

Aves vulnerables a colisionar contra torres eólicas en Rivas, Nicaragua, antes de su construcción

Vulnerable birds to collide against wind towers in Rivas, Nicaragua, before construction

Zolotoff Pallais, José Manuel

José Manuel Zolotoff Pallais
josezolotoff@gmail.com
Fundación Cocibolca, Nicaragua

Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

ISSN-e: 2413-1911

Periodicidad: Anual

vol. 11, núm. 1, 2021

alba.diaz@norte.uni.edu.ni

Recepción: 30 Marzo 2020

Aprobación: 21 Mayo 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/230/2302679005/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11725>

Resumen: Se aplicó un Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA) y Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP) para determinar cuáles son las especies de aves más susceptibles a colisionar con torres eólicas y los sitios con mayor riesgo, en una central eólica al sur de la ciudad de Rivas. Se colocaron transectos en dos zonas donde se colocarían las torres: Pastizales sin ‘Árboles y Pastizales con Árboles. También se realizaron transectos en hábitats adyacentes como Costa del lago de Nicaragua y Bosque Ripario. El IVA se calculó con nueve factores (altura de vuelo, tipo de vuelo, longitud de ala, peso, estatus, abundancia, estado reproductivo, estado de conservación internacional y nacional). Se calculó el MVP total a partir de todas las especies detectadas, y MVP medio solo utilizando las especies que superaron la mediana del IVA específico. El riesgo de colisión por hábitat se calculó determinando que menor al percentil 50 se considera de riesgo bajo, y de riesgo alto cuando el percentil sea mayor que 50. Los valores más altos de vulnerabilidad se encuentran en las especies: Rabihorcado Magno (*Fregata magnificens*), el Zopilote Negro (*Coragyps atratus*), el Zopilote Cabecirroja (*Cathartes aura*), Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*), Caracara Crestado (*Caracara cheriway*), Zanate Nicaraguense (*Quiscalus nicaraguensis*), y la Garza Grande (*Ardea herodias*). El bosque ripario y pastizales con árboles son los sitios con mayor riesgo de colisión para instalar torres eólicas. El IVA y MVP constituyen herramientas importantes que permiten identificar los riesgos potenciales de colisión de aves en centrales eólicas antes de su construcción.

Palabras clave: aerogenerador, evaluación de impacto ambiental, índice de vulnerabilidad, riesgo de colisión.

Abstract: A Bird Vulnerability Index (BVI) and Potential Vulnerability Map (PVM) was applied to determine which are the most susceptible bird species to collide with wind towers and the riskiest sites, in a wind power plant south from the city of Rivas. Transects were placed in two areas where the towers would be placed: Grasslands without Trees and Grasslands with Trees. Transects were also made in adjacent habitats such as Lake Nicaragua Coast and Riparian Forest. The BVI was calculated with nine factors (Flight Height, Type of Flight, Wingspan, Weight, Status, Abundance, Reproductive Status, International and National Conservation Status). The total PVM was calculated from all detected species, and average

PMV only using species that exceeded the specific BVI median. The risk of habitat collision was calculated by determining that less of 50th percentile is considered to be low risk, and high risk when the percentile is greater than 50. The highest vulnerability index is found in the species: Magnificent Frigatebird (*Fregata magnificens*), Black Vulture (*Coragyps atratus*), Turkey Vulture (*Cathartes aura*), Osprey (*Pandion haliaetus*), Crested Caracara (*Caracara cheriway*), Nicaraguan Grackle (*Quiscalus nicaraguensis*), and Great Heron (*Ardea herodias*). The riparian forest and grassland with trees are the sites with the highest risk of collision to install wind towers. The BVI and PVM are important tools that allow the identification of potential risks of bird collision with wind towers before their construction.

Keywords: collision risk, environmental impact assessment, vulnerability index, wind generator.

INTRODUCCIÓN

La energía eólica es uno de los sectores con más crecimiento en la industria energética. Este tipo de energía tiene el potencial de reducir impactos al ambiente causados por el uso de combustibles fósiles para generar energía convencional. Sin embargo, la preocupación del impacto de esta energía “verde” sobre los ecosistemas, en especial, sobre las colisiones de aves y murciélagos con este tipo de infraestructura sigue siendo una preocupación a tener en cuenta en la etapa previa a su construcción.

Según la American Wind Wildlife Institute (AWWI, 2016), la capacidad de la energía eólica para generar electricidad sin emisiones de carbono se espera que reduzca el riesgo de efectos potencialmente catastróficos para la vida silvestre ante un cambio climático inminente. Sin embargo, los impactos adversos de las instalaciones de energía eólica a la vida silvestre han sido documentados, particularmente en las aves y murciélagos (Arnett et al., 2008; Strickland et al., 2011; AWWI, 2016).

Nicaragua comenzó el aprovechamiento de energía eólica en el año 2007, cuando se instalaron treinta aerogeneradores en la finca Amayo, en Rivas. Otros proyectos en funcionamiento son Eolo de Nicaragua S.A, Blue Power Energy S.A y Alba Vientos, siendo inminente el auge que están teniendo los parques eólicos en Nicaragua.

El istmo de Rivas es un área importante de migración de aves, sobre todo de rapaces actuando como un cuello de botella. McCrary & Young (2008) describen la migración de aves rapaces cerca del empalme La Virgen, en Rivas, a más de 19,000 aves de 10 especies de rapaces volando entre los meses de agosto y noviembre; así como a más de 50,000 individuos de Golondrina Común (*Hirundo rustica*), Avión Púrpura (*Progne subis*), Golondrina Bicolor (*Tachycineta bicolor*), Avión Zapador (*Riparia riparia*), Golondrina Gorginegra (*Hirundo pyrrhonota*) y Golondrina Alirrasposa Norteña (*Stelgidopteryx serripennis*), entre otros grupos de aves migratorias como acuáticas y paseriformes.

NOTAS DE AUTOR

Licenciado en Ecología y Recursos Naturales. Diplomado en Evaluación de Impacto Ambiental, Economía de RN, Gestión Ambiental, y Servicios Ambientales. Con 22 años de experiencia en ornitología a nivel nacional. Siete años de experiencia en monitoreo de fauna en centrales eólicas en Nicaragua y otros países en Centroamérica. Ha dictado múltiples talleres sobre identificación y conservación de aves en Nicaragua. Director del Área de Investigación y Capacitación de Fundación Cocibolca, para la Reserva Natural Volcán Mombacho desde 1996, Granada. Es autor de varios artículos científicos sobre conservación de aves entre estos Areas Importantes para Aves en Nicaragua, Estado de Conservación de Aves Acuáticas y sus Habitats en Nicaragua, Areas Claves de Biodiversidad en Nicaragua, así como co autor de la lista roja de especies de aves en peligro en Nicaragua.

La utilidad de la presente investigación, se basa en proporcionar un Índice de Vulnerabilidad de Aves, que servirá para predecir los posibles impactos de especies de aves en torres eólicas, agregando un Mapa de Vulnerabilidad Potencial de la instalación de torres, con el fin de obtener información más precisa sobre los lugares de menor riesgo para la instalación de torres.

El método que se presenta en este artículo, es una herramienta de evaluación más detallada de los posibles impactos que puedan tener las centrales eólicas en la etapa de pre construcción sobre aves, y de esta forma tomar medidas correctivas desde el inicio, con vistas a reducir posibles colisiones durante la etapa de operación.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la zona del proyecto Eolo de Nicaragua S.A. a 125 km de Managua a 13 km al sur de la ciudad de Rivas, Departamento de Rivas, en los meses de septiembre a octubre del 2011 (8 días) durante la migración de aves de otoño de norte a sur, y de marzo a abril del 2012 (8 días) durante la migración de aves de primavera de sur a norte, totalizando 16 días de monitoreo.

El proyecto posee 22 torres eólicas (instaladas en el 2014) con una longitud de torre de 85 m y una longitud 45 m por cada una de las tres aspas, con una capacidad de generación de 2.0 MW cada uno, para una capacidad instalada total de 80.0 MW.

El estudio es de tipo observacional, ya que los datos fueron colectados de la fuente primaria; es longitudinal ya que recaba datos en diferentes puntos del tiempo realizando inferencias sobre el problema tratado, en este caso, el estudio abarca dos períodos específicos de tiempo en el cual se obtuvieron los datos, y de campo pues las mediciones se realizaron *in situ* (Hernández-Sampieri, Collado y Baptista, 2014).

Se colocaron transectos de ancho variable (Ralph et al., 1996; Wunderle, 1994), con un promedio de 1 km de longitud en cada uno de los cuatro tipos de hábitats presentes en la zona: Bosque Ripario (BR), Pastos sin Árboles (PSA), Pastos con Árboles (PCA) y Costa del Lago (CL). Dichos transectos se colocaron aproximadamente sobre la línea donde se contemplaba la instalación de torres eólicas en esa época. Si bien no se contempla la instalación de torres sobre la línea de Costa del Lago y Bosque Ripario, se incluyeron estos hábitats con fines comparativos y para documentar la riqueza y abundancia de especies (Figura 1).

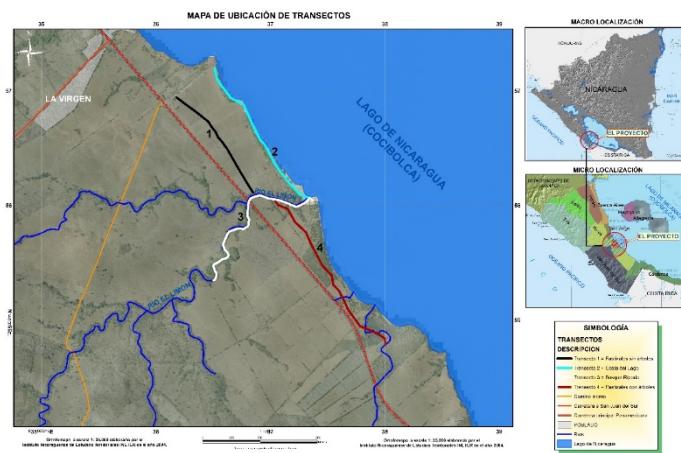


Figura 1.- Ubicación de transectos. Central eólica Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

Se realizaron dos monitoreos por día por cada uno de los hábitats de forma simultánea iniciando el primero a las 6:00 y culminando a las 9:30 horas y el segundo de 15:00 a 17:30 horas.

Para cada individuo de las especies de aves migratorias y residentes observados en cada hábitat se tomaron los siguientes datos en los diferentes transectos: especie, abundancia, altura de vuelo, dirección de vuelo, actividad, distancia del ave al sendero y al observador.

El Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA) se obtuvo para cada especie detectada y en cada uno de los diferentes tipos de hábitats, seleccionaron nueve factores valorados en una escala que va de uno (menor vulnerabilidad) hasta cuatro (mayor vulnerabilidad) agrupados en dos grupos, aquellos factores que tienen que ver con el riesgo de colisión y los relacionados con la sensibilidad de las especies para un total de nueve factores. Los promedios de ambos grupos se multiplican para obtener el IVA de cada especie por hábitat.

$$\frac{\text{Riesgo de colisión}}{(A + B + C + D + E + F)} \times \frac{\text{Sensibilidad de la especie}}{(G + H + I)} \quad (1)$$

La ecuación (1) muestra el cálculo del IVA:

Donde:

A: Altura de vuelo de las aves. Tomada según la altura de vuelo de cada ave en relación a la altura de la torre y longitud de aspa. La ponderación se realizó como: 1: > 145 m, 2: 0-25 m, 3: 26-40 m y 130-145 m, 4: 40-125 m.

B: Tipo de vuelo. Basada en los datos tomado en campo para cada ave en cada tipo de hábitat monitoreado. La ponderación se realizó como: 1: Ave posada, 2: Forrajeando, 3: Cazando y volando, 4: Planeando

C: Longitud alar. Es la extensión máxima de las alas de punta a punta. Aves con longitudes grandes de alas pueden ser más propensas a colisionar por tener más área de contacto. La información se ha tomado de la base de datos de Cornell Lab of Ornithology (2015) para cada especie de ave, realizando una tabla de intervalos de frecuencia. La ponderación se realizó como: 1. 0-65 cm., 2. 65-117 cm, 3. 117-168 cm, 4. >168 cm.

D: Peso. Aves pesadas pueden ser más propensas a colisionar por tener menos maniobrabilidad. La información fue tomada de Styles & Skutch (1989) para cada especie de aves, realizando una tabla de intervalos de frecuencia. La ponderación se realizó como: 1. 0-629 g, 2. 629-1252 g, 3. 1252-1876 g, 4. >1876 g.

E: Estatus. El tiempo que pasan las aves expuestas al peligro puede ser mayor en especies que residen todo el año en la zona de peligro. La información fue tomada de Martínez-Sánchez et al., (2014). La ponderación se realizó como: 1. Especie de Paso, 2. Especie Migratoria, 3. Especie Residente y Migratoria, 4. Especie Residente.

F: Abundancia. Se determinó la abundancia relativa presentada de forma cualitativa reconociendo cuatro categorías: Muy abundante, Abundante, Escaso y Raro, de forma tal que para aves se puede construir para cada hábitat a partir de la especie más abundante, definiendo el punto numérico de referencia al dividir entre las cuatro categorías de abundancia (Pérez, 2004). La ponderación se realizó como: 1. Raro, 2. Escaso, 3. Abundante, 4. Muy abundante.

G. Estado reproductivo. Este factor hace mención sobre la cantidad de huevos o puestas de cada especie. Especies con menos posturas pueden ser las más vulnerables por tener menos descendencia. La información fue tomada de Styles & Skutch (1989) y de la base de datos de Cornell Lab of Ornithology (2015). La ponderación se realizó como: 1. >4 huevos, 2. 3-4 huevos, 3. 2 huevos, 4. 1 huevo.

H. Estado de conservación internacional (UICN). Para este factor se utilizó los criterios de la International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016). La ponderación se realizó como: 1. Baja preocupación, 2. Casi Amenazada, 3. Vulnerable, 4. En Peligro.

I. Estado de conservación nacional. Se utilizó los criterios de la lista roja de especies amenazadas en Nicaragua (Manzanarez et al., 2018). La ponderación se realizó como: 1. LC: Baja preocupación, 2. NT: Casi amenazado, 3. VU: Vulnerable, 4. EN: En peligro y En peligro crítico.

El Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP) está dada por la ecuación (2):

$$\sum_l^n \ln(p_i + 1) \times IVA_i \quad (2)$$

Donde:

p_i = Número de observaciones de la especie i en cada hábitat. IVA_i = Valor IVA de la especie i. n = Número de hábitats considerados para el análisis.

Se calculó el MVP total a partir de todas las especies detectadas, y MVP medio solo utilizando las especies que superaron la mediana del IVA específico, este último con el propósito de reducir la posibilidad de dilución de la vulnerabilidad por especies menos sensibles. El riesgo de colisión por hábitat se calculó por medio de percentiles, determinando que menor al percentil 50 ($<P50$) se considera de riesgo bajo, y de riesgo alto cuando el percentil sea mayor que 50 ($>P50$).

El resultado final de esta fórmula es una zonificación en los cuatro (4) tipos de hábitats seleccionados Bosque Ripario (BR), Pastos sin Árboles (PSA), Pastos con Árboles (PCA) y Costa del Lago (CL) con diferentes niveles de riesgos por colisión, determinando qué sector o hábitat presenta mayor riesgo de colisión a la hora de la instalación de las torres eólicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de especies: Se identificaron 73 especies de aves lo que corresponde al 10% del total de especies para Nicaragua (Martínez-Sánchez et al., 2014), pertenecientes a 30 familias en 42,976 observaciones. Del total de especies, 49 son especies residentes en Nicaragua, 14 especies migratorias, tres especies de paso y siete especies con poblaciones residentes y migratorias. La familia con mayor porcentaje de especies fue la de las garzas (Ardeidae) con el 15%, seguido de zanates, chichiltotes, tordos entre otros (Icteridae) con el 12% (Tabla 1).

Tabla 1.- Abundancia de individuos en los diferentes hábitats. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
Actitis macularius	Andarcitos Maculado	9	36	0	0	45	1.5
Agamia agami	Gárra Pechicastaña	0	1	0	0	1	0.0
Agelaius phoeniceus	Tordo Sargento	122	40	46	1	209	6.8
Amazilia rutila	Amazilia Canela	0	0	2	0	2	0.1
Ardea alba	Garzón Grande	24	23	10	1	58	1.9
Ardea herodias	Garzón Azul	0	3	0	0	3	0.1
Eriothorax jugularis	Chocoyó Barbamaranja	0	0	2	0	2	0.1
Bubulcus ibis	Garcilla Bueyera	45	3	174	135	357	11.6
Buteo nitidus	Gavilán Gris	0	0	2	0	2	0.1
Buteo swainsoni	Garcilla Capiverde	17	6	0	0	23	0.7
Cairina moschata	Pato Real	0	0	0	2	2	0.1
Calidris pusilla	Correlimos	0	1	0	0	1	0.0
Calidris semipalmata	Semipalmado						
Calocitta formosa	Urraca Copetona	15	4	5	29	53	1.7
Campylorhynchus rufigularis	Salaptípueblo Nuguirruña	1	4	12	3	20	0.6
Caracara cheriway	Caracara Crestado	7	46	62	19	134	4.3
Cathartes aura	Zopilote Cabeceirrojo	29	4	78	3	114	3.7
Charadrius collaris	Chorlito Collarejo	0	1	0	0	1	0.0
Chloroceryle americana	Martín Pescador Verde	2	0	3	0	5	0.2
Cochlearius	Pico Cuchara	1	0	0	0	1	0.0
Columbina inca	Tortolita Collarita	1	20	8	1	30	1.0
Columbina talpacoti	Tortolita Rojiza	1	0	0	6	7	0.2
Cordyline atratus	Zopilote Negro	42	87	251	26	406	13.1
Orotrophaga sulcirostris	Garrapatero Común	72	29	3	28	132	4.3
Dendrocygna autumnalis	Piche Piquirojo	2	5	32	0	39	1.3
Dives dives	Cacique Piquinegro	1	0	0	0	1	0.0
Egretta caerulea	Garceta Azul	4	0	0	2	6	0.2
Egretta thula	Garceta Patiamanilla	18	10	0	5	33	1.1
Egretta tricolor	Garceta Tricolor	1	3	0	0	4	0.1
Eupetomena canicularis	Penico Frentinaranja	12	0	2	49	63	2.0
Falco peregrinus	Halcón Peregrino	0	0	1	0	1	0.0
Falco sparverius	Cernicalo Americano	0	0	0	1	1	0.0
Fregata magnificens	Rabilborcado Magno	0	1	7	1	9	0.3
Himantopus mexicanus	Cigueñuela Cuellinegra	10	0	0	0	10	0.3
Icterus galbula	Chichilote Nortero	14	0	17	0	31	1.0
Icterus pustulatus	Chichilote Dorsohistado	0	0	4	0	4	0.1
Icterus spurius	Chichilote Castaño	0	0	1	0	1	0.0
Jacana spinosa	Jacana Centroamericana	3	7	4	0	14	0.5
Megacyrile torquata	Martín Pescador Collarejo	12	0	3	0	15	0.5
Melanerpes hoffmannii	Carpintero Muquigualdo	4	4	10	2	20	0.6
Myiozetetes similis	Capirota Americana	10	0	1	0	11	0.4
Nyctanassa violacea	Martineto Cangrejero	1	0	0	0	1	0.0
Oreothlypis peregrina	Reinita Verduzca	3	0	0	0	3	0.1
Pandion haliaetus	Aguila Pescadora	2	7	1	1	11	0.4
Parabuteo unicinctus	Gavilán Charreteado	4	10	37	11	62	2.0
Parkesia noveboracensis	Reinita Acuática Nortera	9	1	10	0	20	0.6
Patagioenas flavirostris	Paloma Piquiroja	2	0	1	2	5	0.2
Peucaea ruficauda	Sabanero Cabeclistado	0	2	3	0	5	0.2
Phalacrocorax brasiliensis	Cormorán Neotropical	9	92	0	0	101	3.3
Piaya cayana	Cuco Ardilla	0	0	1	0	1	0.0
Pitangus sulphuratus	Guis Común	15	12	21	7	55	1.8
Protonotaria citrea	Reinita Cebedorada	1	0	0	0	1	0.0
Psarocolius montezuma	Oropéndola Mayor	3	0	11	0	14	0.5
Quiscalus mexicanus	Zanate Grande	16	144	119	225	504	16.3
Quiscalus nicaraguensis	Zanate Nicarguense	91	0	0	0	91	2.9
Rupornis magnirostris	Gavilán Chapulínero	0	0	1	0	1	0.0
Steophaena peruviana	Reinita Amanilla	37	19	38	5	99	3.2
Sturnella magna	Zacatero Común	5	1	0	27	33	1.1
Tachybaptus dominicus	Zampullín Erñano	2	0	0	0	2	0.1
Thalasseus maximus	Pagaza Real	0	82	2	0	84	2.7
Thraupis episcopus	Tángara Azulada	1	0	24	0	25	0.8
Thryophilus pleurostictus	Charralero Pajeado	3	0	4	0	7	0.2
Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Gorgilisa	2	0	1	0	3	0.1
Turdus grayi	Sensonte Pardo	1	0	0	0	1	0.0
Tyrannus forficatus	Tijereta Rosada	22	2	2	0	26	0.8
Tyrannus melancholicus	Tirano Tropical	21	0	13	0	34	1.1
Tyrannus tyrannus	Tirano Nortero	0	0	3	0	3	0.1
Varellus chilensis	Avefría Sureña	0	1	0	0	1	0.0
Zenaidura asiatica	Tórtola Aliblanca	2	0	2	1	5	0.2
Total general		689	716	1017	596	3088	100

Clave: Bosque ripario (BR), Costa del lago (CL), Pastizales con árboles (PCA), Pastizales sin árboles (PSA)

La Tabla 2 muestra que el hábitat con mayor número de especies observadas fue el bosque ripario con 51 especies, seguido de los pastizales con árboles con 46 especies y el de mayor concentración de individuos.

Tabla 2.- Riqueza y abundancia de especies por tipo de hábitat. Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

Hábitat	BR	CL	PCA	PSA
Especies	51	35	46	27
Individuos	735	719	1037	597

Clave: Bosque ripario (BR), Costa del lago (CL), Pastizales con árboles (PCA), Pastizales sin árboles (PSA)

Análisis del Índice de Vulnerabilidad de Aves: Para el bosque ripario el mayor valor del IVA se presenta en el Zopilote Cabecirrojo (IVA= 5) (residente y migratorio), el Águila Pescadora (IVA= 5) (migratorio), El Zopilote Negro (IVA=4.7) y Querque (IVA=4.4). Para el caso del Zopilote, puede ser vulnerable a las colisiones durante la fase de operación del proyecto ya que pasa mucho tiempo sobrevolando el área. Las torres en las cercanías de este tipo de hábitat podrían ser un riesgo para las aves. El valor promedio del IVA para este hábitat es de 2.9 y la mediana para las especies en este hábitat es de 2.8 (Tabla 3).

Tabla 3.- Valores IVA y MVP para las especies en bosque ripario. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Nombre Científico	Nombre Común	IVA	MVP TOTAL	MVP Med
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirojo	5.0	17.00598691	17.00598691
<i>Pandion haliaetus</i>	Aguila Pescadora	5.0	5.493061443	5.493061443
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	4.7	17.76122277	17.76122277
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Crestado	4.4	9.241962407	9.241962407
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	Zanate Nicaragüense	4.4	20.09683812	20.09683812
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	4.2	9.991230303	9.991230303
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	4.2	6.705991302	6.705991302
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquiroja	4.0	4.394449155	4.394449155
<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola Aliblanca	4.0	4.394449155	4.394449155
<i>Riparia riparia</i>	Avión Zapador	4.0	30.64422553	30.64422553
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	4.0	29.87861669	29.87861669
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola Mayor	3.9	5.391144738	5.391144738
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Gorgilisa	3.9	4.272381123	4.272381123
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja	3.7	9.404814311	9.404814311
<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Capiverde	3.6	10.43745357	10.43745357
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo	3.6	3.967211042	3.967211042
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	3.3	16.04061452	16.04061452
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	3.3	12.76213799	12.76213799
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero Nuquigualdo	3.3	5.364793041	5.364793041
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Pico Cuchara	3.1	2.117949718	2.117949718
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azulada	3.1	2.117949718	2.117949718
<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	2.9	9.298974605	9.298974605
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	2.8	1.925408835	1.925408835
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	2.8	1.925408835	1.925408835
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	2.8	4.470660868	4.470660868
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Guis Crestipardo Mayor	2.8	1.925408835	1.925408835
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	2.8	12.56052383	12.56052383
<i>Turdus grayi</i>	Sensorite Pardo	2.8	1.925408835	1.925408835
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	2.8	8.586229037	8.586229037
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	2.7	7.393569326	270.1025072
<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	2.7	7.851837278	
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Reinita Acuática Norteña	2.7	6.140226915	
<i>Phalacrocorax brasiliianus</i>	Cormorán Neotropical	2.7	6.140226915	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	2.4	10.48778975	
<i>Nyctanassa violacea</i>	Martinetete Cangrejero	2.4	1.694359775	
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	2.3	8.487701039	
<i>Campylorhynchus rufigularis</i>	Saltapipíuela	2.2	1.540327068	
<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde	2.2	2.441360641	
<i>Dives dives</i>	Cacique Piquinegro	2.2	1.540327068	
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta Tricolor	2.2	1.540327068	
<i>Megacyrile torquata</i>	Martín Pescador Collarejo	2.2	5.699887461	
<i>Myiozetetes similis</i>	Guis Chico	2.2	3.080654136	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Guis Común	2.2	6.161308272	
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zampullín Enano	2.2	2.441360641	
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Charralero Fajeado	2.2	3.080654136	
<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita Verduzca	1.8	2.464523309	
<i>Protonotaria citrea</i>	Reinita Cebedidorada	1.8	1.232261654	
<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüenuela Cuellinegra	1.7	3.996492121	
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana	1.7	2.310490602	
<i>Actitis macularius</i>	Andarríos Maculado	1.6	3.581799034	
<i>Icterus galbula</i>	Chichiltote Nortero	1.6	4.212522535	
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	1.6	4.877435447	
Total			368.49995	

El bosque ripario es el único “refugio verde” que se encuentra en la zona, donde los animales pasan la noche, se alimentan y se protegen del sol en un mar de tierras deforestadas producto de una ganadería y agricultura extensiva con muchos años de historia en la zona, por lo que resulta importante la conservación de este tipo de bosque.

Para la costa del lago, las especies con mayor valor de vulnerabilidad es el Rabihorcado Magno (IVA= 5.7), un ave marina que se interna tierra adentro y que vuela a alturas más allá de los 200 m de altura. El Zopilote Negro (IVA= 5) es otra especie vulnerable en esta zona ya que se le observa en las costas comiendo de los desperdicios que arroja el lago. Con el mismo valor de vulnerabilidad en este hábitat es el Águila Pescadora (IVA= 5), la cual utiliza al lago de Nicaragua para cazar peces. El Zopilote Cabecirrojo (IVA= 4.7) aparece también con valores altos a la mediana en este hábitat junto a la Garza Pechicastaña (IVA= 4.3). Es importante señalar la presencia de más de cinco mil golondrinas en esta zona, especialmente de la golondrina Avión Zapador (IVA= 4.2) (especie migratoria de paso), así como la Golondrina Común (IVA= 3.6) (migratoria de paso), especies con valor de vulnerabilidad por encima de la mediana, forrajean la línea costera del lago en busca de chayules muy frecuentes en esta zona. El valor promedio del IVA para este hábitat es de 3.2 y la mediana es de 3.1 (Tabla 4).

Tabla 4.- Valores IVA y MVP para las especies en costa del lago. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Nombre Científico	Nombre Común en español	IVA	MVP total	MVP Med
<i>Fregata magnificens</i>	Rabihorcado Magno	5.7	3.92783402	3.92783402
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	5.0	22.3866841	22.3866841
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	5.0	10.3972077	10.3972077
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	4.7	7.60012348	7.60012348
<i>Agamia agami</i>	Garza Pechicastaña	4.3	2.96512961	2.96512961
<i>Riparia riparia</i>	Avión Zapador	4.2	29.0251533	29.0251533
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Crestado	4.2	16.0422817	16.0422817
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	4.2	20.7363906	20.7363906
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo	3.9	6.96795349	6.96795349
<i>Ardea herodias</i>	Garzón Azul	3.6	5.00606297	5.00606297
<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Capiverde	3.6	7.02689776	7.02689776
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	3.6	30.4014151	30.4014151
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	3.3	10.1484081	10.1484081
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	3.3	7.99298424	7.99298424
<i>Sturnella magna</i>	Zacatero Común	3.3	2.3104906	2.3104906
<i>Thalasseus maximus</i>	Pagaza Real	3.3	14.7294687	14.7294687
<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	3.3	10.5935128	10.5935128
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	3.1	4.23589944	4.23589944
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero Nuquigualdo	3.1	4.91772695	4.91772695
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	3.1	3.35687088	3.35687088
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Reinita Acuática Norteña	3.0	2.07944154	220.768495
<i>Phalacrocorax brasiliianus</i>	Cormorán Neotropical	2.9	13.0941763	
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	2.8	10.315478	
<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero Cabecilistado	2.8	3.0517008	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Guis Crestipardo Mayor	2.8	6.1034016	
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	2.7	4.29183443	
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.7	4.29183443	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	2.7	9.06985968	
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta Tricolor	2.7	3.69678496	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Guis Común	2.7	6.83986495	
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	2.3	6.99004197	
<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	2.2	5.32865616	
<i>Actitis macularius</i>	Andarrios Maculado	2.0	7.22183583	
<i>Vanellus chilensis</i>	Avefría Sureña	2.0	1.38629436	
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana	1.8	3.81230949	
<i>Charadrius collaris</i>	Chorlitejo Collarejo	1.7	1.1552453	
<i>Calidris pusilla</i>	Correlimos Semipalmeado	1.6	1.07822895	
Total			310.575484	

Las especies con valores de vulnerabilidad alto en los pastizales con árboles lo constituyen el Rabihorcado Magno ($IVA= 6.3$), seguido del Zopilote Negro ($IVA= 5.8$). En esta zona existen lugares inundados por lo que se cuenta con la presencia del Garzón Grande ($IVA= 5.3$) y de la Cigüeña Americana ($IVA= 5$), seguido de las especies Garzón Grande y Zopilote Cabecirrojo con un IVA de 5 respectivamente. El valor promedio del IVA para este hábitat es de 3.2 y la mediana es de 3.1 (Tabla 5).

Tabla 5.- Valores IVA y MVP para las especies en
pastizal con árboles. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	MVP total	MVP Med
<i>Fregata magnificens</i>	Rabihorcado Magno	6.3	13.1697964	13.1697964
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	5.8	32.255003	32.255003
<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	5.3	12.7887748	12.7887748
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	5.3	23.0609748	23.0609748
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	5.0	3.4657359	3.4657359
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	4.4	22.9546043	22.9546043
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	4.4	16.1670496	16.1670496
<i>Riparia riparia</i>	Avión Zapador	4.2	29.9564897	29.9564897
<i>Caracara cheryway</i>	Caracara Crestado	4.2	17.2630614	17.2630614
<i>Pandion haliaetus</i>	Aguila Pescadora	4.2	2.88811325	2.88811325
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	3.9	31.809271	31.809271
<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán Gris	3.9	4.27238112	4.27238112
<i>Dendrocopos autumnalis</i>	Piche Piquirojo	3.9	13.5975294	13.5975294
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre			
<i>Tachycineta albilinea</i>	Gorgilisa	3.9	2.69557237	2.69557237
<i>Eupsittula canicularis</i>	Golondrina Lomiblanca	3.8	15.920688	15.920688
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Perico Frentinaranja	3.7	4.02824506	4.02824506
<i>Parakeia noveboracensis</i>	Reinita Acuática			
<i>Psarocolius montezuma</i>	Norteña	3.7	8.79228267	8.79228267
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	3.3	12.8338253	12.8338253
<i>Melanerpes hoffmanni</i>	Carpintero Nuquiualdo	3.3	7.99298424	7.99298424
<i>Playa cayana</i>	Cuco Ardilla	3.3	2.3104906	2.3104906
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	3.1	2.11794972	2.11794972
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	3.1	14.628447	14.628447
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	3.0	10.9906849	313.01536
<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero			
<i>Amazilia rutila</i>	Cabecilistado	2.8	3.85081767	
<i>Amazilia Canela</i>	Amazilia Canela	2.8	3.0517008	
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilara	2.8	6.1034016	
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Guis Crestipardo			
<i>Myiozetetes similis</i>	Mayor	2.8	3.0517008	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	2.8	7.3307148	
<i>Erotogeris jugularis</i>	Chocoyo			
<i>Crotaphaga sulcirostris</i>	Barbinaranja	2.7	2.92963277	
<i>Calocitta formosa</i>	Garrapatero			
<i>Megacyrile torquatus</i>	Común	2.7	3.69678496	
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Urraca Copetona	2.4	4.37985648	
<i>Chloroceryle americana</i>	Megacyrile torquatus	2.4	3.38871955	
<i>Icterus pustulatus</i>	Saltapíñuela			
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Nuquirrufa	2.2	5.69988746	
<i>Thalasseus maximus</i>	Martin Pescador			
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Verde	2.2	3.08065414	
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Chichiltote			
<i>Jacana spinosa</i>	Charralero			
<i>Thraupis episcopus</i>	Fajeado	2.2	3.57652869	
<i>Icterus galbula</i>	Tirano Norteno	2.2	3.08065414	
<i>Tyrannus forficatus</i>	Jacana Centroamericana	1.7	2.68239652	
<i>Icterus spurius</i>	Tángara Azulada	1.7	5.36479304	
Total	Chichiltote Norteno	1.6	4.49613385	
	Tijereta Rosada	1.6	1.70895245	
	Chichiltote Castaño	1.2	0.80867171	
			407.100328	

Los pastos con árboles sirven para dar sombra al ganado, sin embargo, estos pueden atraer aves utilizándolos para percha, sombra o como corredor al desplazarse entre áreas abiertas, pudiendo incrementar el peligro de colisión con torres eólicas. Los pastizales sin árboles presentan el hábitat más predominante en la zona producto de una ganadería extensiva. Las especies con mayores valores de vulnerabilidad son el Pato Real (IVA= 6), seguido del Rabiorcado Magno (IVA= 5.7) y Águila Pescadora (IVA= 5).

Los pastizales sin árboles son también una zona importante pues es aquí donde se observó la mayor concentración de golondrinas de Avión Zapador y Golondrina Común (IVA= 4) en cantidades superiores a los 20,000 individuos. El valor promedio del IVA para este hábitat es de 3.4 y la mediana es de 3.1 (Tabla 6).

Tabla 6.- Valores IVA y MVP para las especies de pastizales sin árboles. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	IMVP total	IMVP med
<i>Cairina moschata</i>	Pato Real	6.0	6.59167373	6.59167373
<i>Fregata magnificens</i>	Rabihorcado Magno	5.7	3.92783402	3.92783402
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	5.0	3.4657359	3.4657359
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	4.7	6.54639004	6.54639004
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	4.7	15.5636741	15.5636741
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	4.4	11.0440296	11.0440296
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	4.4	24.0912667	24.0912667
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Crestado	4.2	12.4822178	12.4822178
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	4.0	37.0418519	37.0418519
<i>Riparia riparia</i>	Avión Zapador	4.0	38.4760015	38.4760015
<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	3.9	2.69557237	2.69557237
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja	3.3	13.0400767	13.0400767
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	3.3	16.3755163	16.3755163
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquirroja	3.3	3.66204096	3.66204096
<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola Aliblanca	3.3	2.3104906	2.3104906
<i>Myiozetetes similis</i>	Güis Chico	3.1	4.91772695	197.314372
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	2.8	1.92540883	
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	2.8	1.92540883	
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	2.8	5.40530597	
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	2.8	3.0517008	
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero Nuquigualdo	2.8	3.0517008	
<i>Sturnella magna</i>	Zacatero Común	2.8	9.25612364	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	2.4	8.23116758	
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	2.3	4.18077209	
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	2.2	7.5582164	
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.2	3.08065414	
<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	2.2	3.98168771	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Güis Común	2.2	4.6209812	
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	1.7	1.1552453	
Total			259.656472	

En general, los valores más altos de vulnerabilidad en los cuatro tipos de hábitat se encuentran en las especies: Rabihorcado Magno, el Zopilote Negro, el Zopilote Cabecirroja, Águila Pescadora, Caracara Crestado, Zanate Nicaragüense, y la Garza Grande.

Con los valores de IVA calculado e IMVP total e IMVP medio para cada hábitat se procedió a calcular el percentil para ambos valores. La Tabla 7 presenta los resultados de los cálculos de percentiles para $P < P50$ riesgo bajo, y $> P50$ riesgo alto tanto para MVP total y Media.

Tabla 7.- Resultados de cálculos de percentiles para P50. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

	Riesgo Bajo		Riesgo Alto	
MPV total	1	2	3	4
P<50, P>50	259.65	310.57	368.49	407.1
		2da posición	3ra posición	
MVP med	1	2	3	4
P<50, P>50	197.31	220.76	270.1	313.01
		2da posición	3ra posición	

Obtenidos los rangos en los cuales el riesgo será Bajo o Alto, la Tabla 8 muestra el total de las sumatorias del MVP total y Medio calculado para cada hábitat, donde podemos determinar que el bosque ripario y pastizales con árboles son los sitios con mayor riesgo de colisión para instalar torres eólicas.

Tabla 8.- Valores para el Mapa de Vulnerabilidad Potencial para cada hábitat y tipo de riesgo. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Hábitat	MVP total	MVP med	Riesgo MVP Med
Bosque Ripario	368.49	270.1	Alto
Costa del lago	310.57	220.76	Bajo
Pastizales con árboles	407.1	313.01	Alto
Pastizales sin árboles	259.65	197.31	Bajo

Si bien el bosque ripario no se presenta como sitio para la instalación de torres eólicas, resulta interesante observar que de haberlo sido hubiese afectado el hábitat con mayor diversidad de especies, comprobando la efectividad del presente método.

La Figura 2 presenta el mapa de riesgos por tipo de hábitat ubicando las torres los cuales fueron instaladas en 2014.

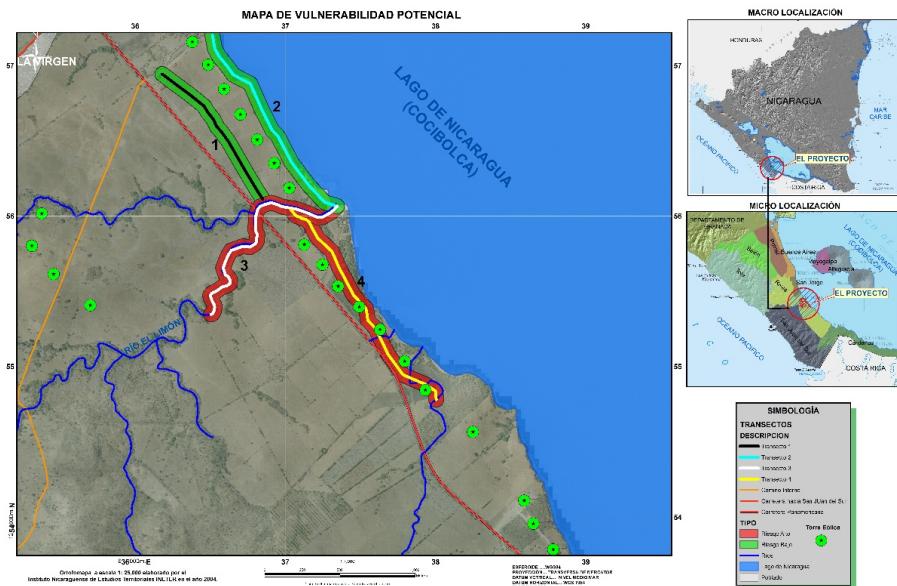


Figura 2.- Mapa de Vulnerabilidad Potencial. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Otra forma en la que se comprobó el método, es que posterior al presente estudio se continuó trabajando en el protocolo de colisión durante la etapa de operación, comprobando que la mayoría de las colisiones se registraban en las torres ubicadas en la zona de pastizales con árboles (observación personal).

CONCLUSIONES

El Índice de Vulnerabilidad de Aves y Mapa de Vulnerabilidad Potencial constituyen herramientas importantes que permiten identificar los riesgos potenciales de colisión de aves en centrales eólicas antes de su construcción.

Dichas herramientas deben de formar parte de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental en la etapa de pre construcción, resultando indispensable que toda empresa eólica en Nicaragua cuente con un protocolo de colisión durante la etapa de operación.

REFERENCIAS

- American Wind Wildlife Institute (AWWI). (2016). *Wind turbine interactions with wildlife and their habitats: a summary of research results and priority questions*. Washington, DC. USA. Recuperado de <https://awwi.org/resources/summary-of-wind-wildlife-interactions-2/>.
- Arnett, EB., Brown, WK., Erickson, WP., Fiedler, JK., Hamilton BI., Henry, TH,... Tankersley. Jr. RD. (2008). Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management*, 72(1), 61-78.
- Cornell Lab of Ornithology. (2015, 1 de mayo). *Bird Guide*. Recuperado de <https://www.birds.cornell.edu/home/about/>
- Hernández-Sampieri, R., Collado, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F., México: Mc Graw-Hill.
- International Union for Conservation of Nature. (2016). *Red list of threatened species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>
- Manzanarez, R., Tórrez, M., Gutiérrez, A., Manzanares, J., y Gutiérrez, Z. (Ed.). (2018). *Lista Roja de Especies Vertebradas en Riesgo de Extinción de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Jóvenes Ambientalistas.

- Martínez-Sánchez, J. C., Durioux, L. & Muñoz, F. (2014). *A guide to the birds of Nicaragua*. Alemania: Westarp Science Fachvlg.
- McCrory, J. & Young, D. (2008). New and noteworthy observations of raptors in southward migration in Nicaragua. *Ornitología Neotropical*, 19(4), 573-580. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/228493827_New_and_noteworthy_observations_of_raptors_in_southward_migration_in_Nicaragua
- Pérez, A. M. (2004). *Aspectos Conceptuales, Análisis numérico, Monitoreo y Publicación de Datos sobre Biodiversidad*. Managua, Nicaragua: MARENA – ARAUCARIA.
- Ralph, C.J., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., DeSante, D. y Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station. Recuperado de https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr159/psw_gtr159.pdf
- Stiles, G. & Skutch, A. (1989). *A guide to the birds of Costa Rica*. New York, USA: Cornell University Press.
- Strickland, M.D., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Johnson, D.H., Johnson, G.D., Morrison, M.L., Shaffer, J.A., & Warren-Hicks, W. (2011). *Comprehensive guide to studying wind energy/wildlife interactions*. Washington, DC: The National Wind Coordinating Collaborative.
- Wunderle, J. (1994). *Métodos de campo para contar aves terrestres del Caribe*. USDA Forest Service, Souther Forest Experiment Station. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/283349293_Metodos_Para_Countar_Aves_Terrestres_Del_Caribe/link/5636168908aeb786b703d6e8/download

Semblanza del autor

