



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y  
Servicios del Ambiente  
PIENSA



**Predicción de colisiones de aves contra torres eólicas en Rivas, Nicaragua, antes de su construcción, 2010-2011.**

**Tesis para optar al título de  
Maestro en Ciencias Ambientales**

**Tesista:**

Lic. José Manuel Zolotoff-Pallais

**Tutor:**

Ph.D. Antonio Mijail Pérez

**Asesora:**

MSc. Elda Escobar V.

Managua, Nicaragua

Enero 2020

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fuerza espiritual para seguir adelante.

A mi madre, María Gabriela Pallais y a mi abuela Elsa de Pallais (q.e.p.d), quienes me educaron y me enseñaron a cultivar el amor al prójimo y apreciar las cosas importantes de la vida.

A mis hermanos, Elsa, Armando y Ulises por darme siempre su apoyo y sus oraciones.

A mi esposa Roberta Ortiz, quien me hace ser una mejor persona. A mis hijos Isabella (q.e.p.d), Roberto y Nikolas quienes me dan la fortaleza para ser un mejor padre todos los días.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Eolo de Nicaragua. S.A., por ser la pionera en financiar los estudios de aves y murciélagos en centrales eólicas en Nicaragua, aportando los insumos para desarrollarlos a mayor profundidad y cuyos resultados servirán como base para otras eólicas en el país y en la región.

A mis amigos y asistentes de campo Róger Mendieta, Alex Acosta y Samir Meneses, por apoyarme en la recopilación de datos del presente documento. A los guías locales David Cerda y Jorge Cerda por recorrer con nosotros la zona de estudio.

A mi colega Carlos Cisneros por apoyarme con sus comentarios, discusiones y análisis que sirvieron para escoger el tema de tesis.

A mis maestros Ph.D. Juan Carlos Martínez Sánchez y Ph.D. Wayne Arendt por inculcarme el amor y el estudio de las aves.

Al profesor Ph.D. Antonio Mijail Pérez, que me ha apoyado con mi formación académica, así como al Licenciado Octavio Saldaña por sus comentarios y ayuda con la identificación de especies de murciélagos durante los monitoreos de colisiones de murciélagos en diferentes centrales eólicas.

Al Dr. Raúl Lacayo Solórzano y Dr. José León Talavera por el apoyo económico para la realización de la maestría.

Estoy muy agradecido a la Ph.D. Martha A. González Moncada, por su apoyo en la redacción del documento final de tesis.

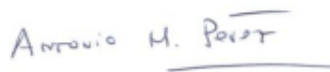
## CARTA DE VISTO BUENO DEL TUTOR

Tengo el agrado de escribir estas palabras para hacer constar que he leído una vez más el informe final de Tesis de Máster del Lic. **José Manuel Zolotoff**, mediante la cual he podido constatar que ha logrado cumplir a satisfacción los objetivos propuestos para su investigación titulada **Índice de Vulnerabilidad de Aves y Mapa de Vulnerabilidad Potencial para determinar especies de aves susceptibles a colisionar en centrales eólicas en la etapa de pre construcción. Rivas, Nicaragua**, y que, además, he verificado que cumple con el formato establecido en la normativa de culminación de estudios del PIENSA.

Hace muchos años ya, en el año 1993, tuve el gusto de ser el profesor de Jose Manuel, de la asignatura de Ecología Matemática y posteriormente de la asignatura de Bioestadística, en la carrera de Ecología y Recursos Naturales de la Universidad Centroamericana. El, junto a un grupo de jóvenes nicaragüenses que hoy día ya son hombres maduros, han conformado la punta de lanza de los estudios sobre biodiversidad y medio ambiente en Nicaragua, y han desarrollado un trabajo encomiable que ha ido desde el manejo de áreas protegidas, la elaboración de planes de manejo hasta otras evaluaciones locales o de país, como las evaluaciones de las IBA o el estudio de vacíos de la biodiversidad en áreas protegidas del país.

Desde finales de la década del 2000, hace más de 10 años, he comenzado a colaborar con el Lic. Zolotoff en diferentes proyecto de investigación que me han permitido entender que se trata de un investigador serio, cuyo trabajo goza de una alta calidad profesional, es por ello que fue designado por nosotros en el año 2009 como **Coordinador del Grupo de Biodiversidad** en el marco del **Estudio de Vacíos de Conservación en Áreas Protegidas de Nicaragua**. Tampoco debemos olvidar que desde hace muchos años José Manuel ha venido desarrollando una excelente labor como **Director Científico de la Fundación Cocibolca**.

De tal manera, apruebo el contenido y la forma del presente documento y extendiendo a José Manuel Zolotoff mis mejores deseos en su trabajo científico en los años por venir.



**Dr. Antonio Mijail Pérez**  
Profesor y Consultor Ambiental Senior

## CARTA DE APROBACIÓN



Universidad Nacional de Ingeniería  
Programa de Investigación, Estudios Nacionales  
y Servicios del Ambiente (PIENSA-UNI)



Managua, 5 de julio de 2016  
CMCA-040-16

**Lic. José Manuel Zolotoff Pallais**  
**Maestrante de Ciencias Ambientales**  
**Ciclo 2008-2010**

Estimado Licenciado:

Reciba cordial saludo.

Por este medio le comunico oficialmente la **aprobación** de su protocolo de tesis titulado *Índice de vulnerabilidad espacial y mapa de vulnerabilidad potencial para determinar especies de aves susceptibles a colisionar en centrales eólicas en la etapa de pre-construcción. Rivas, Nicaragua* para optar al grado de Maestro en Ciencias Ambientales.

Su protocolo de tesis, así como la tutoría del PhD. Antonio Mijail Pérez fueron unánimemente aprobados mediante **acuerdo N° 1**, en la sesión ordinaria **No. 09-2016** del Comité Académico del PIENSA, realizada en la sala de maestría N° 1, el miércoles 28 de junio a las 2 pm.

No me queda más que desearle éxito en la redacción de su informe final y que pueda presentarlo pronto para su evaluación y defensa. Atte.

  
MSc. Ing. Luz Violeta Molina G.  
Coordinadora MCA



cc. MSc. Ing. Larisa Korsak, Directora PIENSA.  
MSc. Lic. Elda H. Escobar, Secretaria Académica PIENSA.  
 PhD. Antonio Mijail Pérez, Tutor de tesis.



Managua, 2 de diciembre, 2019  
CMAP-088-19

Lic. José Manuel Zolotoff  
Tesisista Maestría en Ciencias Ambientales  
PIENSA

Estimado tesisista:

Le saludo cordialmente y procedo a informarle que el Comité Académico del PIENSA, en su sesión N° 19-2019, mediante acuerdo N° 1, aprobó su solicitud cambio de nombre de tesis de:

*Índice de vulnerabilidad espacial y mapa de vulnerabilidad potencial para determinar especies de aves susceptibles a colisionar en centrales eólicas en la etapa de pre-construcción. Rivas, Nicaragua*

a:

*Predicción de colisiones de aves contra torres eólicas en Rivas, Nicaragua, antes de su construcción, 2010-2011*

Esto considerando que dicho cambio fue sugerido por su tribunal examinador de tesis y avalado por ud. y su tutor, Ph.D. Antonio Mijail Pérez.

Le deseo éxito en estas últimas etapas de culminación de sus estudios. Atte.

  
M.Sc. Luz Violeta Molina G.  
Coord. Maestrías Ambientales PIENSA



cc. M.Sc. Ing. Larisa Korsak, Directora PIENSA  
M.Sc. Lic. Elda Escobar, Secretaria Académica Maestrías-PIENSA  
Archivo MAP-PIENSA.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la central eólica Eolo de Nicaragua S.A, al sur de Rivas, en la etapa de pre construcción, en los meses de septiembre a octubre del 2011 (ocho días) durante la migración de otoño de norte a sur de las aves, y de marzo a abril del 2012 (ocho días) durante la migración de primavera de sur a norte. El monitoreo se realizó en cuatro tipos de hábitat: bosque ripario, costa del Lago Cocibolca, pastizales con árboles y pastizales sin árboles, en estas dos últimas áreas es donde se esperaba la construcción de las torres eólicas. En cada hábitat se monitoreó a las aves residentes y migratorias dos veces por día, totalizando ocho días de monitoreo por hábitat.

El Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA) se calculó seleccionando nueve factores valorados en una escala que va de 1 hasta 4 (menor a mayor vulnerabilidad) y asignados en dos grupos: a) aquellos factores que tienen que ver con el riesgo de colisión (altura de vuelo, tipo de vuelo, longitud alar, peso, estatus y abundancia) y b) con factores que relaciona las colisiones con la sensibilidad de las especies (estado reproductivo, estado de conservación internacional y estado de conservación nacional). Los promedios de ambos grupos se multiplicaron para obtener el IVA de cada especie por hábitat. El Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP) se calculó tomando la sumatoria del IVA calculado para todas las especies de aves por tipo de hábitat, calculando un MVP total a partir de todas las especies detectadas y un MVP medio, utilizando solamente las especies que superaron la mediana del IVA específico. El riesgo de colisión del hábitat se calculó determinando que menor al percentil 50 (<P50) se consideró de riesgo bajo y de riesgo alto cuando el percentil fue mayor que 50 (>P50). De esta forma se establecieron los hábitats más apropiados para instalar torres eólicas.

En los hábitats de monitoreo se identificaron 73 especies de aves (10% del total especies de aves en Nicaragua) pertenecientes a 30 familias en 42,976 observaciones. Del total de especies, 49 son especies residentes en Nicaragua, catorce 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%. Se identificó una especie con categoría Vulnerable, según criterio de la lista roja de la IUCN, la Garza Pechicastaña (*Agamia agami*). Para el caso de la lista roja en Nicaragua, se identificó una especie con categoría En Peligro Crítico, siendo este el Zanate Nicaragüense

(*Quiscalus nicaraguensis*), una especie En Peligro que es el Pato Real (*Cairina moschata*), una especie Casi Amenazada que es el Perico Frentinaranja (*Eupsittula canicularis*) y una especie Vulnerable que es el Piche Piquirojo (*Dendrocygna autumnalis*).

El hábitat con mayor riqueza de especie fue el bosque ripario (51 sp) y el de menor riqueza (27 sp) los pastizales sin árboles. El bosque ripario también presentó el mayor índice de diversidad de Shannon ( $H' = 3.11$ ), donde la dominancia de especies fue menor en comparación con los otros hábitats. La prueba t para determinar diferencias entre el índice de Shannon entre hábitats, indica que existe diferencias entre éstas ( $p < 0.05$ ), excepto entre la costa del lago y pastizales ( $p > 0.05$ ). El índice de similitud de Bray-Curtis muestra al bosque ripario con un agrupamiento diferente al de los otros, compartiendo menos del 37% de las especies con los otros hábitats. Este tipo de hábitat es el último remanente de bosque, por lo tanto, constituye un refugio de agua y comida para las especies de aves en un área de tierras antropizadas. Los índices de Chao 1 Mean y ACE Mean predicen que se tiene entre el 78% y 83% de las especies de aves en la zona.

En el bosque ripario, las especies con IVAs altos lo constituyen el Zopilote Cabecirrojo (IVA= 5) (residente y migratorio), el Águila Pescadora (IVA= 5) (migratorio), Zopilote Negro (IVA=4.7) (residente) y Querque (IVA=4.4) (residente).

Para la costa del Lago Cocibolca, 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 Cocibolca 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).

Las especies con valores de vulnerabilidad altos 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).



Las especies con mayores valores de vulnerabilidad en los pastizales sin árboles son el Pato Real (IVA= 6), seguido del Rabiornado Magno (IVA= 5.7) y Águila Pescadora (IVA= 5). Ambas especies de zopilotes se encuentran con riesgos altos (IVA= 4.7 respectivamente), ya que invierten mucho tiempo en este tipo de hábitat en busca de comida y bolsas ascendentes de aire caliente para desplazarse en vuelo. Otro aspecto importante en este hábitat, lo constituye los cientos de miles de golondrinas que migran por la zona buscando chayules para comer y cuyos vuelos errantes los hace susceptibles a colisionar.

El MVP hace al sector de bosque ripario como el sitio con mayor riesgo de colisión junto con el de pastizales con árboles si se instalaran torres en esos sitios. Las zonas de menor riesgo lo constituyen el de pastizales sin árboles y costa del lago Cocibolca.

Como resultados de otro estudio en la zona, se comprobó que durante la etapa de operación a partir del 2012-2014, el monitoreo de las colisiones de aves y murciélagos donde la compañía instaló once torres en el sector de pastizales sin árboles y once torres en el sector de pastizales con árboles, que hay coincidencia con la mayoría de las especies con IVA altos. El MVP pudo ser comprobado también, ya que las once torres construidas en la zona de pastizales con árboles (riesgo alto) representaron el 53% de las colisiones durante la fase de operación, un 32% en la costa del Lago Cocibolca y un 15% de las colisiones en pastizales sin árboles, siendo este último el hábitat que representa el menor riesgo de colisión.

El índice de riesgo de colisión es una herramienta útil para estimar posibles colisiones de aves con torres eólicas en la etapa de pre construcción, por lo que deben de ser parte integral de cualquier estudio de evaluación de impacto ambiental.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACE:	Estimador de la cobertura de abundancia
AWWI:	American Wind Wildlife Institute
IFC:	International Financial Corporation
IVA:	Índice de Vulnerabilidad de Aves
GBG:	Global Bank Group
GW:	Giga Watt
MW:	Mega Watt
MARENA:	Ministerio del ambiente y recursos naturales
MVP:	Mapa de Vulnerabilidad Potencial
PIENSA:	Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
P50:	Percentil 50
S.A.:	Sociedad Anónima

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>CARTA DE VISTO BUENO DEL TUTOR .....</b>	<b>III</b>
<b>CARTA DE APROBACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>III. HIPÓTESIS .....</b>	<b>6</b>
3.1. HIPÓTESIS ALTERNA .....	6
3.2. HIPÓTESIS NULA .....	6
<b>IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....</b>	<b>7</b>
4.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN NICARAGUA .....	7
4.2. IMPACTOS DE LA ENERGÍA EÓLICA EN AVES .....	8
4.3. ENERGÍA EÓLICA EN NICARAGUA .....	9
4.4. LA MIGRACIÓN DE LAS AVES .....	10
4.5. LAS COLISIONES DE AVES CON CENTRALES EÓLICAS .....	12
4.6. EL USO DE INDICADORES ECOLÓGICOS .....	14
4.7. CONCEPTOS SOBRE DIVERSIDAD E ÍNDICES DE DIVERSIDAD .....	16
4.8. ÁREA DE ESTUDIO .....	19
<b>V. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
5.1. FASE DE RECOPIACIÓN Y OBTENCIÓN DE DATOS .....	23
5.2. FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	25
5.3. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	31
5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	32
<b>VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>34</b>
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL ÁREA .....	34

6.2.	COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE AVES (RESIDENTES Y MIGRATORIAS) .....	35
6.3.	FRECUENCIA DE OBSERVACIONES DE AVES .....	37
6.4.	COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE AVES ENTRE HÁBITATS .....	37
6.5.	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE AVE Y MAPA DE VULNERABILIDAD POTENCIAL .....	43
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Grupos de aves y altura de vuelo. ....	12
Cuadro 2. Grupos de aves y velocidad de vuelo. ....	12
Cuadro 3. Fechas y cantidad de días de monitoreo por hábitat. ....	24
Cuadro 4. Matriz de operacionalización de variables. ....	32
Cuadro 5. Caracterización de la vegetación del área. ....	34
Cuadro 6. Lista de especies según lista Roja IUCN y Lista Roja de Nicaragua. ....	36
Cuadro 7. Índices de diversidad Alfa para aves registrados en la zona de estudio. ....	37
Cuadro 8. Prueba t para determinar diferencias entre el índice de Shannon entre hábitats..	38
Cuadro 9. Porcentajes de similitud de aves entre los diferentes hábitats. ....	39
Cuadro 10. Abundancia de individuos en los diferentes hábitats.....	40
Cuadro 11. Valores IVA y MVP para las especies en bosque ripario. ....	44
Cuadro 12. Valores IVA y MVP para las especies en costa del lago. ....	46
Cuadro 13. Valores IVA y MVP para las especies en pastizal con árboles.....	47
Cuadro 14. Valores IVA y MVP para las especies de pastizales sin árboles. ....	49
Cuadro 15. Resultados de cálculos de percentiles para <P50 y >P50. ....	51
Cuadro 16. Valores para MVP para cada hábitat y tipo de riesgo.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales rutas migratorias de aves. ....	11
Figura 2. Ubicación del área de estudio. ....	19
Figura 3. Ubicación de transectos. ....	24
Figura 4. Caracterización de la vegetación.....	35
Figura 5. Porcentaje de especies de aves por familia. ....	36
Figura 6. Matriz de similitud de Bray-Curtis para aves entre los diferentes hábitats.....	39
Figura 7. Curva de acumulación de especies de aves.....	40
Figura 8. Importancia del hábitat según la abundancia observada. ....	43
Figura 9. Mapa de Vulnerabilidad Potencial .....	52

## I. 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.

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.

Ante esta perspectiva, se hace necesario contar con directrices claras que permitan al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) cumplir con sus objetivos, entre los que destaca el reducir al máximo el impacto producido por el desarrollo humano. Actualmente las EIA para este tipo de proyecto en Nicaragua se centran en el análisis de presencia y ausencia de especies de plantas y animales (inventarios de estudio base). Sin embargo, estos estudios no precisan cuáles serán los verdaderos efectos de los posibles impactos de las torres eólicas sobre la fauna. Por lo general, se invierte más recursos en la etapa de operación por efecto de los posibles impactos que los aerogeneradores pueden causar a las aves y murciélagos, en comparación con la etapa de pre construcción, por lo que se hizo indispensable conocer el uso de algunas herramientas predictivas para los posibles impactos previo a la fase de construcción y operación.

Con base en lo anterior, se realizó esta investigación cuyo propósito fue desarrollar un modelo basado en un Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA) para especies migratorias y residentes propensas a impactar con torres eólicas en la etapa de pre construcción, comenzando por determinar los criterios e indicadores necesarios para el modelo en función de una serie de parámetros relacionados con él, tal como comportamiento, factores ecológicos relativos a las especies tomados en el campo, así como factores como estado de conservación, y biología de la especie. Una vez determinado el IVA de cada especie, se procedió a realizar un Mapa de

Vulnerabilidad Potencial (MVP) por cada zona de monitoreo donde se colocarán las torres para determinar cuáles de estas localidades o sitios pueden presentar peligro de colisión.

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

## **1.1. ANTECEDENTES**

Según Martínez (2016), la energía eólica es la principal energía limpia en América Latina y el Caribe, atrayendo 15,500 millones de dólares en inversión. La capacidad eólica mundial alcanzó en el 2016 los 456 Giga Watt (GW) y se espera que llegue a 500 GW al final del año.

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).

Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2010) en Nicaragua se estima que el potencial eléctrico de recursos renovables es de aproximadamente 5,000 Mega Watt (MW), excluyendo el potencial solar, siendo la energía eólica capaz de producir hasta 800 MW, de los cuales se han identificado más de 200 MW ubicados en el istmo de Rivas, Zona del Crucero, Hato Grande-Chontales y en Estelí con una velocidad de viento media entre ocho metros por segundo. Los 600 MW restantes estarían distribuidos en el resto del país. En la actualidad la matriz energética se basa en un 63.3% de energía renovable y un 36.7% no renovable. Del total de la energía renovable, el 25% representa la generación con energía eólica.

En los próximos años Nicaragua reducirá aproximadamente once millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono y se espera en el 2020 alcanzar una generación renovable cercana al 90% de su matriz energética. Esto implicaría aumentar a 1,276 MW la generación de electricidad, de los cuales 616 MW (48.3%) corresponderían a hidroeléctrica; 168 MW (13.2%) energía basada

en biomasa; 143 MW (11.2%), eólica; 140 MW (11.0%) con búnker, 135 MW (10.6%) con fuentes geotermales y 74 MW (5.8%) usando energía solar (Energía Limpia XXI, 2017).

En 2011, la compañía Eolo de Nicaragua S.A realiza el estudio de Impacto Ambiental “Eolonica Wind Power” (Fiallos y Asociados, 2011), como parte de los requisitos de permiso ambiental solicitados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA, 2017).

Los estudios de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) realizados en la etapa pre construcción de las centrales eólicas, no abordaron la estimación de índices de vulnerabilidad y mapa de vulnerabilidad potencial de colisión de aves. Las guías actuales recomiendan el desarrollo de modelos de riesgos de colisión y presenta estándares de la International Financial Corporation (IFC) del Grupo del Banco Mundial para proyectos eólicos (IFC, 2015).

Herrero y Simal (2010) y Nogra, Pérez & Mingez (2010) aplicaron índices de vulnerabilidad en ecosistemas terrestres adaptados a parques eólicos creados por primera vez por Garthe & Hüppop (2004) para el análisis de la sensibilidad de especies y vulnerabilidad espacial en el estudio de parques eólicos marinos en Dinamarca. Estas contribuciones científicas son aplicadas en este trabajo de tesis, para medir la vulnerabilidad de las distintas especies de aves detectadas en la zona de estudio y diferenciarlas.

Teniendo en cuenta que ambos estudios fueron realizados en el continente europeo y solo con el grupo de aves rapaces, el presente estudio se distingue por ser el primero en su clase, aplicado a una variedad de grupos taxonómicos de aves residentes y migratorias, así como el uso de otros factores ecológicos y de conservación presentes en Nicaragua.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la energía eólica en Nicaragua, se concentra en la actualidad al sur de la ciudad de Rivas con cuatro compañías operando: Central Eólica Amayo, Eolo de Nicaragua S.A, Blue Power Energy S.A. y Alba Vientos, ninguna conocía las posibles repercusiones específicas que los proyectos tendrían sobre aves y murciélagos, lo que lo posicionó como una prioridad de estudio.

Los rasgos geográficos de Rivas, son importantes no sólo por su alta generación de vientos ideales para generar energía eólica, sino también para la migración de aves que llegan del norte,



por lo que existe un gran riesgo de colisión con torres eólicas. El istmo de Rivas es un corredor en donde las aves vienen a pasar el invierno del norte a las zonas tropicales y por donde regresan a sus hábitats del norte en primavera entre los meses de septiembre a marzo de cada año.

La utilidad de la presente investigación, se basa en proporcionar un índice de vulnerabilidad, 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 de la realidad sobre los riesgos de la instalación de este tipo de infraestructura en determinados sitios, convirtiéndose en una poderosa herramienta para mitigar la colisión de especies particularmente vulnerables.

El proceso de planificación de torres eólicas en Nicaragua, se enriquecerá con un modelo que permita abordar integralmente la vulnerabilidad (probabilidad o inminente pérdida) de la diversidad biológica a procesos amenazantes actuales o posibles, así como la conservación representado por mapas espaciales que predigan la futura distribución de procesos amenazantes en una forma clara y sencilla.

Para el presente estudio, la vulnerabilidad se define como aquellos factores, ecológicos, etológicos, sociológicos y demográficos que: aumentan la exposición de las aves a torres eólicas, incrementan la probabilidad de que la exposición lleve a efectos adversos individuales y aumento en la probabilidad de que los efectos adversos individuales se acumulen y alcancen un nivel de población.

Al estar el proyecto eólico al sur de Rivas a cargo de Eolo de Nicaragua S.A., y recibir su apoyo para realizar este trabajo, el producto de la investigación vendrá a mejorar los Planes de Gestión Ambiental de la misma. Esta empresa se destaca por ser una empresa generadora no solo de energía limpia, sino también consecuente con la protección de la fauna y mejoramiento del ecosistema, aspectos muy bien vistos por instituciones financieras extranjeras o aquellas dedicadas a la certificación ambiental.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un índice y mapa de predicción de la vulnerabilidad espacial de especies de aves en riesgo a colisionar en centrales eólicas de Rivas en el período 2011 al 2012.

### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Realizar un análisis de la estructura de la comunidad de aves, considerando la riqueza, abundancia y diversidad en cuatro hábitats identificados.
2. Diseñar un índice de vulnerabilidad espacial de especies de aves terrestres susceptibles a colisionar con torres eólicas.
3. Diseñar un mapa de vulnerabilidad potencial para torres eólicas identificando los sitios de ubicación con menos probabilidad de colisión de aves.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis alterna**

El índice de vulnerabilidad de aves y el mapa de vulnerabilidad potencial constituyen modelos que permiten identificar riesgos potenciales de colisión de aves en centrales eólicas.

#### **3.2. Hipótesis nula**

El índice de vulnerabilidad de aves y el mapa de vulnerabilidad potencial no constituyen modelos que permiten identificar riesgos potenciales de colisión de aves en centrales eólicas.

## IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 4.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN NICARAGUA

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2013), el cambio climático es: “la variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos” (p. 188).

El cambio climático es el resultado de procesos internos naturales o a forzamientos externos, tal como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo.

Las Naciones Unidas (1993) en su Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en su artículo 1, define el cambio climático como: “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (p. 3).

Nicaragua, por su posición geográfica y situación de pobreza, es un país altamente vulnerable ante sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslaves, huracanes, sequías y tsunamis. La población en riesgo ante huracanes y tormentas tropicales en Nicaragua es del 25.4% equivalente a 1.3 millones de personas, mientras la sequía afecta casi el 45% de la población a nivel nacional. Nicaragua es el segundo país en el mundo que más es afectado por el paso de tormentas tropicales (Sistema de Integración Centro Americana, 2015).

Según Milán (2009), las principales amenazas naturales para Nicaragua que ocasiona de forma directa el cambio climático son: huracanes, intensas precipitaciones, inundaciones, sequías, incendios, olas de calor, elevación del nivel del mar.

Según MARENA (2001), el comportamiento de las principales variables climáticas proyectadas para el 2100 en Nicaragua, bajo los escenarios optimista y pesimista, se resume en lo siguiente:

- ✓ Incremento de la temperatura: En la vertiente del Caribe, en la zona que comprende la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), la temperatura actual es de 26 – 27 °C cambiando de acuerdo a la simulación realizada a 29 – 30 °C, mientras que en el sector sur en la mayor parte de la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), variaría de 25 – 26 °C hasta 28 – 29 °C.
- ✓ Reducción de la precipitación media: Para el año 2100, las reducciones son bastante similares para ambas vertientes. Sobre la vertiente del Caribe es de aproximadamente 35.7%, y en el Pacífico de 36.6%. Los cambios más significativos se esperarían en regiones que actualmente son relativamente secas, como la región norte del territorio y la de los municipios del norte de Chinandega y León. Bajo condiciones de un clima cambiado, estas zonas recibirían anualmente menos de 500 mm de precipitación, lo cual tendría repercusiones importantes en las actividades agrícolas y ganaderas. La mayor parte de la región del Pacífico Central y Sur, podría pasar de 1400-1800 mm/año a 800-1000 mm/año; aumentando consecuentemente el área de las zonas secas de Nicaragua. De tal forma que los municipios considerados actualmente como zonas secas, se tornarían más secos para el año 2100.

#### **4.2. IMPACTOS DE LA ENERGÍA EÓLICA EN AVES**

A pesar de sus beneficios, la energía eólica presenta varios e importantes desafíos ambientales y sociales, principalmente: (i) impactos relacionados a la biodiversidad, (ii) impactos visuales y otras molestias a nivel local y (iii) una variedad de preocupaciones socio-económicas y culturales. Para lograr plenamente los beneficios económicos y de cambio climático que trae la energía eólica, es importante minimizar los impactos ambientales y sociales potencialmente adversos de los parques eólicos y de la infraestructura asociada a ellos (Ledec, Rapp & Aiello, 2011; Strickland et al., 2011).

Varios estudios sugieren que la fauna puede ser impactada por la instalación de parques eólicos (AWWI, 2016; Strickland et al., 2011; Wind Turbine Wildlife Advisory Committee, 2010; Atienza, Fierro, Infante y Valls, 2008; Kunz et al., 2007). Sin embargo, cuando su ubicación es debidamente planeada, pueden tener un mínimo impacto en la fauna, en comparación con otras fuentes de mortalidad de origen antropogénico (Drewitt & Langston, 2008; Erickson, Johnson & Young, 2005).

Los impactos adversos de las instalaciones de energía eólica relacionados a la biodiversidad involucran principalmente a las aves, los murciélagos y los hábitats naturales (Ledec, et al., 2011):

- ✓ Las aves pueden morir al colisionar con los aerogeneradores y los cables de viento de las torres meteorológicas (mástiles), a veces en números potencialmente significativos desde un punto de vista de conservación. Los grupos de especies de principal preocupación son las aves rapaces, aves marinas, especies migratorias y aves de pastizales.
- ✓ Los murciélagos suelen morir en mayores tasas que las aves en los aerogeneradores, en parte porque los murciélagos son aparentemente atraídos por éstos. Debido a su longevidad y a sus bajos índices de reproducción, tienden a ser más vulnerables al incremento en su mortandad por las turbinas que las especies de aves que cuentan con una mayor velocidad de reproducción.
- ✓ Los hábitats naturales pueden perderse o fragmentarse cuando son despejados para establecer instalaciones de energía eólica, a veces con riesgos significativos para la biodiversidad. Por ejemplo, los bosques en las cuchillas de montaña, particularmente en los trópicos, albergan a menudo especies de plantas y animales únicas, en parte debido al microclima de sus tierras poco accesibles y además ventosas. Largas filas de turbinas con caminos interconectados sobre las cuchillas de montaña, pueden afectar a especies escasas y muy localizadas.
- ✓ La construcción de caminos de acceso a parques eólicos previamente remotos también puede llevar a la pérdida o degradación de hábitats naturales, ya sea directamente, a través de la construcción de caminos y su resultante erosión, o indirectamente, a través de una mayor deforestación, corte de madera, minería informal, caza, u otras actividades humanas que se vean facilitadas por un mejor acceso.

#### **4.3. ENERGÍA EÓLICA EN NICARAGUA**

En Nicaragua existen cinco parques eólicos y es considerado uno de los mejores países para el desarrollo de este tipo de energía. A partir de 2007, el país comenzó a invertir en energía renovable y a facilitar un marco jurídico atractivo para el desarrollo de este sector. El Consorcio Eólico Amayo inició esta revolución verde en el municipio de Rivas con la apertura del proyecto Amayo I de 40 MW y posteriormente Amayo II con 23 MW, al 2017 tienen una capacidad instalada de 56.8 MW. Tras el éxito de este proyecto pionero se encuentran en funcionamiento otras como el proyecto Eolo de Nicaragua (39.6 MW), Blue Power (44.4 MW) y el último en aparecer la planta ALBA RIVAS (40MW) de capacidad instalada (Agencia de Promoción de Inversiones, 2014).

Según el nuevo decreto 15-2017, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua y los Consejos Regionales, deberán formar una comisión interinstitucional para la evaluación ambiental de los proyectos (MARENA, 2017). Para el caso de las centrales eólicas, los estudios de biodiversidad, en particular de aves en las etapas de pre construcción, se basan en la presencia y ausencia de individuos (inventarios) en la zona de impacto, mencionando para cada especie su estado en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Sistema de vedas en Nicaragua y su estado de conservación internacional en la lista roja en el International Union for Conservation of Nature y algún índice de diversidad, sin embargo, estos datos no brindan información suficiente sobre los riesgos de colisión que pueden enfrentar las aves una vez instalado el proyecto eólico.

Por lo general los impactos son visibles únicamente durante la fase de operación cuando inician las primeras colisiones de aves y murciélagos, por lo que las medidas de mitigación pueden ser costosas, por no prever la vulnerabilidad de las especies presentes en la zona y la colocación de las torres en sitios específicos de alta peligrosidad desde antes de instalar el proyecto. Por lo anterior, se hace indispensable la planificación estratégica para la colocación de torres y monitoreo biológico con métodos específicos que capten el comportamiento de las poblaciones de aves en la zona de influencia del proyecto desde la etapa de pre construcción.

#### **4.4. LA MIGRACIÓN DE LAS AVES**

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.

Por lo menos 338 de las 650 especies que aproximadamente se distribuyen al norte de México migran al sur del Trópico de Cáncer durante la temporada de invierno (Rappole, 1995). De las 754 especies de aves que se reportan para Nicaragua, 200 especies aproximadamente son migratorias (Martínez-Sánchez, Durioux, & Muñoz, 2014).

En Nicaragua se desconoce con certeza las rutas de migración, pero a nivel topográfico el istmo de Rivas constituye un paso angosto de tierra rodeado por mar en un lado y por agua dulce por el otro, por lo que presenta un “cuello de botella”, siendo esta una ruta migratoria importante a considerar a la hora de ejecutar proyectos eólicos en la zona. En la Figura 1 se observan las posibles rutas migratorias por Centro América.



Figura 1. Principales rutas migratorias de aves US Fish & Wildlife Service (2012).

Según el Smithsonian Migratory Bird Center (SMBC, 2018), muchas de las aves migratorias como paserinos y playeros, y algunas aves acuáticas, vuelan de noche cuando las condiciones son más favorables: temperaturas frescas, vientos calmados y pocos depredadores; mientras que las aves rapaces lo hacen en la mañana ya que hacen uso de las corrientes de aire ascendentes al calentar el día. Al igual que los pilotos de avión, las aves eligen la altitud de vuelo dependiendo de alturas con las mejores condiciones de viento, éste puede variar según la hora del día, época del año, las características de la tierra por debajo y el clima.

Debido a que los vientos en altitudes más altas son más fuertes que los vientos cerca de la superficie de la tierra, los pájaros vuelan más alto con vientos de cola (vientos que soplan en la dirección en la que el pájaro está migrando) y menos altura con vientos de frente (vientos que soplan en la dirección opuesta). El Cuadro 1, muestra las principales alturas de vuelo para diferentes grupos de aves migratorias (SMBC, 2018) donde el 75 % de aves paserinas vuelan entre los 150 y los 600 metros.



Cuadro 1. Grupos de aves y altura de vuelo. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

<b>Grupo de Ave Migratoria</b>	<b>Altura del Vuelo en metros</b>
Paserinos	150 – 2,000
Aves Playeras	300-4,000
Aves acuáticas de interiores	60-1,200
Rapaces	200-1,200

Fuente: Smithsonian Migratory Bird Center (2018)

En el caso de las velocidades de vuelo, el 90% de las aves vuelan entre los 25 y 75 km por hora. El grupo de las rapaces son las que vuelan más rápido. El Cuadro 2 muestra las distintas velocidades de vuelo según grupo de ave (SMBC, 2018).

Cuadro 2. Grupos de aves y velocidad de vuelo. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

<b>Grupo de Ave Migratoria</b>	<b>Velocidad km/hora</b>
Paserinos	15-50
Aves Playeras	30-645
Aves acuáticas de interiores	50-80
Rapaces	30-70

Fuente: Smithsonian Migratory Bird Center (2018).

#### **4.5. LAS COLISIONES DE AVES CON CENTRALES EÓLICAS**

En general cualquier especie de ave y murciélago puede colisionar con las torres eólicas, sin embargo, el nivel de mortalidad puede variar según las condiciones ambientales, topografía de terreno, época del año, las condiciones climáticas y el desplazamiento de las especies.

A través de observaciones directas y estudios con radar, se ha determinado que muchas aves pueden evadir a las torres principalmente cambiando su dirección de vuelo y volando alrededor o alejándose de éstos. Sin embargo, muchas colisionan debido a factores tal como el hecho de que si bien las aspas se mueven lentamente (15-20 rotaciones por minuto), la punta del aspa va más rápida

(hasta 270 kph), por lo que el ave no puede percibir el peligro hasta que ya es tarde (Ledec et al., 2011). Otra razón puede ser que las aves pasan mayor tiempo buscando comida alrededor de las torres.

Algunos factores que pueden influenciar estas colisiones son (Drewitt & Langston, 2006):

- ✓ Iluminación. Un procedimiento necesario de advertencia para aviones y avionetas colocadas en el extremo superior de las infraestructuras, así como la luz interna de las instalaciones. Sin embargo, las aves, incluyendo las migratorias, son atraídas por la luz aumentando el riesgo de colisión y cansancio por volar continuamente alrededor de la luz (como lo hacen los insectos), disminuyendo su probabilidad de completar su viaje migratorio. Al entrar en un área iluminada, especialmente en una noche con nubosidad, las aves al acercarse a la orilla iluminada para continuar su vuelo, se atemorizan a volar dentro de la oscuridad, volviendo a la parte iluminada.
- ✓ Localidad. Una mayor probabilidad de que habrá de colisión se da en áreas de congregaciones importantes de aves, áreas de anidación o rutas de migración.
- ✓ Época del año. La época de migración puede constituir otro factor, en general, estas pueden iniciar a partir de septiembre hasta marzo, por lo que los monitoreos biológicos deben ser más exhaustivos durante estos meses.
- ✓ Condiciones climáticas. Las condiciones de mucha lluvia, nubosidad y vientos modifican el comportamiento de vuelo de las especies de aves, en especial de las migratorias tanto su vuelo como su altura. Si bien las aves migratorias esperan buenas condiciones para seguir su vuelo, si el tiempo empeora en vuelo, estas pueden verse obligadas a descender a alturas de las aspas de la torre eólica. En general, los riesgos de colisión tienden a ser más probables durante la noche y con mal tiempo.
- ✓ Diseño y manejo del entorno de las torres eólicas. Los riesgos de colisión aumentan al aumentar el tamaño de las torres y diámetro del rotor. Pilas de rocas o cualquier tipo de madriguera cerca a la base de las torres puede atraer a pequeños mamíferos siendo atractivo para rapaces. El ganado, con frecuencia presente en las áreas donde se construyen instalaciones eólicas, produce estiércol atrayendo saltamontes y otros insectos preferidos de las aves.

Según la AWWI (2016), se asume que las colisiones de aves ocurren con las aspas en movimiento, aunque también pueden colisionar con la base de la torre. Las tasas de mortalidad de la mayoría de los estudios varían de tres a cinco aves por MW por año para todas las especies combinadas y ajustadas para los sesgos de detección, no reportando colisiones de más de 14 fatalidades por MW por año.

Aproximadamente, en los Estados Unidos, unas 250 especies de aves han sido reportadas colisionando en instalaciones de energía eólica. Las colisiones de pequeños passeriformes (<31 cm de longitud) representan aproximadamente el 60% de las muertes en Estados Unidos. Estos pequeños passeriformes comprenden más del 90% de todas las aves terrestres. Las rapaces diurnas también colisionan frecuentemente; este grupo es menos abundante que las passeriformes, por lo que su alta tasa de colisión los hace altamente vulnerable (AWWI, 2016).

#### **4.6. EL USO DE INDICADORES ECOLÓGICOS**

La búsqueda de los factores que determinan la distribución de los organismos ha sido una de las metas centrales de la ecología. Se conoce que varios factores abióticos y bióticos, tales como precipitación, temperatura, evapotranspiración, competencia y depredación interactúan y limitan la distribución de cada especie (Molles & Simons 2002; Krebs, 2001).

Según Cairns, McCormic & Niederlehner (1993), los índices ecológicos pueden ser utilizados para evaluar la condición del medio ambiente o para monitorear las tendencias en la condición a través del tiempo. Pueden proporcionar una señal de alerta temprana de los cambios en el medio ambiente, y que pueden ser utilizados para diagnosticar la causa de un problema ambiental. El propósito influye en la elección de indicadores ecológicos, sin embargo, el equilibrio entre características deseables, costos y viabilidad a menudo determinan la elección del indicador.

Dado que los índices ecológicos son un medio que resume la información biológica para tomadores de decisiones, éstos han sido utilizados para detectar cambios en la naturaleza, por lo que ha habido un gran desarrollo de indicadores principalmente en los últimos cuarenta años.

Actualmente, los indicadores se utilizan principalmente para evaluar el estado del medio ambiente, como las señales de alerta temprana de los problemas ecológicos y como barómetros de las tendencias en los recursos ecológicos. El uso de indicadores ecológicos requiere de objetivos

claramente establecidos; el reconocimiento de las escalas espaciales y temporales, evaluaciones de la variabilidad estadística, la precisión, exactitud; vínculos con factores estresantes específicos y acoplamiento con los indicadores económicos y sociales. Por todo lo anterior, las legislaciones ambientales de muchos países hacen uso de uso de indicadores ecológicos, así como de mandato de acuerdos internacionales (Niemi & McDonald, 2004).

Quizás unos de los índices más utilizados dentro de las políticas de conservación trinacional de aves, es el de la Evaluación de Aves en América del Norte (Panjabi, Blancher, Dettmers & Rosenberg, 2012; Carter, Hunter, Pashley & Rosenberg, 2000). La metodología se basa en asignar un puntaje global compuesto por seis factores que evalúan aspectos independientes de la vulnerabilidad en toda su área de distribución: tamaño poblacional, distribución en reproducción, distribución en la época no reproductiva, amenazas en la reproducción, amenazas durante la época no reproductiva y tendencia poblacional. Cada puntaje representa el grado de vulnerabilidad de las especies (riesgo de disminución significativa de la población o extinción en su área de distribución) como resultado de ese factor, con un rango que va de “1” para baja vulnerabilidad a “5” para vulnerabilidad alta. Con esta misma metodología se trabajó en Centroamérica para determinar las especies de aves que están en peligro de extinción. En la actualidad, Nicaragua cuenta con la lista roja de especies en peligro con criterios de IUCN, basado en el sistema antes descrito (Manzanarez, Tórrez, Gutiérrez, Manzanares y Gutiérrez, 2018).

Según Furnes, Wade & Masden (2013), un método tradicional de conservación para establecer prioridades es desarrollar listas de especies en riesgo, como un medio para identificar qué especies son más vulnerables. Un enfoque sólido ha sido utilizar índices de sensibilidad o vulnerabilidad de la población a peligros particulares. Martin (2011); Dreewitt & Langston (2006); Percival (2005); Garthe & Hüppop (2004); Furner & Tasker (2000); Janss (2000); Bevanger (1998); Osborn, Dieter, Higgins & Usgaard (1998); Klump (1970); Herrero y Simal (2010) y Noguera, Pérez, & Mínguez (2010), desarrollaron índices de vulnerabilidad en ecosistemas terrestres europeos, los cuales a su vez se basan de una adaptación a parques eólicos creados por primera vez por Garthe & Hüppop (2004). Estos desarrollaron un índice de vulnerabilidad de la población de aves marinas en eólicas marinas, basadas en puntuaciones de importancia de conservación de diferentes poblaciones de especies y los riesgos de colisión percibidos

relacionados con el comportamiento y desplazamiento, combinado en un solo índice. Ellos calcularon la vulnerabilidad de la especie usando la siguiente ecuación:

$$\text{Puntaje de vulnerabilidad: } (e+f+g+h) / 4 \times (i+j) / 2$$

Donde: e, f, g, h, i y j representan altitud de vuelo, maniobrabilidad de vuelo, porcentaje de vuelo de tiempo, actividad de vuelo nocturno, perturbación por estructuras de parques eólicos, tráfico de barcos, tráfico de helicópteros y especialización de hábitat respectivamente.

#### 4.7. CONCEPTOS SOBRE DIVERSIDAD E ÍNDICES DE DIVERSIDAD

A continuación, se presentan las definiciones de los conceptos de diversidad e índices de diversidad utilizados en el presente estudio y publicados por Pérez (2004) y Moreno (2001):

**Diversidad.** La biodiversidad o diversidad biológica, se define como la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas. La diversidad ecológica utilizada en el presente estudio está compuesta de dos componentes:

- El número de especies en la comunidad o riqueza de especies.
- La equitatividad, la cual se refiere a como las abundancias se distribuyen entre las especies.

**Abundancias.** Es la cantidad de individuos de una especie determinada que se distribuyen en una determinada comunidad.

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra en un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, existen tres tipos de diversidad: alfa, gama y beta. Las medidas de la diversidad ecológica constituyen herramientas importantes para evaluar o predecir impactos potenciales de las prácticas alternativas de uso de la tierra en la estructura y función de las comunidades silvestres.

**Diversidad alfa:** es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. Para la diversidad alfa se consideraron:

- Riqueza (S): Número total de especies
- Índice de Shannon-Wiener (H'): expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

Donde: pi y S son parámetros poblacionales

- Prueba t para la comparación de H': valor estadístico de referencia para comparar los valores obtenidos del índice e Shannon –Wiener.

$$T = \frac{[H'_1 - H'_2]}{\sqrt{(\text{var } H'_1 + \text{var } H'_2)}}$$

Donde:

H' es el índice de Shannon.

Var H' es la varianza respectiva de cada índice comparado.

d.f. son los grados de libertad.

- Equitatividad de Pielou (J): Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:  $H'_{\max} = \ln(S)$ .

- **Índice de Dominancia:** es un parámetro inverso al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde las especies son más dominantes. Entre mayor dominancia, menos diversidad de especies.

$$D = \sum_i \left( \frac{n_i}{n} \right)^2$$

Donde:  $n_i$  es el número de individuos del taxón  $i$

**Diversidad beta:** es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje.

- **Índice de similitud Bray-Curtis:** tipo de índice de similitud que **pesan** el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas.

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum (x_i - y_i)}{\sum (x_i + y_i)}$$

Donde:  $x_i$  = abundancia o densidad de especies  $i$  en un conjunto 1;  $y_i$  = abundancia de las especies en el otro

**Diversidad gamma:** es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta.

Otras herramientas utilizadas:

**Curva de acumulación de especies.** Según Colwell, Mao & Chang (2004), es la gráfica del número de especies observadas como función de alguna medida del esfuerzo de muestreo requerido para observarlas.

## 4.8. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.8.1. Localización y descripción del proyecto eólico

El proyecto está localizado en el municipio de Rivas, que pertenece a la jurisdicción política del departamento de Rivas, a 125 km de Managua a 13 km al sur de la ciudad de Rivas, Departamento de Rivas. Limita al norte con los municipios de Potosí, Buenos Aires y Belén, al sur con los municipios de San Juan del Sur y Cárdenas, al este con el municipio de San Jorge y el Lago Cocibolca y al oeste con el municipio de Tola y San Juan del Sur.

El proyecto de generación de energía eólica está ubicado en la hacienda El Limón, a la altura del km 123 de la carretera Panamericana (Managua - Peñas Blancas) coordenada central Lat. 11.367817, Long. -85.751952 (Figura 2).

El proyecto posee 22 torres eólicas (instaladas en el 2014) por la empresa EOLO de NICARAGUA S.A 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.

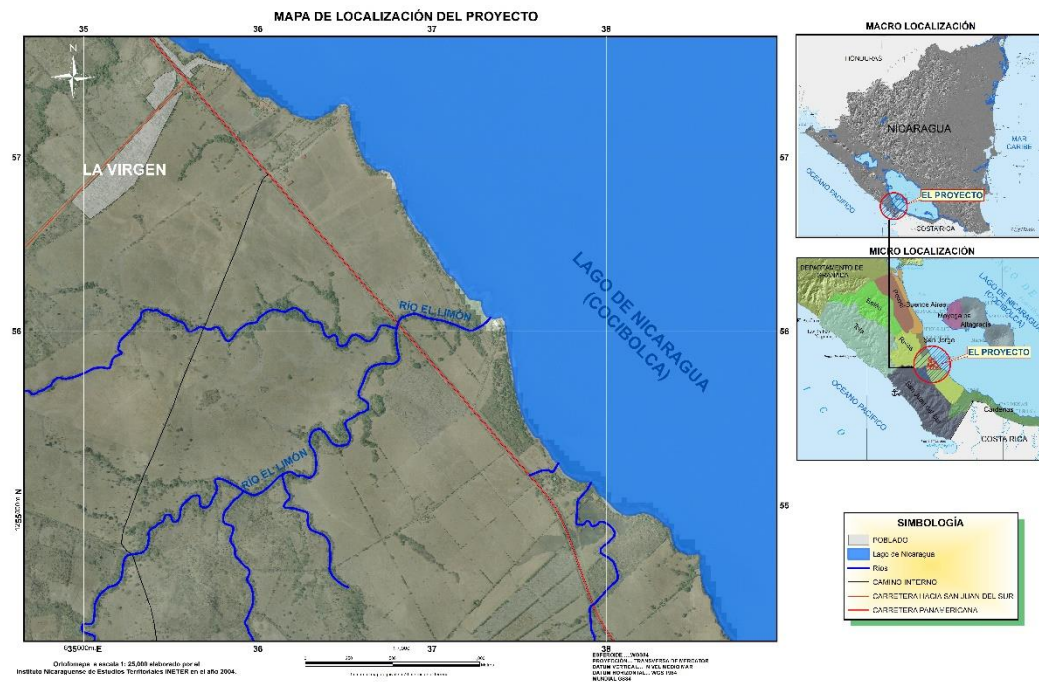


Figura 2. Ubicación del área de estudio. Central eólica Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.



#### **4.8.2. Caracterización general de la vegetación del área**

Según Salas (2002), la zona de estudio se encuentra en la Región Ecológica 1, caracterizada por ser la más cálida y seca de Nicaragua. Presenta elevaciones que van de 0 a 500 msnm con una temperatura anual de 24-28 °C con una precipitación anual de 1,250 a 1900 mm. La clasificación de la vegetación corresponde a Bosques medianos o bajos subcaducifolios de zonas cálidas y semi húmedas.

Según el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (Fiallos & Asociados, 2012), se identificó el ecosistema como Bosque Deciduo de Bajura con sus características ambientales y su composición florística. La cobertura vegetal del área se identifica como un bosque latifoliado subcaducifolio fuertemente degradado por efectos naturales y humanos con las siguientes formaciones vegetales:

##### **Plantaciones forestales**

Las plantaciones forestales se encuentran en avanzado estado de desarrollo con árboles de teca (*Tectona grandis*), con altura de dosel de unos 15 metros.

##### **Bosques de galería**

Ubicados a la orilla del río Limón y sus afluentes. Este río desemboca en el lago de Nicaragua. Los árboles que se encuentran a orilla de los caños y ríos son de unos 20 metros de alto, compuestos por: chilamate (*Ficus* sp.), helequeme (*Erytrina* sp.), guácimo de ternera (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Samanea saman*), entre otras.

##### **Potreros**

Cercanos a las riberas del lago de Nicaragua no tienen árboles de sombra ni cercas vivas. En cambio, hacia el sector oeste del área de influencia del proyecto se observan árboles dispersos en los potreros. Aunque en la zona definida para la instalación de los aerogeneradores únicamente existen pastizales.

## **Vegetación costera**

Ubicada a orilla del lago de Nicaragua. La vegetación es característica de zona de playa con plantas herbáceas espinosas y especies plantadas, entre ellas madero negro (*Gliricidia sepium*).

Según el estudio de EIA, de acuerdo a las especies identificadas en el área del proyecto, se contabilizó un total de 64 especies vegetales, lo cual a pesar de estar en un área que ha sido prolongadamente intervenida por la actividad antropogénica, en el caso particular, por la ganadería intensiva, se considera como una alta diversidad. Esta variedad de la flora está confinada principalmente al bosque de galería a orillas del río y la costa del lago.

### **4.8.3. Caracterización faunística de la zona**

El estudio de EIA, muestra un total de 109 especies de fauna entre aves y mamíferos, siendo las aves las más diversas con 89 especies, entre aves acuáticas y aves terrestres, seguidos de los mamíferos con 20 especies. En cuanto a los tipos de cobertura evaluadas fue el bosque de galería el que presentó mayor diversidad de fauna.

Del total de especies identificadas, 26 se encuentran protegidas por el estado nicaragüense, al encontrarse en las listas de apéndices CITES (Convenio Internacional de Tráfico de Especies de Fauna Silvestres) o por presentar vedas a nivel nacional (ya sea parciales o indefinidas).

Con base en lo anterior, se realizó esta investigación cuyo propósito fue desarrollar un modelo basado en un Índice de Vulnerabilidad de especies de Aves (IVA) migratorias y residentes propensas a impactar con torres eólicas en la etapa de pre construcción, comenzando por determinar los criterios e indicadores necesarios para el modelo en función de una serie de parámetros relacionados con el comportamiento, factores ecológicos relativos a las especies tomados en el campo, así como factores como estado de conservación, y biología de la especie. Una vez determinado el IVA de cada especie, se procedió a realizar un Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP) por cada zona de monitoreo donde se colocarán las torres para determinar cuáles de estas localidades o sitios pueden presentar peligro de colisión.

Según Wilson, Pressey, Newton, Burgman, Possingham & Weston (2005), en el ámbito de la planificación de la conservación, se entiende como vulnerabilidad a la probabilidad o a la

inminente pérdida de la diversidad biológica a procesos amenazantes actuales o inminentes, siendo crucial para los planificadores de la conservación la generación de mapas espaciales que predigan la futura distribución de procesos amenazantes en una forma clara y sencilla. Para el presente estudio la vulnerabilidad se define como aquellos factores, ecológicos, etológicos, sociológicos, y demográficos, que 1) aumentan la exposición de las aves a torres eólicas, 2) incrementa la probabilidad de que la exposición lleve a efectos adversos individuales, y 3) aumento en la probabilidad de que los efectos adversos individuales se acumulará causando efectos a nivel de población.

## **V. METODOLOGÍA**

### **5.1. FASE DE RECOPIACIÓN Y OBTENCIÓN DE DATOS**

#### **5.1.1. Tipo de estudio**

El estudio es de tipo observacional, ya que los datos fueron colectados de la fuente primaria; es longitudinal por abarcar 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).

#### **5.1.2. Toma de datos de campo**

Los datos de campo fueron tomados durante el proceso de recopilación de línea base como parte del estudio de Evaluación de Impacto Ambiental en la etapa de pre construcción.

El estudio se realizó 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.

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 3).

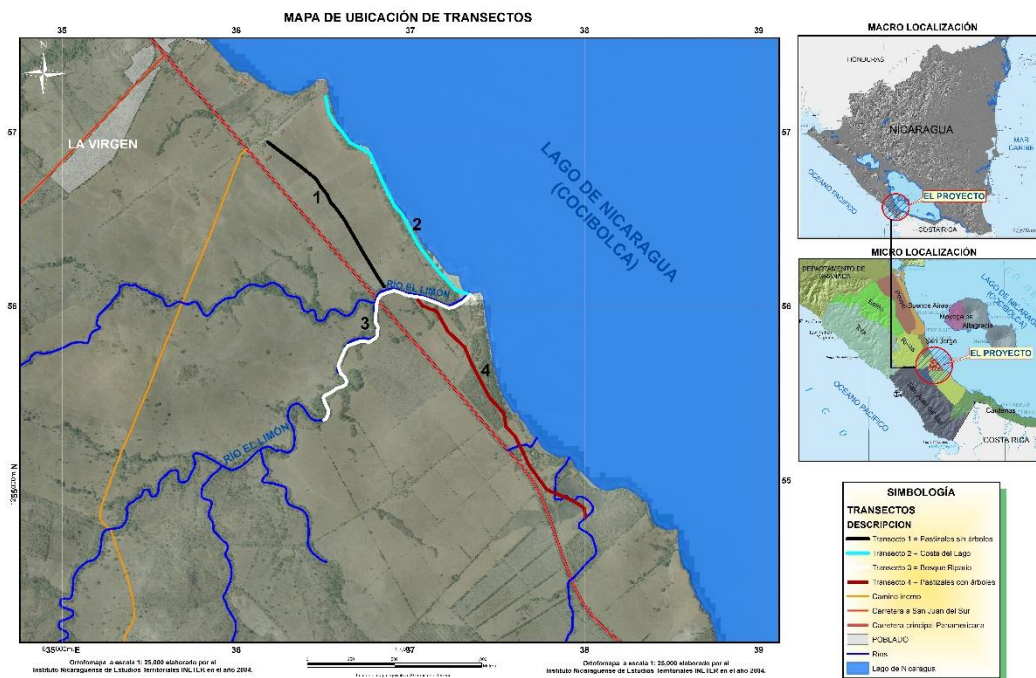


Figura 3. Ubicación de transectos. Central eólica Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

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, totalizando así 32 monitoreos por hábitat (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas y cantidad de días de monitoreo por hábitat. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Campaña de monitoreo	Cantidad de días de monitoreo	Número de monitoreo por día por hábitat	Total de monitoreos por hábitat
1) 22 al 25 de septiembre del 2011	4	2	8
2) 6 al 9 de octubre del 2011	4	2	8
3) 29 de marzo al 1 de abril del 2012	4	2	8
4) 12 al 15 de abril del 2012	4	2	8
Total de monitoreos por hábitat			32

Para cada individuo de las especies de aves migratorias y residentes observados 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. En el Anexo 1 se muestra el formato de campo utilizado.

La vegetación del área se evaluó mediante una clasificación supervisada comparando los datos de vegetación previamente definida de la imagen de la agencia JICA (mapa topográfico a escala 1:50,000), con la imagen Ortofotomapa editada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), a escala 1: 25,000 del año 2006 que cuenta con cobertura vegetal diferenciada basándose en la manipulación numérica de píxeles y espesor de la cobertura haciendo una interpretación visual digital procesada mediante el software de Erdas (Hexagon Geoespatial, 2011).

Lo anterior se conoce como cociente de índice de vegetación que son usados extensamente en análisis de minería, una vez obtenida la clasificación se definen las capas vegetal mediante el manual de convenciones del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) normado conforme a la ISO TC 211, utilizado para las definiciones de los elementos cartográficos en Países de Latinoamérica, especialmente a escalas 1: 50,000, y para su presentación temática se utilizó el software de ArcGIS versión 10 (Environmental Systems Research Institute, 2012).

Para la georreferenciación de transectos y tipos de hábitat se utilizó un gps Garmin generando mapas escala 1:7000 con datum UTM WGS 84.

## **5.2. FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **5.2.1. Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA)**

Este mide el riesgo relativo de sufrir accidentes para cada una de las especies de aves detectadas en el monitoreo por cada tipo de hábitat adaptado de Garthe & Hüppop (2004). Se basa en la selección de una serie de parámetros de comportamiento (tipo de vuelo, altura de vuelo), aptitudes para el vuelo de la especie (envergadura alar, peso), estatus de las especies, estado de conservación nacional e internacional y capacidad reproductora.

El índice se calcula para cada especie detectada y en cada uno de los diferentes tipos de hábitats, pudiendo este índice ser distinto entre hábitats y entre temporadas, dependiendo de

factores inherentes al comportamiento predominante de la especie en cada hábitat y factores climáticos de la zona.

Para este estudio se 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 (A, B, C, D, E, F) y los relacionados con la sensibilidad de las especies (G, H, I). Los promedios de ambos grupos se multiplican para obtener el IVA de cada especie por hábitat.

Los nueve factores seleccionados y su descripción se basan en la experiencia del autor y por la sugerencia en la literatura antes mencionada:

El índice estará dado por la fórmula:

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

Donde:

**A. Altura de vuelo.** Esta está dada por las alturas de vuelo tomadas en campo para cada individuo de ave. Para esto, se toma en cuenta las alturas de las torres, las cuales corresponden a una torre o fuste de 85 m de altura y tres hélices de 45 m de longitud, cada uno con un diámetro de barrido de 90 m, altura mínima de las aspas de 38 m y una altura máxima de 130 m. La ponderación se tomó como:

1. desde 15 m por encima del punto más alto de las aspas (equivalente a >145 m).
2. desde 15 m por debajo del punto más bajo de las aspas hasta el suelo (equivalente a 0-25 m).
3. hasta 15 m por encima del punto más alto de las aspas y hasta 15 m por debajo del punto más bajo de las aspas (equivalente a 26-40 m y 130-145m).
4. entre el punto más bajo de las aspas y el más alto (equivalente a 40-125 m).

Se hizo un promedio de las diferentes escalas para cada especie con más de un tipo de altura de vuelo.

**B. Tipo de vuelo.** Esta información se basa en los datos tomados en campo para cada ave en cada tipo de hábitat monitoreado. La ponderación se realizó como:

1. Ave posada (en el suelo, perchada).
2. Forrajeando (posada en el suelo o en árboles en busca de comida).
3. Cazando y volando (vuelos rápidos detrás de presa, vuelo normal).
4. Planeando (elevación en corrientes térmicas).

Se tomó como resultado final la actividad más frecuente para cada especie con más de un tipo de vuelo.

**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 ponderación se realizó como:

1. 0-65 cm.
2. 65-117 cm.
3. 117-168 cm.
4. >168 cm.

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.

**D. Peso.** Aves pesadas pueden ser más propensas a colisionar por tener menos maniobrabilidad. La ponderación se realizó como:

1. 0-629 g.
2. 629-1252 g.
3. 1252-1876 g.
4. >1876 g.



La información fue tomada de Styles & Skutch (1989) para cada especie de aves, realizando con la misma una tabla de intervalos de frecuencia.

**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 ponderación se realizó como:

1. Especie de Paso.
2. Especie Migratoria.
3. Especie Residente y Migratoria.
4. Especie Residente.

La información fue tomada de Martínez-Sánchez et al., (2014).

**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 ponderación se realizó como:

1. >4 huevos.
2. 3-4 huevos.
3. 2 huevos.
4. 1 huevo.

La información fue tomada de Styles & Skutch (1989) y de la base de datos de Cornell Lab of Ornithology (2015).

**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.** Este factor fue tomado del estudio titulado: Evaluación del Estado de Conservación de las Aves de Nicaragua, realizado en conjunto con varios ornitólogos de Nicaragua. La metodología se basa en el Manual de Compañeros en Vuelo Para la Evaluación de Especies (Panjabi et al., 2012). El método pondera para Nicaragua tres criterios: Tendencia poblacional, Amenazas en la época reproducción y Amenazas durante la época no reproductiva, tanto para aves residentes como migratorias en una escala de 1 a 5 escenarios siendo esta última la de mayor peligrosidad. Una vez terminado este proceso se procedió a estandarizar la metodología según la lista roja de Nicaragua (Manzanarez et al., 2018) y de esta forma obtener una lista roja de las aves de Nicaragua con los criterios En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), De baja preocupación (LC). La ponderación se realizó como:

1. LC: Baja preocupación.
2. NT: Casi amenazado.
3. VU: Vulnerable.
4. EN: En peligro y En peligro crítico.

### 5.2.2. Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP)

Está dada por la fórmula:

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

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). La clasificación en clases a partir de los percentiles es relativa y debe tomarse con precaución a falta de otros valores absolutos de referencia, para este caso se usaron valores relativos como riesgo bajo y alto.

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.

### 5.2.3. Análisis estadístico

Se aplicaron las medidas de diversidad Alfa (riqueza de especies en la comunidad) por cada tipo de hábitat, entre estos Riqueza (S), Dominancia de especies=1, y Equitatividad de Pielou (J), así como el Índice de Diversidad de Shannon ( $H'$ ).

La diversidad Beta (cambio y reemplazo de especies entre comunidades) se calculó con el índice de Bray Curtis a través de un análisis de agrupamiento o conglomerados (Cluster Analysis-Single Link), donde se forman grupos de unidades de muestreo que se asocian por su grado de similitud. Sobre la base de estos análisis se definió el grado o nivel de similitud (similaridad) entre las zonas realizando una comparación pareada entre hábitats analizando la varianza del índice Shannon ( $H'$ ) con una prueba de T modificada (Krebs, 1989; Magurran, 1988; Pérez, 2004). No se

realizó ninguna transformación de los datos al usar la prueba T ya que las proporciones en que se basan los índices se aproximan a la normalidad (Magurran, 2004).

Finalmente se calculó la curva de acumulación de especies para determinar el porcentaje de especies encontradas en ese período. Los análisis se realizaron usando los paquetes PAST 2.1 (Hammer, Harper & Ryan, 2001), Biodiversity Pro (McAleece, Garge, Lamshead, & Paterson, 1997), y Estimates 9.1 (Colwell, 2013).

Para el análisis del estado de conservación de las especies se utilizó la lista roja de la IUCN (2016). También se incluyen listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2016) y especies en Veda en Nicaragua (MARENA, 2017). Se hace también una recopilación de las especies en la lista roja de Nicaragua (Manzanarez et al., 2018).

### **5.3. ALCANCES Y LIMITACIONES**

#### **5.3.1. Alcances**

El estudio aportó un índice de vulnerabilidad de colisión de aves en torres eólicas y mapa de vulnerabilidad potencial de torres en la central eólica Eolo de Nicaragua S.A, al sur de la ciudad de Rivas en la etapa de pre construcción. Por medio del estudio de campo se caracterizó el tipo de vegetación presente en la zona, así como un análisis de la composición de la comunidad de aves considerando riqueza, abundancia y ecología de las especies presentes. Con lo anterior, se obtuvo información sobre factores que intervienen en el riesgo de colisión: altura de vuelo, tipo de vuelo, longitud alar, peso, estatus, abundancia; así como factores sobre la sensibilidad de las especies: estado reproductivo, estado de conservación nacional e internacional.

#### **5.3.2. Limitaciones**

Un índice de vulnerabilidad de riesgo de colisión es una herramienta de predicción útil para estimar posibles colisiones de aves con turbinas eólicas, sin embargo, pueden existir limitaciones y es importante que éstas se reconozcan para garantizar que se utilicen los datos adecuadamente.

Una de estas limitaciones es que se asume mucho del comportamiento del ave, lo que puede variar según la temporada del año, patrones climáticos, topografía del terreno, relaciones inter e

intra específicas en las especies, entre otros factores. Sin embargo, es bueno resaltar que, en un modelo, un índice es tan bueno como la cantidad de información que uno introduce en él, por lo tanto, mucha investigación y confirmación es necesario para validar la eficiencia de los índices de riesgo de colisión. O bien, según las palabras de Box & Draper (1987): “Recuerde que todos los modelos están equivocados; la pregunta práctica es, qué tan mal tienen que ser para no ser útiles”.

#### 5.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

El Cuadro 4 presenta la matriz de operacionalización de variables según los objetivos específicos del trabajo.

Cuadro 4. Matriz de operacionalización de variables. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Objetivos	Nombre de la variable	Definición operacional	Indicador	Tipo de variable	Valor
Objetivo 1: Realizar un análisis de la estructura de la comunidad de aves, considerando la riqueza, abundancia y diversidad en cuatro hábitats identificados.	Riqueza	Riqueza: Mide el número de especie	Especie	Cuantitativa, discreta	Número de especies
	Índice de Shannon-Wiener	Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección.	Fórmula	Cuantitativa, Continua	De cero (menor diversidad) a cinco (mayor diversidad)
	Equitatividad de Pielou (J)	Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.	Fórmula	Cuantitativa, Continua	Va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes
	Índice de dominancia	Parámetro inverso al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad.	Fórmula	Cuantitativa, Continua	De 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde las especies son más dominantes.
	Prueba T	Valor estadístico de referencia para comparar los valores obtenidos del índice e Shannon –Wiener	Fórmula	Cuantitativa, Continua	T calculada > T tabulada no hay diferencias entre los índices
	Índice de similitud Bray-Curtis	Presan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas	Fórmula	Cuantitativa, Continua	Entre mayor sea el valor, mayor la similitud

Objetivos	Nombre de la variable	Definición operacional	Indicador	Tipo de variable	Valor
Objetivo 2: Diseñar un índice de vulnerabilidad espacial de especies de aves terrestres susceptibles a colisionar	Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA)	Mide el riesgo relativo de sufrir accidentes para cada una de las especies de aves. Se basa en la selección de una serie de parámetros de comportamiento (tipo de vuelo, altura de vuelo), aptitudes para el vuelo de la especie (envergadura alar, peso), estatus de las especies, estado de conservación nacional e internacional y capacidad reproductora obteniendo cuales son las especies de aves más vulnerables a colisionar	Fórmula	Cuantitativa, Continua	De <b>uno</b> (menor vulnerabilidad) hasta <b>16</b> (mayor vulnerabilidad)
Objetivo 3: Diseñar un mapa de vulnerabilidad potencial para torres eólicas identificando los sitios de ubicación con menos probabilidad de colisión de aves.	Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP)	Se calcula para cada todas las especies de aves detectadas por cada hábitat utilizando el IVA calculado obteniendo las hábitats o sitios con la mayor posibilidad de riesgo de colisión	Fórmula	Cualitativa, ordinal	Riesgo bajo: cuando el percentil sea menor a 50 (<P50), y Riesgo alto: cuando el percentil sea mayor que 50 (>P50)

## VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL ÁREA

Existen cinco formaciones vegetales (Figura 4), cuyas áreas se presentan el Cuadro 5 y se describen a continuación:

Bosque de Árboles dispersos. Se caracteriza por poseer arboles 10 a 15 m de altura; la vegetación fue abundante, pero en la actualidad se encuentra alterado dramáticamente, por lo que posee una diversidad baja o limitada, presenta una cobertura del 23.5%.

Herbáceas (pastos). Se caracterizan por presentar una altura de 10 a 15 cm. Un solo estrato herbáceo tiene una cobertura del suelo del 100% y una disposición horizontal cerrada. Este tipo de vegetación representa la mayor cobertura de la zona de estudio con 49.2%.

Bosque Ripario. Esta categoría fue introducida en este mapa y comprende los árboles en las márgenes de los ríos, el cual se encuentra alterado. Presenta una cobertura del 1.6 % correspondiente al Río Limón y tributarios. No existe una definición en cuanto a la distancia para determinar este tipo bosque ya que estos varían de acuerdo al ancho del río, su afluencia por lo que la humedad del suelo determina su extensión manteniendo su cobertura verde aun en época seca.

Bosque Selvático. Se caracteriza por la abundancia de árboles, los cuales son frondosos y abundantes, alcanzando más de 15 metros de altura. Tiene una cobertura del 12.2%.

Matorrales. El matorral subtropical se caracteriza por presentar de dos a tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo; el estrato más importante es el arbustivo, que presenta alturas características entre 2 y 4 m.

Cuadro 5. Caracterización de la vegetación del área. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Vegetación	Hectáreas	Porcentaje
Bosque arboles dispersos	404.8	23.5
Herbáceas	848.8	49.2
Bosque ripario	27.5	1.6
Bosque selvático	212.8	12.3
Matorral	230.0	13.3
<b>Total</b>	<b>1,723.8</b>	<b>100.0</b>

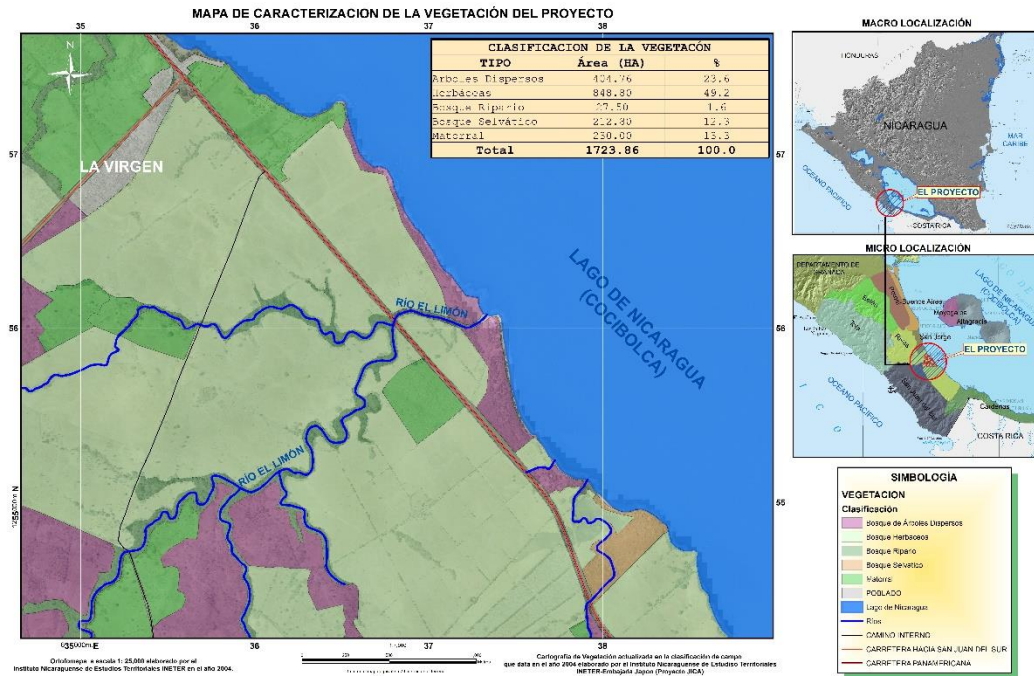


Figura 4. Caracterización de la vegetación. Central eólica Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

## 6.2.COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE AVES (RESIDENTES Y MIGRATORIAS)

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 (Anexo 2). 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% (Figura 5).



Porcentaje de especies de aves por familia. Eolo de Nicaragua S.A.  
2011-2012.

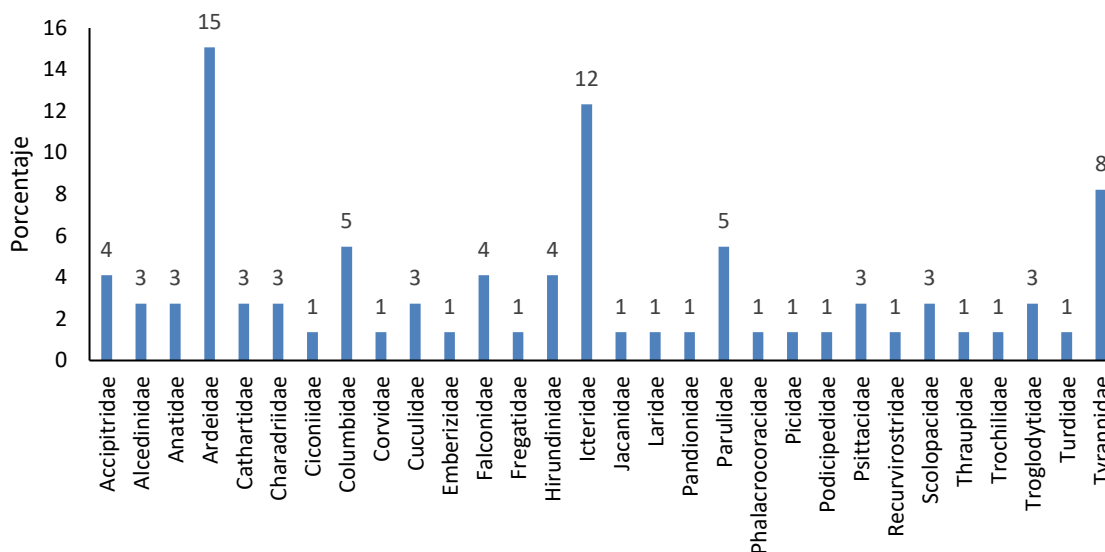


Figura 5. Porcentaje de especies de aves por familia. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Según criterio de la IUCN, una especie se encuentra Vulnerable. Se identifica una especie con Criterio I, y nueve especies con Criterio II según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Según el Sistema de Vedas en Nicaragua, se identifican nueve especies con Veda Nacional Indefinida, y cuatro especies como Veda Nacional Parcial. Para el caso de la lista roja en Nicaragua, se identifica una especie con categoría En Peligro Crítico, una En Peligro, una como Casi Amenazada y una especie como Vulnerable (Cuadro 6) (Anexo 2).

Cuadro 6. Lista de especies según lista Roja IUCN y Lista Roja de Nicaragua. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Nombre científico	Nombre común	Lista Roja IUCN	Lista Roja Nicaragua
<i>Agamia agami</i>	Garza Pechicastaña	VU	
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	Zanate Nicaragüense	LC	CR
<i>Cairina moschata</i>	Pato Real		EN
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo		VU
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja		NT

Clave: CR: En peligro Crítico, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, Vu: Vulnerable, LC: Baja preocupación.

### 6.3. FRECUENCIA DE OBSERVACIONES DE AVES

Las mayores concentraciones de individuos lo constituyen tres especies de golondrinas, el Avión Zapador (*Riparia riparia*) con un total de 19,423 observaciones, la Golondrina Común (*Hirundo rustica*) con 20,400 observaciones, y la Golondrina Lomiblanca (*Tachycineta albilínea*) con 65 observaciones; por lo que el istmo de Rivas es una zona importante para este grupo de especies que son atraídas posiblemente por la cantidad de chayules en las cercanías del Lago de Nicaragua. Dado a la gran concentración de individuos, para efectos de análisis, se ha excluido este grupo para no afectar las comparaciones entre las abundancias de las otras especies.

### 6.4. COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DE AVES ENTRE HÁBITATS

El Cuadro 7 muestra que el hábitat con mayor riqueza de especies los constituyó el bosque ripario y los pastizales sin árboles el de menor riqueza.

Cuadro 7. Índices de diversidad Alfa para aves registrados en la zona de estudio. Eolo de Nicaragua S.A 2011-2012.

Índices	BR	CL	PCA	PSA
Taxa_S	51	35	46	27
Individuals	735	719	1037	597
Dominance_D	0.0709	0.09925	0.1168	0.2103
Shannon_H	3.111	2.693	2.665	2.076
Equitability_J	0.7912	0.7574	0.6961	0.6299

Para este análisis se removieron los conteos de golondrinas por los miles de individuos.

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

El hábitat con mayor número de individuos fue pastizales con árboles. La dominancia de especies (con escala de 0 a 1 siendo esta última con una alta dominancia) se presentó casi similar entre todos los hábitats, siendo un poco mayor en los pastizales sin árboles. Esto posiblemente se deba a las especies dominantes durante los conteos, siendo el Zanate Nicaragüense (*Quiscalus mexicanus*) el de mayor abundancia con 225 individuos, seguido por Garza Buellera (*Bubulcus ibis*) con 135 individuos.

El bosque ripario presentó los valores más bajos de dominancia. La diversidad de la comunidad de aves se encontró fuertemente influenciada por los valores de dominancia, por ello el

índice de Shannon ( $H'$ ) manifiesta el mayor valor en el bosque ripario (3.11). Este tipo de hábitat representa el único refugio para muchas especies de aves y otros taxones en una zona deforestada producto de años de manejo de ganado y cultivo como maíz, sorgo entre otros, en el istmo de Rivas.

Es importante remarcar que el mayor número de individuos observados no significa que hay una gran diversidad, a como ocurre con el hábitat pastizales con árboles, siendo uno de los hábitats con mayor dominancia por lo tanto con una menor diversidad de especies, por lo que depende de la uniformidad con que se distribuyen las abundancias observadas de aves en cada uno de los hábitats para la comunidad de aves en el ensamble del paisaje, un hábitat con mayor dominancia de una o varias especies tendrá menor riqueza de especies.

Al aplicar una prueba t student para determinar diferencias entre los índices de Shannon entre zonas, vemos que existe diferencias entre estas, excepto entre la costa del lago y pastizales con árboles (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba t para determinar diferencias entre el índice de Shannon entre hábitats. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Hábitat	BR	CL	PCA	PSA
<b>BR</b>		P=<0.05*	P=<0.05*	P=<0.05*
<b>CL</b>			P=>0.05ns	P=<0.05*
<b>PCA</b>				P=<0.05*

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

(\*): significativo, (ns): no significativo.

La Figura 6 y el Cuadro 9 muestra la matriz de similitud de Bray-Curtis en donde encontramos tres niveles de agrupamiento, una entre costa del lago y pastizales con árboles, compartiendo el 45% de las especies, un agrupamiento separado de las especies de pastizales sin árboles de las dos anteriores, y el bosque ripario compartiendo menos del 37% de las especies con todos los otros hábitats.

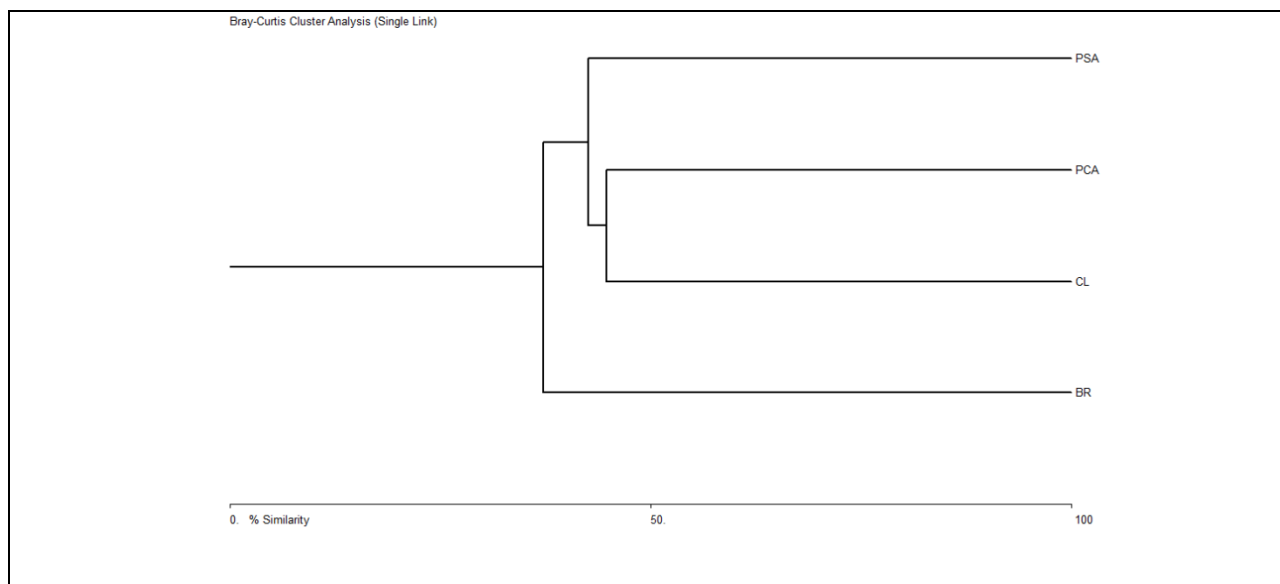


Figura 6. Matriz de similitud de Bray-Curtis para aves entre los diferentes hábitats. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

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

Cuadro 9. Porcentajes de similitud de aves entre los diferentes hábitats. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

	<b>BR</b>	<b>CL</b>	<b>PCA</b>	<b>PSA</b>
<b>BR</b>	*	35.2132	37.246	29.1291
<b>CL</b>	*	*	44.7608	40.2736
<b>PCA</b>	*	*	*	42.5949
<b>PSA</b>	*	*	*	*

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

En general la composición de aves del complejo eólico Eolo de Nicaragua S.A se encuentra formada por especies generalistas propias de ambientes antropizados.

La Figura 7 muestra el gráfico de curvas de acumulación de especies, donde  $S(\text{est}) = 70$  especies (durante los muestreos), mientras que los índices de Chao 1 Mean y ACE Mean predicen que se tiene entre el 78 y 83% de las especies de aves.

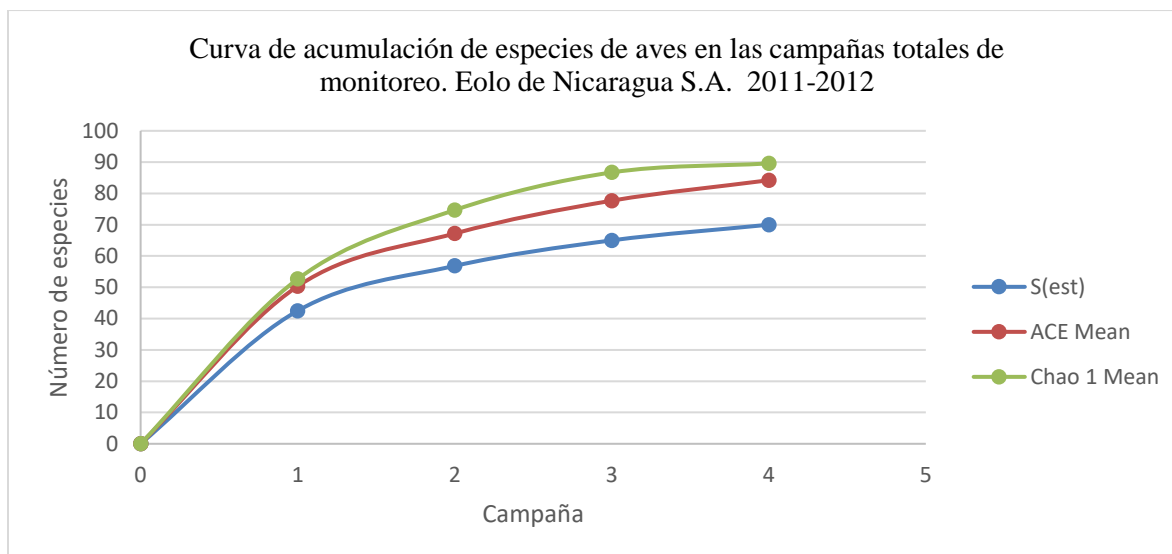


Figura 7. Curva de acumulación de especies de aves. Eolo de Nicaragua S. A. 2011-2012.

El Cuadro 10 presenta las abundancias de especies por cada hábitat. Se observó que el mayor porcentaje eran las especies Zanate Grande (*Quiscalus mexicanus*) con el 16.3% de las observaciones, seguido del Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) con un 13.1% y la Garcilla Bueyera (*Bubulcus ibis*) con un 11.6%.

Cuadro 10. 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
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	45	3	174	135	357	11.6
<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán Gris	0	0	2	0	2	0.1
<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Capiverde	17	6	0	0	23	0.7
<i>Cairina moschata</i>	Pato Real	0	0	0	2	2	0.1
<i>Calidris pusilla</i>	Correlimos Semipalmeado	0	1	0	0	1	0.0
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	15	4	5	29	53	1.7
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrufa	1	4	12	3	20	0.6

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Crestado	7	46	62	19	134	4.3
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	29	4	78	3	114	3.7
<i>Charadrius collaris</i>	Chorlitejo Collarejo	0	1	0	0	1	0.0
<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde	2	0	3	0	5	0.2
<i>Cochlearius</i>	Pico Cuchara	1	0	0	0	1	0.0
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	1	20	8	1	30	1.0
<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	1	0	0	6	7	0.2
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	42	87	251	26	406	13.1
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	72	29	3	28	132	4.3
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo	2	5	32	0	39	1.3
<i>Dives dives</i>	Cacique Piquinegro	1	0	0	0	1	0.0
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	4	0	0	2	6	0.2
<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	18	10	0	5	33	1.1
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta Tricolor	1	3	0	0	4	0.1
<i>Eupsittula canicularis</i>	Perico Frentinaranja	12	0	2	49	63	2.0
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	0	0	1	0	1	0.0
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	0	0	0	1	1	0.0
<i>Fregata magnificens</i>	Rabihorcado Magno	0	1	7	1	9	0.3
<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela Cuellinegra	10	0	0	0	10	0.3
<i>Icterus galbula</i>	Chichiltote Norteño	14	0	17	0	31	1.0
<i>Icterus pustulatus</i>	Chichiltote Dorsilistado	0	0	4	0	4	0.1
<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

Nombre científico	Nombre común en español	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general	Porcentaje
<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 Cebedorada	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
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Gorgilisa	2	0	1	0	3	0.1
<i>Turdus grayi</i>	Sensontle Pardo	1	0	0	0	1	0.0
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	22	2	2	0	26	0.8
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	21	0	13	0	34	1.1
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano Norteño	0	0	3	0	3	0.1
<i>Vanellus chilensis</i>	Avefría Sureña	0	1	0	0	1	0.0
<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola Aliblanca	2	0	2	1	5	0.2
<b>Total general</b>		<b>689</b>	<b>716</b>	<b>1017</b>	<b>596</b>	<b>3088</b>	

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

La Figura 8 muestra que las mayores observaciones de aves se realizaron en pastizal con árboles, destacándose concentraciones de especies de la Garcilla Buellera con 174 observaciones y el Zopilote Negro con 251 observaciones.

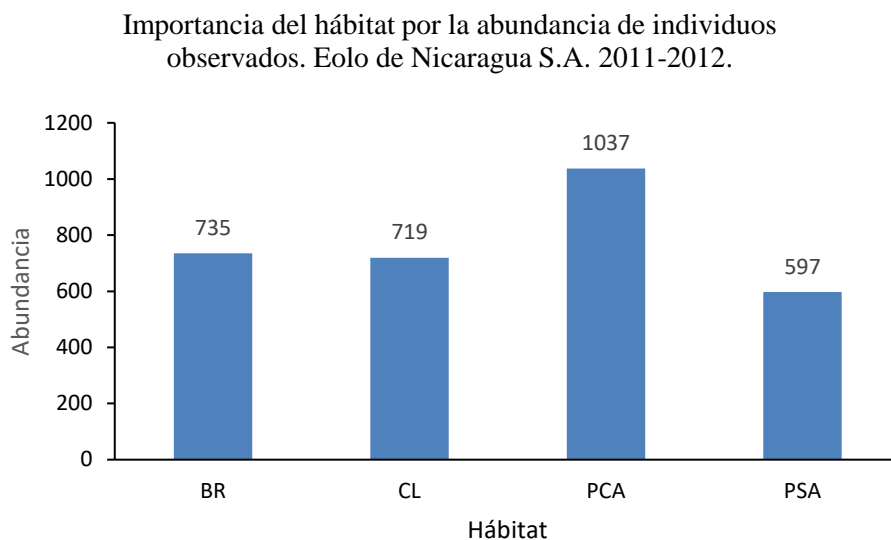


Figura 8. Importancia del hábitat según la abundancia observada. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

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

## 6.5. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE AVE Y MAPA DE VULNERABILIDAD POTENCIAL

El Índice de Vulnerabilidad de Aves (IVA) se presenta a continuación, el cual fue calculado a partir de los nueve criterios descritos anteriormente para cada especie de ave por cada tipo de hábitat. Se presentan también los valores del Mapa de Vulnerabilidad Potencial (MVP) para cada hábitat calculando el MVP total según la fórmula (para todas las especies) y MVP Med (utilizando la mediana del MVP total).

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) (Cuadro 11). 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. Esta especie de zopilote se ha demostrado que realiza migraciones de cientos de miles de individuos (McCrary & Young, 2007). El Águila Pescadora es una cazadora de peces la cual busca lugares altos como antenas de vientos para posarse y esperar a observar a su presa en el agua. Las torres en las cercanías de este tipo de hábitat podrían ser un riesgo para las aves. La mediana para las especies en este hábitat es de 2.8.



Cuadro 11. 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 Cabecirrojo	5.0	17.00598691	17.00598691
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila 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 Piquirroja	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>	Güis Crestipardo Mayor	2.8	1.925408835	1.925408835
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	2.8	12.56052383	12.56052383
<i>Turdus grayi</i>	Sensontle 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	7.393569926	<b>270.1025072</b>
<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	2.7	7.851837278	
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Reinita Acuática Norteña	2.7	6.140226915	

Nombre Científico	Nombre Común	IVA	MVP TOTAL	MVP Med
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán Neotropical	2.7	6.140226915	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	2.4	10.48778975	
<i>Nyctanassa violacea</i>	Martinete Cangrejero	2.4	1.694359775	
<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla	2.3	8.487701039	
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrufa	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>Megaceryle torquata</i>	Martín Pescador Collarejo	2.2	5.699887461	
<i>Myiozetetes similis</i>	Güis Chico	2.2	3.080654136	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Güis 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 Cebecidorada	1.8	1.232261654	
<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela 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 Norteño	1.6	4.212522535	
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	1.6	4.877435447	
<b>Total</b>			<b>368.49995</b>	

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), especie que se encuentra Vulnerable, según Birdlife International (2016), en lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 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. La mediana para las especies en este hábitat es de 3.1 (Cuadro 12).

Cuadro 12. 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	<b>220.768495</b>
<i>Phalacrocorax brasilianus</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	

Nombre Científico	Nombre Común en español	IVA	MVP total	MVP Med
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Güis 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>	Güis 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>	Andarríos 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	
<b>Total</b>			<b>310.575484</b>	

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 (*Ardea alba*) y Zopilote Cabecirrojo (*Cathartes aura*) con un IVA de 5 respectivamente. La mediana para este tipo de hábitat es de 3.1 (Cuadro 13).

Cuadro 13. 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

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

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	MVP total	MVP Med
<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana	1.7	2.68239652	
<i>Thraupis episcopus</i>	Tángara Azulada	1.7	5.36479304	
<i>Icterus gálbula</i>	Chichiltote Norteño	1.6	4.49613385	
<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	1.6	1.70895245	
<i>Icterus spurius</i>	Chichiltote Castaño	1.2	0.80867171	
<b>Total</b>			<b>407.100328</b>	

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).

Es notable la presencia de ambas especies de zopilotes (IVA= 4.7) los que frecuentan mucho esta área en busca de carroña, así como el uso de bolsas ascendentes de aire caliente durante bien avanzado la mañana para de esta forma poder desplazarse.

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. La mediana para este hábitat es de 3.1 (Cuadro 14).

Cuadro 14. 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>	Rabiornado 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

Nombre Científico	Nombre común en español	IVA	IMVP total	IMVP med
<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	<b>197.314372</b>
<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	
<b>Total</b>			<b>259.656472</b>	

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, sin embargo, el valor de IVA más alto en todos los hábitats es de 6.3 en una escala cuyo máximo valor es 16, esto se debe a que la mayoría de especies en esta zona son especies generalistas de hábitats antropizados. En la zona de Eolo de Nicaragua S.A., se puede constatar que para el bosque ripario existen 29 especies que presentan valores de vulnerabilidad por encima de la mediana, 20 especies en la costa del lago, 26 especies en los pastizales con árboles y 15 especies en los pastizales sin árboles.

Ya que en la actualidad se tiene la oportunidad de trabajar con las colisiones en diferentes centrales eólicas al sur de Rivas durante la etapa de operación, se puede constatar que todas estas

especies antes mencionadas con excepción del Zanate Común y el Garzón Grande, han colisionado con las torres junto con otras especies con IVA por encima de la mediana (observación personal).

Sin embargo, la remoción por depredadores es alta en los sitios donde funcionan las torres eólicas, al igual que se cuentan con varias colisiones en las que el único indicio que se ha encontrado son restos de plumas negras y blancas pudiendo ser las especies antes mencionadas que no han sido encontradas de cuerpo entero.

El Cuadro 15 presenta los resultados de los cálculos de percentiles para <P50 riesgo bajo, y >P50 riesgo alto tanto para MVP total y Med.

Cuadro 15. 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, el Cuadro 16 muestra el total de las sumatorias del MVP total y Med 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 eólica



Cuadro 16. 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

La Figura 9 muestra el mapa de la zona con la clasificación de riesgos, incorporando la ubicación de las 22 torres que existen en la actualidad. En este mapa se puede observar que 11 de las torres fueron colocadas en la zona de riesgo menor (pastizal sin árboles), y 11 fueron colocadas en la zona de riesgo alto según el presente estudio (pastizales con árboles).

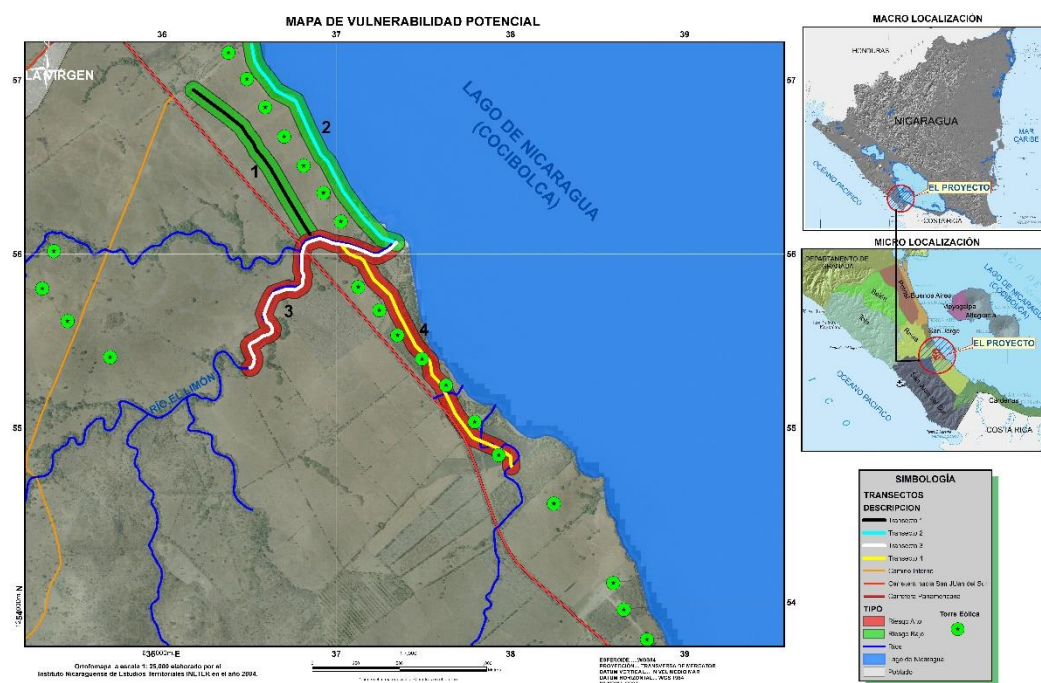


Figura 9. Mapa de Vulnerabilidad Potencial. Eolo de Nicaragua S.A. 2011-2012.

Resulta importante recalcar que durante los monitoreos de colisiones realizados durante el 2012 al 2014 por el presente autor en la central eólica de Eolo de Nicaragua S.A, el número de aves encontradas colisionadas en el suelo fue mayor en la zona actual de pastos con árboles representando el 53% de las colisiones, la costa del lago con porcentaje intermedio del 32% y el de menor colisión la zona de pastizales sin arboles con el 15% (observación personal), demostrando la efectividad de predicción del presente método.

La zona del proyecto eólico Eolo de Nicaragua S.A es un hábitat ideal para la instalación de este tipo de infraestructura desde el punto de vista del poco impacto que tendrá sobre la cobertura boscosa ya que se trata de un paisaje degradado por la actividad agrícola y ganadera desde el siglo pasado, y cuyos únicos parches de bosques lo constituyen los bosques riparios los que a su vez se encuentran degradados. En la actualidad la central eólica ha ubicado sus torres en la zona de pastizales sin árboles y en la zona de pastizales con árboles.

## VII. CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis en la que 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.
2. Se identificaron cinco formaciones vegetales en la zona de estudio que corresponde a 1,738.8 Ha, siendo las más predominante las herbáceas con una cobertura de 49.2 %. El área se caracteriza por ser una zona antropizada producto de décadas de ganadería extensiva y cultivos.
3. Se registraron 73 especies de aves, de las cuales 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% de las observaciones.
4. La Garza Pechicastaña (*Agamia agami*) presentó categoría de vulnerable según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Según la lista roja en Nicaragua (en preparación), El Zanate Nicaragüense (*Quiscalus nicaraguensis*) presentó categoría de En Peligro Crítico, El Pato Real (*Cairina moschata*) con la categoría de En Peligro, el Piche Piquirrojo (*Dendrocygna autumnalis*) con Vulnerable y el Perico Frentinaranja (*Eupsittula canicularis*) con Casi Amenazada.
5. La zona de estudio es una importante zona de paso para aves migratorias en especial para tres especies de golondrinas, la Golondrina Común (*Hirundo rustica*), el Avión Zapador (*Riparia riparia*) y la Golondrina Lomiblanca (*Tachycineta albilínea*) sumando entre estas un total de 19,423 observaciones.
6. El hábitat con mayor riqueza de especies es el bosque ripario, siendo estos los pocos remanentes de bosque en un paisaje agrícola.
7. La curva de acumulación de especies predice que se han identificado entre el 78 y 83% de las especies de aves en la zona.

8. El Zanate Grande (*Quiscalus mexicanus*) presentó el 16.3% de las observaciones, seguido del Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) con un 13.1% y la Garcilla Bueyera (*Bubulcus ibis*) con un 11.6%.
9. Para el bosque ripario, el mayor valor del Índice de Vulnerabilidad de Aves se presenta para el Zopilote Cabecirrojo (*Cathartes aura*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5) (residente y migratorio), el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5) (migratorio), y El Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves =4.7) y Querque (Índice de Vulnerabilidad de Aves =4.4).
10. Para la costa del lago, las especies con mayor valor de vulnerabilidad es el Rabihorcado Magno (*Fregata magnificens*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5.7), Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5) y el Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5).
11. Las especies con valores de vulnerabilidad alto en los pastizales con árboles lo constituyen el Rabihorcado Magno (*Fregata magnificens*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 6.3), seguido del Zopilote Negro (*Coragyps atratus*) (Índice de Vulnerabilidad de Aves = 5.8).
12. Según el Mapa de Vulnerabilidad Potencial, el bosque ripario y pastizales con árboles, son los sitios que presentan mayor riesgo de colisión de aves.
13. Uno de los mayores retos desde el punto de vista biológico para toda compañía que instale torres eólicas en el istmo de Rivas, será establecer programas de monitoreo biológico y medidas de mitigación de impacto, ya que si bien en el área, no se encontraron especies importantes de conservación. El istmo de Rivas es una ruta importante de aves migratorias sobre todo para rapaces y golondrinas que forrajean en poblaciones de miles en los pastos y cultivos de la zona, así como murciélagos que pueden forrajear por encima del dosel del bosque y de los que se sabe muy poco.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Validar el Índice de Vulnerabilidad de Aves y Mapa de Vulnerabilidad Potencial utilizándolo en otras zonas del país.
2. Validar el índice tanto en temporada seca e invierno.
3. Validar si el método puede validarse a murciélagos
4. Al tener más categorías de vegetación se puede hacer un análisis más fino en la que se puedan incluir hasta tres rangos de riesgos <P50: de riego bajo, entre P50 y P75: riego intermedio, y >P75: riesgo alto.
5. El método propuesto puede aplicarse a grupos de especies específicos como rapaces, anátidos, entre otros según el tipo de hábitat.
6. Los modelos de riesgo de colisión deben ser parte de los términos de referencia en los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para este tipo de proyecto.
7. Capacitar al personal de calidad ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, unidades ambientales municipales y tomadores de decisiones sobre la importancia de estudios de línea base específicos, uso de modelos de riesgo de colisión para aves y murciélagos en la etapa de pre construcción, así como la importancia de establecer un protocolo de monitoreo de colisión durante la etapa de operación para centrales eólicas en Nicaragua.
8. El área de instalación de las torres eólicas debe ser una de las primeras variables a considerar en este tipo de proyecto. Habrá que priorizar los sitios de pastos sin árboles para la instalación de torres eólicas teniendo cuidado con la cercanía a las zonas de bosque ripario, por lo que se deberá buscar una distancia prudente entre el árbol más externo y la punta de la hélice de la torre más cercana.
9. Modelar a través de Sistema de Información Geográfica un “Mapa de alternativo de sitios para la instalación de proyectos eólicos en Nicaragua” tomando en cuenta: variables topográficas, variables climáticas, velocidad del viento, biodiversidad, cobertura vegetal, áreas protegidas,

áreas importantes para aves, áreas importantes para la conservación de murciélagos, sitios RAMSAR, reservas silvestres privadas, entre otras capas de información, para seleccionar los mejores sitios para la instalación de torres eólicas en Nicaragua.

10. Los Planes de Gestión Ambiental deberían incluir el mejoramiento de los bosques riparios ya que constituyen los únicos corredores biológicos para las aves y otras especies de fauna, tomando en cuenta también, que la reforestación en otras áreas podría atraer a aves y aumentar el riesgo de colisión, por lo que esta acción deberá de tomarse con cautela.
11. Toda central eólica en su etapa de pre construcción debe realizar por lo menos un ciclo de monitoreo por año durante la migración de otoño (septiembre-octubre) y migración de primavera (marzo-abril) por un período no menor a dos años con la metodología descrita en el presente estudio.
12. Toda central eólica en Nicaragua en su etapa de operación debe contar con un protocolo de colisión de aves y murciélagos monitoreando por lo menos dos veces por semana durante un periodo no menos de tres años.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (2004). Mapa topográfico de Rivas [Mapa]. 1:50,000. Managua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.
- Agencia de Promoción de Inversiones ProNicaragua. (1 de julio 2014). *Revolución eólica en Nicaragua*. Recuperado de <http://pronicaragua.gob.ni/es/noticias-sobre-nicaragua/1233-revolucion-eolica-en-nicaragua/>
- 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.
- Atienza, J.C., I. M. Fierro, O. Infante y Valls, J. (2008). *Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 1.0)*. Madrid, España: SEO/BirdLife.
- Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86, 67-76.
- BirdLife International. (2016). *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22697200A93602031.en>.
- Box, G.E.P. & Draper, N.R. (1987). *Empirical model-building and response surfaces*. New York, New York, USA: John Wiley and Sons.
- Cairns, J., McCormick, P.V. & Niederlehner, B.R. (1993). A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia*, 236, 1-44.

- Carter, M. F., Hunter, W.C., Pashley, D.N. & Rosenberg, K.V. (2000). Setting conservation priorities for landbirds in the United States: The Partners in Flight approach. *Auk*, 117, 541-548.
- Colwell, R. K. (2013). *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0 User's Guide and application*. University of Connecticut, Storrs, USA. Recuperado de <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R., Mao, Ch. & Chang, J. (2004). Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. *Ecology*, 85(10), 2717-27. Recuperado de <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSUsersGuide/References/ColwellMaoAndChang2004Sp.pdf>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2016). *Especies incluidas en los apéndices CITES*. Recuperado de <https://www.cites.org/esp>
- Cornell Lab of Ornithology. (2015, 1 de mayo). *Bird Guide*. Recuperado de <https://www.birds.cornell.edu/home/about/>
- Drewitt, A. & Langston, R.H. (2006). Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences.*, 1134(1), 233-266. Recuperado de <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>
- Energía Limpia XXI. (2017, 9 de febrero). *Energía solar la revolución sin armas de Nicaragua*. Recuperado de <https://energialimpiaparatodos.com/2017/02/09/25236/>
- Erickson, W., Johnson, G. & Young, D. (2005). *A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions*. Asilomar, California: USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2012). ArcGIS Release 10.1. California, USA. Recuperado de <https://www.esri.com/news/arcnews/spring12articles/introducing-arcgis-101.html>



- Fiallos & Asociados S.A. Consultores. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental de Línea de Transmisión de Alto Voltaje Transmisión de Alto Voltaje y la Subestación Parque Eólico Eolonica Wind Power*. Rivas. Nicaragua.
- Furner, R. & Tasker, M. (2000). Seabird-fishery interactions: quantifying the sensitivity of seabirds to reductions in sandeel abundance, and identification of key areas for sensitive seabirds in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series.*, 202, 253-264.
- Furness, R.W., Wade, H. & Masden, E. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management* 119, 56-66.
- Garthe, E. & Hüppop, O. (2004). Scalling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of Applied Ecology*, 41, 724-734.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1), 9. Recuperado de [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hernández-Sampieri, R., Collado, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F., México: Mc Graw-Hill.
- Herrero, A. y Simal, R. (2010). *Estudio de riesgos por colisión para aves. Estudios Ambientales para Parques Eólicos en Sierra del Escudo (Cantabria)*. Santander, Cantabria: BHS Consultores Ambientales Asociados.
- Hexagon Geospatial. (2011). ERDAS Imagine 2011. 11 ed. ERDAS. Incorporated. Madison, USA. Recuperado de <https://download.hexagongeospatial.com/en/downloads/imagine/erdas-imagine-2011>
- International Finance Corporation. (2015). *Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la energía eólica*. Global Bank Group. Recuperado de [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics\\_Ext\\_Content/IFC\\_External\\_Corporate\\_Site/Sustainability-At-IFC/Policies-Standards/EHS-Guidelines/](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Sustainability-At-IFC/Policies-Standards/EHS-Guidelines/)

- International Union for Conservation of Nature. (2016). *Red list of threatened species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>
- IPCC, (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. *Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_all\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf)
- Janss, G. F. E. (2000). Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(3), 353-359. Doi: 10.1016/S0006-3207(00)00021-5.
- Klump, H. (1970). The Determination of Clutch-Size in Birds a Review. *Ardea*, 58(1-2), 1-124.
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. London, UK: Benjamin Cummings.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology: Statistical Methods*. University of British Columbia: HarperCollins Publishers.
- Kunz, T., Arnett, E., Cooper, B., Erickson, W., Larkin, R., Mabee, T.,... Szewczak, J. (2007). Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document. *Journal of Wildlife Management*, 71(8), 2449-2486.
- Ledec, G., Rapp, K. & Aiello, R. (2011). *Greening the wind: Environmental and Social Considerations for Wind Power Development in Latin America and Beyond*. Washington, DC: The World Bank.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Great Britain: Blackwell Publishing.

- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its measurement*. Great Britain: Princeton University Press.
- 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.
- Martin, G. (2011). Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* 153, 239-254.
- Martínez-Sánchez, J. C., Durioux, L. & Muñoz, F. (2014). *A guide to the birds of Nicaragua*. Alemania: Westarp Science Fachvlge.
- Martínez, L. (21 de noviembre, 2016). *El estado de la energía eólica en América Latina*. Recuperado de <https://www.evwind.com/2016/11/21/el-estado-de-la-energia-eolica-en-america-latina/>
- McAleece, N., Gage, J.D.G., Lamshead, P.J.D. & Paterson, G.L.J. (1997). *BioDiversity Professional Statistics Analysis software*. London, UK: Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- 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](https://www.researchgate.net/publication/228493827_New_and_noteworthy_observations_of_raptors_in_southward_migration_in_Nicaragua)
- Milán-Pérez, J. (2009). *Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua*. Managua, Nicaragua: MARENA. Recuperado de <http://www.cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Educacion%20y%20Cambio%20Clim%C3%A1tico/Apuntes%20sobre%20Cambio%20Climatico%20en%20Nicaragua1.pdf>
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales MARENA. (2017). *Decreto 15-2017. Actualización del sistema de evaluación ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales*. Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial.

- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales MARENA. (2016). *Resolución Ministerial No. 07.01.2016. Sistema de vedas 2016*. Managua, Nicaragua. La Gaceta Diario Oficial.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales MARENA. (2001). *Primera comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio Climático*. PNUD-NIC/98/G31-MARENA. Recuperado de [http://euroclimaplus.org/intranet/documentos/repositorio/01Comunicaci%C3%B3n%20Nicaragua%20Convenci%C3%B3n%20ONU%20Cambio%20Clim%C3%A1tico\\_2001.pdf](http://euroclimaplus.org/intranet/documentos/repositorio/01Comunicaci%C3%B3n%20Nicaragua%20Convenci%C3%B3n%20ONU%20Cambio%20Clim%C3%A1tico_2001.pdf)
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Guía del inversionista. Invirtiendo en el sector eléctrico de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Agencia de Promoción de Inversiones - ProNicaragua.
- Molles, MC., Jr. & Simon, A.S. (2019). *Ecology: concepts and applications*. New York: McGraw-Hill Education. Recuperado de <https://www.amazon.com/Ecology-Concepts-Applications-Manuel-Molles/dp/1259880052>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis. SEA, volumen 1*. Zaragoza, España: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Naciones Unidas. (1993). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Niemi, G. & McDonald, M. (2004). Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35, 89-111. Doi: 10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130132
- Noguera, J. C., Pérez, I. & Minguéz, E. (2010). Impact of terrestrial wind farms on diurnal raptors: developing a spatial vulnerability index and potential vulnerability maps. *Ardeola* 57(1), 41-53. Recuperado de <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Noguera-2010.pdf>
- Osborn, R., Dieter, C., Higgins, K. & Usgaard, R. (1998). Bird flight characteristics near wind turbines in Minnesota. *American Midland Naturalist*, 139(1), 29-38.

- Panjabi, A. O., Blancher, P.J., Dettmers, R. & Rosenberg, K.V. (2012). *Partners in Flight Handbook Species Assessment. Technical Series No. 3. Rocky Mountain Bird*. Recuperado de <http://rmbo.org/pubs/downloads/PIFHandbook2012.pdf>
- Percival, S. (2005). Birds and windfarms: What are the real issues? *British Birds*, 98(4), 194-204. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/287773894\\_Birds\\_and\\_windfarms\\_What\\_are\\_the\\_real\\_issues](https://www.researchgate.net/publication/287773894_Birds_and_windfarms_What_are_the_real_issues)
- 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](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr159/psw_gtr159.pdf)
- Rappole, J. (1995). *The Ecology of Migrant Birds: A neotropical perspective*. London, U.K.: Smithsonian Institution Press.
- Salas-Estrada, J. B. (2002). *Biogeografía de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Instituto Nacional Forestal.
- Sistema de Integración Centro Americana. (2015, 16 de julio). *Nicaragua sin ayuda para enfrentar cambio climático*. La Libertad, El Salvador. Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana. Recuperado de <http://www.sica.int/consulta/noticia.aspx?idn=95374&idm=1&ident=916>
- Smithsonian Migratory Bird Center. (2018). *Neotropical Migratory Bird FAQs*. Washington, DC.: Smithsonian's National Zoo & Conservation Biology Institute. Recuperado de <https://nationalzoo.si.edu/migratory-birds/neotropical-migratory-bird-faqs>
- 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.

US Fish & Wildlife Service. (2012). *Bird Migration Routes*. Recuperado de <https://www.fws.gov/refuge/arctic/birdmig.html>

Wilson, K., Pressey, R., Newton, A., Burgman, M. Possingham, H. & Weston, C. (2005). Measuring and Incorporating Vulnerability into Conservation Planning. *Environmental Management*, 35(5), 527-543. DOI: 10.1007/s00267-004-0095-9.

Wind Turbine Wildlife Advisory Committee. (2010). *Wind Turbine Wildlife Advisory Committee Recommendations*. US Fish and Wildlife Service. Recuperado de [https://www.fws.gov/habitatconservation/windpower/Wind\\_Turbine\\_Guidelines\\_Advisory\\_Committee\\_Recommendations\\_Secretary.pdf](https://www.fws.gov/habitatconservation/windpower/Wind_Turbine_Guidelines_Advisory_Committee_Recommendations_Secretary.pdf)

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\\_Terrestres\\_Del\\_Caribe/link/5636168908aeb786b703d6e8/download](https://www.researchgate.net/publication/283349293_Metodos_Para_Contar_Aves_Terrestres_Del_Caribe/link/5636168908aeb786b703d6e8/download)

## **X. ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**Hoja de Campo**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Transecto: \_\_\_\_\_

<b>Hora</b>	<b>Especie</b>	<b>Altura de vuelo del ave</b>	<b>Rumbo (Brújula)</b>	<b>Actividad</b>	<b>Distancia del ave al sendero/observador</b>	<b>Observaciones</b>

Clave: Actividad: Vuelo (V), Posado (P), Cantando (C), Anidando (A), Forrajeando (F) , Cazando (CZ)



## ANEXO 2

## Lista de especies y abundancia de aves observadas por tipo de hábitat en el proyecto eólico Eolo de Nicaragua S.A, 2011-2012

No	Familia/Nombre científico	Nombre común en español	Nombre común en inglés	Estatus	IUCN	CITES	VEDA	Lista Roja Nicaragua	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general
	<b>Accipitridae</b>												
1	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán Chapulinero	Roadside Hawk	R	LC	II		LC	0	0	1	0	1
2	<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán Gris	Grey-lined Hawk	R	LC	II		LC	0	0	2	0	2
3	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán Charreteado	Harris's Hawk	R	LC	II	VNI	LC	4	10	37	11	62
	<b>Alcedinidae</b>												
4	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín Pescador Verde	Green Kingfisher	R	LC			LC	2	0	3	0	5
5	<i>Megaceryle torquata</i>	Martín Pescador Collarejo	Ringed Kingfisher	R	LC			LC	12	0	3	0	15
	<b>Anatidae</b>												
6	<i>Cairina moschata</i>	Pato Real	Muscovy Duck	R	LC		VPN	EN	0	0	0	2	2
7	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirojo	Black-bellied Whistling-Duck	R	LC		VPN	VU	2	5	32	0	39
	<b>Ardeidae</b>												
8	<i>Agamia agami</i>	Garza Pechicastaña	Agami Heron	R	V			LC	0	1	0	0	1
9	<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	Great Egret	R	LC		VNI	LC	24	23	10	1	58
10	<i>Ardea herodias</i>	Garzón Azul	Great Blue Heron	M	LC		VNI	LC	0	3	0	0	3
11	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	Cattle Egret	R	LC			LC	45	3	174	135	357
12	<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Capiverde	Green Heron	R	LC			LC	17	6	0	0	23
13	<i>Cochlearius cochlearius</i>	Pico Cuchara	Boat-billed Heron	R	LC			LC	1	0	0	0	1
14	<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	Little Blue Heron	R,M	LC			LC	4	0	0	2	6
15	<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	Snowy Egret	R,M	LC			LC	18	10	0	5	33
16	<i>Egretta tricolor</i>	Garceta Tricolor	Tricolored Heron	R,M	LC			LC	1	3	0	0	4

No	Familia/Nombre científico	Nombre común en español	Nombre común en inglés	Estatus	IUCN	CITES	VEDA	Lista Roja Nicaragua	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general
17	<i>Nyctanassa violacea</i>	Martinete Cangrejero	Yellow-crowned Night-Heron	R,M	LC			LC	1	0	0	0	1
18	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza Tigre Gorgilisa	Bare-throated Tiger-Heron	R	LC			LC	2	0	1	0	3
	<b>Cathartidae</b>												
19	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo	Turkey Vulture	R,M	LC			LC	29	4	78	3	114
20	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	Black Vulture	R	LC			LC	42	87	251	26	406
	<b>Charadriidae</b>												
21	<i>Charadrius collaris</i>	Chorlito Collarejo	Collared Plover	R	LC			LC	0	1	0	0	1
22	<i>Vanellus chilensis</i>	Avefría Sureña	Southern Lapwing	M	LC			LC	0	1	0	0	1
	<b>Ciconiidae</b>												
23	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	Wood Stork	R	LC			LC	10	0	1	0	11
	<b>Columbidae</b>												
24	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	Inca Dove	R	LC			LC	1	20	8	1	30
25	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	Ruddy Ground-Dove	R	LC			LC	1	0	0	6	7
26	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma Piquirroja	Red-billed Pigeon	R	LC			LC	2	0	1	2	5
27	<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola Aliblanca	White-winged Dove	R,M	LC			LC	2	0	2	1	5
	<b>Corvidae</b>												
28	<i>Calocitta formosa</i>	Urraca Copetona	White-throated Magpie-Jay	R	LC			LC	15	4	5	29	53
	<b>Cuculidae</b>												
29	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Común	Groove-billed Ani	R	LC			LC	72	29	3	28	132

No	Familia/Nombre científico	Nombre común en español	Nombre común en inglés	Estatus	IUCN	CITES	VEDA	Lista Roja Nicaragua	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general
30	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla	Squirrel Cuckoo	R	LC			LC	0	0	1	0	1
	<b>Emberizidae</b>												
31	<i>Peucaea ruficauda</i>	Sabanero Cabecillado	Stripe-headed Sparrow	R	LC			LC	0	2	3	0	5
	<b>Falconidae</b>												
32	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara Crestado	Crested Caracara	R	LC	II	VNI	LC	7	46	62	19	134
33	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón Peregrino	Peregrine Falcon	M	LC	I	VNI	LC	0	0	1	0	1
34	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano	American Kestrel	M	LC	II	VNI	LC	0	0	0	1	1
	<b>Fregatidae</b>												
35	<i>Fregata magnificens</i>	Rabihorcado Magno	Magnificent Frigatebird	R	LC			LC	0	1	7	1	9
	<b>Hirundinidae</b>												
36	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	Barn Swallow	P	LC			LC	1753	4650	3484	10513	20400
37	<i>Riparia riparia</i>	Avión Zapador	Bank Swallow	P	LC			LC	2123	1002	1251	15047	19423
38	<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina Lomiblanca	Mangrove Swallow	R	LC			LC	0	0	65	0	65
	<b>Icteridae</b>												
39	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	Red-winged Blackbird	R	LC			LC	122	40	46	1	209
40	<i>Dives dives</i>	Cacique Piquinegro	Melodious Blackbird	R	LC			LC	1	0	0	0	1
41	<i>Icterus galbula</i>	Chichiltote Norteño	Baltimore Oriole	M	LC		VPN	LC	14	0	17	0	31
42	<i>Icterus pustulatus</i>	Chichiltote Dorsilistado	Streak-backed Oriole	R	LC			LC	0	0	4	0	4
43	<i>Icterus spurius</i>	Chichiltote Castaño	Orchard Oriole	M	LC			LC	0	0	1	0	1
44	<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola Mayor	Montezuma Oropendola	R	LC			LC	3	0	11	0	14





No	Familia/Nombre científico	Nombre común en español	Nombre común en inglés	Estatus	IUCN	CITES	VEDA	Lista Roja Nicaragua	BR	CL	PCA	PSA	Frecuencia general
65	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrufa	Rufous-naped Wren	R	LC			LC	1	4	12	3	20
66	<i>Thryophilus pleurostictus</i>	Charralero Fajeado	Banded Wren	R	LC			LC	3	0	4	0	7
	<b>Turdidae</b>												
67	<i>Turdus grayi</i>	Sensontle Pardo	Clay-colored Thrush	R	LC		VPN	LC	1	0	0	0	1
	<b>Tyrannidae</b>												
68	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Güis Crestipardo Mayor	Brown-crested Flycatcher	R	LC			LC	1	8	2	0	11
69	<i>Myiozetetes similis</i>	Güis Chico	Social Flycatcher	R	LC			LC	3	0	1	4	8
70	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Güis Común	Great Kiskadee	R	LC			LC	15	12	21	7	55
71	<i>Tyrannus forficatus</i>	Tijereta Rosada	Scissor-tailed Flycatcher	M	LC			LC	22	2	2	0	26
72	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	Tropical Kingbird	R	LC			LC	21	0	13	0	34
73	<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano Norteño	Eastern Kingbird	P	LC			LC	0	0	3	0	3
								TOTAL	4611	6371	5837	26157	42,976

Fuente: Elaboración propia

Clave: Estatus: R=Residente, M= Migratorio, P=de Paso, MR= Con poblaciones residentes y migratorias. IUCN y Lista roja nacional: LC=Baja preocupación, NT=Casi amenazado, V=Vulnerable, EN= En peligro, CR=En Peligro crítico

CITES: Apéndice I= Especies que están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, Apéndice II= especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio.

Sistema de Vedas de Nicaragua: VPN=Veda Parcial Nacional, VNI=Veda Nacional Indefinida

Tipo de hábitat: BR=Bosque Ripario, CL=Costa del lago, PCA=Pastizales con Árboles, PSA= Pastizales Sin Árbol