetts. USA.
- Cortés, A. 2002. El Corredor Biológico Mesoamericano: una plataforma para el desarrollo sostenible regional. Serie Técnica 01. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesiamericano. 1a ed. CBM.
- De la Cruz Muñoz, A., A. Onrubia, B. Pérez, C. Torralvo, G. Muñoz, J. Elorriaga, J. Ramírez, L. Barrios, M. León, M. González, A. R. Muñoz, R. Benjumea, V. García y V. Cortés. 2010. Migración primaveral de aves planeadoras en el Estrecho de Gibraltar. El Programa Migres. *Almoraima*, 40: 179–193.
- De Lucas, M., G. F. E. Janss y M. Ferrer. 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation*, 13: 395–407.

- De Roder, F. E. 1989. The migration of raptors south of Annapurna, Nepal, autumn 1985. *Forktail*, 4: 9–17.
- Decandido, R., C. Nualsri, D. Allen y K. L. Bildstein, K. L. 2004. Autumn 2003 raptor migration at Chumphon, Thailand: a globally significant raptor migration watch site. *Forktail*, 20: 49–54.
- Evans, P. R. y G. W. Lathbury. 1973. Raptor migration across the Straits of Gibraltar. *Ibis*, 115: 527–585.
- Farmer, C. J. y J. P. Smith. 2010. Seasonal differences in migration counts of raptors: utility of spring counts for population monitoring. *Journal of Raptor Research*, 44(2): 101–113.
- Ferguson-Lees, J. y D. A. Christie. 2001. Raptors of the World. Houghton Mifflin Company.
- Finlayson, J. C., E. F. J. Garcia, M. A. Mosquera y W. R. P. Bourne. 1976. Raptor migration across the Strait of Gibraltar. *British Birds*, 69(3): 77–87.
- Gerhardt, R. P., N. E. Seavy y M. A. Vasquez. 1997. Ecology of Plumbeous Kites (*Ictinia plumbea*) and Swallow-tailed Kites (*Elanoides forficatus*) in Northern Guatemala. Página 19 en Raptor Research Foundation 1997. Annual Meeting. Raptor Research Foundation, Savannah, GA.
- Goodrich, L. J. y J. P. Smith. 2008. Raptor migration in North America. Páginas 37–150 en K. L. Bildstein, J. P. Smith, E. Ruelas-Inzunza, y R. R. Veit, editores. State of North America's birds of prey. Nuttall Ornithological Club, Cambridge, MA and American Ornithologists' Union, Washington, DC U.S.A.
- Hayes, F. E. 1995. Definitions for migrant birds: What is a Neotropical Migrant?. *The Auk*, 112(2): 521–523.
- Heinrichs, N., K. Eisermann y C. Avendaño. 2006. Conteo de aves rapaces migratorias en octubre y noviembre 2005 en la vertiente del Pacífico de Guatemala. *Pato-Poc Boletín de la Sociedad Guatemalteca de Ornitología*, 3: 10–17.

- Hernández Balma, S., A. López Umaña, M. López Morales, L. Zúñiga Agüero, D. Linch, J. Baltodano Vílchez, J. L. Zúñiga Zúñiga y R. Bustillo Lemaire. 2017. Sistematización de la experiencia del Corredo Biológico Talamanca Caribe. Infoterra Editores.
- Hernández, D. A. y J. R. Zook. 1993. Northward migration of Peregrine Falcons along the Caribbean Coast of Costa Rica. *Journal of Raptor Research*, 27(2): 123–125.
- Hicks, D. L., D. T. Rogers Jr. y G. I. Child. 1966. Autumnal hawk migration through Panama. *Bird-Banding*, 37(2): 121–123.
- Hidalgo, C., J. Sánchez, C. Sánchez y M. T. Saborío. 1995. Migración de Falconiformes en Costa Rica. *Hawk Migration Studies*, 21(1): 10–13.
- HMANA (Hawk Migration Association of North America). 2006. Standard Data Collection Protocol for Raptor Migration Monitoring. Obtenida el 19 de enero de 2019 en http://rpi-project.org/data_collection.php
- Hussell, D. J. T. y E. Ruelas Inzunza. 2008. Long-term Monitoring: The Raptor Population Index in Principle. Páginas 151–163 en K. L. Bildstein, J. P. Smith, E. Ruelas Inzunza, y R. R. Veit, editores. State of North America's birds of prey. Nuttall Ornithological Club, Cambridge, MA and American Ornithologists' Union, Washington, DC, U.S.A.
- Jenkins, R. E. 1970. Food habits of wintering Sparrow Hawks in Costa Rica. *The Wilson Bulletin*, 82(1): 97–98.
- Jiménez Solera, A. 2009. Migración de *Buteo swainsoni* en la cuenca baja del Río Tempisque, Costa Rica. *Zeledonia*, 13: 16–19.
- Kerlinger, P. 1985. Daily rhythm of hawk migration, noonday lulls, and counting bias: a review. Páginas 281–265 en M. Harwood, editor. Proceedings of Hawk Migration Conference IV. Hawk Migration Association of North America, Medford, MA U.S.A.
- Kerlinger, P. 1989. Flight Strategies of Migrating Hawks. Univ. of Chicago Press. Chicago, IL.
- Kerlinger, P. y F. R. Moore. 1989. Atmospheric Structure and Avian Migration. *Current Ornithology*, 6: 109–142.

- Kerlinger, P. y S. A. Gauthreaux Jr. 1985a. Seasonal timing, geographic distribution, and flight behavior of Broad-winged Hawks during spring migration in south Texas: a radar and visual study. *The Auk*, 102(4): 735–743.
- Kerlinger, P. y S. A. Gauthreaux Jr. 1985b. Flight behavior of raptors during spring migration in south Texas studied with radar and visual observations. *Journal of Field Ornithology*, 56(4): 394–402.
- Kerlinger, P., V. P. Bingman y K. P. Able. 1985. Comparative flight behaviour of migrating hawks studied with tracking radar during autumn in central New York. *Canadian Journal of Zoology*, 63(4): 755–761.
- Kochert, M. N., M. R. Fuller, L. S. Schueck, L. Bond, M. J. Bechard, B. Woodbridge, G. L. Holroyd, M. S. Martell y U. Banasch. 2011. Migration patterns, use of stopover areas, and austral summer movements of Swainson's Hawks. *The Condor*, 113(1): 89–106.
- Leshem, Y. y Y. Yom-Tov. 1996. The use of thermals by soaring migrants. *Ibis*, 138(4): 667–674.
- Martínez, Y. 2013. Corredor Biológico El Quetzal Tres Colinas. Perfil Técnico 2013. CATIE, PNUD.
- McCrary, J. K. y D. P. Young Jr. 2008. New and noteworthy observations of raptors in southward migration in Nicaragua. *Ornitología Neotropical*, 19: 573–580.
- McGrath, S. 2010. River of raptors. *Audubon Magazine*, 42–50.
- Meyer, K. D. 2004a. Demography, dispersal, and migration of the Swallow-tailed Kite. Final Report, Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Tallahassee, Florida, USA.
- Meyer, K. D. 2004b. Conservation and management of the Swallow-tailed Kite. Final Report, Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Tallahassee, Florida, USA.
- Meyer, K. D. y M. W. Callopy. 1995. Status, distribution, and habitat requirements of the American Swallow-tailed Kite (*Elanoides forficatus*) in Florida. Fla. Game and Fresh Water Fish Comm. Nongame Wildlife Program Project Rep. 137 pp.

- Montejo Díaz, J. E. y E. Ruelas Inzunza. 1997. Notes on spring raptor migration in the Pacific and Atlantic slopes of Guatemala, with observations on Wood Storks and Laughing Gulls. *Hawk Migration Studies*, 22(2): 6–8.
- Mueller, H. C. y D. D. Berger. 1967. Wind drift, leading lines, and diurnal migration. *The Wilson Bulletin*, 50–63.
- Newton, I. 2008. The migration ecology of birds. Great Britain: Academic Press.
- Newton, I. 2010. Bird migration. Hong Kong. Printing Express.
- Panuccio, M., B. Martin, M. Morganti, A. Onrubia y M. Ferrer. 2016. Long-term changes in autumn migration dates at the Strait of Gibraltar reflect population trends of soaring birds. *Ibis*, 159: 55–65.
- Pennycuik, C. J. 1972. Soaring behaviour and performance of some East African birds, observed from a motor-glider. *Ibis*, 114(2): 178–218.
- Pennycuik, C. J. 1998. Field observations of thermals and thermal streets and the theory of cross-country soaring flight. *Journal of Avian Biology*, 29: 31–43.
- Pérez, R., E. Ruelas Inzunza, G. García, J. Ramos y K. Bildstein. 2013. Primer conteo de la migración de aves rapaces diurnas en El Salvador. *Spizaetus*, 15: 34–42.
- Phillips, R., R. Martinez, V. Bonilla, L. Pop e I. Mai. 2014. Belize Raptor Watch Report 2013. Belize Raptor Research Institute, Campbell, CA, USA.
- Porras-Peñaranda, P. y K. McCarty. 2005. Autumn 2004 Raptor Migration at Talamanca, Costa Rica. *International Hawkwatcher*, 10: 3–6.
- Porras-Peñaranda, P., L. Robichaud y F. Branch. 2004. New full-season count sites for raptor migration in Talamanca, Costa Rica. *Ornitología Neotropical*, 15(Suppl.): 267–278.
- Purdue, J. R., C. C. Carpenter, D. L. Marcellini, y R. F. Clarke. 1972. Spring migration of Swainson's Hawk and Turkey Vulture through Veracruz, Mexico. *Wilson Bulletin*, 84: 92–93.

- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>
- Ridgely, R. S. y J. A. Gwynne Jr. 1989. A guide to the birds of Panamá with Costa Rica, Nicaragua, and Honduras. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Ruelas Inzunza, E. 1992. Spring 1991 Migration Reports. *Hawk Migration Studies*, 17(2): 43–45.
- Ruelas Inzunza, E. 2007. Raptor and wading bird migration in Veracruz, Mexico: Spatial and temporal dynamics, flight performance, and monitoring applications. Tesis de Doctorado. Universidad of Missouri–Columbia.
- Ruelas Inzunza, E. 2009. Monitoring with a conservation goal: principles and practice of raptor migration monitoring Páginas 641–659 en T. D. Rich, C. Arizmendi, D. W. Demarest, y C. Thompson, editores. *Tundra to Tropics: connecting birds, habitats and people. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference*. University of Texas-PanAmerican Press.
- Ruelas Inzunza, E. 2010. Aves rapaces migratorias. *Biodiversitas*, 2: 11–15.
- Ruelas Inzunza, E., L. J. Goodrich y S. W. Hoffman. 2010a. Cambios en las poblaciones de aves rapaces migratorias en Veracruz, México, 1995-2005. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(3): 495–525.
- Ruelas Inzunza, E., L. J. Goodrich y S. W. Hoffman. 2010b. North American population estimates of waterbirds, vultures and hawks from migration counts in Veracruz, México. *Bird Conservation International*, 20: 124–133.
- Ruelas Inzunza, E., S. W. Hoffman, L. J. Goodrich y R. Tingay. 2000. Conservation Strategies for the World's Largest Known Raptor Migration Flyway: Veracruz the River of Raptors. Páginas 591–596 en R. D. Chancellor y B. U. Meyburg, editores. *Raptors at risk*. World Working Group on Birds of Prey. Durban, South Africa.
- Ruelas Inzunza, E., L. J. Goodrich, S. W. Hoffman, E. Martínez Leyva, J. P. Smith, E. Peresbarbosa Rojas, R. Rodríguez Mesa, K. L. Scheuermann, S. L. Mesa Ortíz, Y.

- Cabrera Carrasco, N. Ferriz, R. Straub, M. M. Peñaloza Pérez y J. G. Barrios. 2009. Long-term conservation of migratory birds in México: The Veracruz River of Raptor Project. Páginas 577–589 en T. D. Rich, C. Arizmendi, D. W. Demarest y C. Thompson, editores. *Tundra to tropics: connecting birds, habitats and people. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference*. University of Texas-PanAmerican Press.
- Safriel, U. 1968. Bird migration at Elat, Israel. *Ibis*, 110: 283–320.
- Sánchez, J. E., J. Criado, C. Sánchez y L. Sandoval. 2009. Important Bird Areas Americas: Costa Rica. Páginas 149–156 en C. Devenish, D. F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson y I. Yépez Zabala, editores. *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity Conservation*. Quito, Ecuador: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).
- Seavy, N. E., M. D. Schulze, D. F. Whitacre y M. A. Vásquez. 1997. Diet and hunting behavior of the Plumbeous Kite. *The Wilson Bulletin*, 109(3): 526–532.
- Seavy, N. E., M. D. Schulze, D. F. Whitacre y M. A. Vásquez. 1998. Breeding biology and behavior of the Plumbeous Kite. *The Wilson Bulletin*, 110(1): 77–85.
- Seavy, N. E., M. D. Schulze, D. F. Whitacre y M. A. Vásquez. 2012. Plumbeous Kite. Páginas 82–92 en D. F. Whitacre. *Neotropical Birds of Prey. Biology and ecology of a forest raptor community*. Cornell University Press.
- Seipke, S. H., A. M. Castaño y K. L. Bildstein. 2007. Spanish common names of raptors in Latin America. Páginas 229–256 en K. L. Bildstein, D. R. Barber y A. Zimmerman, editores. *Neotropical raptors: proceedings of the Second Neotropical Raptor Conference*. Hawk Mountain Sanctuary. Raptor Conservation Science Series No. 1. Hawk Mountain, PA.
- Shirihai, H. y D. A. Christie. 1992. Raptor migration at Eilat. *British Birds*, 85(4): 141–186.
- Skutch, A. F. 1965. Life history notes on two Tropical American Kites. *The Condor*, 67: 235–246.

- Skutch, A. F. 1969. Notes on the possible migration and the nesting of the Black Vulture in Central America. *The Auk*, 86: 726–731.
- Smith, N. G. 1973. Spectacular Buteo migration over Panama Canal Zone, October, 1972. *American Birds*, 27(1): 3–5.
- Smith, N. G. 1980. Hawk and vulture migration in the Neotropics. Páginas 51–66 en A. Keast y E. Morton, editores. *Migrant birds in the Neotropics: Ecology, Behavior, Distribution and Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Smith, N. G. 1985a. Counting Migrating Raptors. Páginas 239–242 en M. Harwood, editor. *Proceedings of Hawk Migration Conference IV. Hawk Migration Association of North America*.
- Smith, N. G. 1985b. Dynamics of the transisthmian migration of raptors between Central and South America. Páginas 271–290 en I. Newton y R. D. Chancellor, editores. *Conservation Studies on Raptors. Proceedings of the Second World Conference on Birds of Prey*. International Council for Bird Preservation, Technical Publication No 5.
- Smith, N. G. 1985c. Thermals, cloud streets, trade winds, and tropical storms: how migrating raptors make the most of atmospheric energy in Central America. Páginas 51–65 en M. Harwood, editor. *Proceedings of Hawk Migration Conference IV. Hawk Migration Association of North America*.
- Smith, N. G. 1990. Soaring raptor migration through the Isthmus of Panamá. Páginas 155–164 en I. Newton y P. Olsen, editores. *Birds of Prey*. Australia: Weldon/Merehurst.
- Smith, N. G., D. L. Goldstein y G. A. Bartholomew. 1986. Is long-distance migration possible for soaring hawks using only stored fat? *Auk*, 103: 607–611.
- Stiles, F. G., y A. F. Skutch. 1989. *A guide to the birds of Costa Rica*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Sutton, C. y P. Sutton. 1999. River of raptors: Exploring and enjoying Pronatura's raptor conservation project. *Birding*, 31: 229–236.

- Taylor, J. 2011. In search of los azacuanes: where to watch raptor migration in Middle America. *Neotropical Birding*, 8: 12–21.
- Thiollay, J. M. 1980. Spring hawk migration in eastern Mexico. *Journal of Raptor Research*, 14: 13–20.
- Tilly, F. 1985. Spring records. *The Newsletter of the Hawk Migration Association of North America*, 10(1): 16–17.
- Tilly, F. 1987. Spring records. *The Newsletter of the Hawk Migration Association of North America*, 12(1): 12–14.
- Tilly, F. C., S. W. Hoffman y C. R. Tilly. 1990. Spring Hawk Migration in Southern Mexico, 1989. *Hawk Migration Studies*, 16(2): 21–29.
- Ventocilla Cuadros, J. L. 2007. Ríos de aves sobre Ciudad de Panamá. *Nodo*, 1(2): 5–12.
- Villegas-Patracá, R., Cabrera-Cruz, S. A. y Herrera-Alsina, L. 2014. Soaring migratory birds avoid wind farm in the Isthmus of Tehuantepec, southern Mexico. *PLoS One*, 9(3): e92462.
- Wheeler, B. K., y W. S. Clark. 1995. A photographic guide to North American raptors. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.
- Yosef, R. 1995. Spring 1994 raptor migration at Eilat, Israel. *Journal of Raptor Research*, 29(2): 127–134.
- Zalles, J. y K. L. Bildstein. 2000. Raptor watch: a global directory of raptor migration sites. Birdlife International, Cambridge; Hawk Mountain Sanctuary, Kempton, Pennsylvania.
- Zimmerman, G. M. 2004. Studies of the annual cycle of the Swallow-tailed Kite (*Elanoides forficatus*): migration, habitat use, and parasites. MS thesis, Georgia Southern University, Statesboro, Georgia.

- Zimmerman, G. M. 2009. Priorities for research and monitoring, management, and outreach as determined by the Swallow-tailed Kite Conservation Alliance – A Partnership to Advance Conservation of a Vulnerable Species. Páginas 599–604 en T. D. Rich, C. Arizmendi, D. W. Demarest y C. Thompson, editores. Tundra to tropics: connecting birds, habitats and people. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference. University of Texas-PanAmerican Press.
- Zimmerman, G. M. y K. D. Meyer. 2004. Migration ecology of Florida's Swallow-tailed Kites in Cuba, Mexico, and Belize. Final Report. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Tallahassee, Florida, USA.

Comunicaciones Personales

Hernández, S. Director del Centro Científico Kèköldi. Kèköldi Wak ka koneke. Puerto Viejo, Limón, Costa Rica. (Apartado 131-7304, correo electrónico: shb.kekoldi@gmail.com)

ANEXO B. Relación de nombres y códigos utilizados en el monitoreo de aves rapaces en el Centro Científico Kéköldi en el Territorio Indígena Kéköldi, Talamanca, Costa Rica.

Nombre científico	Nombre común en inglés	Nombre común en español	Código alfa	Código HMANA
Familia Cathartidae				
<i>Cathartes aura</i>	Turkey Vulture	Aura Cabeza Roja	TUVU	TV
Familia Accipitridae				
<i>Pandion haliaetus</i>	Osprey	Águila Pescadora	OSPR	OS
<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Hook-billed Kite	Milano Pico Garfio	HBKI	HK
<i>Elanoides forficatus</i>	Swallow-tailed Kite	Elanio Tijereta	STKI	SK
<i>Circus hudsonius</i>	Northern Harrier	Vari Norteño	NOHA	NH
<i>Accipiter striatus</i>	Sharp-shinned Hawk	Gavilán Norteño	SSHA	SS
<i>Accipiter cooperii</i>	Cooper's Hawk	Azor de Cooper	COHA	CH
<i>Ictinia mississippiensis</i>	Mississippi Kite	Milano Mississippi	MIKI	MK
<i>Ictinia plumbea</i>	Plumbeous Kite	Milano Plomizo	PLKI	PK
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Snail Kite	Caracolero Común	SNKI	--
<i>Buteo platypterus</i>	Broad-winged Hawk	Aguilucho Alas Anchas	BWHA	BW
<i>Buteo swainsoni</i>	Swainson's Hawk	Aguilucho Langostero	SWHA	SW
<i>Buteo jamaicensis</i>	Red-tailed Hawk	Aguilucho Cola Roja	RTHA	RT
Familia Falconidae				
<i>Falco sparverius</i>	American Kestrel	Cernícalo Americano	AMKE	AK
<i>Falco columbarius</i>	Merlin	Esmerejón	MERL	ML
<i>Falco peregrinus</i>	Peregrine Falcon	Halcón Peregrino	PEFA	PG