



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 THEIR CONSTRUCTION

José Manuel Zolotoff Pallais¹

(recibido/received: 30-marzo-2020; aceptado/accepted:21-mayo-2021)

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 Nicaragüense (*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 CLAVES: 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,

¹ Responsable de Investigación y Capacitación Reserva Natural Volcán Mombacho. Fundación Cocibolca. Nicaragua. josezolotoff@gmail.com

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*), Aviión Púrpura (*Progne subis*), Golondrina Bicolor (*Tachycineta bicolor*), Aviión Zapador (*Riparia riparia*), Golondrina Gorginegra (*Hirundo pyrrhonota*) y Golondrina Alirrasposa

Norteña (*Stelgidopteryx serripennis*), entre otros grupos de aves migratorias como acuáticas y passeriformes.

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).

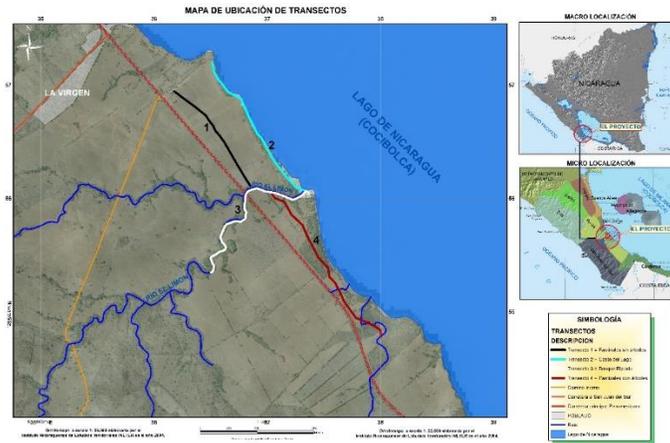


Figura 1.- Ubicación de transectos. Central eólica Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

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.

La ecuación (1) muestra el cálculo del IVA:

$$\frac{\text{Riesgo de colisión}}{\frac{(A + B + C + D + E + F)}{6}} \times \frac{\text{Sensibilidad de la especie}}{\frac{(G + H + I)}{3}} \quad (1)$$

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 tomados 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):

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

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 hábitats 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
<i>Actitis macularius</i>	Andarríos Maculado	9	36	0	0	45	1.5
<i>Agamia agami</i>	Garza Pechicastaña	0	1	0	0	1	0.0
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	122	40	46	1	209	6.8
<i>Amazilia rutila</i>	Amazilia Canela	0	0	2	0	2	0.1
<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	24	23	10	1	58	1.9
<i>Ardea herodias</i>	Garzón Azul	0	3	0	0	3	0.1
<i>Brotogeris jugularis</i>	Chocoyo Barbinaranja	0	0	2	0	2	0.1

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
Bubulcus ibis	Garcilla Bueyera	45	3	174	135	357	11.6
Buteo nitidus	Gavilán Gris	0	0	2	0	2	0.1
Butorides virescens	Garcilla Capiverde	17	6	0	0	23	0.7
Cairina moschata	Pato Real	0	0	0	2	2	0.1
Calidris pusilla	Correlimos Semipalmeado	0	1	0	0	1	0.0
Calocitta formosa	Urraca Copetona	15	4	5	29	53	1.7
Campylorhynchus rufinucha	Saltapiñuela Nuquirrufa	1	4	12	3	20	0.6
Caracara cheriway	Caracara Crestado	7	46	62	19	134	4.3
Cathartes aura	Zopilote Cabecirrojo	29	4	78	3	114	3.7
Charadrius collaris	Chorlitejo 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 Colilarga	1	20	8	1	30	1.0
Columbina talpacoti	Tortolita Rojiza	1	0	0	6	7	0.2
Coragyps atratus	Zopilote Negro	42	87	251	26	406	13.1
Crotophaga 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 Patiamarilla	18	10	0	5	33	1.1
Egretta tricolor	Garceta Tricolor	1	3	0	0	4	0.1
Eupsittula canicularis	Perico Frentinaranja	12	0	2	49	63	2.0
Falco peregrinus	Halcón Peregrino	0	0	1	0	1	0.0
Falco sparverius	Cernícalo Americano	0	0	0	1	1	0.0
Fregata magnificens	Rabihorcado Magno	0	1	7	1	9	0.3
Himantopus mexicanus	Cigüeñuela Cuellinegra	10	0	0	0	10	0.3
Icterus galbula	Chichiltote Norteño	14	0	17	0	31	1.0
Icterus pustulatus	Chichiltote Dorsilistado	0	0	4	0	4	0.1

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
<i>Icterus spurius</i>	Chichiltote Castaño	0	0	1	0	1	0.0
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana	3	7	4	0	14	0.5
<i>Megaceryle torquata</i>	Martín Pescador Collarejo	12	0	3	0	15	0.5
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero Nuquigualdo	4	4	10	2	20	0.6
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	10	0	1	0	11	0.4
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Güis Crestipardo Mayor	1	8	2	0	11	0.4
<i>Myiozetetes similis</i>	Güis Chico	3	0	1	4	8	0.3
<i>Nyctanassa violacea</i>	Martinete Cangrejero	1	0	0	0	1	0.0
<i>Oreothlypis peregrina</i>	Reinita Verduzca	3	0	0	0	3	0.1
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila Pescadora	2	7	1	1	11	0.4
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	4	10	37	11	62	2.0
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Reinita Acuática Norteña	9	1	10	0	20	0.6
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquirroja	2	0	1	2	5	0.2
<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero Cabecilistado	0	2	3	0	5	0.2
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical	9	92	0	0	101	3.3
<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	0	0	1	0	1	0.0
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Güis Común	15	12	21	7	55	1.8
<i>Protonotaria citrea</i>	Reinita Cebecidorada	1	0	0	0	1	0.0
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola Mayor	3	0	11	0	14	0.5
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	16	144	119	225	504	16.3
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	Zanate Nicaragüense	91	0	0	0	91	2.9
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Chapulinero	0	0	1	0	1	0.0
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	37	19	38	5	99	3.2
<i>Sturnella magna</i>	Zacatero Común	5	1	0	27	33	1.1
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zampullín Enano	2	0	0	0	2	0.1
<i>Thalasseus maximus</i>	Pagaza Real	0	82	2	0	84	2.7
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azulada	1	0	24	0	25	0.8
<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Charralero Fajeado	3	0	4	0	7	0.2

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Gorgilisa	2	0	1	0	3	0.1
Turdus grayi	Sensontle 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 Norteño	0	0	3	0	3	0.1
Vanellus chilensis	Avefría Sureña	0	1	0	0	1	0.0
Zenaida 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
Cathartes aura	Zopilote Cabecirrojo	5.0	17.00598691	17.00598691
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	5.0	5.493061443	5.493061443

Nombre Científico	Nombre Común	IVA	MVP TOTAL	MVP Med
Coragyps atratus	Zopilote Negro	4.7	17.76122277	17.76122277
Caracara cheriway	Caracara Crestado	4.4	9.241962407	9.241962407
Quiscalus nicaraguensis	Zanate Nicaragüense	4.4	20.09683812	20.09683812
Mycteria americana	Cigüeña Americana	4.2	9.991230303	9.991230303
Parabuteo unicinctus	Gavilán Charreteado	4.2	6.705991302	6.705991302
Patagioenas flavirostris	Paloma Piquirroja	4.0	4.394449155	4.394449155
Zenaida asiatica	Tórtola Aliblanca	4.0	4.394449155	4.394449155
Riparia riparia	Avión Zapador	4.0	30.64422553	30.64422553
Hirundo rustica	Golondrina Común	4.0	29.87861669	29.87861669
Psarocolius montezuma	Oropéndola Mayor	3.9	5.391144738	5.391144738
Tigrisoma mexicanum	Garza Tigre Gorgilisa	3.9	4.272381123	4.272381123
Eupsittula canicularis	Perico Frentinaranja	3.7	9.404814311	9.404814311
Butorides virescens	Garcilla Capiverde	3.6	10.43745357	10.43745357
Dendrocygna autumnalis	Piche Piquirojo	3.6	3.967211042	3.967211042
Agelaius phoeniceus	Tordo Sargento	3.3	16.04061452	16.04061452
Bubulcus ibis	Garcilla Bueyera	3.3	12.76213799	12.76213799
Melanerpes hoffmannii	Carpintero Nuquigualdo	3.3	5.364793041	5.364793041
Cochlearius cochlearius	Pico Cuchara	3.1	2.117949718	2.117949718
Thraupis episcopus	Tángara Azulada	3.1	2.117949718	2.117949718
Ardea alba	Garzón Grande	2.9	9.298974605	9.298974605
Columbina inca	Tortolita Colilarga	2.8	1.925408835	1.925408835
Columbina talpacoti	Tortolita Rojiza	2.8	1.925408835	1.925408835
Egretta caerulea	Garceta Azul	2.8	4.470660868	4.470660868
Myiarchus tyrannulus	Güis Crestipardo Mayor	2.8	1.925408835	1.925408835

Nombre Científico	Nombre Común	IVA	MVP TOTAL	MVP Med
Quiscalus mexicanus	Zanate Grande	2.8	12.56052383	12.56052383
Turdus grayi	Sensontle Pardo	2.8	1.925408835	1.925408835
Tyrannus melancholicus	Tirano Tropical	2.8	8.586229037	8.586229037
Calocitta formosa	Urraca Copetona	2.7	7.393569926	270.1025072
Egretta thula	Garceta Patiamarilla	2.7	7.851837278	
Parkesia noveboracensis	Reinita Acuática Norteña	2.7	6.140226915	
Phalacrocorax brasilianus	Cormorán Neotropical	2.7	6.140226915	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Común	2.4	10.48778975	
Nyctanassa violacea	Martinete Cangrejero	2.4	1.694359775	
Setophaga petechia	Reinita Amarilla	2.3	8.487701039	
Campylorhynchus rufinucha	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.2	1.540327068	
Chloroceryle americana	Martín Pescador Verde	2.2	2.441360641	
Dives dives	Cacique Piquinegro	2.2	1.540327068	
Egretta tricolor	Garceta Tricolor	2.2	1.540327068	
Megaceryle torquata	Martín Pescador Collarejo	2.2	5.699887461	
Myiozetetes similis	Güis Chico	2.2	3.080654136	
Pitangus sulphuratus	Güis Común	2.2	6.161308272	
Tachybaptus dominicus	Zampullín Enano	2.2	2.441360641	
Thryophilus pleurostictus	Charralero Fajeado	2.2	3.080654136	
Oreothlypis peregrina	Reinita Verduzca	1.8	2.464523309	
Protonotaria citrea	Reinita Cebecidorada	1.8	1.232261654	

Nombre Científico	Nombre Común	IVA	MVP TOTAL	MVP Med
Himantopus mexicanus	Cigüeñuela Cuellinegra	1.7	3.996492121	
Jacana spinosa	Jacana Centroamericana	1.7	2.310490602	
Actitis macularius	Andarríos Maculado	1.6	3.581799034	
Icterus galbula	Chichiltote Norteño	1.6	4.212522535	
Tyrannus forficatus	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
Fregata magnificens	Rabihorcado Magno	5.7	3.92783402	3.92783402
Coragyps atratus	Zopilote Negro	5.0	22.3866841	22.3866841
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	5.0	10.3972077	10.3972077
Cathartes aura	Zopilote Cabecirrojo	4.7	7.60012348	7.60012348
Agamia agami	Garza Pechicastaña	4.3	2.96512961	2.96512961

Nombre Científico	Nombre Común en español	IVA	MVP total	MVP Med
Riparia riparia	Avión Zapador	4.2	29.0251533	29.0251533
Caracara cheriway	Caracara Crestado	4.2	16.0422817	16.0422817
Quiscalus mexicanus	Zanate Grande	4.2	20.7363906	20.7363906
Dendrocygna autumnalis	Piche Piquirojo	3.9	6.96795349	6.96795349
Ardea herodias	Garzón Azul	3.6	5.00606297	5.00606297
Butorides virescens	Garcilla Capiverde	3.6	7.02689776	7.02689776
Hirundo rustica	Golondrina Común	3.6	30.4014151	30.4014151
Columbina inca	Tortolita Colilarga	3.3	10.1484081	10.1484081
Parabuteo unicinctus	Gavilán Charreteado	3.3	7.99298424	7.99298424
Sturnella magna	Zacatero Común	3.3	2.3104906	2.3104906
Thalasseus maximus	Pagaza Real	3.3	14.7294687	14.7294687
Ardea alba	Garzón Grande	3.3	10.5935128	10.5935128
Bubulcus ibis	Garcilla Bueyera	3.1	4.23589944	4.23589944
Melanerpes hoffmannii	Carpintero Nuquigualdo	3.1	4.91772695	4.91772695
Tyrannus forficatus	Tijereta Rosada	3.1	3.35687088	3.35687088
Parkesia noveboracensis	Reinita Acuática Norteña	3.0	2.07944154	220.768495
Phalacrocorax brasilianus	Cormorán Neotropical	2.9	13.0941763	
Agelaius phoeniceus	Tordo Sargento	2.8	10.315478	
Peucaea ruficauda	Sabanero Cabecilistado	2.8	3.0517008	
Myiarchus tyrannulus	Güis Crestipardo Mayor	2.8	6.1034016	
Calocitta formosa	Urraca Copetona	2.7	4.29183443	
Campylorhynchus rufinucha	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.7	4.29183443	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Común	2.7	9.06985968	
Egretta tricolor	Garceta Tricolor	2.7	3.69678496	
Pitangus sulphuratus	Güis Común	2.7	6.83986495	
Setophaga petechia	Reinita Amarilla	2.3	6.99004197	
Egretta thula	Garceta Patiamarilla	2.2	5.32865616	
Actitis macularius	Andarríos Maculado	2.0	7.22183583	
Vanellus chilensis	Avefría Sureña	2.0	1.38629436	
Jacana spinosa	Jacana Centroamericana	1.8	3.81230949	

Nombre Científico	Nombre Común en español	IVA	MVP total	MVP Med
<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>	Águila 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>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo	3.9	13.5975294	13.5975294
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Gorgilisa	3.9	2.69557237	2.69557237
<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Lomiblanca	3.8	15.920688	15.920688
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja	3.7	4.02824506	4.02824506

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	MVP total	MVP Med
Parkesia noveboracensis	Reinita Acuática Norteña	3.7	8.79228267	8.79228267
Patagioenas flavirostris	Paloma Piquirroja	3.7	2.54153966	2.54153966
Zenaida asiatica	Tórtola Aliblanca	3.7	4.02824506	4.02824506
Rupornis magnirostris	Gavilán Chapulinero	3.6	2.50303148	2.503031485
Psarocolius montezuma	Oropéndola Mayor	3.6	8.97327401	8.97327401
Agelaius phoeniceus	Tordo Sargento	3.3	12.8338253	12.8338253
Melanerpes hoffmannii	Carpintero Nuquigualdo	3.3	7.99298424	7.99298424
Piaya cayana	Cuco Ardilla	3.3	2.3104906	2.3104906
Falco peregrinus	Halcón Peregrino	3.1	2.11794972	2.11794972
Quiscalus mexicanus	Zanate Grande	3.1	14.628447	14.628447
Setophaga petechia	Reinita Amarilla	3.0	10.9906849	313.01536
Peucaea ruficauda	Sabanero Cabecilistado	2.8	3.85081767	
Amazilia rutila	Amazilia Canela	2.8	3.0517008	
Columbina inca	Tortolita Colilarga	2.8	6.1034016	
Myiarchus tyrannulus	Güis Crestipardo Mayor	2.8	3.0517008	
Myiozetetes similis	Güis Chico	2.8	1.92540883	
Tyrannus melancholicus	Tirano Tropical	2.8	7.3307148	
Brotogeris jugularis	Chocoyo Barbinaranja	2.7	2.92963277	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Común	2.7	3.69678496	
Calocitta formosa	Urraca Copetona	2.4	4.37985648	
Megaceryle torquatus	Megaceryle torquatus	2.4	3.38871955	
Campylorhynchus rufinucha	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.2	5.69988746	
Chloroceryle americana	Martín Pescador Verde	2.2	3.08065414	
Icterus pustulatus	Chichiltote Dorsilistado	2.2	3.57652869	
Pitangus sulphuratus	Güis Común	2.2	6.86898323	
Thalasseus maximus	Pagaza Real	2.2	2.44136064	
Thryophilus pleurostictus	Charralero Fajeado	2.2	3.57652869	
Tyrannus tyrannus	Tirano Norteño	2.2	3.08065414	

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	MVP total	MVP Med
Jacana spinosa	Jacana Centroamericana	1.7	2.68239652	
Thraupis episcopus	Tángara Azulada	1.7	5.36479304	
Icterus galbula	Chichiltote Norteño	1.6	4.49613385	
Tyrannus forficatus	Tijereta Rosada	1.6	1.70895245	
Icterus spurius	Chichiltote Castaño	1.2	0.80867171	
Total			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 Rabiornado 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
Cairina moschata	Pato Real	6.0	6.59167373	6.59167373
Fregata magnificens	Rabiornado Magno	5.7	3.92783402	3.92783402
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	5.0	3.4657359	3.4657359
Cathartes aura	Zopilote Cabecirrojo	4.7	6.54639004	6.54639004
Coragyps atratus	Zopilote Negro	4.7	15.5636741	15.5636741
Parabuteo unicinctus	Gavilán Charreteado	4.4	11.0440296	11.0440296
Quiscalus mexicanus	Zanate Grande	4.4	24.0912667	24.0912667
Caracara cheriway	Caracara Crestado	4.2	12.4822178	12.4822178
Hirundo rustica	Golondrina Común	4.0	37.0418519	37.0418519
Riparia riparia	Avión Zapador	4.0	38.4760015	38.4760015

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	IMVP total	IMVP med
Ardea alba	Garzón Grande	3.9	2.69557237	2.69557237
Eupsittula canicularis	Perico Frentinaranja	3.3	13.0400767	13.0400767
Bubulcus ibis	Garcilla Bueyera	3.3	16.3755163	16.3755163
Patagioenas flavirostris	Paloma Piquirroja	3.3	3.66204096	3.66204096
Zenaida asiatica	Tórtola Aliblanca	3.3	2.3104906	2.3104906
Myiozetetes similis	Güis Chico	3.1	4.91772695	197.314372
Agelaius phoeniceus	Tordo Sargento	2.8	1.92540883	
Columbina inca	Tortolita Colilarga	2.8	1.92540883	
Columbina talpacoti	Tortolita Rojiza	2.8	5.40530597	
Egretta caerulea	Garceta Azul	2.8	3.0517008	
Melanerpes hoffmannii	Carpintero Nuquigualdo	2.8	3.0517008	
Sturnella magna	Zacatero Común	2.8	9.25612364	
Crotophaga sulcirostris	Garrapatero Común	2.4	8.23116758	
Setophaga petechia	Reinita Amarilla	2.3	4.18077209	
Calocitta formosa	Urraca Copetona	2.2	7.5582164	
Campylorhynchus rufinucha	Saltapiñuela Nuquirrufa	2.2	3.08065414	
Egretta thula	Garceta Patiamarilla	2.2	3.98168771	
Pitangus sulphuratus	Güis Común	2.2	4.6209812	
Falco sparverius	Cernícalo Americano	1.7	1.1552453	
Total			259.656472	

En general, los valores más altos de vulnerabilidad en los cuatros 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 <P50 riesgo bajo, y >P50 riesgo alto tanto para MVP total y Media.

Tabla 7.- Resultados de cálculos de percentiles para <P50 y >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.

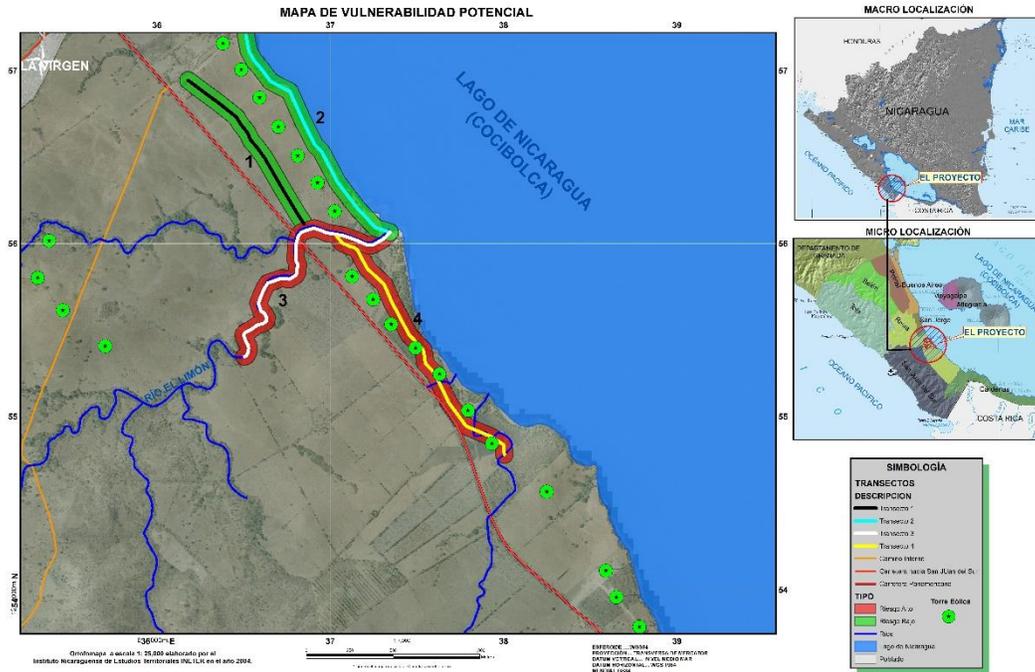


Figura 2.- Mapa de Vulnerabilidad Potencial. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

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 Fachvlge.
- McCrary, 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_Contar_Aves_Terres_Del_Caribe/link/5636168908aeb786b703d6e8/download

SEMBLANZA DEL AUTOR



José M. Zolotoff-Pallais. 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 Habitas en Nicaragua, Areas Claves de Biodiversidad en Nicaragua, así como co autor de la lista roja de especies de aves en peligro en Nicaragua.
josezolotoff@gmail.com