



PROPUESTA DE MEJORA DEL ÍNDICE DE SENSIBILIDAD DE RAPACES (RSI) Y DE VULNERABILIDAD ESPACIAL (SVI) EN EL ÁMBITO DE LA EA DE PROYECTOS EÓLICOS

González G-Granda, L.; González Díaz, M.; Montes Cabrero, E.; Granero Castro, J.

INTRODUCCIÓN

Si bien existen numerosas aproximaciones propuestas por parte la comunidad académica a la hora de evaluar el riesgo de colisión contra aerogeneradores en proyectos de parques eólicos, el número de modelos que requieren **esfuerzos de muestreo razonables e información accesible** es limitado.

Este es el caso de metodologías como la extrapolación de la densidad de observaciones o modelos de riesgos de colisión como el propuesto por *Band et al.* (2007). Si bien estos métodos se complementan, presentan limitaciones, como la omisión de variables relacionadas con la vulnerabilidad y/o sensibilidad de cada especie, o la carencia de resolución espacial, en cada caso.

En este sentido, el cálculo de los **Índices de Sensibilidad de Rapaces (RSI)** y de **Vulnerabilidad Espacial (SVI)** propuesto por *Noguera et al.* (2010) para instalaciones eólicas terrestres (en base a la metodología descrita en *Garthe & Huppopp* (2004), de aplicación en el ámbito marino), partiendo de datos del seguimiento y fuentes bibliográficas accesibles, combina en un mismo modelo las variables mencionadas y resolución espacial, proporcionando una visión más integral del área de estudio.

Modelo	Comportamiento de vuelo	Vulnerabilidad o sensibilidad	Resolución espacial	Fuentes
Densidad (extrapolación)	No	No	Si	Seguimiento
MRC (Band et al. 2007)	Si	No	No	Seguimiento y bibliografía
RSI/SVI (Noguera et al. 2010)	Si	Si	Si	Seguimiento y bibliografía

REFERENCIAS
 W. Band, M. Madders, D.P. Whitfield. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Bird and wind farms. Risk assessment and mitigation. *Quercus* (2007).
 J.C. Noguera, I. Pérez & E. Minguéz. Impact of terrestrial wind farms on diurnal raptors: developing a spatial vulnerability index and potential vulnerability maps. *Ardeola* 57(1), 41-53 (2010).
 S. Garthe & O. Huppopp. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *Journal of applied Ecology*, 41(4), 724-734 (2004).

METODOLOGÍA

FASE I

Factores de vulnerabilidad

El modelo propuesto por *Noguera et al.* (2010), considera 8 factores de vulnerabilidad (A, B, C₁, C₂, D, E, D, G).

Tipo	Código	Factor	Fuente
Vulnerabilidad	A	Tipo de vuelo	Seguimiento
	B	Altura de vuelo	Seguimiento
	C ₁	Maniobrabilidad (peso/supf. alar)	Bibliografía
	C ₂	Maniobrabilidad (envergadura/peso)	Bibliografía
Sensibilidad	D	Estacionalidad	Bibliografía
	E	Tamaño poblacional	Bibliografía
	F	Estatus de conservación	Bibliografía
	G	Capacidad reproductora	Bibliografía

Los 6 primeros factores se corresponden con variables relacionadas con la vulnerabilidad de cada especie frente a la colisión, y las dos restantes a su sensibilidad específica. Para cada observación y/o especie detectada, se puntúa cada uno de estos factores en una escala del 1 al 4 de vulnerabilidad creciente.

Nivel de vulnerabilidad	Tipo de vuelo	Altura de vuelo	Estacionalidad	Estatus	Capacidad
	A	B	D	F	G
1	posada	altura 0	rara	LC	>4
2	vuelo directo	> zona riesgo	migradora de paso	DD/NE	3-4
3	campeo	< zona riesgo	invernate/estival	NT	2
4	cíclico	zona riesgo	residente	VU/EN/CR	1

En el caso de los factores A y B, para cada cuadrícula y cada especie, se calcula la media de las puntuaciones correspondientes al comportamiento de vuelo de los individuos observados en la misma.

Para cada factor puramente cuantitativo (C₁ y C₂ y E), se establecen 4 intervalos equivalentes en base a las puntuaciones de la totalidad de las especies detectadas en el área estudio, a cada uno de los cuales se asigna, igualmente, una puntuación del 1 al 4.

FASE II

Índice de Sensibilidad de rapaces (RSI)

Se asigna cada observación a su cuadrícula correspondiente, y se calcula el índice de Sensibilidad de Rapaces (RSI) de cada especie en cada cuadrícula en base a sus factores de vulnerabilidad correspondientes, según la fórmula:

$$RSI = \frac{A + B + C_1 + C_2 + D}{5} + \frac{E + F + G}{3}$$

El valor del RSI de cada especie en cada cuadrícula, refleja el grado de sensibilidad intrínseca de cada especie (C-G), ponderado por el comportamiento de vuelo observado (A y B).

FASE III

Índice de Vulnerabilidad Espacial (SVI)

Por último, se calcula el Índice de Vulnerabilidad Espacial (SVI) de cada cuadrícula según la siguiente fórmula:

$$SVI = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln(N_i + 1) \cdot RSI_i)}{n}$$

El valor del SVI refleja el nivel de vulnerabilidad espacial de cada cuadrícula en base al número de observaciones y RSI de las especies detectadas en la misma.

PROBLEMÁTICA

La metodología propuesta por *Noguera et al.* (2010) implica generar una malla de n x m cuadrículas de 0,25 km² que abarque la totalidad del proyecto y áreas control, que deben ser muestreadas individualmente. Esto, sumado a la dificultad de cubrir el área de estudio de manera homogénea (acceso, orografía compleja, visibilidad, etc.) supone un esfuerzo de muestreo inviable en la práctica.

PROPUESTA DE MEJORA

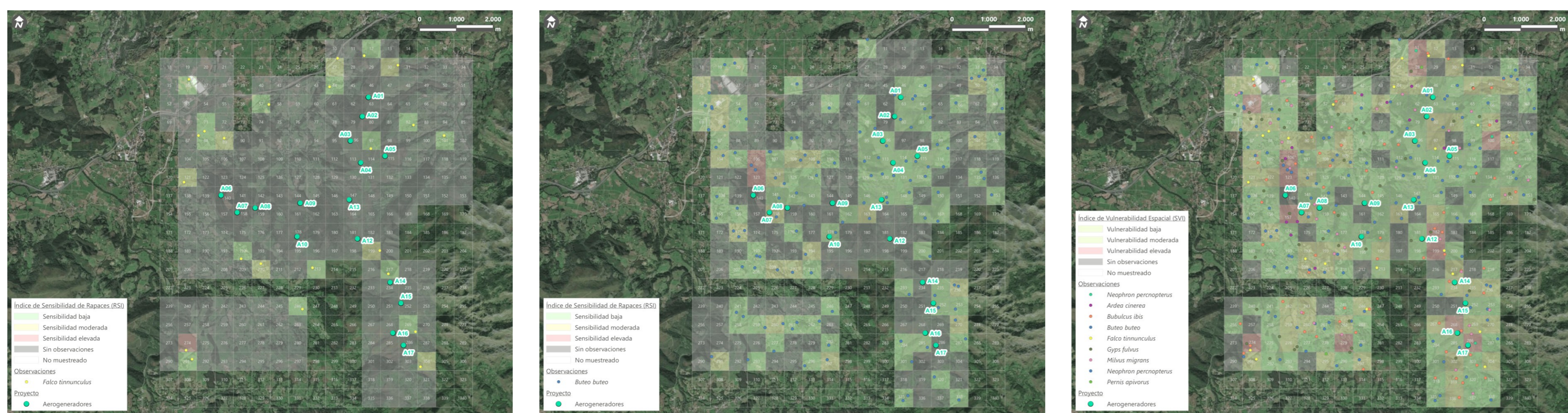
La propuesta metodológica plantea cubrir el área de afección de los aerogeneradores, así como áreas control fuera de la misma, empleando para ello **unidades de muestreo** de 4 x 4 cuadrículas de 0,25 km² cada una, que **no se solapen (izquierda)**. Cada unidad se muestrea desde una localización lo más cercana posible al centro geométrico de la misma.

Una vez emplazadas las unidades y sus estaciones correspondientes, se establecen las estaciones adicionales que se requieran para cubrir los requisitos de cobertura de la totalidad del inventario de fauna.

- OPTIMIZACIÓN DEL MODELO ORIGINAL**
- Se **reduce el número de cuadrículas** muestreadas fuera del ámbito de afección del proyecto, sobrerrepresentadas en el modelo original.
 - Se **evitan solapamientos** de las áreas muestreadas desde cada estación y se **distribuye el esfuerzo de muestreo de manera homogénea**. En condiciones favorables de observación, la distancia de detección para la mayoría de rapaces y planeadoras es de 1 km, resultando en muestreo de cuadrículas desde diferentes estaciones (redundancia) y menor esfuerzo de muestreo efectivo en los bordes de la malla (heterogeneidad).
 - **No requiere muestreo específico**, siendo compatible con la metodología de un inventario de fauna convencional.
 - Hemos extendido su aplicación a **aves planeadoras en general**, ya que el modelo considera las mismas variables que condicionan la vulnerabilidad y sensibilidad de estas especies frente a la implantación de proyectos eólicos.

- CONSIDERACIONES**
- En casos en los que la topografía restringe las **cuencas visuales** de las estaciones, deben ajustarse las cuadrículas que se consideran cubiertas por cada estación (*arriba, centro*).
 - En aquellos casos en los que por cualquier cuestión el **solapamiento** es inevitable (*arriba, derecha*), optamos por calcular los RSI de las cuadrículas afectadas de manera independiente para cada estación desde la que es muestreada. Para cada cuadrícula, de manera conservadora, consideramos la mayor frecuencia de observaciones y valor de RSI de cada una de las especies detectadas en las mismas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES



Mapas de distribución del grado de sensibilidad (RSI) por especie (izquierda, centro) y de vulnerabilidad espacial (SVI) por cuadrícula (derecha). Para facilitar la interpretación de los mapas, se establecen tres niveles de sensibilidad, de acuerdo a los percentiles 50 y 75 calculados para el conjunto de valores de todas las especies y cuadrículas en el caso del RSI, y del conjunto de cuadrículas en el caso del SVI.

Como resultado de la aplicación de esta aproximación se obtienen datos semicuantitativos y gráficos (*derecha*), de fácil interpretación y de utilidad a la hora de evaluar la distribución del riesgo en el contexto de la evaluación ambiental de proyectos eólicos.

Resultado	Ámbito	Información
A, B	especie y cuadrícula	Variación del comportamiento de vuelo observado de cada especie en función de las condiciones locales del terreno
C ₁ , C ₂ , D	especie	Grado de sensibilidad de cada especie en base a su propensión a la colisión con aerogeneradores
E, F, G	especie	Grado de sensibilidad de cada especie frente a incrementos en la mortalidad local
RSI	especie y cuadrícula	Grado de sensibilidad intrínseca de cada especie (C-G), ponderado por el comportamiento de vuelo observado (A y B) en cada cuadrícula
SVI	cuadrícula	Variabilidad en la vulnerabilidad espacial del área de estudio considerando la distribución de las observaciones y el grado de sensibilidad (RSI) de cada especie en cada cuadrícula

Fortalezas

Reparte el esfuerzo de manera más eficiente y homogénea, optimizando algunos aspectos del modelo original
 Conserva las fortalezas del modelo original (variables de sensibilidad y vulnerabilidad específicas y locales, resolución espacial, información accesible)
 Genera resultados semicuantitativos y gráficos de fácil interpretación, útiles en evaluación ambiental, especialmente en combinación con otras herramientas
 Permite realizar un análisis comparativo tanto de las distintas áreas del proyecto entre sí, como de estas en relación a su entorno
 Es fácilmente integrable dentro de la metodología de un inventario de fauna convencional, no requiriendo esfuerzo de muestreo adicional

Limitaciones

Niveles de los factores de vulnerabilidad A, B, C y E establecidos en términos relativos (comunidad local detectada)
 Mismo peso para los diferentes factores de vulnerabilidad, asume influencia homogénea sobre el grado de sensibilidad o vulnerabilidad
 La escala territorial, y por tanto la precisión del modelo, depende de la disponibilidad de información para las especies detectadas