

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS SINÉRGICOS GENERADOS POR PARQUES EÓLICOS SOBRE LA AVIFAUNA: UN CASO PRÁCTICO EN EL LIC "SERRA DO XISTRAL" (GALICIA; NOROESTE DE ESPAÑA)

**LUIS TAPIA¹, LINO FONTÁN², ANA GARCÍA-ARRESE²,
CARMINA NIETO² Y FELIPE MACÍAS³**

RESUMEN

Fue diseñada una metodología con el objetivo de evaluar los efectos sinérgicos generados por parques eólicos sobre la avifauna en medios montañosos del norte de Galicia (LIC Serra do Xistral), Noroeste de España. En el área de estudio se diferenciaron y delimitaron zonas que constituyen unidades biológicas bien definidas, estableciéndose su grado de conservación y caracterizando la calidad de los hábitats importantes para las aves. Una vez establecidas las categorías del grado de efectos sinérgicos en cada zona se procedió a la cuantificación del impacto ecológico por comparación de los correspondientes grados de efectos sinérgicos (GES) entre la situación preoperacional y la situación con desarrollo de proyecto. Como consecuencia de esta comparación se consideró que se pueden generar en el área modificaciones del medio (impactos) con mayor o menor intensidad. La metodología descrita presenta importantes limitaciones ya que se fundamenta en gran medida en aspectos descriptivos y con un importante componente subjetivo, aunque consideramos que puede ser útil por su contribución a llenar el vacío existente en el estudio de los efectos sinérgicos de parques eólicos e infraestructuras acompañantes y sus interacciones con la avifauna y sus hábitats.

SUMMARY

A methodology was designed with the aim of evaluating the synergic effects that wind farms could cause on the bird population of a mountainous region in the North of Galicia (SCI Serra do Xistral), NW Spain. In the area under study, well defined biological units were distinguished and delimited, its degree of conservation was established and the quality of the main habitats for birds was characterized. Once the degree of the synergic effects in each zone were categorized, the

¹Dpto. de Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela. Campus sur, s/n. 15782. Galicia. Spain. galtapia@usc.es

²Laboratorio de Tecnología Ambiental. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Universidad Santiago de Compostela. Campus sur, s/n. 15782. Galicia. Spain.

³Dpto. de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Biología, Universidad de Santiago de Compostela. Campus sur, s/n. 15782. Galicia. Spain.

ecological impact was quantified by comparison between the present situation and the situation expected after the project development. As a consequence of this comparison it was concluded that some modifications (impacts) could arise in the area. Although the methodology itself shows important limitations since it is basically descriptive and subjective, it can be useful for its contribution to a better knowledge of the synergic effects of wind farms and their associated infrastructures on the bird population and their habitats.

INTRODUCCIÓN

Posiblemente uno de los mejores índices de industrialización que caracteriza una región sea la cantidad de estructuras lineales presentes, tales como autovías, ferrocarriles, líneas de tendido eléctrico, cuya proliferación en ocasiones, ha representado elevados costes ambientales (TRUETT *et al.*, 1994; CANTER, 1997). Los diversos tipos de obras, públicas o privadas, actúan en mayor o menor medida produciendo un efecto barrera para los animales terrestres que anteriormente se desplazaban libremente por la zona, de manera que sus movimientos dispersivos o migratorios se pueden ver afectados (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2000; MORRISON *et al.*, 1998; BARRIOS & RODRÍGUEZ, 2004; DE LUCAS *et al.*, 2004; MALO *et al.*, 2004). Más recientemente, hemos asistido a la proliferación de parques eólicos que son instalados en las líneas de cumbres de áreas colinosas o montañosas, como en Galicia.

En el caso concreto de los tendidos eléctricos y los parques eólicos, diseñados con diversas densidades según los países, algunos trazados y ubicaciones generan en ocasiones conflictos ambientales y sociales (NEGRO, 1999; BIRDLIFE, 2002). Estos conflictos tienen su origen en la falta de una normativa más estricta que entre otros aspectos contemple el impacto sobre la fauna, en especial la avifauna (Negro, 1999; MARTÍNEZ *et al.*, 2003a, b) o el impacto paisajístico, por ejemplo.

En Galicia, la implementación de los parques eólicos y el desarrollo de los correspondientes Planes de Seguimiento y Vigilancia Ambiental (PSVA) ha puesto en evidencia la necesidad creciente de los promotores de la industria

eólica de conocer los impactos generados por los parques eólicos, entre los que se cuentan los efectos sobre la avifauna, favoreciendo el diálogo con los interesados en la protección de las aves. El trabajo conjunto de la industria eléctrica, las empresas promotoras y los investigadores del estudio y conservación agiliza la transmisión de información que puede dar lugar a medidas correctoras eficaces y adecuadas a la situación real en condiciones de campo. Por otro lado, ha permitido identificar los impactos principales de estas instalaciones sobre las aves. Se trata de efectos indirectos por cambios en los hábitats e Interacciones con la fauna, que se comentan a continuación:

La instalación de los parques eólicos en las áreas de monte bajo conlleva a menudo la apertura de pistas, lo que supone la pérdida de suelo y vegetación. En estas condiciones pueden generarse efectos negativos directos sobre la vegetación por pérdida de sustrato edáfico, invasión de especies exóticas o fragmentación y alteración de los hábitats; la apertura de pistas también puede suponer una mejor accesibilidad a las zonas silvestres y el deterioro de recursos culturales o estéticos (MORRISON *et al.*, 1998). En cuanto a las especies animales, estas también pueden verse alteradas en sus movimientos y/o densidades, debido a la molestia provocada por la construcción de pistas, que supone fragmentación del hábitat, deterioro de la vegetación y efecto barrera, que incide muy notablemente a algunos grupos zoológicos (ROBINSON, 1991; SYDNEY, 1992; VIADA, 1998; MORRISON *et al.*, 1998; MALO *et al.*, 2004).

En cuanto a las interacciones directas con la fauna, la revisión bibliográfica indica que líneas eléctricas (LAT) y parques eólicos pueden

causar la muerte directa por electrocución y colisión con el cableado de las LAT y con el rotor de los aerogeneradores, así como cambios en su comportamiento y del uso del hábitat (WINKELMAN, 1985; MEEK *et al.*, 1993; ORLOFF & FLANNERY, 1993; SEO/BIRDLIFE, 1995; OSBORN *et al.*, 1998; ALONSO & ALONSO, 1999; BIRDLIFE, 2002; García *et al.*, 2003a; BARRIOS & RODRÍGUEZ, 2004; DE LUCAS *et al.*, 2004; entre otros). Las especies más afectadas por los accidentes de colisión con los aerogeneradores y con las LATs son las de vuelo gregario o en bandadas (por ejemplo, acuáticas y limícolas; FERRER & JANSS, 1999; LARSEN & MADSEN, 2000), aunque también se pueden producir localmente altas incidencias con otros grupos como rapaces (NREL & PBRG, 1995; LEKUONA, 2001; BARRIOS & RODRÍGUEZ, 2004; DE LUCAS *et al.*, 2004; SERGIO *et al.*, 2004).

En consecuencia, parece que los accidentes de electrocución y colisión de aves van a estar influenciados por factores técnicos, biológicos, y abióticos como las características locales del medio (relieve, intensidad del viento, visibilidad) y la época del año, que inciden en la vulnerabilidad de las aves y en su mortalidad (NELSON & CURRY, 1995; SEO/BIRDLIFE, 1995; BARRIOS & RODRÍGUEZ, 2004; DE LUCAS *et al.*, 2004). Para paliar este tipo de alteraciones ecoetológicas, fundamentalmente en las comunidades de aves, han sido desarrolladas técnicas de manejo y de estudio de sus interacciones con estructuras artificiales (SATHEESAN, 1992; SYDNEY, 1992; RESIT, 1992; FERRER & JANSS, 1999, entre otros).

La instalación de varios proyectos de parques eólicos colindantes en una zona, como es el caso del área de estudio, la Serra do Xistral, requiere la servidumbre eólica de una amplia área geográfica. Este aspecto, no considerado en la legislación autonómica o estatal en materia de EIA, puede generar impactos acumulativos, sinérgicos o ambos, sobre algunos componentes o variables del medio, impactos que no se pueden detectar durante la evaluación de proyectos individuales. Los parques eólicos se instalan en terrenos que normalmente

soportan los usos forestal no arbolado y ganadero en régimen extensivo. La utilización tradicional del monte en Galicia atribuye diversos grados de naturalidad a los hábitats originales que conviene valorar, junto con la densidad de instalaciones permanentes previstas: número de aerogeneradores y longitud de viales y de LAT. La expresión cartográfica de los resultados ha permitido identificar subzonas atendiendo al grado de afección previsible. La consideración de estos efectos y sus interrelaciones supone un nivel superior de agregación de impactos que facilita la comprensión de los efectos conjuntos sobre un sistema determinado y agiliza en gran medida el desarrollo del PSVA (para detalles ver GARCÍA *et al.*, 2003a).

A esta escala de trabajo los impactos más notables generados por este tipo de instalaciones, de carácter lineal, derivan de la fragmentación de hábitats presentes con diverso grado de naturalidad y donde diferentes especies de fauna en general y de avifauna en particular llevan a cabo de forma total o parcial su ciclo vital. De hecho, la consideración conjunta de varios parques eólicos representa mejor el territorio utilizado por las especies de avifauna presentes en la zona de instalación, que fracciones concretas de dicho territorio, sobre todo en las especies con dominios vitales más amplios.

Hasta la fecha en la Comunidad Autónoma de Galicia existe una escasa documentación publicada sobre la incidencia de los parques eólicos y las LATs sobre la avifauna (ARCOS & SALVADORES, 2001; GARCÍA *et al.*, 2003b; FONTÁN & TAPIA, 2004). En cuanto a los impactos o efectos sinérgicos y acumulativos, provocados por este tipo de infraestructuras e instalaciones, la falta de información es todavía mayor. De ahí la complejidad y la dificultad que entraña realizar este tipo de estudios para abordarlos e integrarlos en los Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) (TRUETT *et al.*, 1994; BIRDLIFE, 2002; MADDER & WALTER, 2002).

En el presente estudio se describe la metodología empleada para evaluar posibles efectos

sinérgicos de los parques eólicos y de sus infraestructuras acompañantes, a la que sigue la descripción de un ejemplo de aplicación práctica en los parques eólicos ubicados en la Serra do Xistral a fecha julio de 2001. La información expuesta en el presente trabajo pretende identificar los posibles efectos sinérgicos sobre la avifauna derivados de la instalación y puesta en funcionamiento de los parques eólicos y sus infraestructuras asociadas (pistas, LAT). El estudio se ha llevado a cabo en una determinada área de estudio, pudiendo servir de referencia para la comparación con otras situaciones de carácter similar.

El grupo faunístico en el cual se centró el mayor esfuerzo fue la Clase Aves, debido a varios motivos: Son fáciles de detectar y puesto que son exigentes en cuanto a sus requerimientos ecológicos, sus comunidades pueden ser utilizadas con efectividad como bioindicadoras del grado de conservación de un determinado ecosistema (DIAMOND & FILION, 1986); los cambios poblacionales, cuantitativos y cualitativos pueden aportar valiosa información sobre las variaciones medioambientales que se hayan producido a lo largo del tiempo (FURNESS & GREENWOOD, 1993; NEWTON, 1998). En consecuencia, las aves se consideran unos bioindicadores moderadamente aceptables de la riqueza del resto de los taxones zoológicos (especies “paraguas” en la definición de KERR, 1997), aunque la escala geográfica de trabajo y los requerimientos biológicos de cada uno de los taxones determinan en gran medida el grado de similitud de dichas riquezas (RAMÍREZ, 2000).

ÁREA DE ESTUDIO

La Sierra del Xistral se encuadra en las denominadas Serras septentrionais de Galicia, en el NW Peninsular, provincia de Lugo (Figura 1). El conjunto de las Serras septentrionais conforma una misma unidad biológica, por lo que los datos de faunística expuestos en el presente estudio, hacen referencia al conjunto de estas. Parece necesario considerar el grado de

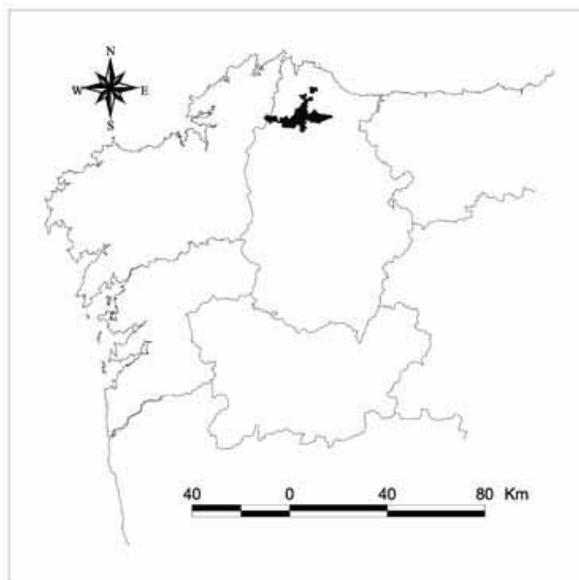


Figura 1 - Situación del área de estudio (Serra do Xistral) en Galicia (Noroeste de España).

Figure 1 - Study site (Serra do Xistral) in Galicia (Northwestern Spain).

conservación de esta área desde una perspectiva globalizadora para poder afrontar con mayor eficacia los diferentes problemas de conservación que las afectan.

La Serra do Xistral está relativamente aislada geográficamente. Ha sido incluida en la propuesta de Lugares de Interés Comunitario (LIC) elaborada por la Xunta de Galicia (DOGA, 19-6-01), con una extensión de unas 22.564 ha, pasará a integrar parte de la lista definitiva de espacios naturales incluidos en la Red Natura 2000. El Decreto 72/2004, de 2 de abril de la Xunta de Galicia declara como Zonas de Especial Protección de los Valores Naturales, entre otras el LIC Serra do Xistral (LIC Es1120015), que posee una superficie definitiva de 22.964 ha.

Se trata de una sierra de mediana altitud situada en el extremo septentrional de la provincia de Lugo, cuyas cotas máximas son el Monte “Cadramón” con 1.056 m, y el Monte Xistral con 1.032 m. Geológicamente está constituida por rocas de tipo ácido, principalmente granitos, areniscas-cuarcitas y esquistos precámbricos.

cos. En el contexto bioclimático gallego, el Régimen Térmico corresponde a un área hipotérmica y respecto a su régimen hídrico se encuadra en la zona Atlántica (S.G.H.N., 1995).

En esta área, los medios más representativos y de mayor importancia para las aves son los brezales atlánticos (*Erica* sp, *Calluna* sp.), los bosques templados con formaciones mixtas de especies caducifolias (*Quercus* sp, *Betula* sp, etc.) y de coníferas (*Pinus* sp) y las praderas polifíticas (*Lolium* sp, *Dactylis* sp) (TUCKER & EVANS, 1997). Biogeográficamente los elementos faunísticos presentes corresponden mayoritariamente a la Región Eurosiberiana, aunque como en el resto de Galicia puede presentar elementos faunísticos de transición entre ésta y la Región Mediterránea del Paleártico occidental.

En general la presión humana en las zonas altas de la sierra es relativamente baja. Los núcleos habitados se localizan en los valles de los ríos principales, pero en general son escasos y más dispersos en posición topográfica de media ladera y están ausentes en las zonas cuminales donde se implementan los proyectos industriales de aprovechamiento eólico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodologías para la caracterización de las comunidades orníticas y la valoración de la calidad del hábitat

a. Grado de conocimiento previo. Se han consultado principalmente el Atlas de Vertebrados de Galicia (S.G.H.N. 1995) y el Atlas de las Aves de España (PURROY, 1997; MARTÍ & DEL MORAL, 2003), con la finalidad de conocer qué especies estaban presentes en el área de estudio y facilitar el trabajo de campo posterior. También se procedió a la consulta de los escasos trabajos existentes sobre la fauna del área (ver revisión en FONTÁN & TAPIA, 2003).

b. Inventario faunístico y valoración de la calidad ambiental y de los hábitats en situación preoperacional. La finalidad principal de los procesos de inventariación y cuantificación de las taxocenosis de un territorio de estudio, es la obtención de criterios que permitan valorar jerárquicamente el territorio en función de la fauna, ya que no todas las especies animales ponderan igual a la hora de establecer los valores faunísticos del medio. En consecuencia en estudios más completos y realizados en un período de tiempo más amplio es recomendable establecer un sistema de indicadores faunísticos (vertebrados), aplicable a una correcta planificación y gestión del medio o bien, establecer modelos predictivos sobre la distribución de determinadas especies en base a las condiciones ambientales (SEOANE & BUSTAMANTE, 2001).

El periodo de trabajo de campo comprendió entre el verano de 1999 y la primavera de 2004. El estudio faunístico se basó en prospecciones mensuales de los diferentes medios presentes en el área, con el apoyo de cartografía 1:25.000 y sistemas de localización por satélite (GPS), registrando todos los contactos visuales y auditivos de las aves presentes, mostrando especial atención al periodo reproductor.

Para realizar la valoración de la importancia faunística del área de estudio en el presente estudio se han utilizado los criterios cualitativos de Riqueza (número de especies de aves presentes en el área de estudio) y Presencia de especies amenazadas de extinción o características de la fauna española o de la Unión Europea. Las categorías que definen el estatus legal de protección empleadas fueron:

Species of European Conservation Concern (SPECs) (TUCKER & HEATH, 1994; TUCKER & EVANS, 1997).

European Threat Status (TUCKER & HEATH, 1994; TUCKER & EVANS, 1997).

Real Decreto 439/90, de 30 de marzo, regulador del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (BOE núm. 82, de 5 de abril de 1990).

Libro rojo de las Aves de España (MADROÑO *et al.*, 2004).

Directiva 79/409/CE, de 2 de abril, relativa a la Conservación de las Aves Silvestres (conocida como Directiva Aves). Ampliada por la Directiva 91/294/CE.

Catálogo Gallego de Especies Amenazadas de Galicia y Estatus de la Avifauna Galega (SOUZA *et al.*, 1996). Con la experiencia de campo acumulada durante las prospecciones mensuales desde el año 1999 a 2004 por parte del equipo de expertos responsable del trabajo, se procedió a inventariar y cartografiar los hábitats de la Serra do Xistral. Para describir y valorar los diferentes hábitats presentes en el área, particularmente en las zonas de afección de los parques eólicos, y sus potenciales problemas de conservación asociados, hemos seguido los criterios sobre hábitats y aves prioritarias a nivel europeo (TUCKER & HEATH, 1994; TUCKER & EVANS, 1997). Se obtuvo abundante material fotográfico de los diferentes tipos de hábitats presentes en el área de estudio y de los impactos principales, con el objetivo de registrar los posibles cambios ambientales generados a lo largo del período de estudio (SUTHERLAND, 2000).

Evaluación de los efectos sinérgicos

Delimitación y caracterización de la calidad de los hábitats importantes para las aves

En el área de estudio se diferenciaron y delimitaron zonas con la ayuda de cartografía 1:25.000 que constituyesen unidades biológicas bien definidas, atendiendo a criterios fitosociológicos (Costa *et al.*, 1998), concretamente la presencia de hábitats prioritarios para las aves a nivel europeo (Tucker & Evans, 1997) y su grado de conservación o naturalidad. La valoración semicuantitativa del grado de conservación fue como sigue:

Zona de tipo 1: Área con presencia de hábitat prioritario para la avifauna y con un grado de conservación alto, a la cual se le asignó valor 1.

(Se consideraron Zonas 1 aquellas que presentaban $\geq 80\%$ del hábitat presente en buen estado de conservación).

Zona de tipo 2: Área con presencia de hábitat prioritario para la avifauna y con un grado de conservación medio, a la cual se le asignó valor 2. (Se consideraron Zonas 2 aquellas que presentaban porcentajes comprendidos entre el 50%-80% del hábitat presente en buen estado de conservación).

Zona de tipo 3: Área con presencia de hábitat prioritario para la avifauna y con un grado de conservación bajo, a la cual se le asignó valor 3. (Se consideraron Zonas 3 aquellas que presentaban $< 50\%$ del hábitat presente en buen estado de conservación).

En todas las áreas, independientemente de su valoración según el grado de conservación o naturalidad, se calcularon tres parámetros que reflejaran el grado de afección, expresado como densidad de tres clases de infraestructuras presentes: número de aerogeneradores, kilómetros de viales o pistas y de líneas eléctricas, por Km². La medición de estas variables se hizo sobre cartografía 1:10.000. Posteriormente, en función de la magnitud del sumatorio de estos tres parámetros (N) se establecieron tres grados de afección debido a la acumulación de infraestructuras necesarias para el desarrollo de proyecto, asignando un valor a cada área:

N > 4: Zona de afección elevada, se la valoró con un 1

1 ≤ N ≤ 4: Zona de afección media, se la valoró con un 2

N < 1: Zona de afección baja, se la valoró con un 3

El grado de incidencia de los efectos sinérgicos (GES) que actúan en cada zona viene dado por la relación:

$$\text{Grado de Efectos Sinérgicos (GES)} = \frac{\text{Valoración del área en función su importancia para las aves}}{\text{Valoración del área en función del grado de afección}}$$

Con los valores obtenidos se define la intensidad de los efectos sinérgicos con los correspondientes grados de sinergia, según los criterios que se muestran en la Tabla 1.

Una vez conocidas las categorías del grado de efectos sinérgicos en cada zona se procede a la cuantificación del impacto por comparación de los correspondientes GES entre la situación

Grado de los efectos sinérgicos (G.E.S.)	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Grado de Alta Sinergia	1	2	3
Grado Media Sinergia	0.5	1	1.5
Grado Baja Sinergia	0.33	0.6	1

Tabla 1. Categorías de intensidad alta, media o baja y grados de efectos sinérgicos, según el tipo de zona considerada.

Table 1. Categories of high, moderate or low intensity and degree of synergic effects, according to the area considered.

SINERGIAS ACTUALES	SINERGIAS FUTURAS	MODIFICACIÓN DEL MEDIO
BAJA	BAJA	NULA
MEDIA	MEDIA	NULA
ALTA	ALTA	NULA
BAJA	MEDIA	MODERADA
MEDIA	ALTA	MODERADA
BAJA	ALTA	FUERTE

Tabla 2. Categorías de modificación del medio, propuestas a partir de la comparación de los efectos sinérgicos que se generan en situación preoperacional y los previstos en caso de desarrollo de proyecto.

Table 2. Environmental modification categories proposed after comparison of the synergic effects generated in preoperational stage and those expected after the project.

preoperacional y la situación con desarrollo de proyecto. Como consecuencia de esta comparación se considera que se pueden generar modificaciones del medio (impactos) con mayor o menor intensidad. Las posibles modificaciones del medio se agrupan en tres categorías: Nula, Moderada y Fuerte (Tabla 2).

Para poder comparar y ponderar, en definitiva, para evaluar de un modo adecuado los

efectos sinérgicos derivados de las infraestructuras presentes, se ha dado más importancia a los cambios producidos en las Zonas de Tipo 1, consideradas de mayor valor ecológico y de interés para la avifauna, que en las zonas 2 y 3 respectivamente.

Finalmente es importante destacar que para estandarizar la metodología expuesta y objetivar las valoraciones de todos los aspectos metodológicos ha sido necesario contar con un equipo multidisciplinar de personal técnico cualificado, con contrastada experiencia en trabajo de campo en las áreas de conocimiento de la botánica, zoología, PVSA y EIA.

RESULTADOS

Efectos sinérgicos en el LIC Serra do Xistral

En cuanto a la calidad ambiental de la Serra do Xistral y concretamente de los hábitats presentes, se ha encontrado que pertenecen a las dos categorías que indican los mejores grados de conservación, zonas de tipos 1 y 2. Aunque también se constata la existencia de zonas excesivamente degradadas (espacios mineros, turberas drenadas, talas en robledales, etc.), se trata de áreas de muy reducida superficie, diseminadas por la zona de estudio y de dimensiones no cartografiadas.

En la Tabla 3 se recogen los valores obtenidos de la densidad de infraestructuras a fecha de julio de 2001, en lo que se considera situación preoperacional y en la Tabla 4 y Figura 2, los grados de afección o intensidad correspondientes que resultan de la consideración conjunta de la densidad de infraestructuras y la calidad ambiental.

A continuación, se han realizado los cálculos necesarios para establecer el grado de efecto sinérgico debido a la acumulación de infraestructuras preexistentes y las necesarias (viales o pistas, turbinas y líneas eléctricas) para dar servicio a los parques eólicos proyectados en la Serra do Xistral (ver Tablas 5, 6 y Figura 3).

Se han determinado las diferencias entre los grados de sinergias actuales y los que se prevé ocurrirán en el futuro, obteniéndose las siguientes predicciones que se recogen en la Tabla 7.

	Km. Pistas/Km ²	Nº aerogeneradores/Km ²	Km. LAT/Km ²	Sumatorio
ZONAS 1				
A (10,5 Km ²)	0	0	0	0
B (1,5 Km ²)	0	0	0	0
C (2 Km ²)	0	0	0	0
D (11,5 Km ²)	0	0	0	0
E (2 Km ²)	0	0	0	0
F (1 Km ²)	0	0	0	0
G (2,5 Km ²)	0	0	0	0
H (2,5 Km ²)	0	0	0	0
ZONAS 2				
A (9 Km ²)	0	0	0	0
B (5 Km ²)	0	0	0	0
C (17,5 Km ²)	1,48	0	0	1,48
D (39 Km ²)	0,8	2,4	0	3,2
E (14,5 Km ²)	1,4	0	0	1,4

Tabla 3. Grados de afección derivada de la densidad de infraestructuras preexistentes, obtenidos en cada sub-área de estudio, (para localización de las áreas ver Figura 1). Entre paréntesis se muestra la superficie de cada sub-área.

Table 3. Degree of the effect derived from the density of infrastructures pre-existent, obtained in the study of each sub-area (location of the areas in Figure 1). The surface of each sub-area is shown in brackets.

	G.E.S.	INTENSIDAD DEL IMPACTO
ZONAS 1		
A	0,33	BAJA
B	0,33	BAJA
C	0,33	BAJA
D	0,33	BAJA
E	0,33	BAJA
F	0,33	BAJA
G	0,33	BAJA
H	0,33	BAJA
ZONAS 2		
A	0,6	BAJA
B	0,6	BAJA
C	1	MEDIA
D	1	MEDIA
E	1	MEDIA

Tabla 4. Grados e intensidades de los efectos sinérgicos pre-existent, (para localización de las áreas ver Figura 1).

Table 4 Degree and intensity of the synergic effects pre-existent, (for location of the areas in Figure 1).

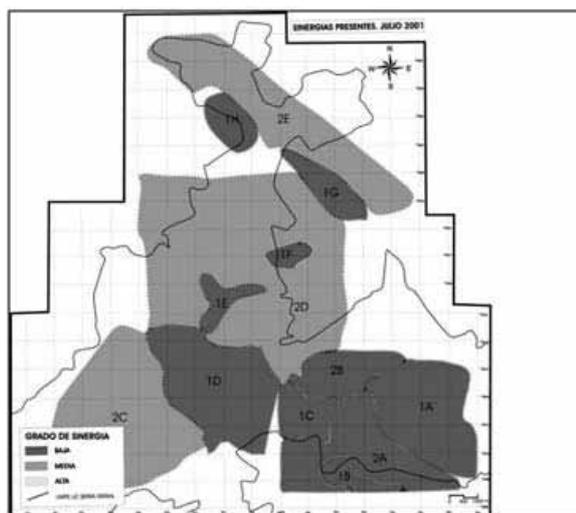


Figura 2 - Intensidad de los efectos sinérgicos obtenidos en cada sub-área derivados de la densidad de infraestructuras pre-existent (Julio 2001).

Figure 2 - Intensity of the synergic effects obtained in each sub-area derived from the density of infrastructures pre-existent (July 2001).

	Km. Pistas/Km ²	Nº aerogeneradores/Km ²	Km. LAT/ Km ²	Sumatorio
ZONAS 1				
A	1	4,7	0,1	5,8
B	0	0	0	0
C	0,6	4,5	0,25	5,35
D	0,06	0,69	0	0,75
E	0	0	0	0
F	0	0	0	0
G	0	0	0	0
H	0,06	0	0	0,06
ZONAS 2				
A	0,8	4,3	0,22	5,32
B	1,06	4,2	0,1	5,36
C	1,48	4,3	0,06	5,84
D	0,8	2,4	0,01	3,2
E	1,6	3,3	0,05	4,95

Tabla 5. Grados de afección obtenidos teniendo en cuenta las densidades de infraestructuras pre-existent y proyectadas en el área de estudio, (para localización de las áreas ver Figura 2).

Table 5, Degree of the effect derived from the density of infrastructures pre-existent (July 2001) and future to install, (for location of the areas in Figure 2).

	COCIENTE	INTENSIDAD
ZONA 1		
A	1	ALTA
B	0,33	BAJA
C	1	ALTA
D	0,33	BAJA
E	0,33	BAJA
F	0,33	BAJA
G	0,33	BAJA
H	0,33	BAJA
ZONA 2		
A	2	ALTA
B	2	ALTA
C	2	ALTA
D	1	MEDIA
E	1	MEDIA

Tabla 6. Grados e intensidades de los efectos sinérgicos resultantes en la Serra do Xistral como consecuencia de la acumulación de infraestructuras, (para localización de las áreas ver Figura 2).

Table 6. Degree and intensity of the synergic effects resulting in Serra do Xistral as a consequence of the accumulation of infrastructures (for location of the areas in Figure 2).

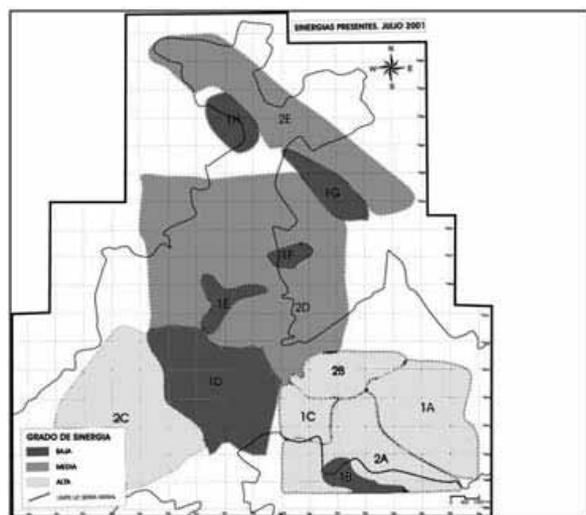


Figura 3 - Intensidad de los efectos sinérgicos obtenidos en cada sub-área derivados de la densidad de infraestructuras pre-existent (Julio 2001) y futuras a instalar.

Figure 3 - Intensity of the synergic effects obtained in each sub-area derived from the density of infrastructures pre-existent (July 2001) and future to install.

	SINERGIAS ACTUALES	SINERGIAS FUTURAS	MODIFICACIÓN DEL MEDIO
ZONAS 1			
A	BAJA	ALTA	FUERTE
B	BAJA	BAJA	NULA
C	BAJA	ALTA	FUERTE
D	BAJA	BAJA	NULA
E	BAJA	BAJA	NULA
F	BAJA	BAJA	NULA
G	BAJA	BAJA	NULA
H	BAJA	BAJA	NULA
ZONAS 2			
A	BAJA	ALTA	FUERTE
B	BAJA	ALTA	FUERTE
C	MEDIA	ALTA	MODERADA
D	MEDIA	MEDIA	NULA
E	MEDIA	MEDIA	NULA

Tabla 7. Comparativa entre las intensidades de los efectos sinérgicos presentes actualmente y los que se ocasionarán en el futuro, y modificaciones ocasionadas en el medio en las zonas diferenciadas, (ver Figuras 1 y 2)

Table 7. Comparison between the intensities of the synergic effects at the present and those expected in the future, and environmental modifications caused in the different areas (see Figures 1 and 2).

CONCLUSIONES ACERCA DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología descrita, presenta importantes limitaciones ya que se fundamenta en gran medida en aspectos descriptivos y con un importante componente subjetivo, aunque consideramos que se puede ser útil en su contribución a llenar un vacío existente en el estudio de los efectos sinérgicos de parques eólicos e infraestructuras acompañantes y sus interacciones con la avifauna y sus hábitats. No obstante hay que tener en cuenta que en estudios específicos sobre avifauna sería recomendable incluir otras infraestructuras ajenas a los parques eólicos, que no han sido consideradas en el presente trabajo, tales como nuevas pistas, carreteras, canteras, repoblaciones forestales, etc., que pudieran suponer un incremento de la presencia humana por mejora en la accesibilidad a los montes, posibles cambios en el uso del suelo, etc., los cuales provocarían una variación en los efectos sinérgicos, al alterar notablemente los hábitats del área de estudio y por consiguiente a su avifauna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J.A. & ALONSO, J. C. 1999. Colisión de aves con líneas de transporte de energía eléctrica en España. En: M. Ferrer & G. F. E. Janss (eds.) *Aves y líneas eléctricas, colisión, electrocución y nidificación*. pp. 61-88. Quercus, Madrid.
- ARCOS, F. & SALVADORES, R. 2001. Harriers (Genus *Circus*) and wind farm facilities in Galicia (NW Spain). Abstracts of the 4th Eurasian Congress on Raptor. pp. 32. Seville. Spain.
- BARRIOS, L. & RODRÍGUEZ, A. 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81.
- BIRDLIFE. 2002. Windfarms and Birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and selection issues. Report written by Birdlife on behalf of the Bern Convention. Strasbourg. 37 pp.
- CANTER, L. W. 1997. Manual de evaluación de impacto ambiental. McGraw Hill. Madrid.
- DE LUCAS, M.; JANSS, G. F. E. & FERRER, M. 2004. The effects of wind farm on birds in a migration point: the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13: 395-407.
- DIAMOND, A. W. & FILION, F. L. (eds.) 1986. *The Value of Birds*. ICBN Technical Publication. Nº 6. Norwich.
- FERRER, M. & JANSS, G. F. E. (eds.) 1999. *Aves y líneas eléctricas, colisión, electrocución y nidificación*. Ed. Quercus, Madrid.
- FONTÁN, L. & TAPIA, L. 2003. Revisión del estatus de la avifauna en el LIC "Serra do Xistral". En: S. González (Coor.) *Actas do V Congreso Galego de Ornitología*. pp. 7-19. Sociedade Galega de Historia Natural. Santiago de Compostela.
- FONTÁN, L. & TAPIA, L. 2004. Densidades y mortandades de Alondra Común (*Alauda arvensis*) y Bisbita Alpino (*Anthus spinoletta*) en parques eólicos instalados en medios montanos del norte de Galicia (LIC Serra do Xistral): XVII Congreso Español de Ornitología Libro de resúmenes. Madrid. pp. 174.
- FURNESS, R. W. & GREENWOOD, J. J. D. (eds.) 1993. *Birds as Monitors of Environmental Change*. Chapman & Hall. London.
- GARCÍA, A. M.; FONTÁN, L. E.; TAPIA, L. NIETO, C. & MACÍAS, F. 2003a. Consideraciones sobre la metodología de los planes de seguimiento y vigilancia ambiental (PSVA) de la avifauna en parques eólicos de Galicia. En: S. González (Coor.) *Actas do V Congreso Galego de Ornitología*. pp. 21-27. Sociedade Galega de Historia Natural. Santiago de Compostela.
- GARCÍA, A. M.; FONTÁN, L. E.; NIETO, C. & MACÍAS, F. 2003b. Avance de resultados de los planes de seguimiento y vigilancia ambiental de avifauna en los parques eólicos de Galicia. En: S. González (Coor.) *Actas do V Congreso Galego de Ornitología*. pp. 29-32. Sociedade Galega de Historia Natural. Santiago de Compostela.
- KERR, J. T. 1997. Species richness, endemism, and choice of areas for conservation. *Conservation Biology* 11: 1094-1100.
- LARSEN, J. K. & MADSEN, J. 2000. Effects of wind turbine and other physical elements of field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): a landscape perspective. *Landscape Ecology* 15: 755-764.
- LEKUONA, J. M. 2001. Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Departamento de Medio Ambiente. Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra. 147 pp.
- MADDERS, M., & WALKER, D. 2002. Golden eagles in a multiple land-use environment: a case study in conflict management. *Journal Raptor Research* 3 (Suppl.): 55-61.
- MADROÑO, A.; GONZÁLEZ, C. & ATIENZA, J. C. (eds.) 2004. *Libro rojo de las aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/Birdlife. Madrid.

- MALO, J. E.; SUÁREZ, F. & DÍEZ, A. 2004. Can we mitigate animal vehicle accidents using predictive models?. *Journal Applied Ecology* 41: 701-710.
- MARTÍ, R. & DEL MORAL, J. C. (eds.) 2003. Atlas de las Aves Reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid.
- MARTÍNEZ, J. A.; MARTÍNEZ, J. E.; ZUBEROGOITIA, I.; GARCÍA, J. T.; CARBONELL, R.; DE LUCAS, M. & DÍAZ, M. 2003a. La evaluación de impacto ambiental sobre las poblaciones de aves rapaces: problemas de ejecución y posibles soluciones. *Ardeola* 50 (1): 85-102.
- MARTÍNEZ, J. A.; MARTÍNEZ, J. E.; ZUBEROGOITIA, I.; GARCÍA, J. T.; CARBONELL, R.; DE LUCAS, M. & DÍAZ, M. 2003b. problemas de ejecución de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental sobre las aves. *Ardeola* 50 (2): 301-306.
- MEEK, E. R.; RIBBANDS, J. B.; CHRISTER, W. G.; DAVY, P. R. & HIGGINSON, I. 1993. The effects of aero-generators on moorland bird populations in the Orkney Islands, Scotland. *Bird Study* 40: 140-143.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 1995. Guía para la elaboración de estudios del medio. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MORRISON, M. L.; MARCOT, B. G. & MANNAN, R. W. 1998. Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications. University of Wisconsin Press, Madison.
- NREL & PBRG, NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY & PREDATORY BIRD RESEARCH GROUP. 1995. A pilot Golden eagle population study in the Altamont pass wind resource area California. Santa Cruz. California.
- NEGRO, J. J. 1999. Pasado y futuro de la investigación sobre interacciones entre fauna y las líneas eléctricas. En M. Ferrer & G. F. E. Janss (eds.) *Aves y líneas eléctricas, colisión, electrocución y nidificación*. Ed. Quercus. Madrid.
- NELSON, H. K. & CURRY, R. C. Assessing Avian Interactions with Windplant Development and Operation. *Translations 60th North American Wildlife and Nature Resource Conferences*. pp. 266-277.
- NEWTON, I. 1998. Population limitation in birds. Academic Press. London.
- OSBORN, R. G.; DIETER, C. D.; HIGGINS, K. F & USGAARD, R. E. 1998. Bird Flight Characteristics near Wind Turbines in Minnesota. *Am. Midl. Nat.*, 139: 29-38.
- ORLOFF, S. G. & FLANNERY, A. W. 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use and mortality in the Altamont pass and Solano County wind resource areas. En: *Proceedings Avian interactions with utility structures*. International workshop. Electric Power Research Institute. Palo Alto. California.
- PURROY, F. (ED.). 1997. Atlas de las Aves de España (1975-1995). Lynx Edicions, Barcelona.
- RAMÍREZ, A. 2000. Utilidad de las aves como indicadores de la riqueza específica regional de otros taxones. *Ardeola* (47): 221-226.
- RESIT, H. 1993. Risk analysis applied to bird populations. En: *Proceedings Avian interactions with utility structures*. International workshop. pp. 13. Electric Power Research Institute. Palo Alto. California.
- ROBINSON, S. K. 1991. Effects of habitat fragmentation on midwestern raptors. En: *Proceedings Midwestern raptor management symposium and workshop*, pp 195-202. Natl. Wildl. Fed. Washington. D. C.
- SATHEESAN, S.M. 1992. Some methods for studying avian interactions with utility structures. *Proceedings Avian interactions with utility structures*. Florida.
- SEOANE, J., AND J. BUSTAMANTE. 2001. Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología* 15:9-21.
- SEO/BIRDLIFE. 1995. Incidencias de las plantas aerogeneradoras sobre la avifauna en la Comarca del Campo de Gibraltar. Informe inédito.

- SERGIO, F.; MARCHESI, L.; PEDRINI, P.; FERRER, M. & PENTERIANI, V. 2004. Electrocution alters the distribution and density of a top predator, the eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* 41: 836-845.
- SOCIEDADE GALEGA DE HISTORIA NATURAL. 1995. Atlas de Vertebrados de Galicia, Tomo II. Consello da Cultura Galega. Santiago de Compostela.
- SOUZA, J. A.; MARTÍNEZ, M.; MONTEAGUDO, A.; PÉREZ, G. & SANDOVAL, A. 1996. IV anuario das aves de Galicia. 1996. Grupo Naturalista Hábitat. A Coruña.
- SUTHERLAND, W. J. 2000. The conservation handbook. Research, management and policy. Blackwell Science. Oxford.
- SYDNEY, A. 1992. Avian interactions with utility structures background and milestones. Proceedings Avian interactions with utility structures. Florida.
- TELLERÍA, J. L. 1986. Manual para el censo de los vertebrados terrestres. Raíces. Madrid.
- TRUETT, J. C.; HENRY L. S., & WILLIAMSON, S. C. (1994). Ecological Impact Assessment. En: T. A Bookhout (ed.) Research and management techniques for wildlife and habitats. pp.607-622. The Wildlife society. Bethesda. Maryland.
- TUCKER, G.M. & EVANS, M.I. 1997. Habitats for birds in Europe a conservation strategy for the wider environment. Cambridge UK: Birdlife International (Birdlife Conservation Series nº6).
- TUCKER, G.M., AND M. I. EVANS. 1997. Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment. BirdLife Conservation Series Nº 6. BirdLife Internacional. Cambridge. U.K.
- VIADA, C. (Ed.) 1998. Áreas importantes para las aves en España. Monografía nº 5. SEO/Birdlife. Madrid.
- WINKELMAN, J.E. 1985. Bird impact by middle-size wind turbines on flight behaviour, victims and disturbance. *Limosa* 58: 117-121.

NORMAS PARA LOS TRABAJOS ENVIADOS A LA REVISTA ECOLOGÍA

1. Los artículos científicos enviados para su publicación deberán ser originales y pueden enmarcarse en cualquiera de las ramas de las ciencias ambientales. El Comité Editorial podrá aceptar informes, fijando en cada caso sus características y extensión, cuando considere que la información a la que se refieren puede ser de interés para la elaboración a su vez de trabajos de investigación; asimismo, aceptará artículos de opinión o sobre aspectos sociales de las ciencias ambientales y la conservación de la Naturaleza, cuando considere que recogen información o planteamientos de interés.

2. Los artículos se presentarán en castellano, por triplicado, mecanografiados por una sola cara y a doble espacio.

3. Se incluirá una primera página en la que figuren el título del trabajo, los nombres completos de los autores y sus direcciones (con teléfono, fax y/o correo electrónico si es posible). Tras ella, y en páginas numeradas correlativamente, seguirá lo siguiente y por este orden: título del trabajo, resumen y palabras clave en castellano; título del trabajo, resumen y palabras clave en inglés; texto del trabajo, para el que se recomienda su división en los siguientes apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Referencias bibliográficas; tablas, una por página, con sus pies, en castellano y en inglés, y numeradas correlativamente con números árabes; figuras, una por página, con calidad suficiente para la reproducción y teniendo en cuenta necesidades de reducción de al menos un 75%, en página/s aparte figurarán los pies de todas las figuras, en castellano y en inglés, numeradas correlativamente con números árabes; apéndices, igual que las tablas. Podrán aceptarse fotografías si fueran necesarias, para las que en página/s aparte figurarán sus pies en castellano y en inglés.

La falta de alguna de las partes obligatorias o de respeto de las normas supondrá la devolución del trabajo para su rectificación.

4. Los nombres científicos de géneros y especies irán en cursiva, los comunes siempre con minúsculas, y los de los autores de los trabajos que se mencionen con todas las letras en mayúscula tanto en el texto como en la lista de referencias bibliográficas. Los títulos de cada apartado irán así mismo con mayúsculas, y los subtítulos, si los hay, en minúsculas negritas. Se evitará la utilización de abreviaturas y acrónimos.

5. Referencias bibliográficas. Se referirán únicamente a trabajos publicados o aceptados y figurarán únicamente las mencionadas en el texto. No se utilizarán en ningún caso subrayados, y cursivas sólo en los géneros y nombres científicos de las especies. En el texto se citarán según los siguientes ejemplos: WOOD 1982; ZIMMERMAN & RUSTSCHKE 1991; TANG *et al.* 1994. En el apartado de referencias bibliográficas figurarán de la siguiente manera:

WOOD, D.L.. 1982. The role of pheromones, kairomones and allomones in the host selection and colonization behaviour of bark beetles. *Annual Review in Entomology* 27: 411-446.

ZIMMERMAN, H. & RUSTSCHKE, E. 1991. Population and population development of the Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) in the German Democratic Republic. En: M.R. Van Eerden & M. Zijlstra (eds.) *Proceedings of the Workshop 1989 on Cormorants*. pp. 45-48. Rijkswaterstraat Directorate Flevoland. Lelystad.

TANG, S., MENG, C.H., MENG, F.R. & WANG, Y.H. 1994. A growth and self-thinning model for puer even-age stands: theory and applications. *Forest Ecology and Management* 70: 67-73.

6. En el momento en que un trabajo sea aceptado definitivamente, el autor recibirá junto con la aceptación la solicitud de que envíe una copia de la versión final en disco.

7.- Los autores recibirán unas pruebas de imprenta de sus artículos que deberán devolver corregidas en el tiempo que en cada caso se establezca.