

MEMORIA

P R O Y E C T O
ZORZALES
MONITORIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE ZORZALES

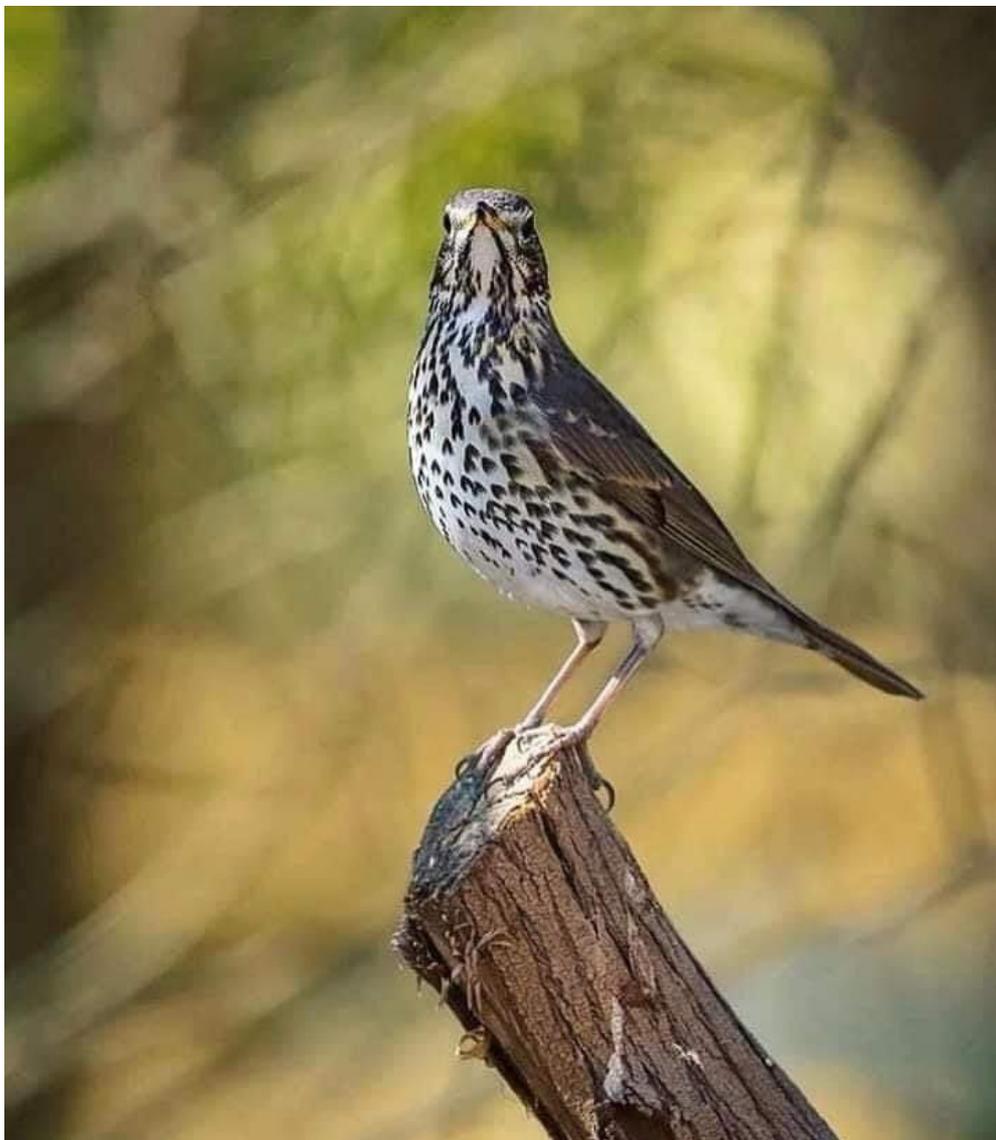


Foto: José Antonio Rodríguez Amado

Monitorización, Seguimiento y Gestión Sostenible de zorzales en España

Un proyecto de



Coordinado por



Con la colaboración de



Índice

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
PROYECTO ZORZALES	11
1. MONITORIZACIÓN CON EL OBSERVATORIO CINEGÉTICO	13
1.1 Metodología	13
1.1.1. Abundancia de zorzales por tipo de hábitat.....	13
1.1.2. Densidad.....	14
1.1.1. Mapas de IKA.....	15
1.2. Resultados	15
1.2.1. Exploración y selección de datos.....	15
1.2.2. Descriptivos	16
1.2.3. Analíticos	24
2. Aprovechamiento Cinegético (cotos zorzaleros)	33
2.1. Metodología	33
2.2. Análisis.....	34
2.3. Resultados	35
2.3.1. Capturas	35
2.3.2. Conteos.....	43
3. RECUPERACIÓN DE ANILLAS	53
3.1. Metodología	53
3.2. Resultados	54
3.2.1. Recuperación de anillas.....	54
3.2.2. Origen de los zorzales con anilla recuperados en España	55
3.2.3. Localización de los zorzales cazados con anilla	57
3.2.4. Supervivencia y desplazamiento de los zorzales anillados recuperados en España	57
4. SEGUIMIENTO REMOTO DE ZORZALES CON DISPOSITIVOS GPS	58
4.1. Metodología	59
4.2. Resultados	59
5. BIOACÚSTICA	61
5.1. Metodología y resultados.....	62
6. ÓRDENES DE VEDA	65
6.1. Metodología	65

6.2. Resultados	66
7. DISCUSIÓN	69
Monitorización de los zorzales mediante el Observatorio Cinegético	69
Aprovechamiento cinegético.....	70
Anillas de zorzales cazados.....	71
Seguimiento mediante dispositivos GPS.....	73
Bioacústica	73
Órdenes de veda	73
8. AGRADECIMIENTOS	74
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO I.....	79

RESUMEN

Los zorzales son pequeñas aves migratorias que despiertan gran pasión en los cazadores de España y Europa. Cada año se abaten en nuestro país en torno a 4-5 millones de individuos y en el continente europeo la cifra podría superar los 20 millones. Los estudios sobre las distintas especies de zorzales presentes en España siguen siendo escasos, desconociéndose su tendencia invernal desde 2013. En este sentido, existen lagunas de conocimiento relacionadas con su migración, el impacto de factores como el hábitat, la disponibilidad de alimento y la presión de caza, a las que habría que sumar las derivadas del cambio climático. Por tanto, es esencial promover iniciativas para mejorar el conocimiento sobre la distribución, abundancia y migración de los zorzales, siendo necesaria la implicación y colaboración de los diferentes actores del mundo cinegético.

Uno de los principales objetivos del proyecto Zorzales (2020-2024), financiado por Mutuasport, ha sido el de implementar un adecuado programa de monitorización a nivel de especie (zorzal común, alirrojo, charlo y real) en las cuatro zonas biogeográficas del territorio nacional, así como profundizar en la recopilación de datos sobre su aprovechamiento cinegético. Parte de esta monitorización se desarrolla a través del Observatorio Cinegético (OC), que recopila datos de las especies cinegéticas de España desde 2020. Entre noviembre de 2020 y febrero de 2024 se realizaron 1436 transectos a pie con la app Censdata del OC, en los que se registró el número de zorzales por especie detectados. Por otro lado, entre octubre de 2020 y febrero de 2024 se registraron datos de 5991 jornadas de caza desde puesto fijo y de 1697 jornadas de conteos desde puesto fijo en días no hábiles de caza, anotando las capturas y avistamientos de las distintas especies de zorzales en 384 cotos colaboradores (en adelante, cotos zorzaleros). Los posteriores análisis se centraron en el zorzal común y el charlo, por su mayor representación en los datos obtenidos.

Con los datos del OC no se observaron diferencias significativas en el índice kilométrico de abundancia (IKA) de zorzal común o alirrojo entre temporadas de caza ni entre zonas biogeográficas. Sí se observaron variaciones en los valores de IKA de zorzal común en función de la decena (tercera parte de un mes) en la que se realizó el censo, con picos a principios de diciembre), mediados y finales de enero, y finales de febrero. En cuanto a los porcentajes de cobertura de cada hábitat alrededor de los transectos, en general, el zorzal común se asoció a zonas heterogéneas, con sus mayores abundancias en zonas con baja cobertura de matorral, olivar, combinación de cultivos y vegetación, zonas de otros cultivos leñosos y terrenos sin vegetación. En cambio, el zorzal alirrojo se asoció a zonas con un alto porcentaje de combinación de cultivos y vegetación y un porcentaje medio-alto de pastizal.

Con los datos del aprovechamiento cinegético de los cotos zorzaleros, se registraron mayores avistamientos y capturas de zorzal común y de alirrojo en las temporadas 2021/22 y 2022/23, y menores avistamientos de zorzal común en la temporada 2023/24, respecto a la temporada 2020/21. Con respecto a la zona biogeográfica, se observaron diferencias significativas en el zorzal común sólo en los conteos, siendo mayores los avistamientos en la zona Suroeste, mientras que para el zorzal alirrojo hubo diferencias tanto en capturas como en conteos, habiendo más capturas en la zona Norte, Central y Suroeste, y más avistamientos en la zona Suroeste, todo comparado con la zona Este. En cuanto al hábitat, se registraron mayores capturas de zorzal común en olivares y viñas, sin observarse este efecto en los avistamientos, y se registraron más capturas y avistamientos de alirrojo en olivares, y más capturas también en viñas y otros cultivos arbóreos.

Sobre las anillas recuperadas mediante la caza, el mayor número fueron de zorzales comunes (90%), predominando Bélgica como país de anillamiento, y concentrándose el mayor número de recuperaciones en la parte oriental de España, la zona del litoral mediterráneo y la zona norte de España. No hubo diferencias significativas entre zorzales comunes y alirrojos para la distancia lineal recorrida entre el punto de anillamiento y recaptura, ni para el tiempo de supervivencia entre el anillamiento y la recaptura.

Durante las cuatro temporadas del proyecto se equiparon 11 zorzales comunes con dispositivos GPS, obteniendo información detallada sobre la migración pre-nupcial de dos individuos, que establecieron sus zonas de reproducción en Finlandia tras recorrer 3438 km y 4163 km, respectivamente.

Finalmente, la variabilidad observada en las órdenes de veda de las diferentes comunidades autónomas refleja la necesidad de uniformizar las fechas de apertura y cierre de los periodos hábiles de caza, junto a establecer cupos allí donde no los hay, especialmente en regiones cercanas con características muy distintas en la actualidad. También es necesario separar el registro de capturas por especie de zorzal, algo para lo que puede ser útil el Precinto Digital de Caza, una aplicación que permite el registro de capturas después de la acción de caza por parte del cazador.

Todo lo anterior refleja que la colaboración e implicación del colectivo cinegético es fundamental para aportar datos que nos permitan mejorar el conocimiento sobre la abundancia, aprovechamiento cinegético y patrones migratorios de estas especies.

INTRODUCCIÓN

El género *Turdus*, de distribución mundial, está compuesto por un total de 83 especies. En la península ibérica están presentes seis de estas especies, cinco con comportamientos migratorios, zorzal común (*Turdus philomelos*), zorzal charlo (*T. viscivorus*), zorzal alirrojo (*T. iliacus*), zorzal real (*T. pilaris*) y mirlo capiblanco (*T. torquatus*), y una con un comportamiento mucho más sedentario, mirlo común (*T. merula*). En España, cuatro de estas especies de zorzales pueden cazarse: zorzal común, charlo, alirrojo y real. Pese a pertenecer al mismo género, estas especies muestran diferencias importantes en su biología y ecología. Por ejemplo, el zorzal alirrojo y el real sólo están presentes en la península ibérica en otoño-invierno siendo, por tanto, invernantes estrictos, mientras que el zorzal común y el charlo residen todo el año, aunque en otoño-invierno la península ibérica recibe a un gran número de individuos procedentes de otras partes de Europa (del Moral et al., 2012).

Los zorzales que llegan a España realizan una migración clara, siguiendo una ruta NE-SO, procediendo del centro y norte de Europa. En este sentido, a partir de los datos de anillamiento se ha observado una relación entre individuos procedentes del norte de Europa en capturas realizadas en el sur de España, y de individuos procedentes del centro de Europa en las capturas de Baleares (Barriocanal et al., 2020).

En nuestro país la caza del zorzal cuenta con un interés cinegético intermedio para el cazador español (Pérez-González et al., 2023). Durante la última década, se cazaron entre 4 y 5 millones de zorzales al año (Garrido et al., 2019) (Figura 1), siendo las comunidades autónomas de Andalucía, Comunidad Valenciana, Cataluña, Islas Baleares y Extremadura las que concentraron la mayor parte de extracciones cinegéticas (Anuario de Estadística Forestal, 2024).



Figura 1. Capturas totales de zorzales en España. Fuente: Anuario de Estadística Forestal (2024).

No obstante, estas capturas no se desglosan para las distintas especies de zorzales presentes en España, algo esencial para realizar modelos poblacionales.

Ecología y biología básica

El zorzal común es la especie de zorzal más abundante a nivel global (Tabla 1), con distribución peninsular típicamente eurosiberiana, que alcanza el extremo suroccidental de su área de distribución paleártica (Keller et al., 2020). Se distribuye en invierno por toda la península ibérica y las Islas Baleares, siendo más abundante en cuatro zonas: Galicia y la Cornisa Cantábrica, cuadrante suroccidental, provincias mediterráneas orientales y las Islas Baleares

(Santos, 1992, 2012). Con respecto al hábitat de la población invernal, ocupa zonas bajas y atemperadas, como las campiñas cantábricas (Santos et al., 2014), las costas mediterráneas y los olivares de las vegas del Guadiana y el Guadalquivir (Rey, 1993), donde buscan activamente frutos (acebuches *Olea europaea sylvestris*, lentiscos *Pistacia lentiscus*, etc.), y también los sabinares (*Juniperus thurifera*) del Sistema Ibérico, de los que se alimentan (Rey, 1995; Tellería et al., 1999, 2011, 2014). Por el contrario, la población de zorzal común reproductora que reside todo el año es un ave estrictamente forestal, con una clara preferencia por bosques densos (Vázquez en Martí y Del Moral, 2003), si bien alcanza sus máximas densidades en pastos arbolados del área cantábrica, seguidos por hayedos y robledales cantábricos y pirenaicos (Carrascal y Palomino, 2008), además de ciertos pinares y encinares umbríos, y grandes bosques de ribera (Purroy y Purroy, 2016).

El zorzal charlo tiene una distribución paleártica occidental y central, extendida por el noroeste de África, Europa (excepto norte de Escandinavia) y una franja latitudinal media en Asia (Collar, 2019). Cría en la mayor parte del territorio español, salvo en Baleares, Ceuta, Melilla y Canarias (Aparicio, 2003). La población española de zorzal charlo se considera sedentaria, por lo que hay pocas diferencias entre la distribución de la época reproductora y el invierno. Se reproduce en España, desde el nivel del mar hasta los 1.800 m.s.n.m. (Del Hoyo et al., 2005). Su hábitat predominante son mosaicos de bosques abiertos, o ecotonos forestales, con áreas de pastizales o cultivos recién segados. Se asocia a zonas con una cobertura de sabinar/enebral superior a 10 km² (Santos, 2012). En la meseta Sur, allí donde no hay montañas, suele encontrarse también en los bosques de ribera.

El zorzal alirrojo es uno de los zorzales más pequeños del Paleártico. Cría en Islandia, Escocia, países nórdicos y norte de Europa y Asia, con una zona de paso-migración que comprende la propia área de cría en Eurasia y Centroeuropa, junto con una zona de invernada que alcanza el oeste de Europa y norte de África. El zorzal alirrojo está presente en 13.300.000 km², no existiendo fragmentaciones de importancia entre las distintas zonas. Suele formar bandadas y es un ave exclusivamente invernante en España, siendo más abundante en la zona norte de la península y en zonas montañosas con alturas superiores a los 1300 m. Habita en diferentes tipos de hábitat, desde bosques montanos de coníferas y robledales hasta cultivos de frutales y olivares de las tierras bajas, que son una fuente trófica muy importante durante su invernada en la región mediterránea (Tellería et al., 2014).

El zorzal real es una especie con amplia distribución paleártica, que cría en zonas templadas, boreales y de tundra de gran parte de Eurasia (Keller et al., 2020). Se trata de un ave exclusivamente migrante e invernante en España. Gran parte de la población invernante de zorzal real proviene de países escandinavos y penetra a España por el frente cantábrico a partir de finales de noviembre, extendiéndose en su mayor parte por el tercio norte de la península. Dado el comportamiento irruptivo y nomádico de la especie, propiciado por factores climáticos y tróficos, el tamaño de la población invernante en España varía mucho entre años y efectúa movimientos muy frecuentes durante su estancia (Santos, 1982, 2012).

Estado de conservación: tendencia y tamaño poblacional

En Europa, según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el zorzal común, el charlo y el real están catalogados como de “Preocupación Menor”. El zorzal alirrojo está catalogado como “Casi Amenazado”, con una tendencia moderada decreciente y con los contingentes reproductores más importantes ubicados en Escandinavia y

Rusia (Staneva y Burfield, 2017). Las estimas poblacionales en Europa por especie para 2021 se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Estima de abundancia poblacional de las cuatro especies de zorzales a nivel europeo (expresado como parejas reproductoras e individuos maduros). Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Especie	Número de parejas en Europa	Número de individuos maduros en Europa	Tendencia en Europa
Zorzal común	23.600.000-39.000.000	47.300.000-77.900.000	Estable
Zorzal alirrojo	8.100.000-14.100.000	16.200.000-28.100.000	Decreciente
Zorzal charlo	3.650.000-6.760.000	7.300.000-13.600.000	Estable
Zorzal real	11.500.000-22.400.000	23.000.000-44.700.000	Estable

Según estudios recopilados del sistema paneuropeo de monitorización (PECBMS), las tendencias poblacionales a nivel europeo desde 1980 a 2022 varían en función de la especie. Para el zorzal común y charlo muestran una tendencia al alza desde 1990 y 2000, respectivamente, mientras que para el alirrojo y el real muestran una tendencia a la baja moderada, especialmente para el alirrojo, con las fluctuaciones características de las aves migratorias (Figura 2).

En cuanto a capturas, en Europa en el año 2005 se abatieron en torno a 23,5 millones de zorzales (14,9 millones de zorzales comunes, 4,2 millones de alirrojos, 3,47 millones de reales y 1 millón de charlos), principalmente en Italia, Grecia, Francia y España (Hirschfeld y Heyd, 2005).

En España, las tendencias poblacionales disponibles para los zorzales varían en función de la especie. Según los datos del sistema de seguimiento de aves invernantes (SACIN) de SEO-Birdlife de 2019 y los datos de evolución de las poblaciones de las aves comunes por hábitat en la España peninsular, también de SEO/BirdLife (Carrascal et al., 2023), el zorzal común y charlo muestran una tendencia estable o al alza, mientras que el alirrojo y el real presentan fluctuaciones muy marcadas entre años, influenciadas por las condiciones meteorológicas.

Se ha descrito que el cambio climático provoca una modificación en los periodos de migración post-nupcial de los zorzales hacia el mediterráneo. Redlisiak et al. (2021) observaron un adelanto del inicio de la migración post-nupcial en 1 día, explicándose incluso un adelanto de hasta 5 días por el aumento de la temperatura media de julio en 1°C en los territorios de cría de los zorzales comunes. Además, se ha observado que la migración post-nupcial de los zorzales viene marcada principalmente por la temperatura y los vientos favorables de cola, principalmente aquellos vientos entre 5 y 10 m/s, existiendo un menor efecto de estas variables en la migración prenupcial (Sinelschikova et al., 2007).

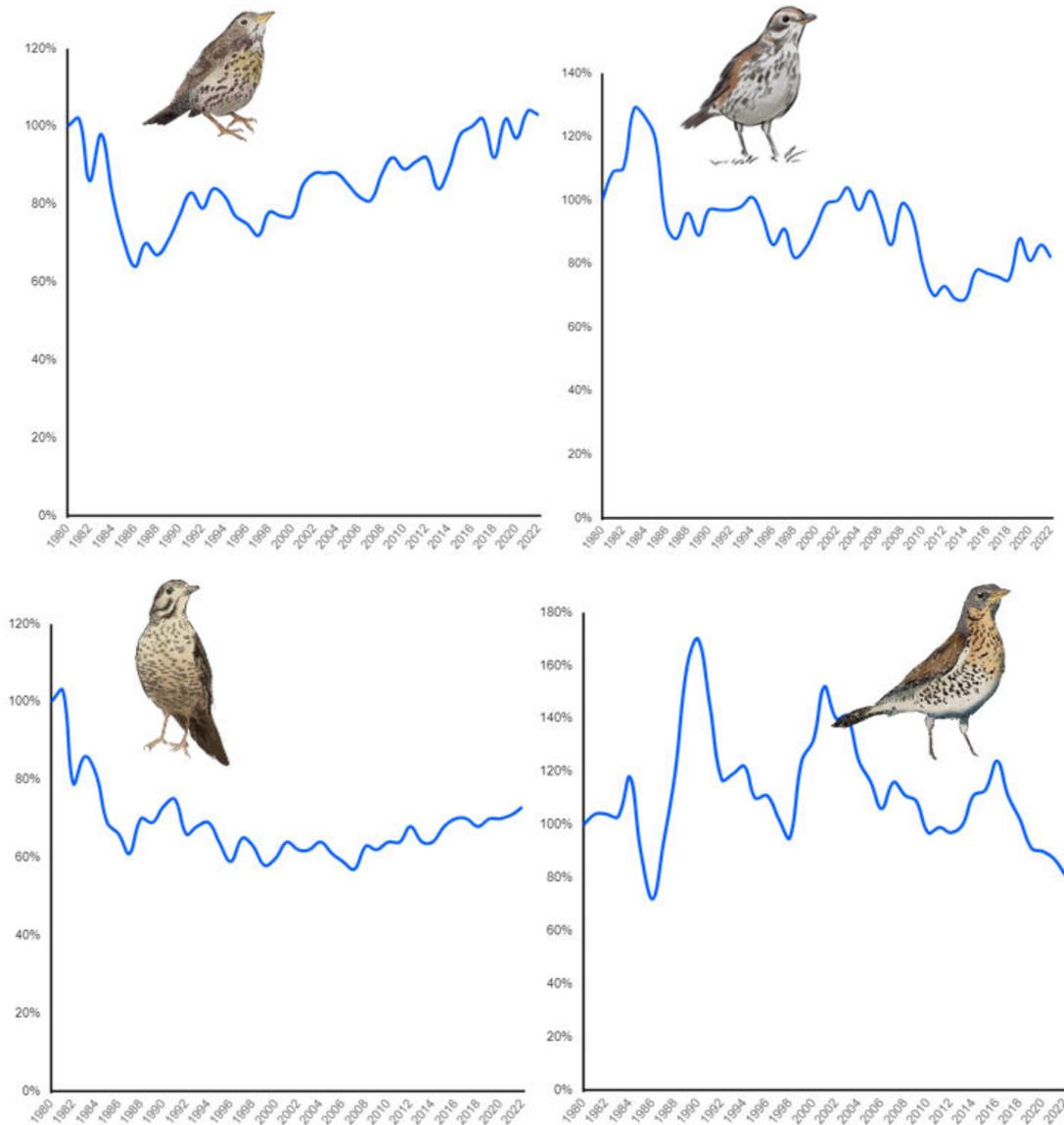


Figura 2. Tendencia poblacional de las distintas especies de zorzales (*Turdus* sp.) en Europa (1980-2022). Fuente: PECBMS (<https://pecbms.info/trends-and-indicators/species-trends/species/turdus-iliacus,turdus-philomelos,turdus-pilaris,turdus-viscivorus/>). Arriba a la izquierda: zorzal común, arriba a la derecha: zorzal alirrojo, abajo a la izquierda: zorzal charlo, y abajo a la derecha: zorzal real.

La estima de la población reproductora del zorzal común en España ronda los 870.000 ejemplares, según el III Atlas SEO/Birdlife (2014-2018), parecida a la estima de 940.000 ejemplares para el periodo 2004-2006, de Carrascal y Palomino (2008). La población española se concentra en el tercio norte (casi un 90% del total estimado), con sus mayores tamaños en Castilla y León (27,3%) y Cataluña (16,1%). En Cataluña se hizo una estimación de la población invernante en 2,5 millones de zorzales comunes (Herrando et al., 2011), que permite suponer que la población invernante española multiplica esa cifra varias veces. Según el programa de Seguimiento de Aves Comunes Reproductoras (Sacre) de SEO/Birdlife (para los periodos 1998-2002 y 2014-2018), el zorzal común ha experimentado un aumento continuo de sus poblaciones durante los últimos veinte años, con un incremento significativo en las zonas mediterráneas y de montaña.

La estimación de la población de zorzal charlo española es de unos 1.660.000 ejemplares (Cano-Barbacid y Cano, 2022). Esta estima es cercana al doble de los 690.000 ejemplares estimados para periodo 2004-2006 (Carrascal y Palomino, 2008), aunque la diferencia podría deberse a el uso de una metodología distinta. Las poblaciones de zorzal charlo son más abundantes en la mitad norte que en la sur, y Castilla y León, Castilla-La Mancha, Aragón, Andalucía, Cataluña y Extremadura suponen en conjunto más del 75%. Según el programa Sacre de SEO/Birdlife, la tendencia peninsular es positiva, con un incremento superior al 33% del periodo 1998-2002 al 2014-2018. Su densidad es baja, normalmente, aunque suele ser superior en bosques de coníferas que en frondosas (Martí y del Moral, 2003). A grandes rasgos, el área de distribución del zorzal charlo parece no haber cambiado en los últimos 20 años.

En cuanto al zorzal alirrojo, no se conoce con precisión el tamaño de su población invernante, estando catalogado en la Lista Roja de las Aves de España en la categoría de “datos insuficientes”. No figura en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, y tampoco está incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Los últimos datos disponibles sobre su tendencia (período 2008-2013) muestran un declive en todas las áreas biogeográficas consideradas por el sistema SACIN, con un tamaño muestral de 147 cuadrículas. Se desconoce la tendencia actual, por ausencia de datos (Figura 3). Al tratarse de una especie nómada, gregaria, dependiente de recursos irregulares y cuyos efectivos pueden desplazarse en función de las circunstancias meteorológicas extraibéricas, la distribución de su abundancia invernal no es fácilmente predecible (Rey, 1993).

En cuanto al zorzal real, no se cuenta con datos de tamaños poblacionales en España, pero sí existen estimas en Cataluña, donde la población estimada en tres temporadas invernales varió desde un mínimo de 1.765 individuos a un máximo de 144.280 (Herrando et al., 2011), reflejando su alta variabilidad como invernante.

Actualmente, la mayoría de los estudios sobre la migración de estas especies se basan en la recuperación de individuos anillados, donde un porcentaje elevado de las recuperaciones se producen por caza (a escala europea: 20% en zorzal común, 26% en charlo, 35% en alirrojo y 33% en real, <https://migrationatlas.org/es/node/1829>). Esto es debido a que en Europa existen centros de anillamiento con series de anillado superiores a 100 años, como el observatorio de Helgoland en Alemania, con series de anillamiento desde 1909.

Por ello, es necesario contar con la colaboración de los diferentes agentes del mundo cinegético, como cazadores y propietarios de terrenos cinegéticos, para mejorar el conocimiento de la biología y ecología de los zorzales. Sigue existiendo la necesidad de establecer un adecuado programa de monitorización de las distintas especies de zorzales presentes en el territorio nacional, que permita mejorar el conocimiento disponible sobre la distribución, abundancia y flujos migratorios de estas especies y, con ello, establecer adecuados programas de gestión de sus poblaciones.

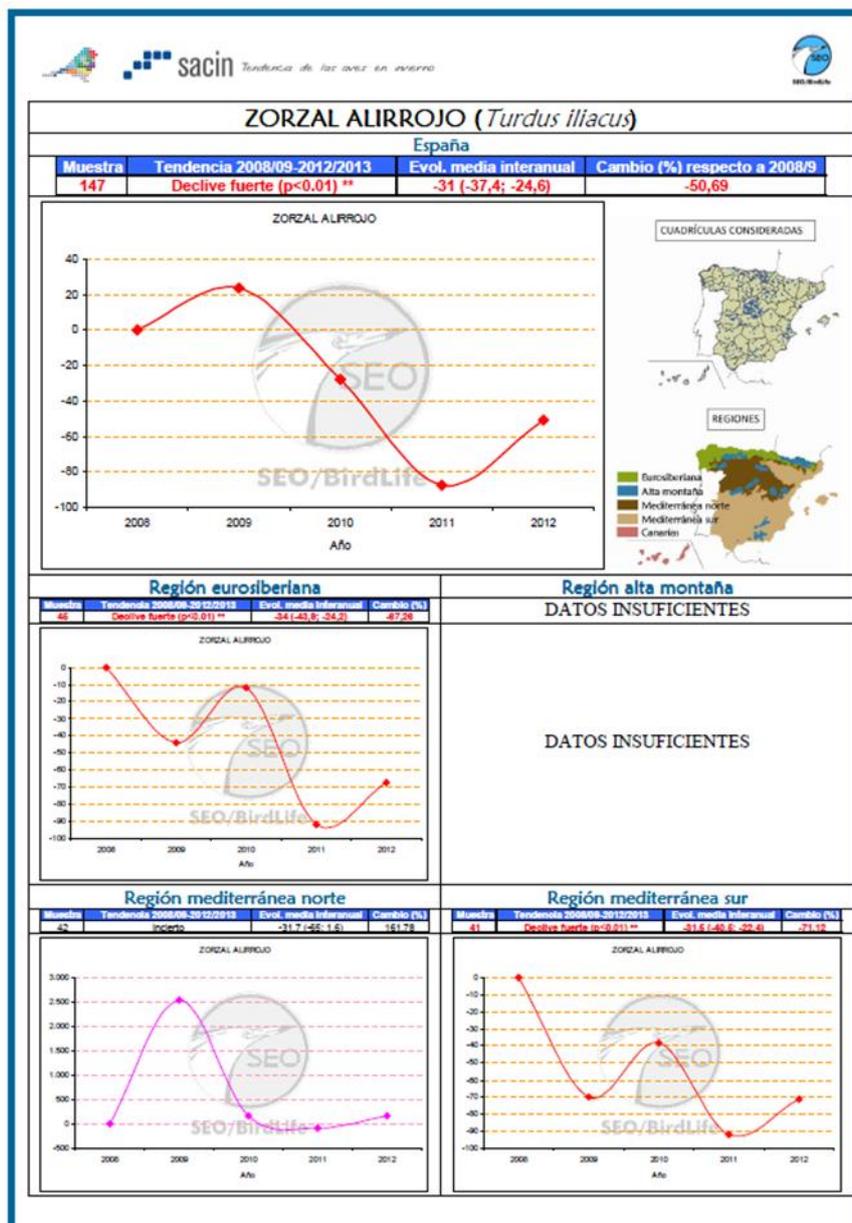


Figura 3. Tendencia de las poblaciones del zorzal alirrojo (según datos del sistema de seguimiento de aves invernantes-SACIN, 2008-2013).

PROYECTO ZORZALES

Desde el año 2020 el equipo de investigación de Fundación Artemisan coordina el proyecto Zorzales, en colaboración con la Real Federación Española de Caza y sus Federaciones Autonómicas, la Unidad de Investigación de Recursos Cinegéticos (UIRCP) de la Universidad de Córdoba y la Asociación de Zorzaleros Españoles. Este proyecto está financiado por Mutuasport y surge con el objetivo de establecer un seguimiento y gestión sostenible de las distintas especies de zorzales presentes en España a través de *i)* la monitorización de sus poblaciones y la estimación de su densidad en los hábitats mayoritarios; *ii)* la recopilación de datos sobre el aprovechamiento cinegético y los factores que afectan a la abundancia invernal de estas especies; *iii)* la determinación del origen, distribución y supervivencia de los zorzales

anillados que son recuperados mediante la actividad cinegética; y, *iv*) el diseño de una estrategia de gestión que garantice el aprovechamiento cinegético sostenible de las poblaciones de zorzales presentes en el territorio nacional.

En este sentido, y gracias a los más de 2500 cazadores colaboradores y la implicación de la Real Federación Española de Caza y de sus Federaciones Autonómicas, desde 2020 se ha logrado monitorizar la especie en 33 provincias de España y 539 cuadrículas UTM de 10x10 km mediante la realización de 1814 recorridos a pie a través de la app CensData del Observatorio Cinegético, recorriendo un total de 8461 kilómetros. Además, se ha conseguido la implicación de 384 cotos zorzaleros que, mediante la cumplimentación de los cuadernos de campo, han permitido determinar las principales características del aprovechamiento cinegético de estas especies en España, mientras que las más de 723 anillas recuperadas hasta la fecha nos han permitido conocer más detalles de la migración de estos passeriformes (supervivencia, distancia recorrida, distribución, etc...) (Figura 4). Todo ello ha situado al proyecto Zorzales como referente a nivel nacional y europeo en el estudio de estas especies.



Figura 4. Resultados generales de participación del proyecto Zorzales gracias a la información aportada por más de 2500 cazadores colaboradores entre 2020 y 2024.

La presente memoria técnica sintetiza los principales resultados obtenidos en el proyecto Zorzales.

1. MONITORIZACIÓN CON EL OBSERVATORIO CINEGÉTICO

El Observatorio Cinegético (en adelante, OC) es un proyecto compuesto por una plataforma digital colaborativa entre cazadores y científicos, que permite monitorizar las poblaciones de fauna, principalmente cinegética. Se compone de una aplicación para móviles, “CensData”, a través de la cual se obtienen datos sobre la distribución, abundancia y, a medio-largo plazo, la dinámica poblacional de las especies cinegéticas, y de una plataforma web, observatoriocinegetico.org, para gestionar los datos recibidos y generar información útil para la gestión y conservación de dichas especies.

1.1 Metodología

La metodología empleada son itinerarios de censo (transectos) de aves migratorias invernantes dirigida al muestreo de las aves cinegéticas que pasan el invierno en la península ibérica, de tal forma que en cada transecto es posible censar las 4 especies de zorzales: común, alirrojo, charlo y real. En esta campaña los colaboradores seleccionan un recorrido de 4 a 6 km de longitud, en hábitats de alimentación para el zorzal (olivar, arroyo, brezal, viñedo, etc.), dentro de una única cuadrícula UTM de 10x10km, en el que se registran todos los zorzales vistos (desglosados por especie). El recorrido debe realizarse a pie, comenzar una hora después del amanecer, completarse en aproximadamente 2-3 horas y replicarse anualmente. Este recorrido se realiza dos veces en la misma campaña: i) en el periodo comprendido entre el 15 de noviembre y 31 de diciembre, cuando termina la migración post-nupcial (llegada del contingente de zorzales desde sus áreas de cría en Europa); y, ii) en el periodo del 1 de enero al 15 de febrero, antes del inicio de la migración pre-nupcial. Se seleccionaron estos periodos para evitar el efecto de fuentes de variación poblacional interanuales, como pueden ser las derivadas de la meteorología (Santos Martínez, 2015).

1.1.1. Abundancia de zorzales por tipo de hábitat

La abundancia de zorzal, para cada una de las especies y en cada jornada de censo, se cuantificó como el número total de individuos detectados entre los kilómetros recorridos. Es decir, se estableció un índice kilométrico de abundancia (IKA). Se calculó la cobertura vegetal en un *buffer* de 2 km alrededor de cada transecto para contemplar la variabilidad ambiental presente dentro del área de influencia de la especie objetivo. Para ello se utilizó la capa de vegetación del Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE, 2014) y se reclasificaron los tipos de vegetación en 13 categorías (Tabla 2).

Tabla 2. Reclasificación de los tipos de vegetación descritos en los códigos SIOSE 2014.

Código SIOSE	Descripción	Nueva descripción
514	Lámina de agua artificial	(001) Cobertura agua
511	Curso de agua	
512	Lago o laguna	
513	Embalse	
515	Mar	
516	Glaciar y/o nieve perpetua	
111	Casco	(002) Artificial
112	Ensanche	
113	Discontinuo	
114	Zona verde urbana	

121	Instalación agrícola y/o ganadera	
122	Instalación forestal	
123	Extracción minera	
130	Industrial	
140	Servicio dotacional	
150	Asentamiento agrícola y huerta	
161	Red viaria o ferroviaria	
162	Puerto	
163	Aeropuerto	
171	Infraestructura de suministro	
172	Infraestructura de residuos	
220	Invernadero	
210	Cultivo herbáceo	(003) Cultivo herbáceo
231	Frutal cítrico	
232	Frutal no cítrico	(004) Frutales
233	Viñedo	(005) Viñedo
234	Olivar	(006) Olivar
330	Matorral	(007) Matorral
235	Otros cultivos leñosos	
236	Combinación de cultivos leñosos	(008) Otros cultivos leñosos
320	Pastizal o herbazal	
240	Prado	(009) Pastizal
250	Combinación de cultivos	
260	Combinación de cultivos con vegetación	(010) Combinado cultivos y vegetación
340	Combinación de vegetación	
311	Bosque de frondosas	
313	Bosque mixto	
312	Bosque de coníferas	(011) Arbolado forestal
351	Playa, duna o arenal	
352	Roquedo	
353	Temporalmente desarbolado por incendios	(012) Terrenos sin vegetación
354	Suelo desnudo	
411	Zona húmeda y pantanosa	
412	Turbera	
413	Marisma	(013) Cobertura húmeda
414	Salina	

Finalmente, se diseñaron dos modelos aditivos generalizados mixtos (GAMM), con distribución normal, para analizar las diferencias en relación al porcentaje de usos del suelo en el buffer de 2km, la decena, la temporada, la biorregión (ver detalles en Anexo I, Figura S1), así como las interacciones entre decena y temporada, decena y biorregión y biorregión y temporada, en la abundancia de zorzal común y alirrojo (IKAs), controlando por la cuadrícula UTM de 10x10 km como factor de efecto aleatorio. Las variables o interacciones no significativas se excluyeron de los modelos siguiendo un procedimiento por pasos hacia atrás. El valor de significación se fijó en 0,05. Se realizó una exploración de los datos y los residuos siguiendo las recomendaciones de Zuur et al. (2010). Estos modelos no se implementaron para el zorzal charlo y el real por el reducido tamaño de muestra.

1.1.2. Densidad

Por otro lado, para transformar los valores de abundancia obtenidos en cada itinerario de censo en índices de densidad se consideró la distancia efectiva de censo (DEC) o ancho de

banda censado de manera efectiva. El valor de DEC se fijó en 102 m para el zorzal común y 100 m para el charlo en base a estudios previos (Carrascal & Palomino, 2008). Así, el número de individuos detectados fue dividido por la superficie censada de manera efectiva por medio de la siguiente expresión:

$$D = \frac{N}{(2 * L * DEC)}$$

donde D es la densidad, N el número total de individuos detectados a ambos lados de la línea de progresión, L la longitud total del itinerario de censo en kilómetros y DEC la distancia efectiva de censo o ancho de banda efectivo (0,102 km para el común y 0,100 km para el charlo). Los valores de densidad no se pudieron reportar para el zorzal alirrojo y el real al no estar descrito un valor de DEC para estas especies en la bibliografía. Además, estos índices de abundancia han de interpretarse con cautela al haber sido desarrollados para su aplicación en puntos de escucha, en vez de en transectos a pie.

1.1.1. Mapas de IKA

Para los mapas de cuadrículas UTM 10x10 km coloreadas según el IKA de las cuatro especies de zorzales, se usaron todos los IKA de todas las temporadas cinéticas juntas para establecer unos valores mínimos y máximos y una serie de categorías mediante el método *Jenks natural breaks*. Este método está basado en agrupaciones de datos por su similitud, que a su vez maximiza las diferencias entre categorías para una mejor visualización. Se prepararon cuatro mapas (uno por temporada) para cada especie de zorzal.

1.2. Resultados

1.2.1. Exploración y selección de datos

Entre noviembre de 2020 y febrero de 2024 se realizaron 1814 censos de aves migratorias invernantes, pudiéndose apreciar una tendencia anual positiva en la participación, si bien en el 2024 se redujo la participación hasta valores del 2022 (Figura 5).

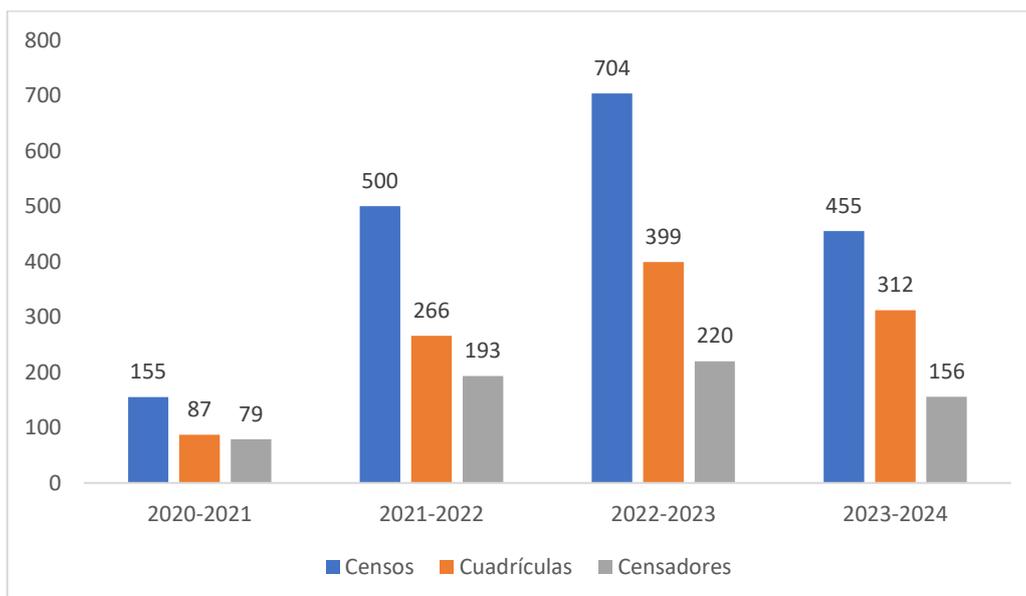


Figura 5. Evolución del número de censos, cuadrículas y sensores durante los cuatro años del estudio.

Tras la exploración y validación de los datos, se seleccionaron 1436 censos realizados a pie, debido a que se observó una relación significativa entre el IKA del total de zorzales detectados y el modo en el que se había realizado el censo (Tabla 3, Figura 6).

Tabla 3. Resumen del modelo en el que se exploró la relación entre el IKA de zorzales y el modo en el que se había realizado el censo. Valor de referencia: en coche.

Variables	Coefficiente	E.E.	T	p
Intercepto	4,780	1,372	3,484	<0,001
Otro	-0,691	2,962	-0,233	0,815
A pie	9,981	1,452	6,874	<0,0001

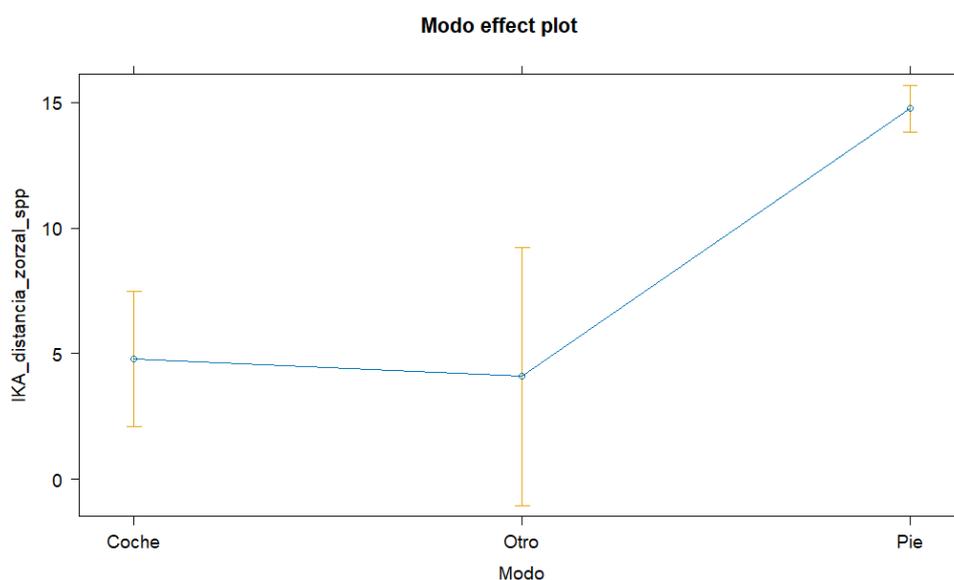


Figura 6. Valores predichos para el IKA de zorzales en relación con el modo en el que se realizó el censo.

1.2.2. Descriptivos

En los 1436 transectos realizados a pie (125 en la temporada 2020/21; 393 temporada 2021/2022; 557 en la temporada 2022/23 y 361 en la temporada 2023/2024) se recorrieron un total de 6157 km, muestreándose 468 cuadrículas UTM 10x10 km diferentes (196 fueron muestreadas en 2 años, 91 lo fueron en 3 años y 22 lo fueron en los 4 años) y reportándose un IKA promedio de 13,50 zorzales comunes/km, 0,93 alirrojos/km, 0,29 charlos/km y 0,04 reales/km para las 4 temporadas objeto de estudio (Tabla 4). En las Figuras 7, 8, 9 y 10 se muestran las cuadrículas UTM de 10x10km que fueron monitorizadas en una o más temporadas de estudio con relación al gradiente de abundancia (IKA), por especie de zorzal. Estas figuras aparecen desglosadas a nivel de temporada en el Anexo (ver Anexo I, Figuras S2 a S5).

Tabla 4. Número de cuadrículas UTM de 10x10 km muestreadas, número de censos de migratorias invernantes, distancia recorrida en kilómetros y promedio del índice kilométrico de abundancia (IKA) ± desviación estándar (DE) para cada especie de zorzal por temporada y CCAA. En rojo se destacan aquellos periodos en los que los resultados deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño de muestra.

CCAA y temporada	UTM	Censos	Distancia (km)	IKA común±DE	IKA alirrojo±DE	IKA charlo±DE	IKA real±DE
Andalucía	192	630	2707,16	13,22±17,28	0,65 ± 2,67	0,25±0,85	0,04±0,28
2020-21	33	55	233,57	16,73±17,77	0,62 ± 1,51	0,3±0,9	0,05±0,17
2021-22	106	201	874,00	11,94±16,58	0,66 ± 2,42	0,19±0,52	0,09±0,47
2022-23	125	214	914,79	13,06±17,54	0,48 ± 1,90	0,33±1,09	0,02±0,08
2023-24	99	160	684,79	13,82±17,59	0,87 ± 3,89	0,21±0,79	0,02±0,14
Aragón	15	69	287,39	17,64±25,76	1,28 ± 4,45	0,46±0,93	0,03±0,27
2020-21	4	8	30,64	11,96±12,55	0,86 ± 2,43	0,35±0,58	0±0
2021-22	7	19	75,14	12,44±15,01	2,21 ± 6,15	0,56±0,98	0±0
2022-23	13	28	117,85	26,57±35,36	0,46 ± 1,41	0,53±1,07	0,08±0,42
2023-24	8	14	63,77	10,07±13,59	1,89 ± 6,38	0,25±0,71	0±0
Castilla – La Mancha	5	9	45,78	12,83±15,35	0,88 ± 1,10	0,04±0,09	0,25±0,75
2020-21	3	5	28,04	15,35±19,25	1,34 ± 1,24	0,02±0,05	0±0
2021-22	2	3	13,73	9,4±12,83	0 ± 0	0,08±0,14	0±0
2023-24	1	1	4,01	10,47	1,25 ± 0	0	2,24
Castilla y León	3	10	45,18	10,25±8,16	0,10 ± 0,31	0,47±1,07	0,29±0,93
2021-22	1	2	9,30	9,68±0	0 ± 0	0,37±0,53	0±0
2022-23	3	7	31,79	10,87±9,89	0 ± 0	0,07±0,19	0±0
2023-24	1	1	4,09	7,09	0,98 ± 0	3,42	2,93
Cataluña	20	65	275,40	13,13±18,81	0,78 ± 3,85	0,27±0,58	0,04±0,32
2020-21	10	20	81,95	12,45±13,5	1,96 ± 6,83	0,36±0,78	0,13±0,58
2021-22	12	20	81,29	15,46±16,55	0,34 ± 0,92	0,26±0,53	0±0
2022-23	11	16	75,22	10,34±19,71	0,22 ± 0,44	0,3±0,51	0±0
2023-24	7	9	36,94	14,42±31,4	0,13 ± 0,31	0,04±0,13	0±0
Comunidad de Madrid	5	12	51,13	21,53±23,51	0,49 ± 1,14	0,34±0,76	0±0
2021-22	1	1	4,55	1,32	0 ± 0	0	0
2022-23	3	7	27,90	28,7±27,83	0,56 ± 1,47	0,21±0,26	0±0
2023-24	2	4	18,68	14,04±12,11	0,51 ± 0,59	0,66±1,33	0±0
Comunidad Foral de Navarra	1	8	30,63	25,07±18,18	1,94 ± 4,91	0,1±0,18	0±0
2021-22	1	3	10,33	18,45±16,41	0 ± 0	0,12±0,21	0±0
2022-23	1	3	12,53	33,5±26,54	4,68 ± 8,10	0,15±0,25	0±0
2023-24	1	2	7,77	22,37±2,66	0,73 ± 1,03	0±0	0±0
Comunidad Valenciana	24	67	270,55	15,5±18,61	0,46 ± 1,99	0,3±0,64	0,11±0,81
2020-21	5	8	33,93	11,34±19,24	0,03 ± 0,09	0,2±0,22	0±0

2021-22	14	21	77,50	14,24±20,94	0,65 ± 2,71	0,41±0,94	0,32±1,45
2022-23	19	29	123,12	14,39±16,03	0,22 ± 0,57	0,29±0,53	0,01±0,04
2023-24	7	9	36,00	25,75±19,9	1,16 ± 3,49	0,14±0,29	0,03±0,08
Extremadura	98	340	1475,56	13,03±17,55	1,28 ± 6,55	0,33±0,85	0,03±0,19
2020-21	15	24	110,68	14,06±23,81	0,55 ± 1,77	0,2±0,42	0,01±0,04
2021-22	73	119	506,39	12,72±16,47	1,81 ± 8,44	0,33±0,79	0,02±0,17
2022-23	73	134	599,63	13,26±17,47	1,17 ± 6,15	0,37±0,98	0,04±0,23
2023-24	50	63	258,87	12,75±17,37	0,79 ± 3,94	0,29±0,8	0,03±0,2
Islas Baleares	2	13	51,60	8,26±10,51	3,55 ± 11,93	0,3±0,56	0,05±0,17
2020-21	2	4	20,89	11,09±9,15	0,44 ± 0,77	0,6±0,83	0±0
2021-22	2	3	11,40	2,86±2,98	0 ± 0	0±0	0±0
2022-23	2	3	11,71	7,22±9,98	0,41 ± 0,71	0,37±0,64	0±0
2023-24	2	3	7,60	10,91±18,89	14,40 ± 24,95	0,14±0,24	0,21±0,36
La Rioja	2	2	9,49	10,85±15,34	0 ± 0	0±0	0,21±0,29
2022-23	2	2	9,49	10,85±15,34	0 ± 0	0±0	0,21±0,29
Región de Murcia	102	211	906,80	12,86±18,22	1,18 ± 4,18	0,28±0,98	0,01±0,13
2020-21	1	1	4,55	11,87	0 ± 0	0	0
2021-22	1	1	3,12	53,53	0 ± 0	0	0
2022-23	95	114	528,02	11,03±15,61	1,13 ± 4,69	0,27±0,94	0±0,03
2023-24	94	95	371,11	14,63±20,6	1,27 ± 3,55	0,3±1,04	0,02±0,19
Total	468	1436	6156,67	13,5±18,08	0,93 ± 4,37	0,29±0,85	0,04±0,31

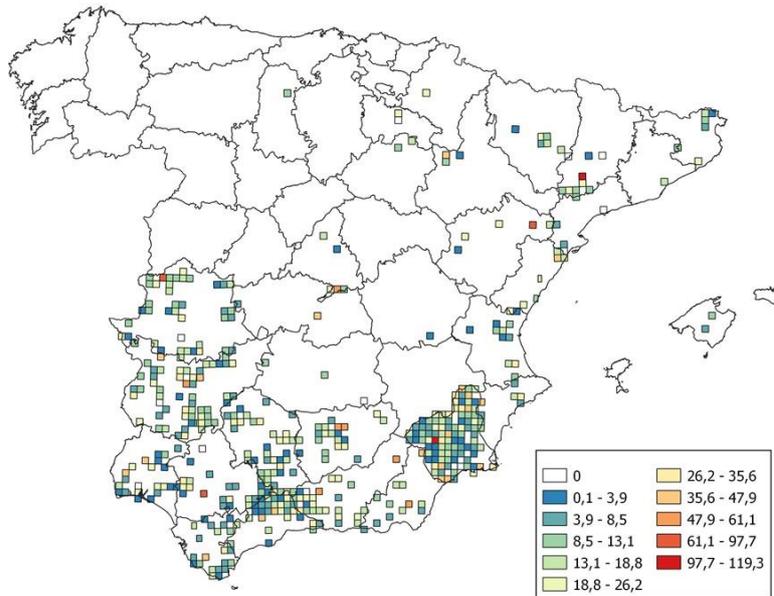


Figura 7. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para el periodo 2020-2024 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal común.

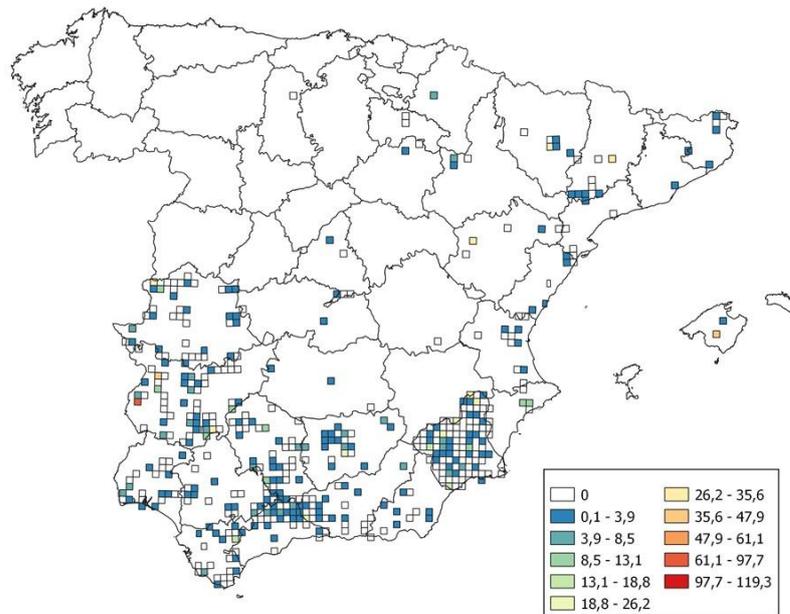


Figura 8. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para el periodo 2020-2024 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal alirrojo.

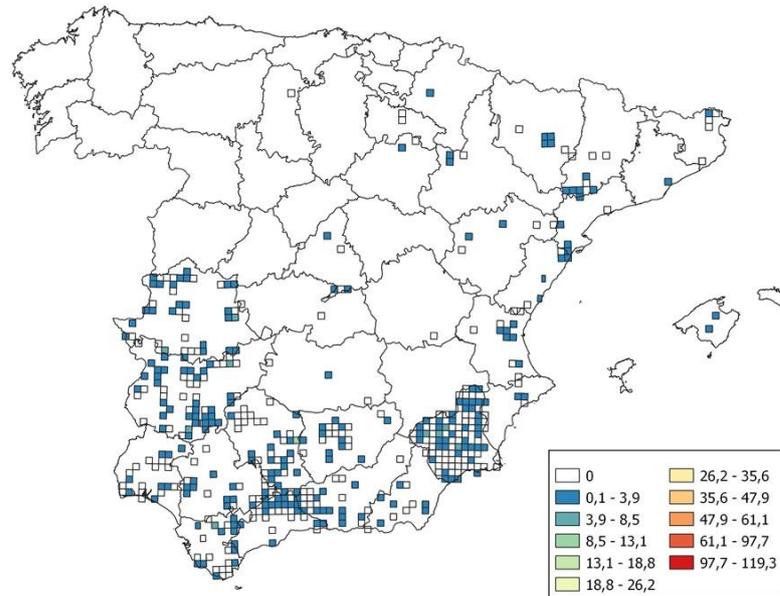


Figura 9. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para el periodo 2020-2024 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal charlo.

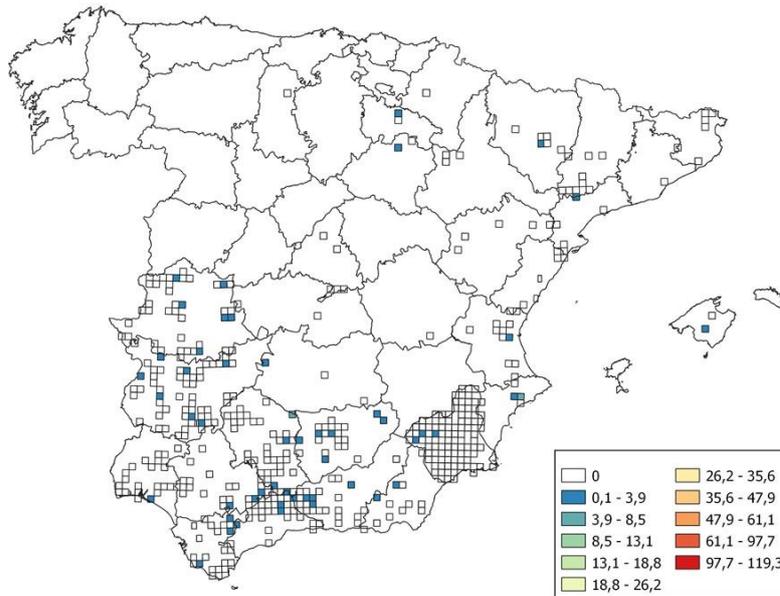


Figura 10. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para el periodo 2020-2024 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal real.

En promedio, los valores máximos de IKA para zorzal común se reportaron en la decena 8 (del 01/01 al 10/01), la temporada 2020-21 y la biorregión Central (Figura 11).

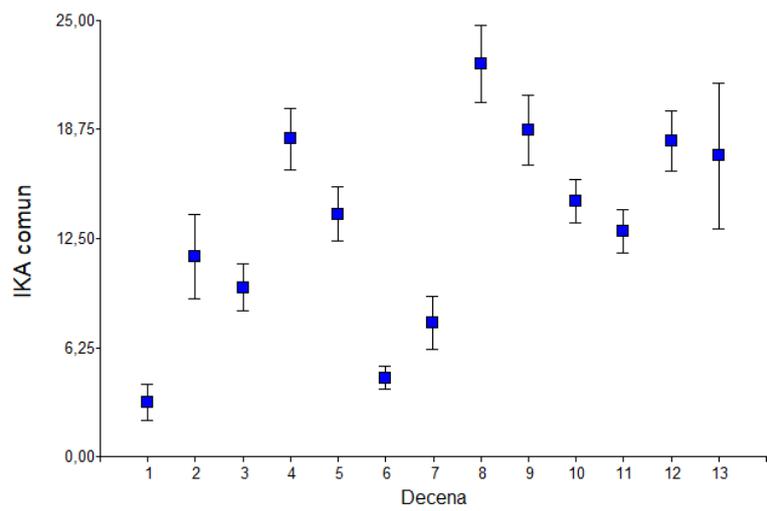
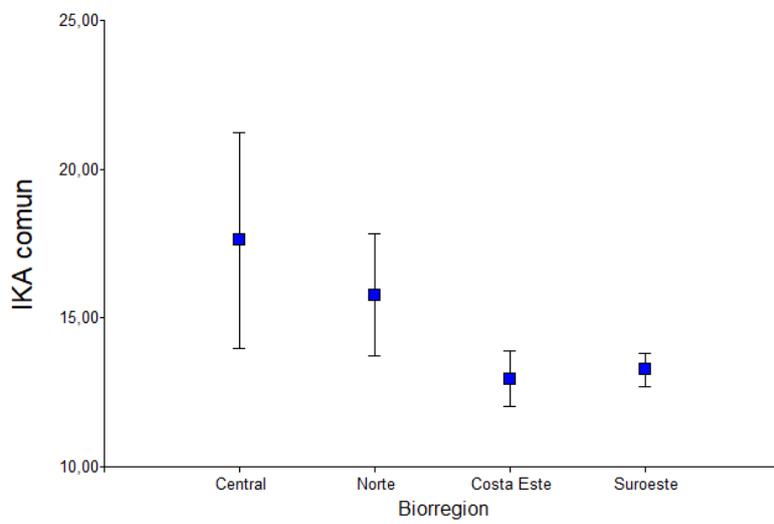
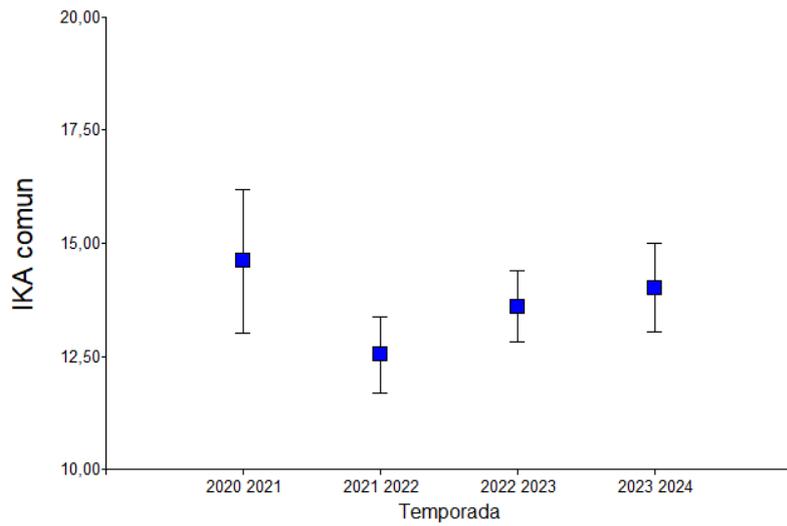


Figura 11. Promedio del IKA de zorzal común por temporada, biorregión y decena. Decena 1 (1-10 noviembre) y decena 13 (21-29 de febrero).

En promedio, los valores máximos de IKA para el zorzal alirrojo se reportaron en la decena 9 (del 11/01 al 20/01) y las temporadas 2023-24 y 2021-22, siendo similares al nivel espacial de zona biogeográfica (Figura 12 y Anexo I Figura S1).

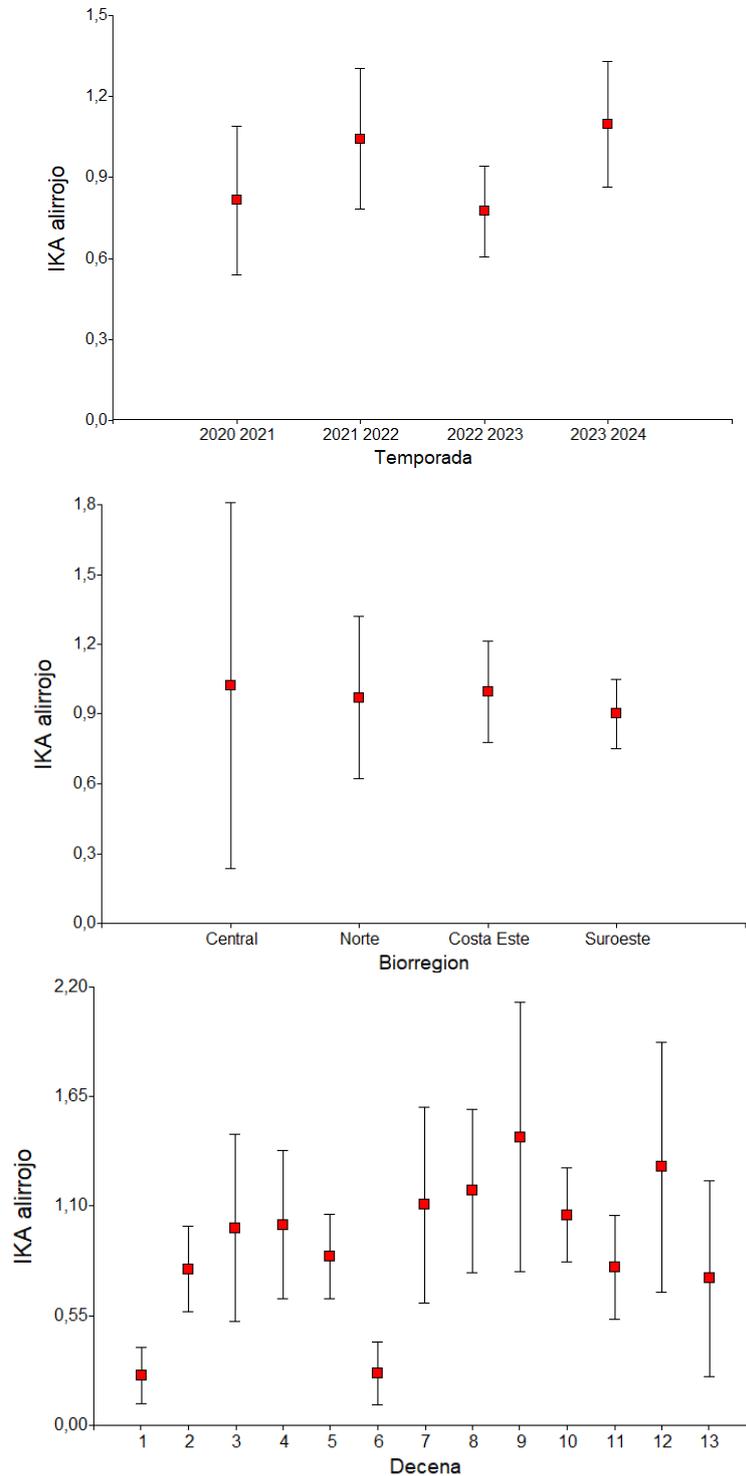


Figura 12. Promedio del IKA de zorzal alirrojo por temporada, biorregión y decena. Decena 1 (1-10 noviembre) y decena 13 (21-29 de febrero).

La densidad (individuos/km²) promedio de zorzal común y charlo para las 4 temporadas del proyecto fue de 66,17 zorzales comunes/km² y 1,43 charlos/km² (Tabla 5).

Tabla 5. Número de cuadrículas UTM de 10x10 km muestreadas, número de censos de migratorias invernantes, distancia recorrida en kilómetros y promedio de densidad (zorzales/km²) ± desviación estándar (DE) para el zorzal común y charlo por temporada y CCAA. En rojo se destacan aquellos periodos en los que los resultados deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño de muestra.

CCAA y temporada	UTM	Censos	Distancia (km)	Densidad común (Indv. /km ²)	Densidad charlo (Indv. /km ²)
Andalucía	192	630	2707,16	64,79±84,71	1,26±4,25
2020-21	33	55	233,57	81,99±87,12	1,5±4,51
2021-22	106	201	874	58,52±81,29	0,93±2,62
2022-23	125	214	914,79	64,02±85,97	1,66±5,44
2023-24	99	160	684,79	67,77±86,22	1,05±3,97
Aragón	15	69	287,39	86,45±126,26	2,29±4,63
2020-21	4	8	30,64	58,61±61,5	1,74±2,91
2021-22	7	19	75,14	60,97±73,56	2,8±4,88
2022-23	13	28	117,85	130,24±173,32	2,63±5,37
2023-24	8	14	63,77	49,36±66,61	1,23±3,57
Castilla - La Mancha	5	9	45,78	62,89±75,24	0,2±0,43
2020-21	3	5	28,04	75,27±94,37	0,12±0,27
2021-22	2	3	13,73	46,09±62,9	0,41±0,71
2023-24	1	1	4,01	51,34	0
Castilla y León	3	10	45,18	50,26±40,01	2,33±5,36
2021-22	1	2	9,3	47,44±0	1,86±2,63
2022-23	3	7	31,79	53,28±48,46	0,35±0,93
2023-24	1	1	4,09	34,76	17,11
Cataluña	20	65	275,4	64,35±92,2	1,35±2,9
2020-21	10	20	81,95	61,01±66,2	1,78±3,91
2021-22	12	20	81,29	75,79±81,14	1,3±2,64
2022-23	11	16	75,22	50,68±96,61	1,52±2,55
2023-24	7	9	36,94	70,67±153,92	0,21±0,63
Comunidad de Madrid	5	12	51,13	105,55±115,26	1,71±3,81
2021-22	1	1	4,55	6,46	0
2022-23	3	7	27,9	140,7±136,44	1,03±1,3
2023-24	2	4	18,68	68,8±59,38	3,32±6,65
Comunidad Foral de Navarra	1	8	30,63	122,91±89,12	0,49±0,92
2021-22	1	3	10,33	90,45±80,44	0,59±1,03
2022-23	1	3	12,53	164,2±130,11	0,73±1,26
2023-24	1	2	7,77	109,65±13,04	0±0
Comunidad Valenciana	24	67	270,55	76±91,24	1,48±3,2
2020-21	5	8	33,93	55,58±94,31	1,01±1,12
2021-22	14	21	77,5	69,81±102,63	2,04±4,69
2022-23	19	29	123,12	70,53±78,55	1,44±2,66
2023-24	7	9	36	126,21±97,54	0,7±1,45
Extremadura	98	340	1475,56	63,89±86,02	1,64±4,27
2020-21	15	24	110,68	68,9±116,71	0,99±2,11
2021-22	73	119	506,39	62,33±80,72	1,65±3,97
2022-23	73	134	599,63	65,01±85,64	1,83±4,92
2023-24	50	63	258,87	62,52±85,16	1,43±4,02

Islas Baleares	2	13	51,6	40,47±51,52	1,5±2,78
2020-21	2	4	20,89	54,35±44,87	2,98±4,15
2021-22	2	3	11,4	14,03±14,61	0±0
2022-23	2	3	11,71	35,4±48,94	1,84±3,19
2023-24	2	3	7,6	53,46±92,59	0,69±1,19
La Rioja	2	2	9,49	53,17±75,2	0±0
2022-23	2	2	9,49	53,17±75,2	0±0
Región de Murcia	102	211	906,8	63,03±89,32	1,41±4,89
2020-21	1	1	4,55	0	0
2021-22	1	1	3,12	0	0
2022-23	95	114	528,02	54,09±76,5	1,37±4,69
2023-24	94	95	371,11	71,71±100,97	1,49±5,18
Total	468	1436	6156,67	66,17±88,62	1,43±4,25

1.2.3. Analíticos

El IKA de zorzal común no se relacionó de forma significativa con las variables temporada ni biorregión; tampoco con las interacciones entre decena y biorregión, decena y temporada y biorregión y temporada ($p > 0,05$), que fueron excluidas del modelo seleccionado.

En los GAMMs con términos suavizados (ver variables suavizadas en Tabla 6) se asume que la relación entre la variable dependiente y las variables suavizadas no sigue una relación lineal, por tanto, no puede haber un coeficiente que nos indique la relación (positiva o negativa). En el GAMM seleccionado, la relación entre la decena y el IKA de zorzal común muestra que, al inicio, el IKA aumenta moderadamente conforme avanzan las decenas. Sin embargo, hacia la mitad del período, el IKA experimenta un descenso, subiendo rápidamente y alcanzando un pico poco después. Finalmente, la curva se estabiliza, indicando que después de este punto, el IKA se mantiene constante, sin mostrar cambios notables en respuesta a un mayor avance de la decena. La significancia estadística de este efecto ($p < 0,0001$) y la complejidad de la curva (EDF de 8,058) destacan que la relación es notablemente no lineal, reflejando cómo el **IKA de zorzal común responde de forma variable a lo largo de las decenas** (Tabla 6, Figura 13).

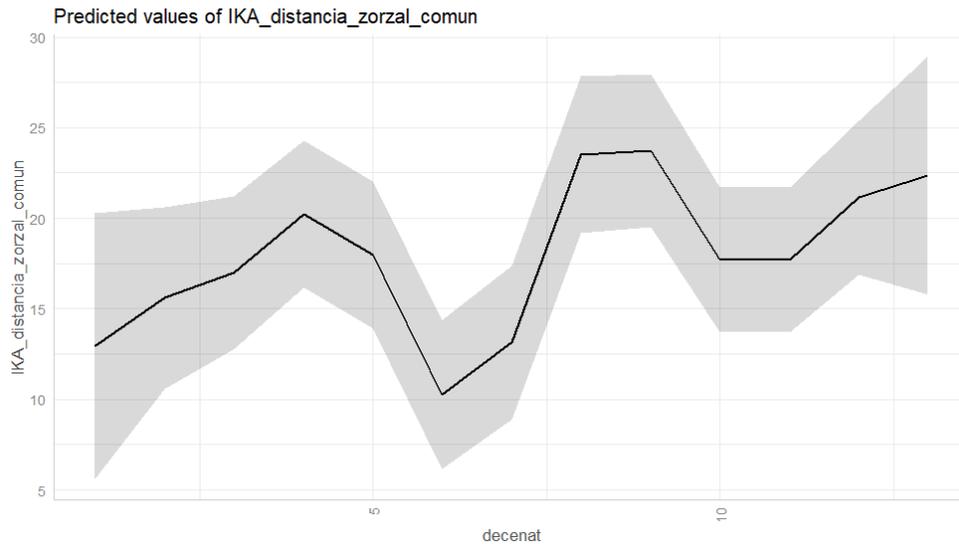


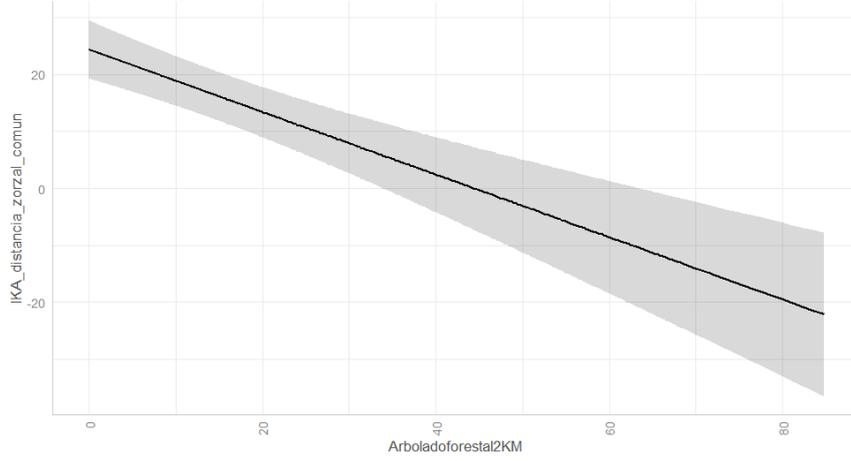
Figura 13. Relación entre IKA de zorzal común y la decena (1: 1ª noviembre al 12: 3ª decena de febrero).

El IKA de zorzal común también se relacionó de forma significativa, y en este caso negativa, con los porcentajes de usos del suelo de arbolado forestal, artificial, cobertura húmeda, cultivo herbáceo, frutales y pastizal ($p < 0,001$) (Tabla 6 y Figura 14). A medida que la cobertura de estos tipos de hábitat aumenta, el IKA disminuye de forma consistente, sugiriendo que los zorzales no se benefician de paisajes homogéneos formados únicamente por un solo tipo de hábitat, sino que posiblemente prefieran paisajes más heterogéneos.

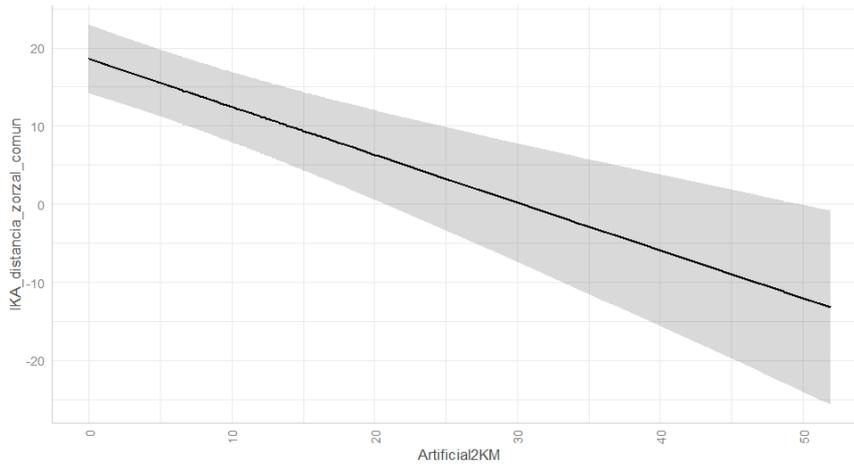
Tabla 6. Resumen del modelo final seleccionado por significación para el IKA de zorzal común. Los grados de libertad efectivos (EDF) reflejan la complejidad de la curva, un EDF más alto (referencia=1) indica una relación más compleja.

Variables	Coficiente	E.E.	t	p
Intercepto	39,281	4,901	8,014	<0,0001
Arbolado forestal	-0,548	0,099	-5,520	<0,0001
Artificial	-0,611	0,125	-4,908	<0,0001
Cobertura húmeda	-0,919	0,385	-2,391	0,016
Cultivo herbáceo	-0,458	0,097	-4,687	<0,0001
Frutales	-0,434	0,105	-4,132	<0,0001
Pastizal	-0,550	0,103	-5,337	<0,001
Variables suavizadas	EDF			p
Decena	8,058			<0,0001
Combinado cultivos y vegetación	5,186			<0,0001
Matorral	5,860			<0,0001
Olivar	7,636			<0,0001
Otros cultivos leñosos	5,538			<0,0001
Terrenos sin vegetación	4,242			<0,0001

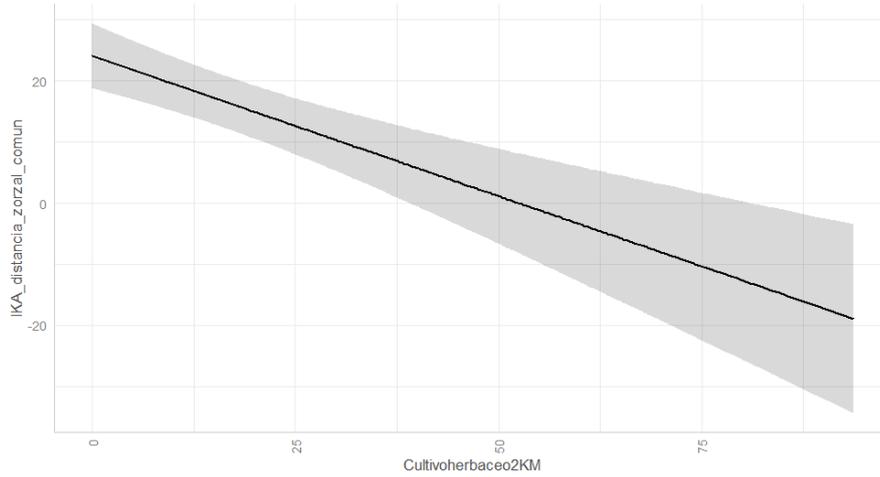
Predicted values of IKA_distancia_zorzal_comun



Predicted values of IKA_distancia_zorzal_comun



Predicted values of IKA_distancia_zorzal_comun



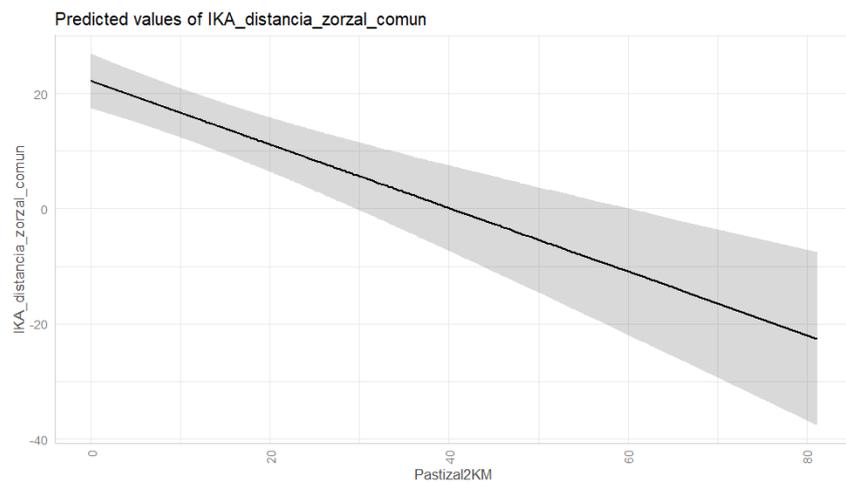
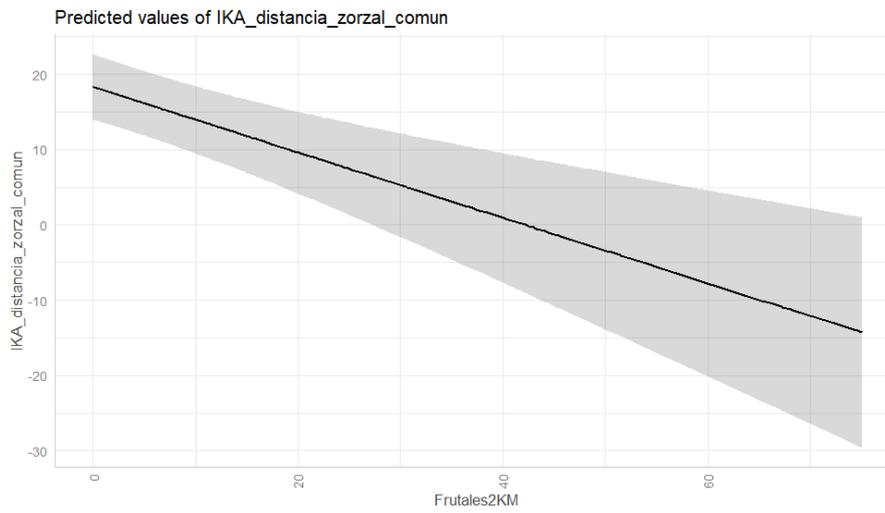
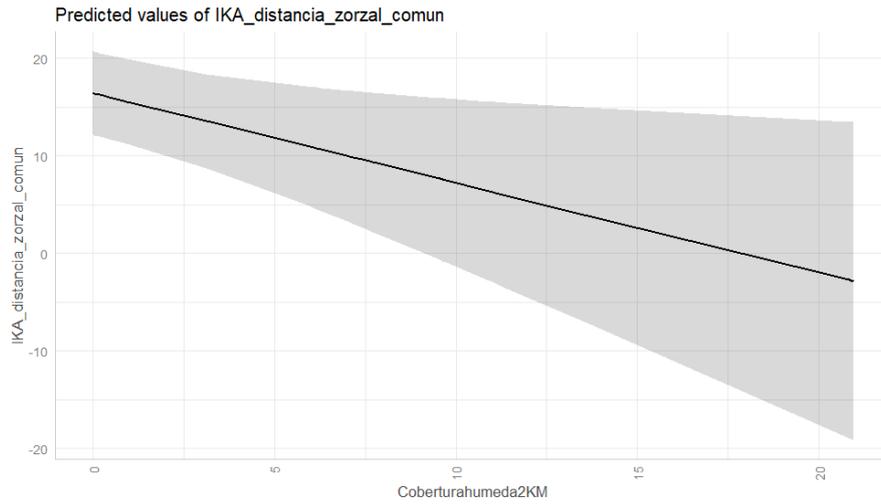


Figura 14. Valores predichos para las variables seleccionadas por significación en el modelo de zorzal común. Valores predichos en el modelo final seleccionado para la abundancia de zorzal común (IKA) en relación a las variables significativas.

En cuanto a los tipos de hábitat suavizados en el GAMM (con relaciones no lineales con el IKA de zorzal común), la relación entre el matorral y el IKA muestra que, para un pequeño aumento de cobertura de matorral (hasta un 5%, aproximadamente), el IKA de zorzal aumenta también ligeramente. Posteriormente, y conforme la cobertura de matorral se incrementa, el IKA comienza a disminuir, sugiriendo que los zorzales comunes pueden encontrar ciertas limitaciones o condiciones menos favorables en niveles medios de cobertura de matorral. A partir de un cierto punto (40% de cobertura de matorral, aproximadamente), la curva se estabiliza, lo que indica que el IKA de zorzal común permanece relativamente constante en niveles más altos de cobertura de matorral. La significancia estadística del efecto ($p < 0,0001$) y la complejidad de la curva (EDF de 5,860) **resaltan que la relación entre el IKA de zorzal común y el porcentaje de matorral no es lineal y muestra una respuesta específica ante la variabilidad en la cobertura de matorral** (Figura 15).

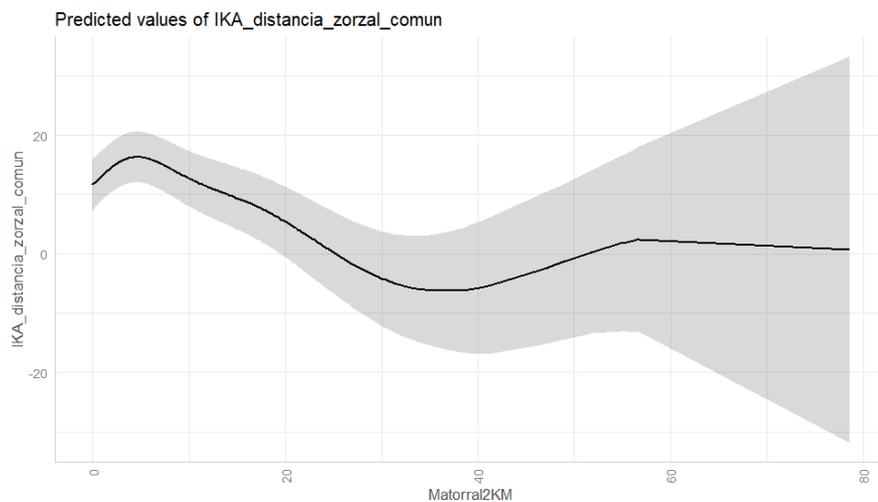


Figura 15. Relación entre el matorral y el IKA de zorzal común.

La relación entre la cobertura de olivar y el IKA de zorzal común muestra un patrón general descendente. A medida que la cobertura de olivar aumenta, el IKA tiende a disminuir de forma consistente, sugiriendo que los zorzales comunes prefieren áreas con menor densidad de olivar o que estas áreas no ofrecen los recursos necesarios en mayores proporciones de cobertura. Hacia el final de la curva, el IKA muestra un leve repunte, aunque muy poco pronunciado, lo que indica que en algunos casos los zorzales comunes pueden encontrar ciertas condiciones favorables en olivares de alta cobertura. La significancia estadística ($p < 0,0001$) y la complejidad del patrón (EDF de 7,636) subrayan que esta relación es no lineal y refleja respuestas variables pero, en general, negativas del zorzal ante la cobertura de olivar (Figura 16).

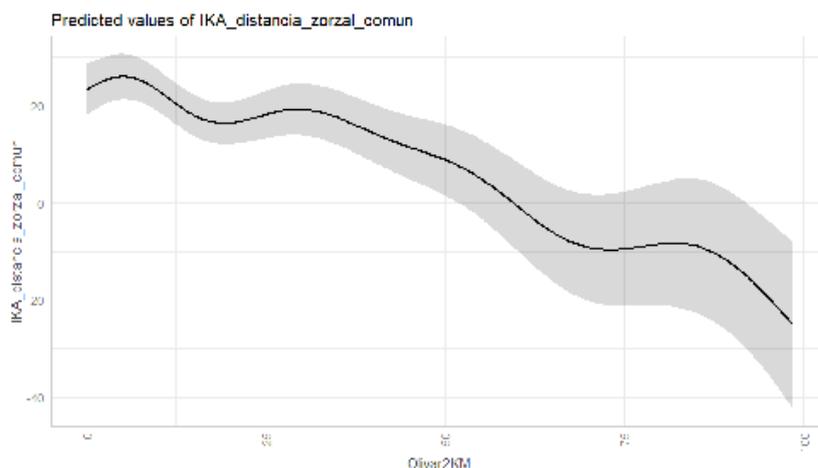


Figura 16. Relación entre el olivar y el IKA de zorzal común.

La relación entre la cobertura de combinado de cultivos y vegetación y el IKA de zorzal común muestra un patrón descendente, con un repunte en mayores proporciones de cobertura de estos hábitats, lo que indica que los zorzales comunes pueden encontrar condiciones favorables en zonas con baja y alta cobertura de combinado de cultivos y vegetación, aunque los IKA son mayores en menores proporciones. La significancia estadística ($p < 0,0001$) y la complejidad del patrón (EDF de 5,186) subrayan que esta relación es no lineal y refleja respuestas variables pero, en general, negativas del zorzal ante la cobertura de combinado de cultivos y vegetación (Figura 17).

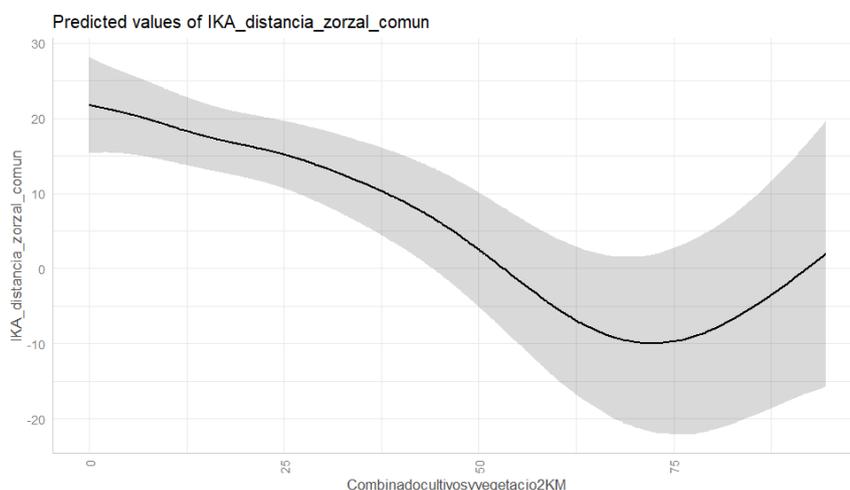


Figura 17. Relación entre combinados de cultivos y vegetación y el IKA de zorzal común.

La relación entre la cobertura de otros cultivos leñosos y el IKA de zorzal común muestra que, en los valores bajos de cobertura de otros cultivos leñosos, el IKA de zorzal aumenta ligeramente (hasta un 7% aproximadamente). Posteriormente, conforme la cobertura de otros cultivos leñosos se incrementa, el IKA disminuye, hasta que llega a un punto donde se estabiliza y crece cuando la cobertura de otros cultivos leñosos $> 30\%$, sugiriendo que los zorzales comunes pueden encontrar condiciones más favorables en niveles medios de cobertura. La

significancia estadística del efecto ($p < 0,0001$) y la complejidad de la curva (EDF de 5,538) resaltan que esta **relación es no lineal y refleja una respuesta específica del zorzal ante la variabilidad en la cobertura de otros cultivos leñosos** (Figura 18).

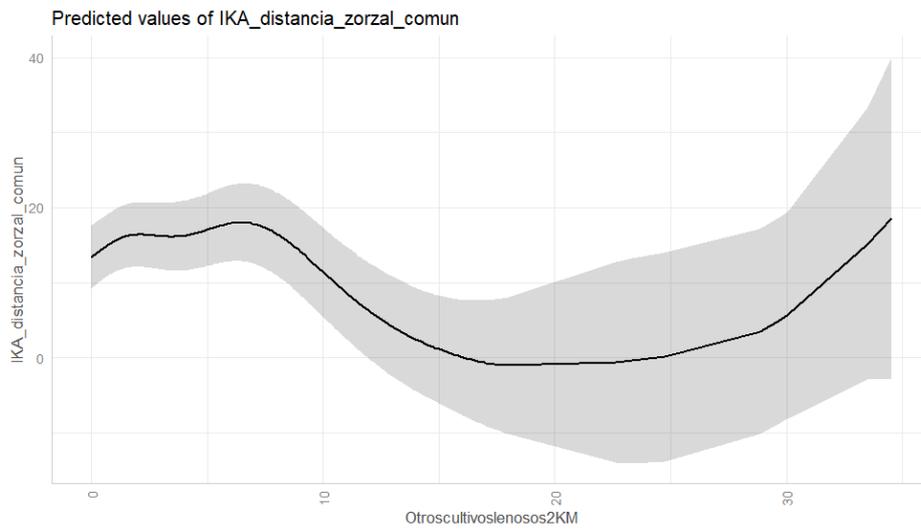


Figura 18. Relación entre otros cultivos leñosos y el IKA de zorzal común.

La relación entre la cobertura de terrenos sin vegetación y el IKA de zorzal común muestra un patrón general descendente. A medida que la cobertura de terrenos sin vegetación aumenta, el IKA disminuye de forma consistente, sugiriendo que los zorzales prefieren áreas con menor densidad de terrenos sin vegetación. La significancia estadística ($p < 0,0001$) y la complejidad del patrón (EDF de 4,242) subrayan que esta relación es no lineal y refleja respuestas variables pero, en general, negativas del zorzal ante la cobertura de olivar (Figura 19).

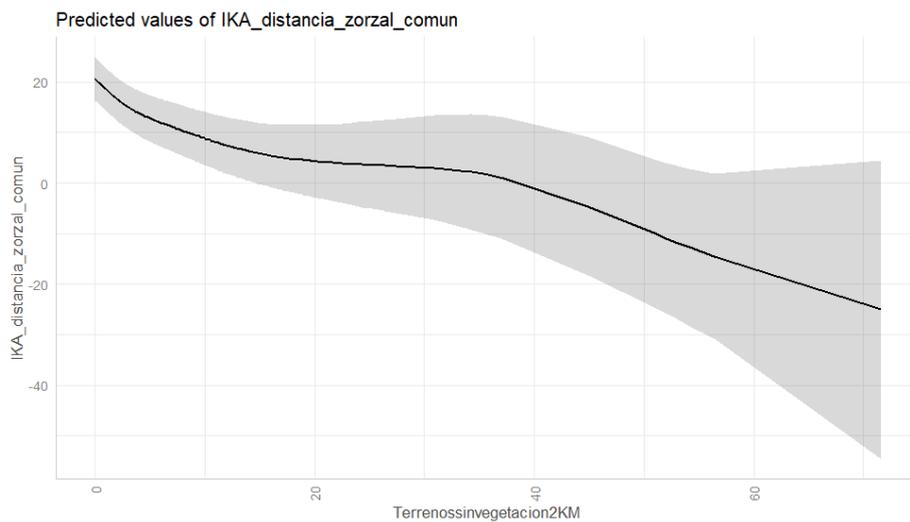


Figura 19. Relación entre terrenos sin vegetación y el IKA de zorzal común.

En cuanto al zorzal alirrojo, el IKA se relacionó de forma significativa y negativa con la cobertura artificial ($p < 0,05$), y de forma significativa y positiva con el combinado de cultivos y vegetación, y con el pastizal ($p < 0,0001$) (Tabla 7 y Figura 20). No se relacionó de forma significativa con el resto de porcentajes de usos del suelo, ni con las variables decena,

temporada y biorregión; ni con las interacciones entre decena y biorregión, decena y temporada y biorregión y temporada ($p>0,05$).

Tabla 7. Resumen del modelo final seleccionado por significación para el IKA de zorzal alirrojo.

Variables	Coficiente	E.E.	z	p
Intercepto	1,089	0,132	8,279	<0,0001
Artificial	-0,041	0,020	-2,056	0,04
Variables suavizadas	EDF			p
Combinado de cultivos y vegetación	7,458			<0,0001
Pastizal	8,414			<0,0001

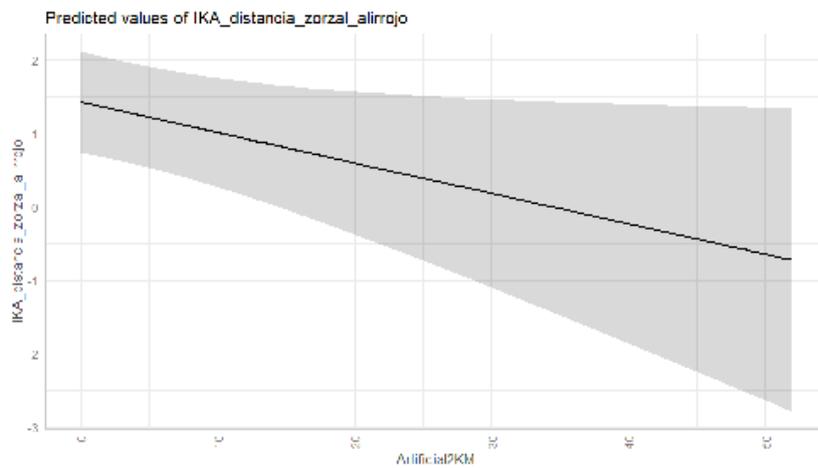


Figura 20. Valores predichos para las variables seleccionadas por significación en el modelo de abundancia de zorzal alirrojo (IKA).

La relación entre la cobertura de combinado de cultivos y vegetación y el IKA de zorzal alirrojo muestra un patrón estable hasta el 75% de cobertura de este hábitat, con un repunte en mayores proporciones, lo que indica que **los zorzales alirrojos pueden encontrar condiciones favorables en zonas con alta cobertura de combinado de cultivos y vegetación**. La significancia estadística ($p < 0,0001$) y la complejidad del patrón (EDF de 7,458) subrayan que esta relación no es lineal y refleja respuestas variables del zorzal alirrojo ante la cobertura de combinado de cultivos y vegetación (Figura 21).

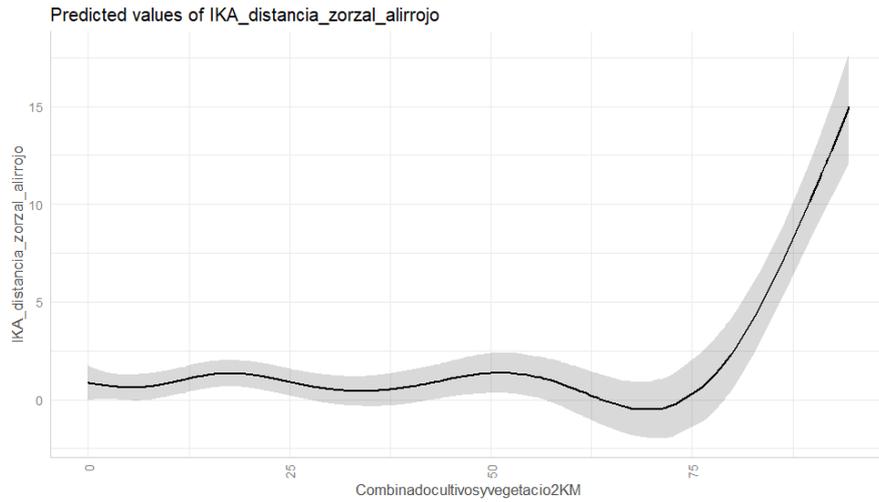


Figura 21. Relación entre combinados de cultivos y vegetación y el IKA de zorzal alirrojo.

La relación entre la cobertura de pastizal y el **IKA de zorzal alirrojo** muestra inicialmente un patrón estable, con un **repunte en proporciones del 60-70 % pastizal**, seguido de un descenso hasta los valores iniciales del IKA, sugiriendo que los zorzales alirrojos pueden encontrar condiciones favorables en niveles medios-altos de cobertura de pastizal. La significancia estadística ($p < 0,0001$) y la complejidad del patrón (EDF de 8,414) subrayan que esta relación no es lineal y refleja respuestas variables del zorzal alirrojo ante la cobertura de pastizal (Figura 22).

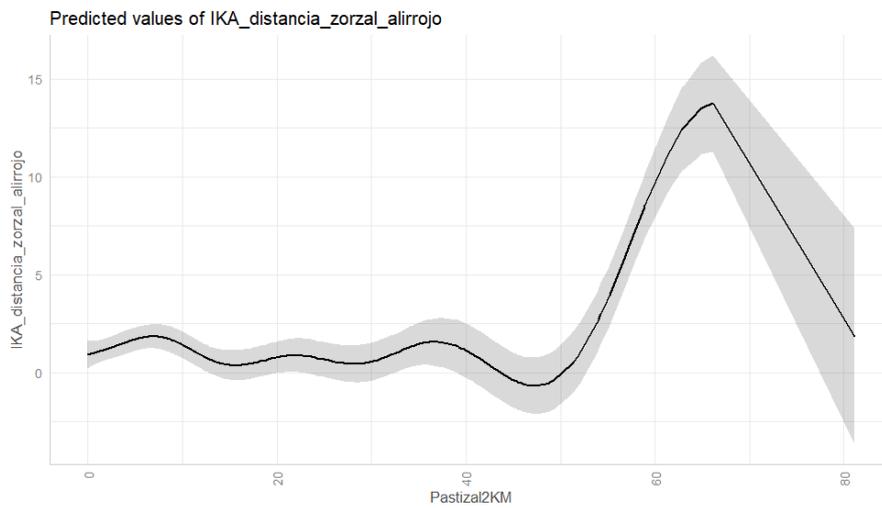


Figura 22. Relación de pastizal y el IKA de zorzal alirrojo.

2. Aprovechamiento Cinegético (cotos zorzaleros)

2.1. Metodología

Los cotos zorzaleros son aquellos en los que se realizan conteos desde líneas de puestos o “frentes” y se registra el número de capturas de las distintas especies de zorzales a lo largo de la temporada cinegética para conocer su evolución temporal. En la ficha de capturas, los colaboradores registran el número de capturas por especie de zorzal, además del: (1) municipio y provincia, (2) fecha, (3) nombre del frente, (4) hora de inicio y fin de la jornada de caza, (5) tiempo (soleado, nublado, niebla o lluvia), viento (sin viento, viento medio y viento fuerte) y temperatura (frío < 5 °C; templado 5-15 °C; calor > 15 °C), (6) disponibilidad de alimento (frutos abundantes o escasos), (7) hábitat predominante (Tabla 8), (8) número de capturas (especificando la especie concreta), y (9) número de cazadores (Figura 23). Los conteos se realizan, idealmente, al menos una vez al mes (de octubre a febrero, ambos meses inclusive), un día no hábil para la caza, en jornadas de mañana (desde el amanecer hasta las 11:00 horas), y se registran las mismas variables que han sido descritas para las capturas (Figura 23).

Tabla 8. Reclasificación de los tipos de hábitat predominantes.

Descripción	Nueva descripción
Acebuches	(01) Acebuches
Matorral	(02) Bosques y Matorral
Bosque de frondosas	
Bosque mixto	
Bosque de coníferas	
Bosque de frondosas	
Sabinar	
Brezal	(03) Cítricos
Frutal cítrico	
Olivar	(04) Olivar
Viñedo	(05) Viñedo
Otros cultivos leñosos (Almendro, algarrobo, ...)	(06) Otros Cultivos Arbóreos
Combinación de cultivos leñosos	
Frutal no cítrico	
Cultivo herbáceo	(07) Cultivos Herbáceos
Lámina de agua artificial	(08) Zonas Riparias
Curso de agua	
Lago o embalse	
Sotos	
Zona húmeda y pantanosa	
Cañaveral	(09) Dehesa
Encinar	
Alcornocal	

Conteos en puesto fijo o frente

CONCEPTO	EJEMPLO	1	2	3	4
Municipio	Trasierra				
Fecha	13/03/2020				
Nombre Frente	El cerro				
Localización	Coord X	38.9822280			
	Coord Y	-3.9296293			
Hora	Inicio	07:30			
	Final	11:00			
Longitud Línea de Puesto (m)	300				
Nº Censadores	2				
Climatología	Tiempo	Soleado			
	Viento	Medio			
	Temperatura	Frio			
Disponibilidad Alimento	Abundante				
Hábitat Predominante	Olivar				
Avistamientos	Z. Común	250			
	Z. Alirrojo	60			
	Z. Charlo	12			
	Z. Real	2			
	Z. Sin identificar	15			

Capturas Jornadas de Caza

CONCEPTO	EJEMPLO	1	2	3	4
Municipio	Trasierra				
Fecha	17/10/2020				
Nombre Frente	El cerro				
Localización	Coord X	38.9822280			
	Coord Y	-3.9296293			
Hora	Inicio	07:30			
	Final	11:00			
Climatología	Tiempo	Soleado			
	Viento	Medio			
	Temperatura	Frio			
Disponibilidad Alimento	Abundante				
Hábitat Predominante	Olivar				
Capturas	Z. Común	120			
	Z. Alirrojo	25			
	Z. Charlo	4			
	Z. Real	2			

Figura 23. Ficha de conteos (izquierda) y de capturas (derecha) de zorzales por especie para las diferentes jornadas.

Una vez terminada la temporada cinegética, los colaboradores envían al departamento de investigación de la Fundación Artemisan la información que han recopilado a lo largo de toda la temporada en los manuales del proyecto.

2.2. Análisis

La información se recopila a nivel de coto de caza, pero para la presentación de resultados se agruparon en comunidades autónomas y en cuatro zonas biogeográficas con características climáticas y de vegetación similares (en Anexo 1, Figura S1 para más detalles). Para el análisis estadístico se utilizó la escala espacial de zona biogeográfica.

Para explorar la evolución de las capturas de zorzal común y alirrojo en los cotos zorzaleros, se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM) con distribución gaussiana. Se utilizó el número de zorzales comunes capturados por cazador y jornada como variable respuesta de un primer GAM, y el número de zorzales alirrojos capturados por cazador y jornada como variable respuesta de un segundo GAM. Como variables explicativas se incluyeron la temporada cinegética, las zonas biogeográficas (Norte, Central, Suroeste, Costa Este), el mes (de octubre a febrero) y la decena en la que se produjo la jornada de caza (de la 1: 1ª decena de enero, a la 37: última decena de diciembre), las condiciones meteorológicas (tiempo: soleado, lluvia, niebla, nieve, nublado; viento: sin viento, medio, fuerte; temperatura: frío, templado, calor), el tipo de hábitat (Tabla 8) y la disponibilidad de recursos alimenticios (escaso, medio, abundante). El valor de significación se fijó en 0,05.

Para explorar la evolución de los conteos de zorzal común y alirrojo desde puesto fijo en los cotos zorzaleros, se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM) con distribución gaussiana. Se utilizó el número de zorzales comunes vistos por censador y jornada como variable respuesta de un primer GAM, y el número de zorzales alirrojos vistos por censador y jornada como variable respuesta de un segundo GAM. Como variables explicativas se

incluyeron la temporada cinegética, la zona biogeográfica (Norte, Central, Suroeste, Costa Este), el mes (de octubre a febrero) y la decena en la que se produjo el conteo (de la 1: 1ª decena de enero, a la 37: última decena de diciembre), las condiciones meteorológicas (tiempo: soleado, lluvia, niebla, nieve, nublado; viento: sin viento, viento medio, viento fuerte; temperatura: frío, templado, calor), el tipo de hábitat (Tabla 8) y la disponibilidad de recursos alimenticios (escaso, medio, abundante). Para el GAM de zorzal común también se incluyó la longitud de la línea de puestos (en metros). El valor de significación se fijó en 0,05.

Para evaluar el ajuste de los modelos, se usaron gráficos Q-Q de los residuos y gráficos de los valores observados vs. ajustados, junto al valor de R² ajustado.

2.3. Resultados

Durante las cuatro temporadas cinegéticas del proyecto han participado un total de 384 cotos zorzaleros, siendo las comunidades autónomas de Andalucía y Extremadura las más representadas (Tabla 9).

Tabla 9. Cotos zorzaleros por comunidad autónoma para las temporadas cinegéticas comprendidas entre 2020 y 2024. Un mismo coto pudo participar en más de una temporada.

COTOS ZORZALEROS	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Andalucía	20	75	80	40
Aragón	1	6	14	7
Castilla La Mancha	10	14	15	11
Castilla y León	0	2	3	3
Cataluña	8	18	12	14
Comunidad Valenciana	3	18	21	9
Extremadura	12	56	41	14
Islas Baleares	7	9	1	1
La Rioja	0	0	1	0
Navarra	0	2	2	2
Madrid	0	2	0	0
Murcia	1	2	2	2
País Vasco	0	0	2	4
TOTAL	62	204	194	107

2.3.1. Capturas

Se recogieron datos de capturas en 5991 jornadas de caza (8,95% de la temporada 2020/21; 32,53% de la temporada 2021/22, 38,56% de la temporada 2022/23 y 19,96% de la temporada 2023/24) (Tabla 10). En la Tabla 11, se muestra el número de zorzales por especie capturados totales, y por cazador y jornada, desglosando también por CCAA y temporada.

Tabla 10. Zorzales cazados por especie en las jornadas de caza entre 2020 y 2024, junto al número medio de cazadores por jornada y el número medio de zorzales por especie, cazador y jornada.

	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	Total
Jornadas de caza	536	1949	2310	1196	5991
Nº medio cazadores/jornada	1,37 ± 0,83	1,79 ± 3,29	2,73 ± 6,75	1,41 ± 1,69	2,03 ± 4,65
Total Zorzal común	10464	48026	86115	13558	158163
Zorzal común/cazador/jornada	6,83 ± 5,16	11,61 ± 9,94	12,70 ± 12,00	7,89 ± 8,09	10,87 ± 10,40
Total Zorzal alirrojo	325	9705	18652	908	29590
Zorzal alirrojo/cazador/jornada	0,20 ± 0,83	2,14 ± 5,41	1,76 ± 4,28	0,64 ± 2,57	1,54 ± 4,33
Total Zorzal charlo	149	367	770	279	1565
Zorzal charlo/cazador/jornada	0,06 ± 0,34	0,15 ± 0,60	0,20 ± 0,94	0,18 ± 1,17	0,17 ± 0,88
Total Zorzal real	29	250	291	87	657
Zorzal real/cazador/jornada	0,05 ± 0,61	0,08 ± 0,38	0,07 ± 0,63	0,07 ± 0,80	0,07 ± 0,60

En las tablas descriptivas que se presentan a continuación y los posteriores análisis sólo se tienen en cuenta el zorzal común y el alirrojo, ya que representan entre los dos el 99% de las capturas totales.

Las comunidades autónomas con mayores capturas promedio por cazador y jornada de zorzal común durante el periodo de estudio (2020-2024) fueron Cataluña, Extremadura, Castilla La Mancha, Aragón, Andalucía y Comunidad Valenciana. Mientras que, Castilla y León, La Rioja, Navarra, Extremadura y Aragón fueron las que tuvieron mayor promedio de capturas por cazador y jornada de zorzal alirrojo (Tabla 11).

Tabla 11. Capturas de zorzales comunes y alirrojos por cazador y jornada a nivel de comunidad autónoma para el periodo 2020-2024. En rojo se destacan aquellos periodos en los que los resultados deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño de muestra. DE: desviación estándar.

CCAA y temporada	Jornadas de Caza	Comunes cazados totales	Comunes/cazador /jornada	Alirrojos cazados totales	Alirrojos/cazador /jornada
Andalucía	2163	45459	9,37 ± 8,87	13626	1,35 ± 3,61
2020-21	139	1923	5,77 ± 4,22	156	0,28 ± 1,14
2021-22	668	9469	9,46 ± 9,24	2246	1,25 ± 3,06
2022-23	872	31247	12,46 ± 9,67	11163	2,31 ± 4,79
2023-24	484	2820	5,05 ± 4,88	61	0,13 ± 0,54
Aragón	284	2863	10,11 ± 9,95	636	2,23 ± 6,64
2020-21	51	226	NA	0	NA
2021-22	102	971	9,52 ± 7,73	328	3,22 ± 8,71
2022-23	89	1191	11,35 ± 12,89	295	2,06 ± 5,06
2023-24	42	475	8,96 ± 7,36	13	0,19 ± 0,49
Castilla La Mancha	279	5849	11,00 ± 11,44	3771	3,29 ± 6,23
2020-21	31	349	NA	48	NA
2021-22	72	2071	14,63 ± 13,51	637	3,77 ± 5,07
2022-23	85	2329	11,34 ± 13,39	2842	4,34 ± 7,27

2023-24	91	1100	8,77 ± 8,38	244	2,55 ± 6,30
Castilla y León	50	361	5,32 ± 9,06	430	7,16 ± 9,25
2021-22	9	88	9,78 ± 12,48	115	12,78 ± 15,24
2022-23	16	127	0,00 ± 0,00	255	14,00 ± 3,80
2023-24	25	146	5,84 ± 8,69	60	2,40 ± 3,95
Cataluña	610	12654	16,37 ± 15,78	604	1,06 ± 2,79
2020-21	89	1304	9,48 ± 6,10	19	0,10 ± 0,37
2021-22	124	3377	14,84 ± 13,04	341	3,24 ± 3,48
2022-23	232	5801	29,22 ± 21,37	124	0,36 ± 0,97
2023-24	165	2172	12,18 ± 10,99	120	0,55 ± 2,83
Comunidad Valenciana	1049	19139	9,35 ± 8,27	590	0,35 ± 1,30
2020-21	64	806	6,32 ± 4,12	3	0,00 ± 0,00
2021-22	228	3290	10,98 ± 10,36	127	0,55 ± 1,61
2022-23	583	13122	9,00 ± 7,09	449	0,39 ± 1,38
2023-24	174	1921	9,06 ± 9,23	11	0,05 ± 0,24
Extremadura	1212	68552	14,61 ± 11,69	9403	2,66 ± 5,88
2020-21	88	4846	6,83 ± 5,42	74	0,53 ± 1,24
2021-22	640	27822	14,02 ± 9,69	5796	3,06 ± 6,93
2022-23	329	31473	21,39 ± 15,88	3146	2,47 ± 4,38
2023-24	155	4411	9,62 ± 8,43	387	1,84 ± 3,01
Islas Baleares	150	1748	8,70 ± 5,49	25	0,04 ± 0,23
2020-21	60	852	6,83 ± 5,62	24	0,08 ± 0,33
2021-22	67	609	9,09 ± 5,05	1	0,01 ± 0,12
2022-23	12	179	14,92 ± 3,73	0	0,00 ± 0,00
2023-24	11	108	9,82 ± 2,93	0	0,00 ± 0,00
La Rioja	28	79	2,70 ± 4,23	172	4,71 ± 9,25
2022-23	28	79	2,70 ± 4,23	172	4,71 ± 9,25
Madrid	7	73	10,43 ± 8,26	54	7,71 ± 4,86
2021-22	7	73	10,43 ± 8,26	54	7,71 ± 4,86
Murcia	81	723	5,32 ± 3,54	71	0,61 ± 1,19
2020-21	14	158	NA	1	NA
2021-22	19	187	5,61 ± 2,29	7	0,32 ± 0,73
2022-23	22	226	6,00 ± 2,63	60	2,04 ± 1,57
2023-24	26	152	4,74 ± 4,58	3	0,06 ± 0,29
Navarra	53	386	7,28 ± 5,98	192	3,62 ± 5,39
2021-22	13	69	5,31 ± 5,04	53	4,08 ± 4,96
2022-23	39	305	7,82 ± 6,21	133	3,41 ± 5,63
2023-24	1	12	12,00 ± 0,00	6	6,00 ± 0,00
País Vasco	25	277	11,08 ± 5,79	16	0,64 ± 2,60
2022-23	3	36	12,00 ± 3,00	13	4,33 ± 7,51
2023-24	22	241	10,95 ± 6,11	3	0,14 ± 0,35
Total	5991	158163	10,87 ± 10,40	29590	1,54 ± 4,33

Tabla 12. Zorzales comunes y alirrojos capturados por cazador y jornada, número de jornadas de caza por temporada y zona biogeográfica.

Zonas Biogeográficas	Temporada	Jornadas	Total Común	Común /cazador /jornada	Total Alirrojo	Alirrojo /cazador /jornada
Costa Este		1748	30169	9,85 ± 9,49	1005	0,40 ± 1,42
Costa Este	2020-21	205	2553	6,97 ± 4,90	32	0,06 ± 0,29
Costa Este	2021-22	420	6775	10,42 ± 9,14	372	0,81 ± 2,11
Costa Este	2022-23	776	17497	10,83 ± 10,87	583	0,42 ± 1,37
Costa Este	2023-24	347	3344	8,52 ± 7,93	18	0,04 ± 0,25
Zona Central		200	3765	10,52 ± 10,73	3720	6,47 ± 8,48
Zona Central	2020-21	25	226	NA	48	NA
Zona Central	2021-22	33	358	11,07 ± 8,50	259	8,40 ± 9,05
Zona Central	2022-23	83	2503	11,20 ± 13,18	3123	7,53 ± 9,15
Zona Central	2023-24	59	678	9,82 ± 10,17	290	4,83 ± 7,53
Zona Norte		540	7274	12,30 ± 12,99	1232	2,39 ± 6,03
Zona Norte	2020-21	73	793	19,33 ± 6,25	15	0,17 ± 0,41
Zona Norte	2021-22	150	1852	11,53 ± 11,32	524	3,30 ± 7,47
Zona Norte	2022-23	228	3084	11,05 ± 14,18	565	2,35 ± 5,57
Zona Norte	2023-24	89	1545	15,72 ± 12,80	128	1,12 ± 3,82
Zona Suroeste		3503	116955	11,22 ± 10,37	23633	1,80 ± 4,55
Zona Suroeste	2020-21	233	6892	6,05 ± 4,57	230	0,35 ± 1,17
Zona Suroeste	2021-22	1346	39041	12,02 ± 10,01	8550	2,25 ± 5,55
Zona Suroeste	2022-23	1223	63031	14,40 ± 12,02	14381	2,37 ± 4,69
Zona Suroeste	2023-24	701	7991	6,34 ± 6,29	472	0,52 ± 1,67

La zona Suroeste fue la zona biogeográfica de la que se obtuvo más información sobre el aprovechamiento cinegético de los zorzales durante las cuatro temporadas del proyecto, con 3.503 jornadas de caza, en las que se reportó la captura de 116955 zorzales comunes (73,95% de las capturas totales de zorzal común) y 23633 zorzales alirrojos (79,87% de las capturas totales de zorzal alirrojo) (Tabla 12).

Con respecto, a las capturas promedio de zorzal común por cazador y jornada, fue muy parecida entre los cuatros zonas biogeográficas. En cambio, el promedio de capturas de zorzal alirrojo por cazador y jornada, fue mayor en la zona Central, seguida de la zona Norte y la zona Suroeste (Tabla 12).

El GAM seleccionado para zorzal común detectó efectos significativos de la temporada, el hábitat, el tiempo y los recursos alimenticios sobre el número de zorzales capturados por cazador y jornada. La decena y temperatura mostraron efectos marginalmente no significativos (Tabla 13). Se capturaron más zorzales comunes por cazador y jornada en las temporadas 2021/22 y 2022/23 que en la temporada 2020/21, sin observarse diferencias entre la temporada 2023/24 y la 2020/21 (Tabla 10, Tabla 13). En cuanto al tipo de hábitat, se detectaron efectos positivos de dos tipos de cultivos arbóreos: el olivar y las viñas (Tabla 3 y Anexo I, Tabla S1). Los días soleados y nublados también tuvieron un efecto positivo, al compararlos con los días lluviosos (Tabla 13). Una cantidad de alimento escasa se asoció negativamente al número de zorzales capturados, en comparación con una disponibilidad abundante (Tabla 13). Con respecto a efectos marginalmente no significativos, la decena 3 (3ª semana de enero) mostró una tendencia positiva con respecto a la categoría de referencia (decena 1), indicando un posible incremento en el número de zorzales comunes capturados de la primera a la tercera decena de enero, y los días templados mostraron una tendencia negativa con respecto a los cálidos (Tabla 13).

El GAM seleccionado para zorzal alirrojo detectó efectos significativos de la temporada, la zona biogeográfica, el hábitat, la temperatura y los recursos alimenticios sobre el número de zorzales capturados por cazador y jornada. El mes tuvo un efecto marginalmente no significativo (Tabla 14). Se capturaron más zorzales alirrojos por cazador y jornada en las temporadas 2021/22 y 2022/23 que en la temporada 2020/21, sin observarse diferencias entre la temporada 2023/24 y la 2020/21 (Tabla 10, Tabla 14). En cuanto a la zona biogeográfica, la zona Norte, la Central y la Suroeste se asociaron positivamente a las capturas de alirrojo, al compararlas con la Costa Este (Tabla 12, Tabla 14). Para el tipo de hábitat donde se produjeron las capturas, se detectaron efectos positivos y significativos de los cultivos arbóreos de olivar, viñas y otros, y un efecto positivo pero marginalmente no significativo del hábitat bosques y matorrales, al compararlos con los hábitats de dehesa (Tabla 14, y Anexo I, Tabla S1). Los días fríos tuvieron un efecto positivo, al compararlos con los días cálidos (Tabla 14), y una cantidad de alimento escasa se asoció negativamente al número de zorzales alirrojos capturados, en comparación con una disponibilidad abundante (Tabla 14). Con respecto a efectos marginalmente no significativos, el mes de octubre mostró una tendencia negativa con respecto a diciembre, indicando un posible incremento en el número de zorzales alirrojos capturados de octubre a diciembre (Tabla 14).

La R^2 del GAM de zorzal común fue de 0,46 y, el de alirrojo, de 0,39. Los gráficos de residuos para evaluar los análisis mostraron niveles de ajuste moderados, considerándose aceptables por no mostrar patrones claros como embudos o acumulaciones lejanas a la línea normal.

Tabla 13. GAM con distribución gaussiana con zorzales comunes capturados/cazador/jornada como variable respuesta. E.E.: Error estándar; p : significancia.

Variables	Coficiente	E.E.	Valor t	p
Intercepto	3,9982	10,7525	0,372	0,71003
Zona biogeográfica Central	0,2269	1,5029	0,151	0,88003
Zona biogeográfica Norte	-0,9855	0,6662	-1,479	0,13917
Zona biogeográfica Suroeste	0,258	0,4256	0,606	0,54445
Decena2	0,2565	0,8095	0,317	0,75134
Decena3	1,4096	0,7499	1,88	0,06024
Decena4	-2,9329	4,2558	-0,689	0,49078
Decena5	-0,6058	4,3878	-0,138	0,8902
Decena6	-1,3217	4,5334	-0,292	0,77064
Decena28	0,3173	11,466	0,028	0,97793
Decena29	-4,1242	10,3381	-0,399	0,68997
Decena30	-0,3677	10,318	-0,036	0,97157
Decena31	-1,922	10,3443	-0,186	0,85261
Decena32	-0,9199	10,3918	-0,089	0,92947
Decena33	-2,4136	10,3865	-0,232	0,81626
Decena34	-2,3197	10,4214	-0,223	0,82387
Decena35	-3,4852	10,4576	-0,333	0,73895
Decena36	-3,5675	10,4558	-0,341	0,73297
Decena37	-2,1083	10,4878	-0,201	0,84069
Temporada2021-22	3,7867	0,9536	3,971	7,30E-05 ***
Temporada2022-23	6,919	0,9526	7,263	4,62E-13 ***
Temporada2023-24	0,4577	0,9729	0,47	0,63805
TiempoNiebla	-4,2945	10,8909	-0,394	0,69337
TiempoNieve	-2,2049	5,5488	-0,397	0,69113
TiempoNublado	5,4889	2,0716	2,65	0,00809 **
TiempoSoleado	5,2786	2,0574	2,566	0,01034 *

VientoMedio	1,0524	0,6878	1,53	0,12608
VientoSin viento	-0,7191	0,6434	-1,118	0,26376
TemperaturaFrío	0,8037	0,5575	1,442	0,1495
TemperaturaTemplado	-1,0479	0,5421	-1,933	0,05331
Recursos_AlimentoEscaso	-3,1594	0,4089	-7,727	1,42E-14 ***
Recursos_AlimentoMedio	2,8767	3,1265	0,92	0,35758
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales	-0,7033	0,9178	-0,766	0,44355
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales Acebuches	-0,3769	1,1794	-0,32	0,74935
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos cítricos	-0,9313	1,5071	-0,618	0,53668
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos olivar	2,0473	0,8653	2,366	0,01804 *
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos otros	2,0648	1,4085	1,466	0,14274
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos viñas	7,9008	1,7124	4,614	4,09E-06 ***
Habitat_AgrupadoZonas cultivos herbáceos	-3,0418	2,968	-1,025	0,30551
Habitat_AgrupadoZonas riparias	0,9599	1,7289	0,555	0,57877
Mes_CazaEnero	-3,1023	10,4289	-0,297	0,76612
Mes_CazaFebrero	1,7865	11,2657	0,159	0,87401
Mes_CazaNoviembre	1,0344	1,1466	0,902	0,36703
Mes_CazaOctubre	-0,5292	1,9673	-0,269	0,78796

Tabla 14. GAM con distribución gaussiana con zorzales alirrojos capturados/cazador/jornada como variable respuesta. E.E.: Error estándar; *p*: significancia.

Variables	Coficiente	E.E.	Valor t	<i>p</i>
Intercepto	0,659116	4,677623	0,141	0,88795
Zona biogeográfica Central	6,151871	0,653797	9,409	<2E-16 ***
Zona biogeográfica Norte	1,437194	0,289817	4,959	7,41E-07 ***
Zona biogeográfica Suroeste	1,114907	0,185129	6,022	1,89E-09 ***
Decena2	-0,128663	0,35217	-0,365	0,71488
Decena3	0,487526	0,326246	1,494	0,13517
Decena4	-0,656292	1,851414	-0,354	0,723
Decena5	-0,993978	1,9088	-0,521	0,60258
Decena6	0,791156	1,972136	0,401	0,68832
Decena28	-0,53913	4,988028	-0,108	0,91393
Decena29	-0,965496	4,497374	-0,215	0,83003
Decena30	-1,049849	4,488617	-0,234	0,81508
Decena31	-0,475137	4,50006	-0,106	0,91592
Decena32	-1,384415	4,520741	-0,306	0,75944
Decena33	-1,593573	4,518421	-0,353	0,72435
Decena34	-1,484129	4,53358	-0,327	0,74341
Decena35	-2,068952	4,549344	-0,455	0,6493
Decena36	-1,482783	4,548561	-0,326	0,74445
Decena37	-1,886934	4,562494	-0,414	0,67921
Temporada2021-22	1,376354	0,414861	3,318	0,00092 ***
Temporada2022-23	1,509889	0,414422	3,643	0,00027 ***
Temporada2023-24	0,007439	0,423231	0,018	0,98598
TiempoNiebla	1,153143	4,737842	0,243	0,80772
TiempoNieve	-1,429221	2,413898	-0,592	0,55383
TiempoNublado	-0,158063	0,901187	-0,175	0,86078
TiempoSoleado	0,00618	0,895024	0,007	0,99449

VientoMedio	-0,149071	0,299211	-0,498	0,61836
VientoSin viento	-0,237484	0,279901	-0,848	0,39624
TemperaturaFrío	0,895174	0,242524	3,691	0,00023 ***
TemperaturaTemplado	0,376694	0,235842	1,597	0,1103
Recursos_AlimentoEscaso	-0,840398	0,177884	-4,724	2,40E-06 ***
Recursos_AlimentoMedio	-1,488147	1,36011	-1,094	0,27397
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales	0,76064	0,399254	1,905	0,05684 .
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales Acebuches	0,042028	0,513093	0,082	0,93472
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos olivar	0,411845	0,655637	0,628	0,52994
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos cítricos	0,768579	0,376443	2,042	0,04126 *
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos otros	1,352732	0,61272	2,208	0,02733 *
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos viñas	3,461474	0,744948	4,647	3,50E-06 ***
Habitat_AgrupadoZonas cultivo herbáceos	0,096578	1,291171	0,075	0,94038
Habitat_AgrupadoZonas riparias	0,797868	0,752106	1,061	0,28883
Mes_CazaEnero	-1,976334	4,536871	-0,436	0,66314
Mes_CazaFebrero	-0,616619	4,900916	-0,126	0,89988
Mes_CazaNoviembre	-0,495587	0,498805	-0,994	0,32051
Mes_CazaOctubre	-1,566767	0,855825	-1,831	0,06723 .

2.3.2. Conteos

Se recogieron datos de 1697 jornadas de conteos (13,14% de la temporada 2020/21; 33,94% de la temporada 2021/22, 33,18% de la temporada 2022/23 y 19,74% de la temporada 2023/24) en los cotos zorzaleros. El promedio de zorzales vistos por especie, censador y jornada en el periodo estudiado se muestra en la Tabla 15, y en la Tabla 16 se muestra además desglosado por CCAA.

Tabla 15. Zorzales avistados por especie, censador, jornada y temporada cinegética. También se muestran el número total de jornadas de conteos realizadas y el número medio de censadores por jornada (\pm su desviación estándar).

	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	Total
Jornadas de conteo	223	576	563	335	1697
Nº medio censadores/jornada	1,73 \pm 2,64	1,41 \pm 0,79	1,59 \pm 1,16	1,63 \pm 0,75	1,56 \pm 1,29
Total Zorzal común	16005	63204	67423	17145	163777
Zorzal común/censador/jornada	53,40 \pm 78,59	65,39 \pm 76,80	78,17 \pm 100,06	28,51 \pm 37,25	60,62 \pm 81,81
Total Zorzal alirrojo	1126	20431	8900	2873	33330
Zorzal alirrojo/censador/jornada	2,72 \pm 6,13	8,96 \pm 29,31	10,59 \pm 23,99	3,99 \pm 15,47	7,69 \pm 23,31
Total Zorzal charlo	173	1315	888	1061	3437
Zorzal charlo/censador/jornada	0,68 \pm 1,86	1,42 \pm 3,25	1,02 \pm 4,05	1,33 \pm 6,25	1,18 \pm 4,16
Total Zorzal real	161	308	295	93	857
Zorzal real/censador/jornada	0,73 \pm 3,54	0,50 \pm 1,95	0,38 \pm 5,20	0,15 \pm 0,89	0,42 \pm 3,46

Las comunidades autónomas con mayores avistamientos promedio por censador y jornada de zorzal común durante el periodo de estudio (2020-2024) fueron Extremadura, Aragón, Castilla La Mancha, Andalucía y Cataluña. Mientras que, Castilla y La Mancha y Extremadura fueron las que tuvieron mayor promedio de avistamientos por censador y jornada de zorzal alirrojo (Tabla 16).

Tabla 16. Avistamientos de zorzal común y alirrojo por censador durante las jornadas de conteo a nivel de comunidad autónoma para el periodo 2020-2024. En **rojo** se destacan aquellos periodos en los que los resultados deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño de muestra. DE: desviación estándar.

CCAA y temporada	Jornadas de Conteo	Comunes avistados totales	Comunes/censador /jornada	Alirrojos avistados totales	Alirrojos/censador /jornada
Andalucía	545	43798	55,75 \pm 69,97	16331	7,71 \pm 19,60
2020-21	68	2902	35,64 \pm 54,02	502	1,80 \pm 6,08
2021-22	164	14138	49,84 \pm 61,64	11714	5,75 \pm 15,41
2022-23	212	23871	81,34 \pm 83,73	3933	14,03 \pm 26,03
2023-24	101	2887	25,73 \pm 33,21	182	1,73 \pm 10,12
Aragón	106	7621	75,23 \pm 93,00	344	3,11 \pm 4,34
2020-21	30	1556	67,52 \pm 62,29	68	2,96 \pm 2,77
2021-22	13	1964	151,08 \pm 69,07	37	2,85 \pm 4,10
2022-23	38	3776	94,89 \pm 117,63	219	4,80 \pm 5,71
2023-24	25	325	13,00 \pm 15,06	20	0,80 \pm 1,08
Castilla La Mancha	85	11966	74,44 \pm 126,79	4749	13,10 \pm 32,40
2020-21	27	6656	122,60 \pm 116,05	3229	12,03 \pm 17,12
2021-22	12	1765	159,44 \pm 247,56	332	29,64 \pm 63,84
2022-23	46	3545	33,18 \pm 57,49	1188	9,60 \pm 25,76
Castilla y León	5	267	53,40 \pm 19,62	26	5,20 \pm 5,02

2020-21	4	225	56,25 ± 21,42	26	6,50 ± 4,73
2022-23	1	42	42,00 ± 0,00	0	0,00 ± 0,00
Cataluña	215	9268	36,56 ± 60,65	707	1,87 ± 10,31
2020-21	43	1944	38,15 ± 60,44	134	2,54 ± 6,99
2021-22	65	2053	29,02 ± 54,59	24	0,35 ± 2,48
2022-23	91	4003	38,33 ± 67,09	10	0,06 ± 0,56
2023-24	16	1268	56,90 ± 48,56	539	17,17 ± 33,91
Comunidad Valenciana	176	4715	29,43 ± 30,36	133	0,88 ± 4,65
2020-21	8	273	34,13 ± 24,21	12	1,50 ± 4,24
2021-22	70	2584	33,22 ± 31,63	28	0,33 ± 1,96
2022-23	68	1732	24,99 ± 29,41	93	1,37 ± 6,35
2023-24	30	126	4,20 ± 4,37	0	0,00 ± 0,00
Extremadura	551	83474	80,03 ± 85,34	10147	11,43 ± 29,78
2020-21	66	9007	80,18 ± 110,47	354	3,34 ± 6,66
2021-22	234	35802	86,91 ± 84,69	5386	16,27 ± 42,21
2022-23	136	29770	105,86 ± 89,73	3491	13,54 ± 15,70
2023-24	115	8895	35,42 ± 32,84	916	3,75 ± 13,03
Islas Baleares	4	98	24,50 ± 14,98	30	7,50 ± 5,26
2020-21	4	98	24,50 ± 14,98	30	7,50 ± 5,26
Navarra	7	110	15,71 ± 23,84	43	6,14 ± 8,15
2021-22	3	7	2,33 ± 4,04	13	4,33 ± 7,51
2022-23	2	4	2,00 ± 1,41	2	1,00 ± 1,41
2023-24	2	99	49,50 ± 13,44	28	14,00 ± 9,90
País Vasco	3	2460	410,00 ± 517,98	820	136,67 ± 109,70
2022-23	3	2460	410,00 ± 517,98	820	136,67 ± 109,70
Total	1697	163777	60,62 ± 81,81	33330	7,69 ± 23,31

Igual que para las capturas, la zona Suroeste fue la zona biogeográfica de la que se obtuvo más información sobre conteos a lo largo de las cuatro temporadas del proyecto, con 1147 jornadas de censo (67,59% del total de jornadas), en las que se reportó el avistamiento de 136415 zorzales comunes (83,29% de los avistamientos totales de zorzal común) y 30112 alirrojos (90,43% de los avistamientos totales de zorzal alirrojo) (Tabla 17).

Con respecto, a los avistamientos promedio de zorzal común por censador y jornada, fue mayor el doble en la zona Norte y Suroeste que en la Zona Central y Costa Este. Mientras que, el promedio de avistamientos de zorzal alirrojo por censador y jornada, fue mayor en la zona Central, seguida de la zona Suroeste y la zona Norte (Tabla 17).

Tabla 17. Zorzales comunes y alirrojos avistados por censador y jornada en las distintas zonas biogeográficas y temporadas. En rojo se destacan aquellos periodos en los que los resultados deben interpretarse con cautela por el reducido tamaño de muestra. DE: desviación estándar.

Zonas Biogeográficas	Temporada	Jornadas de conteos	Total Común	Común /censador /jornada	Total Alirrojo	Alirrojo /censador /jornada
Costa Este		376	12299	29,27 ± 47,29	286	0,67 ± 3,75
Costa Este	2020-21	46	1505	27,28 ± 49,27	127	2,11 ± 5,81
Costa Este	2021-22	136	4652	31,08 ± 43,94	56	0,37 ± 2,23
Costa Este	2022-23	154	5611	32,70 ± 54,22	103	0,69 ± 4,45
Costa Este	2023-24	40	531	13,28 ± 19,59	0	0,00 ± 0,00
Zona Central		37	3075	35,07 ± 62,33	1137	11,81 ± 28,84
Zona Central	2020-21	4	225	56,25 ± 21,42	26	6,50 ± 4,73
Zona Central	2021-22	5	372	26,40 ± 25,54	17	1,13 ± 2,53
Zona Central	2022-23	9	57	5,73 ± 14,67	12	0,75 ± 1,41
Zona Central	2023-24	19	2421	45,25 ± 81,47	1082	20,40 ± 37,96
Zona Norte		137	11988	77,72 ± 119,58	1795	8,20 ± 27,35
Zona Norte	2020-21	39	2366	74,43 ± 59,54	117	3,90 ± 5,44
Zona Norte	2021-22	16	1971	123,19 ± 86,10	50	3,13 ± 4,62
Zona Norte	2022-23	49	6364	100,49 ± 170,87	1041	12,13 ± 39,52
Zona Norte	2023-24	33	1287	24,85 ± 39,31	587	8,74 ± 23,11
Zona Suroeste		1147	136415	69,56 ± 83,21	30112	9,76 ± 25,73
Zona Suroeste	2020-21	134	11909	57,57 ± 89,07	856	2,56 ± 6,39
Zona Suroeste	2021-22	419	56209	75,04 ± 81,35	20308	12,15 ± 33,92
Zona Suroeste	2022-23	351	55391	95,25 ± 95,84	7744	14,64 ± 24,95
Zona Suroeste	2023-24	243	12906	30,20 ± 33,02	1204	2,72 ± 11,13

El GAM seleccionado para conteos de zorzal común detectó efectos significativos de la temporada, la zona biogeográfica, los recursos alimenticios y la longitud de la línea de puestos de censo sobre el número de zorzales comunes vistos por censador y jornada. La decena, el mes y el tiempo mostraron efectos marginalmente no significativos (Tabla 18). Se avistaron más zorzales comunes por censador y jornada en las temporadas 2021/22 y 2022/23 que en la temporada 2020/21, y se avistaron menos zorzales comunes en la temporada 2023/24 que en la 2020/21 (Tabla 15, Tabla 18). En cuanto a la zona biogeográfica, la zona Suroeste tuvo un efecto positivo sobre el avistamiento de zorzales comunes, comparando con la zona Este, sin

observarse diferencias en el resto de zonas (Tabla 17, Tabla 18). Una cantidad de alimento intermedia mostró un efecto positivo sobre el número de zorzales comunes avistados, en comparación con una disponibilidad abundante (Tabla 18), y varias longitudes de la línea del censo entre 180 y 1200 m también mostraron efectos positivos, al compararlas con la de 50 m (Tabla 18). Con respecto a efectos marginalmente no significativos, la decena 29 (2ª decena de octubre) mostró una tendencia negativa con respecto a la categoría de referencia (decena 1, 1ª decena de enero), indicando un posible incremento en el número de zorzales comunes avistados de la 2ª decena de octubre a la 1ª decena de enero; el mes de noviembre mostró una tendencia positiva con respecto a diciembre, indicando un posible descenso en el número de zorzales comunes avistados de noviembre a diciembre (Tabla 18); y los días con niebla mostraron una tendencia negativa con respecto a los días lluviosos (Tabla 18).

El GAM seleccionado para conteos de zorzal alirrojo detectó efectos significativos de la temporada, la zona biogeográfica, el mes, la decena y el hábitat sobre el número de alirrojos vistos por censador y jornada. El viento tuvo un efecto marginalmente no significativo (Tabla 19). Se avistaron más zorzales alirrojos por censador y jornada en las temporadas 2021/22 y 2022/23 que en la temporada 2020/21, sin observarse diferencias entre la temporada 2023/24 y la 2020/21 (Tabla 15, Tabla 19). En cuanto a la zona biogeográfica, las zonas Norte y Suroeste, pero no la zona Centro, tuvieron efectos positivos sobre el avistamiento de zorzales alirrojos, al compararlas con la zona Este (Tabla 17, Tabla 19). Los meses de noviembre y marzo mostraron efectos positivos con respecto a diciembre, indicando una variación (en primer lugar, un descenso y, luego, un incremento) entre los meses de noviembre y marzo (Tabla 19) en los zorzales alirrojos avistados. Los efectos negativos de las decenas 31, 32 y 33 (1ª, 2ª y 3ª decena de noviembre) y el efecto positivo de la decena 35 (2ª decena de diciembre), con respecto a la decena 1, indican un patrón parcialmente coincidente al del mes: una disminución (desde noviembre), seguida de un aumento (desde mediados de diciembre a principios de enero). Para el tipo de hábitat donde se produjeron los avistamientos, se detectaron efectos positivos del olivar, al compararlo con los hábitats de dehesa (Tabla 19, y Anexo I, Tabla S2). Con respecto a efectos marginalmente no significativos, los días con viento medio mostraron una tendencia negativa con respecto a los días con viento fuerte (Tabla 19).

La R^2 del GAM de zorzal común fue de 0,49, y el de alirrojo, de 0,46. Los gráficos de residuos para evaluar los análisis mostraron niveles de ajuste moderados, considerándose aceptables por no mostrar patrones claros como embudos o acumulaciones lejanas a la línea normal.

Tabla 18. GAM con distribución gaussiana con zorzales comunes avistados/censador/jornada como variable respuesta. E.E.: Error estándar; *p*: significancia.

Variables	Coficiente	E.E.	Valor t	<i>p</i>
Intercepto	4,94289	26,05287	0,19	0,849561
Zona biogeográfica Central	-1,67168	23,96931	-0,07	0,944412
Zona biogeográfica Norte	31,29413	20,42637	1,532	0,125811
Zona biogeográfica Suroeste	33,82471	9,19735	3,678	0,000247 ***
Decena2	-1,34321	11,72088	-0,115	0,908784
Decena3	-14,48266	12,77242	-1,134	0,257093
Decena4	-32,75917	52,29398	-0,626	0,53116
Decena5	10,53259	54,75341	0,192	0,847494
Decena6	-7,19933	57,75284	-0,125	0,900818
Decena7	-22,75411	43,35018	-0,525	0,599769
Decena8	17,23825	33,17277	0,52	0,603416
Decena9	41,46486	56,69368	0,731	0,464707
Decena28	-15,77507	31,6388	-0,499	0,618166
Decena29	-34,38847	20,17619	-1,704	0,088599 .
Decena30	0,89035	19,3796	0,046	0,963365
Decena31	-9,7332	11,91396	-0,817	0,414137
Decena32	-2,35471	11,53363	-0,204	0,838267
Decena33	-19,50932	12,40938	-1,572	0,116217
Decena34	1,10026	9,68755	0,114	0,909596
Decena35	6,3377	12,22827	0,518	0,60437
Decena36	-2,05744	12,48972	-0,165	0,869188
Decena37	4,8135	14,86602	0,324	0,74616
Temporada21-22	21,53686	7,81694	2,755	0,005967 **
Temporada22-23	43,35363	8,28138	5,235	1,99E-07 ***
Temporada23-24	-22,10566	9,15925	-2,413	0,01597 *
TiempoNiebla	-41,16406	24,25265	-1,697	0,089934 .

TiempoNublado	5,31552	12,89421	0,412	0,680246
TiempoSoleado	0,8154	12,53401	0,065	0,948143
VientoMedio	-7,8035	8,53205	-0,915	0,360605
VientoSin viento	5,8041	7,99678	0,726	0,468119
TemperaturaFrío	3,32103	7,48952	0,443	0,65755
Temperaturatemplado	4,79226	7,30664	0,656	0,512046
Recursos_Alimentoescaso	-11,72043	6,33749	-1,849	0,064682 .
Recursos_AlimentoMedio	32,98696	13,04259	2,529	0,011578 *
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales	-11,93746	13,51078	-0,884	0,37714
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales Acebuches	-21,94459	14,28099	-1,537	0,124684
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos cítricos	-2,06233	21,63344	-0,095	0,92407
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos olivar	-3,12824	12,14261	-0,258	0,796746
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos otros	8,90365	38,74866	0,23	0,818308
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos viñas	-27,62531	20,72603	-1,333	0,182859
Habitat_AgrupadoZonas cultivo herbáceos	12,66195	30,29611	0,418	0,676076
Habitat_AgrupadoZonas riparias	-24,58913	21,14533	-1,163	0,245148
Mes_ConteoEnero	5,61443	11,97711	0,469	0,639336
Mes_ConteoFebrero	34,05586	50,26533	0,678	0,498223
Mes_ConteoMarzo	35,94899	23,84006	1,508	0,131873
Mes_ConteoNoviembre	25,70705	14,90792	1,724	0,08493 .
Mes_ConteoOctubre	18,15677	23,49204	0,773	0,43976
Long_Linea_Puestos60	-26,86927	45,17823	-0,595	0,552145
Long_Linea_Puestos70	-29,4558	53,31839	-0,552	0,580756
Long_Linea_Puestos75	-17,15669	27,06423	-0,634	0,526267
Long_Linea_Puestos80	-46,28935	44,35202	-1,044	0,296872

Long_Linea_Puestos90	5,8537	25,9428	0,226	0,821526
Long_Linea_Puestos100	0,02549	14,88095	0,002	0,998633
Long_Linea_Puestos120	-3,58117	29,37974	-0,122	0,903007
Long_Linea_Puestos130	24,48179	54,18739	0,452	0,651507
Long_Linea_Puestos140	-59,38763	33,91048	-1,751	0,080183
Long_Linea_Puestos150	-16,59553	15,57806	-1,065	0,286977
Long_Linea_Puestos160	-53,47564	40,52955	-1,319	0,187314
Long_Linea_Puestos170	24,63179	53,35636	0,462	0,64443
Long_Linea_Puestos175	-13,69865	39,96706	-0,343	0,731856
Long_Linea_Puestos180	73,01006	33,13709	2,203	0,027791 *
Long_Linea_Puestos200	2,68368	14,99052	0,179	0,857952
Long_Linea_Puestos250	18,22543	17,33051	1,052	0,293206
Long_Linea_Puestos270	157,62895	74,23921	2,123	0,033964 *
Long_Linea_Puestos280	-51,88966	33,48926	-1,549	0,121575
Long_Linea_Puestos290	3,8344	75,67493	0,051	0,959599
Long_Linea_Puestos300	0,21344	15,41067	0,014	0,988952
Long_Linea_Puestos310	21,94213	75,51893	0,291	0,771451
Long_Linea_Puestos320	59,94046	46,67527	1,284	0,199353
Long_Linea_Puestos340	262,33028	53,65074	4,89	1,17E-06 ***
Long_Linea_Puestos350	22,91434	22,52585	1,017	0,309269
Long_Linea_Puestos400	20,54192	17,91785	1,146	0,251869
Long_Linea_Puestos430	123,80298	53,17258	2,328	0,020083 *
Long_Linea_Puestos450	33,90737	32,95637	1,029	0,303783
Long_Linea_Puestos500	1,94777	17,34525	0,112	0,910611
Long_Linea_Puestos550	11,55074	35,75876	0,323	0,746745
Long_Linea_Puestos600	57,36656	18,9335	3,03	0,002506 **
Long_Linea_Puestos650	18,85657	73,87512	0,255	0,79858
Long_Linea_Puestos670	-51,94031	73,55925	-0,706	0,480281
Long_Linea_Puestos700	23,65153	20,7325	1,141	0,254214

Long_Linea_Puestos800	46,11535	19,57389	2,356	0,018657 *
Long_Linea_Puestos850	21,49022	74,3281	0,289	0,772541
Long_Linea_Puestos900	130,36053	26,27926	4,961	8,19E-07 ***
Long_Linea_Puestos932	-13,90585	74,76427	-0,186	0,852484
Long_Linea_Puestos943	69,92111	37,82557	1,849	0,064807 ,
Long_Linea_Puestos1000	5,45635	20,77873	0,263	0,792915
Long_Linea_Puestos1200	88,236	35,8291	2,463	0,013949 *
Long_Linea_Puestos1500	48,46194	73,87942	0,656	0,511993
Long_Linea_Puestos1600	136,87603	73,99429	1,85	0,064619 .

Tabla 19. GAM con distribución gaussiana con zorzales alirrojos avistados/censador/jornada como variable respuesta. E.E.: Error estándar; p : significancia.

Variables	Coficiente	E.E.	Valor t	p
Intercepto	-4,2835	6,9953	-0,612	0,540444
Zona biogeográfica Central	5,3742	7,5529	0,712	0,476901
Zona biogeográfica Norte	18,6614	6,6607	2,802	0,005172 **
Zona biogeográfica Suroeste	7,5243	2,9864	2,52	0,011893 *
Decena2	3,026	3,9134	0,773	0,439545
Decena3	-1,5776	4,2565	-0,371	0,710975
Decena4	-1,426	17,3818	-0,082	0,934631
Decena5	-0,3435	18,198	-0,019	0,984945
Decena6	4,0053	19,185	0,209	0,834666
Decena7	-4,6065	14,5997	-0,316	0,752427
Decena8	17,2721	11,1674	1,547	0,122234
Decena9	6,6552	19,0656	0,349	0,727105
Decena28	-10,087	10,4565	-0,965	0,334925
Decena29	-7,9338	6,5937	-1,203	0,229146
Decena30	-9,8352	6,3411	-1,551	0,121186
Decena31	-11,7794	3,9127	-3,011	0,002667 **

Decena32	-13,5403	3,8011	-3,562	0,000383 ***
Decena33	-9,3685	4,0757	-2,299	0,021712 *
Decena34	4,2753	3,1913	1,34	0,180623
Decena35	8,0638	4,0345	1,999	0,045888 *
Decena36	2,6765	4,0888	0,655	0,512869
Decena37	9,0842	4,9174	1,847	0,064962 .
Temporada21-22	7,5782	2,4391	3,107	1,94E-03 **
Temporada22-23	10,8693	2,6207	4,148	3,62E-05 ***
Temporada23-24	0,4856	2,8026	0,173	0,862468
TiempoNiebla	-11,1697	8,062	-1,385	0,166186
TiempoNublado	-2,6513	4,2501	-0,624	0,532867
TiempoSoleado	-2,5739	4,1234	-0,624	0,532612
VientoMedio	-5,2659	2,7833	-1,892	0,058755 .
VientoSin viento	2,8453	2,6269	-1,083	0,278986
TemperaturaFrío	0,1812	2,4334	-0,074	0,940658
Temperaturatemplado	2,6229	2,3784	1,103	0,270348
Recursos_Alimentoescaso	-1,1091	2,0018	0,554	0,579649
Recursos_AlimentoMedio	1,428	4,2839	0,333	0,738939
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales	2,8674	4,1449	-0,692	0,489209
Habitat_AgrupadoBosques y Matorrales Acebuches	-3,1587	4,274	-0,739	0,46003
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos cítricos	10,9077	7,0205	1,554	0,120546
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos olivar	0,5292	3,726	-0,142	0,000191 ***
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos otros	-7,4551	12,8118	-0,582	0,560758
Habitat_AgrupadoZonas cultivo arbóreos viñas	-9,0827	6,5179	-1,394	0,163749
Habitat_AgrupadoZonas cultivo herbáceos	-9,8604	10,0178	-0,984	0,32519

Habitat_AgrupadoZonas riparias	-9,2532	6,6285	-1,396	0,163006
Mes_ConteoEnero	3,6623	3,9457	0,928	0,35353
Mes_ConteoFebrero	11,1777	16,6642	0,671	0,502516
Mes_ConteoMarzo	19,3209	7,9668	2,425	0,015462 *
Mes_ConteoNoviembre	18,5767	4,8972	3,793	0,000157 ***
Mes_ConteoOctubre	11,6452	7,589	1,534	0,125202

3. RECUPERACIÓN DE ANILLAS

A pesar de que existen técnicas modernas para el estudio de los movimientos de las aves, como la telemetría por satélite, los datos de anillamiento siguen jugando un papel fundamental en el estudio de su biología y ecología. El anillamiento es una metodología que implica la captura, marcaje mediante anillas, suelta y, en su caso, recaptura de aves, permitiendo determinar la edad de los individuos, conocer los movimientos individualizados de los ejemplares anillados y el tiempo de supervivencia de los individuos recapturados, así como obtener datos biométricos y muestras biológicas (p. ej., sangre, excrementos, etc.). Este método, relativamente sencillo y económico, es una fuente de datos básica para el estudio de especies migratorias como las distintas especies de zorzales. No obstante, entre sus principales desventajas destacan: *i)* una baja tasa de recaptura, especialmente cuando se realizan estudios de migración entre áreas de cría e invernada (Clark et al., 2002); y *ii)* las molestias y estrés al que se enfrentan las aves durante el proceso de captura, manejo y manipulación (Villarán, 2002).

Los objetivos de este capítulo han sido describir los lugares de reproducción, el tiempo de supervivencia desde el anillamiento hasta que se capturan y los desplazamientos de los zorzales anillados que se han recuperado mediante la caza en el marco del proyecto Zorzales. La determinación de estas variables es esencial para establecer adecuadas estrategias de gestión de sus poblaciones.

3.1. Metodología

De cada individuo recapturado mediante la caza se registró, por parte del cazador: localidad, fecha, hora de captura y especie.

La numeración y remite de la anilla, la especie, localidad, fecha y hora de captura se notificaron a la Oficina de Anillamiento de Aranzadi, con más de 300 anilladores adscritos. Esta entidad es miembro de EURING, el ente supraestatal que coordina el anillamiento de aves en Europa, desde su constitución. La Fundación Artemisan mantiene una estrecha colaboración con Aranzadi, y esta entidad remitió a Artemisan los informes oficiales de anillamiento, en los cuales se detalla la edad, localidad de donde se anilló, el tiempo de supervivencia (como la diferencia en el número de días transcurridos entre la fecha de anillamiento y recaptura por caza) y el desplazamiento (como la distancia recorrida en línea recta entre la zona de

anillamiento y la de recaptura). A su vez estos informes se enviaron a los cazadores que recapturaron e informaron de los zorzales anillados cazados.

Para incrementar la notificación de zorzales anillados que son recuperados mediante caza, se impartieron 12 jornadas presenciales de formación, se difundieron más de 30 publicaciones en redes sociales y se puso a disposición del colectivo cinegético un teléfono (639 714 368) y email (zorzales@fundacionartemisan.com) de contacto.

3.2. Resultados

3.2.1. Recuperación de anillas

Durante las cuatro temporadas del proyecto Zorzales se han recuperado un total de 723 anillas a través de su caza (Figura 24). La temporada cinegética 2022/2023 destaca en cuanto al número de anillas recuperadas, con un total de 307 (269 de zorzales comunes, 37 de alirrojos y 1 de charlo), seguida de la temporada 2021/2022, con 175 anillas (161 comunes, 13 alirrojos y 1 charlo), la temporada 2023/2024, con 129 anillas (117 comunes, 10 alirrojos y 2 charlos), y la temporada 2020/2021, en la que se recuperaron 112 anillas (104 comunes y 8 alirrojos).

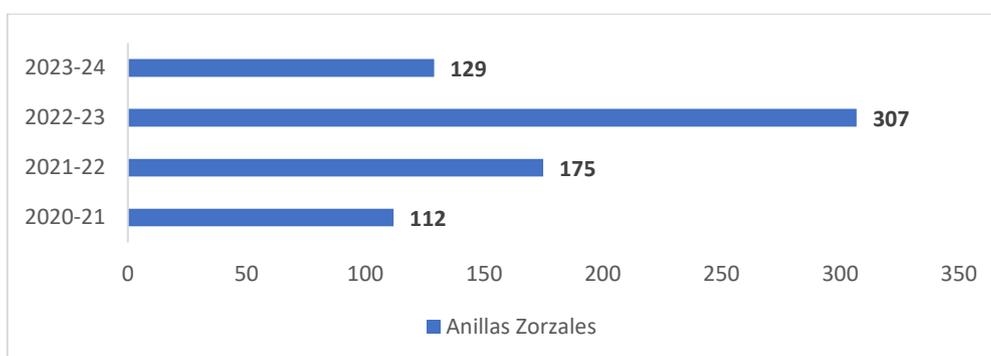


Figura 24. Número de anillas recuperadas por los cazadores colaboradores durante los cuatro periodos de ejecución del proyecto Zorzales.

El mayor porcentaje de recuperaciones fue de zorzal común, con un 90% del total de las anillas de zorzales recuperadas por cazadores. Le siguió el **zorzal alirrojo, con un 9,5%** y, por último, el **zorzal charlo, el menos representado, con un 0,5%**. Se obtuvieron informes para el 88% de las anillas recuperadas, gracias a la Sociedad de anillamiento de Aranzadi. Durante estos cuatro años del proyecto Zorzales (2020-2023), la implicación del colectivo cinegético **incrementó en 4,5 veces el número de recuperaciones tramitadas por Aranzadi**, con 281,25 anillas/año, respecto al histórico previo de 62,2 anillas/año (2015-2019). En la Figura 25 se compara el porcentaje de anillas tramitadas por el proyecto Zorzales y por Aranzadi entre 2020 y 2023.

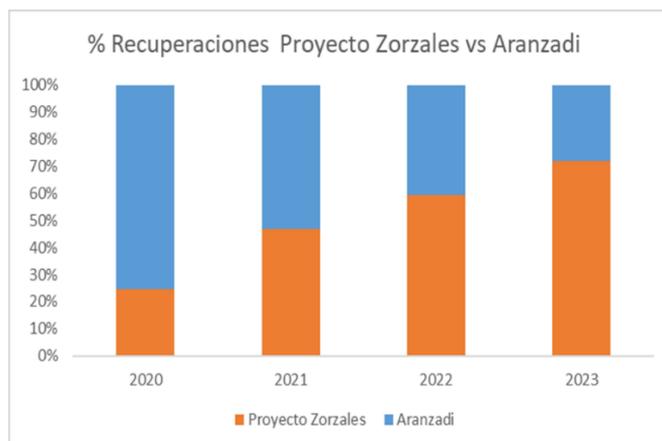
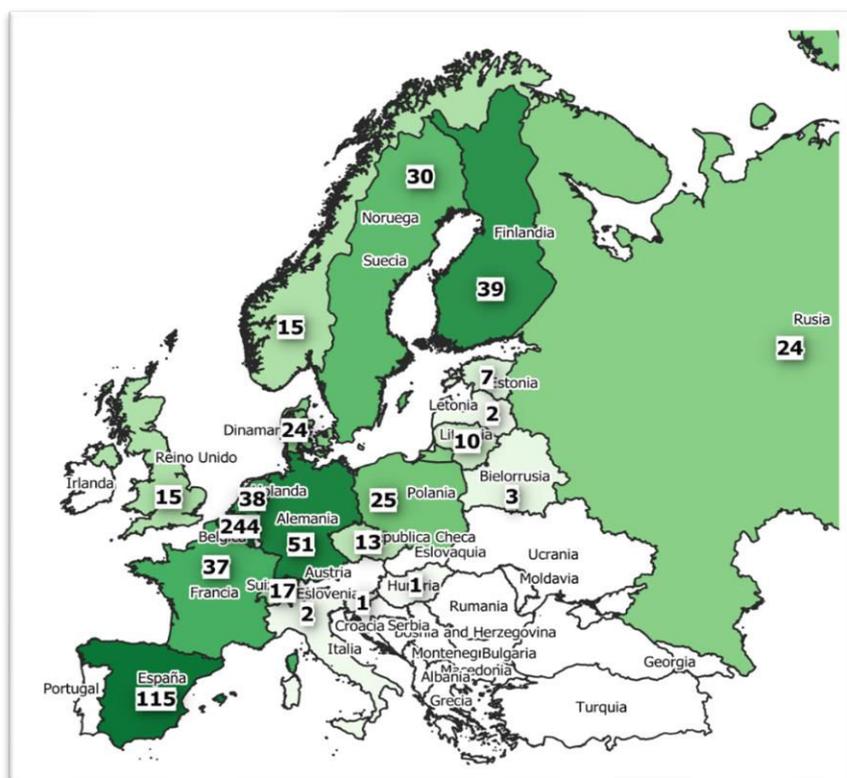


Figura 25. Porcentajes de recuperación de anillas de todas las especies de zorzales tramitadas por Aranzadi (barra completa). En naranja, las procedentes del proyecto Zorzales.

3.2.2. Origen de los zorzales con anilla recuperados en España

El mayor número de las anillas recuperadas de zorzales en España tienen su origen en Bélgica (34,23% del total de anillas recuperadas en el proyecto Zorzales). A estos les siguen los zorzales anillados en España (16,15%), en los países de la parte atlántica de Europa (Alemania, Holanda, Francia y Polonia) y los países del norte de Europa (Noruega, Finlandia, Rusia y Dinamarca) (Figura 26).



Los siguientes mapas por especie ilustran los trayectos en línea recta desde el lugar de anillamiento de los zorzales comunes y alirrojos hasta el lugar de la recuperación (Figura 27 y 28).

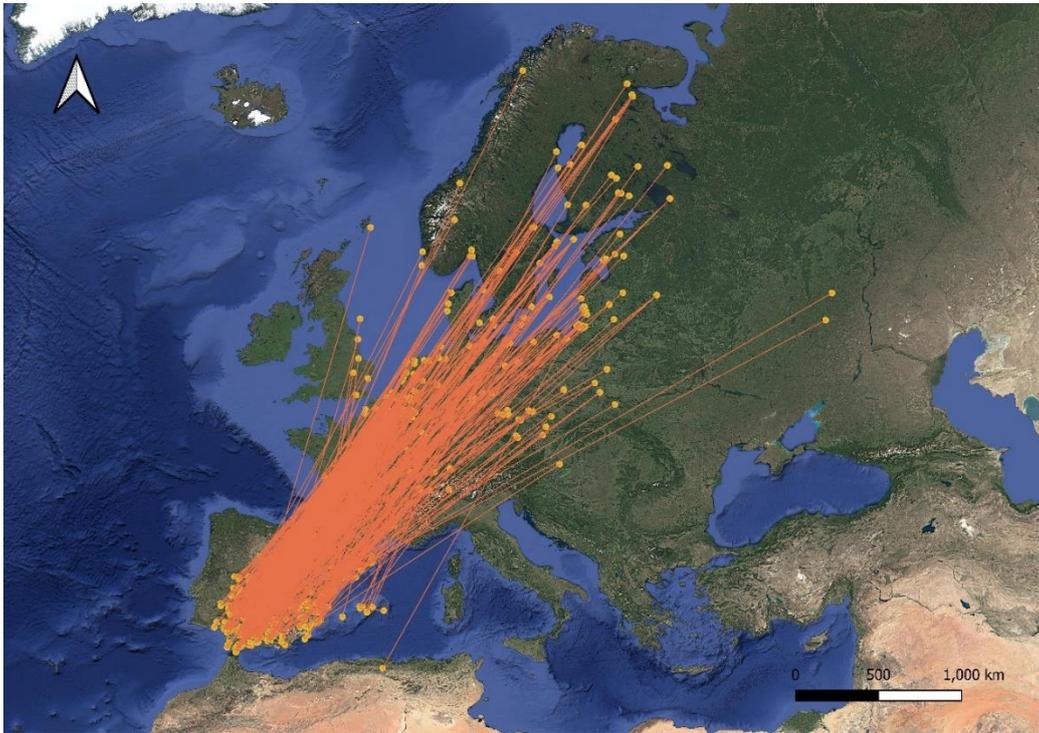


Figura 27. Desplazamiento de los zorzales comunes recuperados con anilla en los 4 años del proyecto.

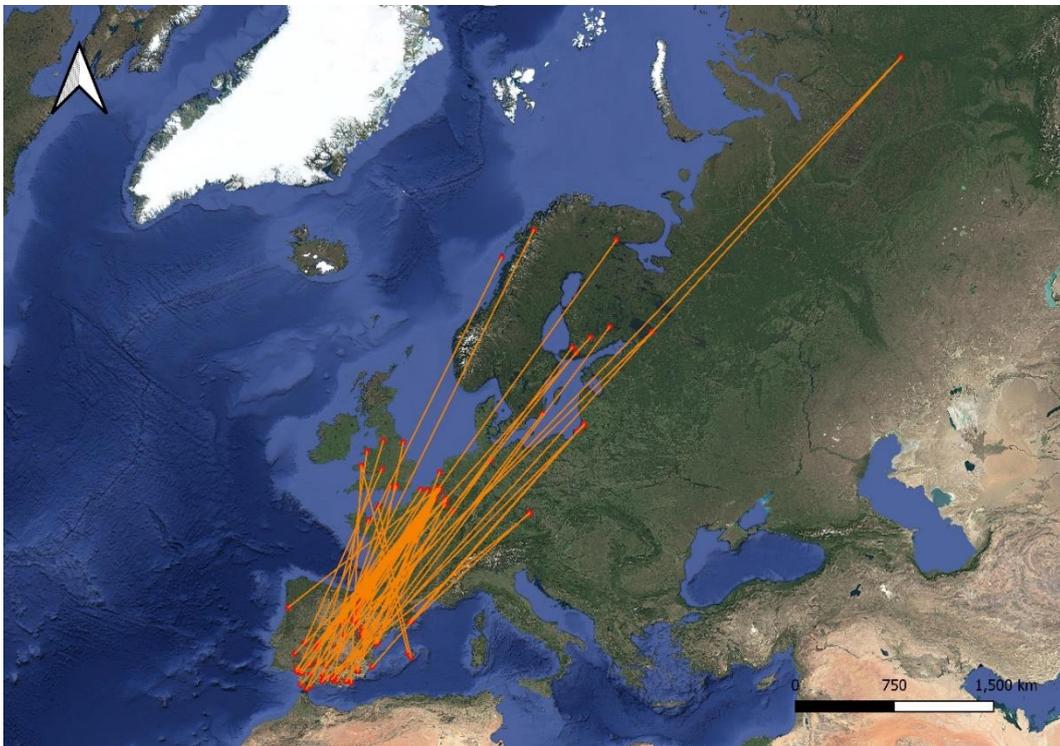


Figura 28. Desplazamiento de los zorzales alirrojos recuperados con anilla en los 4 años del proyecto.

Teniendo en cuenta el lugar de anillamiento y el lugar de recuperación, se aprecia una tendencia que podría indicar la existencia de dos grupos de migrantes: unos de más corta distancia, que pasan los inviernos en latitudes más meridionales, y otros de larga distancia que pasan los inviernos en zonas más septentrionales.

3.2.3. Localización de los zorzales cazados con anilla

El mayor número de recuperaciones de anillas de zorzales se concentró en la zona suroeste (61,24%) de España, en la zona del litoral mediterráneo (23,6 % del total de anillas recuperadas) y en la zona norteste (14,75 %). A escala de provincia, el mayor número de recuperaciones se registró en las provincias de Badajoz (n=76), Sevilla (n= 72), Córdoba (n=58) y Valencia (n=56) (Figura 29).

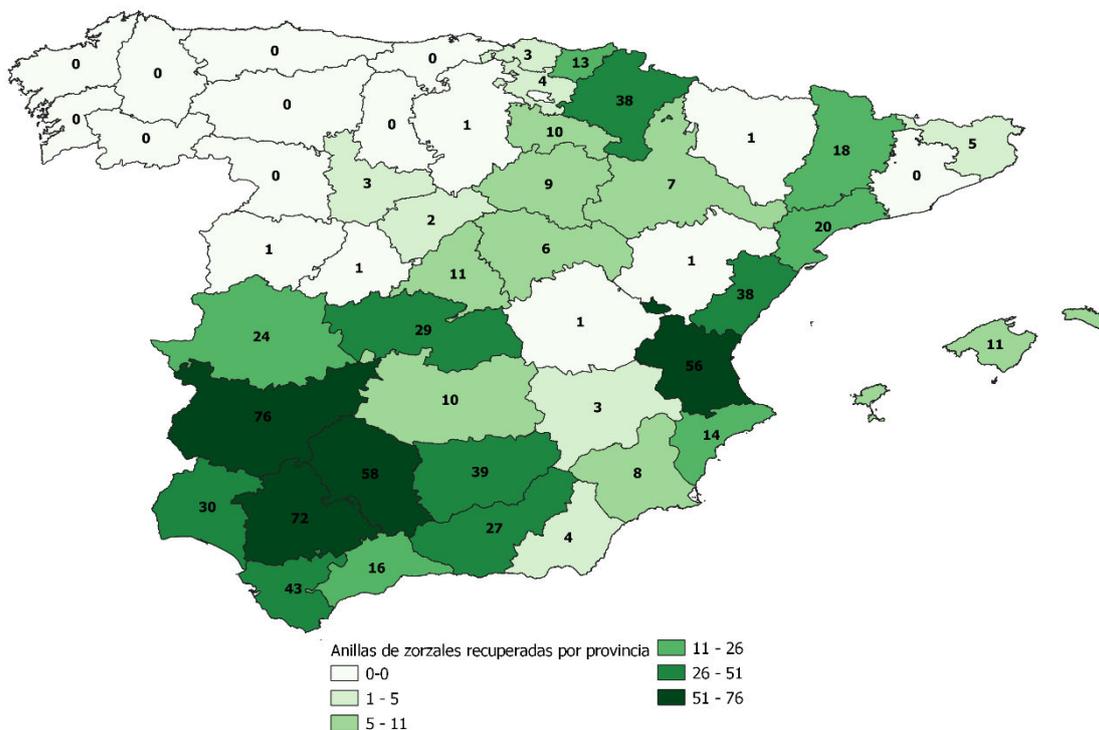


Tabla 20. Promedio de la distancia lineal recorrida y tiempo de supervivencia entre el lugar de anillamiento y captura, por especie, para los 628 zorzales con información disponible sobre su anilla.

Especie de zorzal	N	Distancia lineal recorrida (km)	Supervivencia (días)
Alirrojo	61	1860,70 ± 1161,84	611,16 ± 862,32
Común	563	1627,83 ± 1081,80	516,02 ± 576,75
Charlo	4	25,25 ± 32,66	1016,50 ± 658,42

Gracias al proyecto Zorzales, se ha podido establecer una colaboración fluida entre cazadores, científicos y entidades de anillamiento oficiales en España (Oficina de anillamiento de Aranzadi), lo que ha favorecido el incremento en el número de altas de zorzales recuperados con anillas mediante la caza en los últimos cuatro años.

4. SEGUIMIENTO REMOTO DE ZORZALES CON DISPOSITIVOS GPS

Comprender la distribución espacial y temporal de especies de aves de caza migratorias que cruzan fronteras políticas y son explotadas fuera de sus áreas de reproducción, donde pueden encontrar diferentes regímenes y regulaciones de gestión, es crucial para mejorar nuestro conocimiento sobre los patrones geográficos a gran escala (McKinlay et al., 2024; Roberts et al., 2023; Andreotti et al., 2023).

Conocer sus rutas migratorias significa saber las áreas geográficas utilizadas por esa población a lo largo de su ciclo anual, incluyendo el área de reproducción, las áreas de no reproducción y las rutas migratorias de conexión (Kirby et al., 2008). La identificación de rutas migratorias es vital para los esfuerzos efectivos de conservación y gestión, lo que requiere cooperación y acuerdos transnacionales para promover la caza sostenible de las aves migratorias (McKinlay et al., 2024; Roberts et al., 2023; Andreotti et al., 2023).

Los avances recientes en la tecnología de seguimiento remoto han revolucionado el estudio de los movimientos de las aves, haciendo posible mapear los patrones espacio-temporales de varias especies migratorias a lo largo de su ciclo anual utilizando datos individuales con precisión. Las mejoras tecnológicas han hecho posible la producción de dispositivos de seguimiento por satélite de hasta 2 g, ampliando la posibilidad de rastrear de forma remota los movimientos migratorios incluso de especies relativamente pequeñas (es decir, 50– 100g), entre las que se incluyen los zorzales (McKinlay et al., 2024).

La gran ventaja de esta tecnología sobre el anillamiento científico es la capacidad para conocer casi en tiempo real la posición del ave estudiada, para conocer así de forma precisa sus desplazamientos diarios a lo largo del periodo de monitorización y, si se mantienen durante el suficiente tiempo, permiten también conocer también las rutas migratorias.

Sin embargo, esta tecnología también presenta inconvenientes. El peso del dispositivo GPS puede dificultar los vuelos del individuo, por lo que es obligatorio que el peso del dispositivo sea inferior al 5% de la masa corporal del zorzal, aunque sin duda el mayor impedimento de esta tecnología es el coste (1500-2000€ por dispositivo), factor que impide en gran medida su uso fuera de estudios puntuales con gran dotación económica.

Debido al pequeño tamaño de la especie, los dispositivos GPS para el zorzal común tienen que pesar unos 4 gramos, limitando el tamaño de la batería y, por tanto, de su duración, por lo que solamente es posible conocer una parte de la migración de los zorzales equipados con dispositivos GPS.

Aquí utilizamos transmisores satelitales GPS-Argos de unos 4 gramos para abordar los patrones de movimiento y la dinámica migratoria previa a la reproducción del zorzal común.

4.1. Metodología

Entre enero de 2022 y marzo de 2024 se capturaron y equiparon con dispositivos satelitales GPS-Argos 11 zorzales comunes en Navarra (Figura 30). Concretamente, dos dispositivos de la empresa española Microsensory S.L. y nueve de la empresa británica Lotek (<https://www.lotek.com/>). Seis dispositivos se configuraron para enviar una localización cada dos días, un dispositivo se configuró para enviar una localización al día, y los tres últimos se configuraron para enviar una localización cada dos horas, para tratar de mejorar la resolución espacial de los movimientos de los zorzales comunes antes del inicio de la migración prenupcial.



Figura 30. Zorzal común equipado con dispositivo GPS-Argos.

4.2. Resultados

De los 11 zorzales comunes equipados con dispositivos GPS, se obtuvieron un total de 605 localizaciones, considerándose válidas 450 (74,38%) (Tabla 21). A pesar de que el porcentaje de eficacia de los dispositivos en la adquisición de localizaciones válidas fue elevado ($71,57 \pm 24,52\%$), el periodo de monitorización promedio fue bastante reducido ($50,55 \pm 55,11$ días) (Tabla 22). En promedio, la distancia recorrida, entendida como la suma de la distancia lineal entre las localizaciones consecutivas durante todo el periodo de monitorización, fue de $839,75 \pm 1573,16$ km, diferenciándose aparentemente tres periodos: el previo a la migración prenupcial ($120,55 \pm 135,45$ km), el posterior a la migración prenupcial ($64,13 \pm 55,51$ km), y el

correspondiente a la migración prenupcial ($3801,19 \pm 512,67$ km). No obstante, el reducido periodo de monitorización y de individuos impidió evaluar en detalle los patrones de movimiento asociados a la fenología de la migración de estos paseriformes.

Tabla 21. Códigos de precisión en el registro de las coordenadas de los dispositivos GPS. En este trabajo se utilizaron las localizaciones clasificadas como 2 y 3.

Código de localización	Error de posicionamiento
3	< 250 m
2	250 a 500 m
1	500 a 1500 m
0*	>1500 m
A*	Sin estimación de precisión
B*	Sin estimación de precisión
Z*	Localización inválida

Tabla 22. Resumen de la información registrada de 11 zorzales comunes equipados con dispositivos GPS.

ID	Primera localización	Última localización	Días	Periodo	Localizaciones	Válidas	Configuración	Eficacia	Distancia (Km)
1	22/01/2022	06/06/2022	135	Pre-nupcial	57	51	1 cada dos días	75,56	3438,697
2	22/01/2022	03/03/2022	40	Pre-nupcial	39	30	1 cada día	75,00	104,756
3	07/10/2022	16/11/2022	40	Post-nupcial	11	9	1 cada dos días	45,00	93,931
4	23/02/2023	27/07/2023	154	Pre-nupcial	70	46	1 cada dos días	59,74	4163,69
5	13/10/2022	16/11/2022	34	Post-nupcial	20	17	1 cada dos días	100,00	98,379
6	07/10/2022	13/10/2022	6	Post-nupcial	3	3	1 cada dos días	100,00	0,082
7	23/02/2023	01/03/2023	6	Pre-nupcial	6	1	1 cada dos días	33,33	NA
8	23/02/2023	11/06/2023	108	Pre-nupcial	46	39	1 cada dos días	72,22	338,125
9	06/03/2024	14/03/2024	8	Pre-nupcial	131	95	1 cada dos horas	98,96	9,989
10	06/03/2024	13/03/2024	7	Pre-nupcial	104	74	1 cada dos horas	88,10	6,319
11	06/03/2024	24/03/2024	18	Pre-nupcial	118	85	1 cada dos horas	39,35	143,58
			50,55 ± 55,11		605	450		71,57 ± 24,52	839,75 ± 1573,16

Pese a que no se pudo monitorizar la ruta completa para todos los individuos, sí se consiguió registrar la migración pre-nupcial de dos individuos que establecieron sus zonas de reproducción en Finlandia, tras recorrer 3438 km y 4163 km, respectivamente, y atravesar Francia, Alemania y el Mar Báltico (Figura 31).

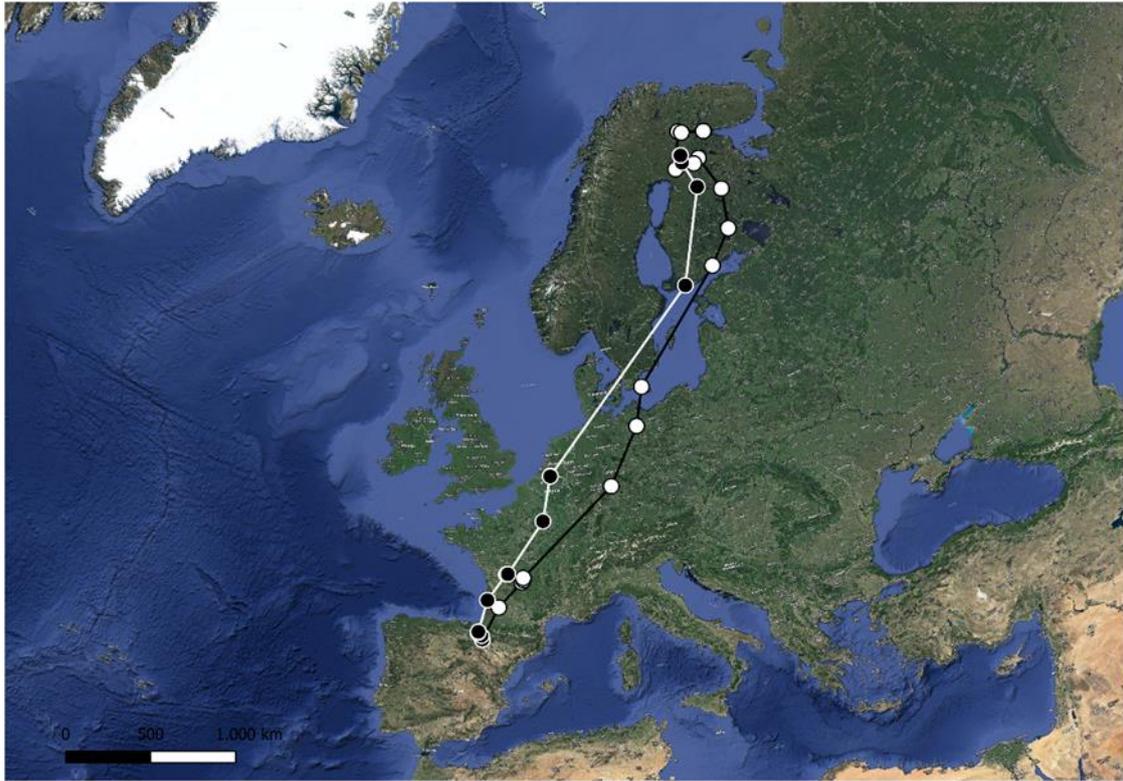


Figura 31. Ruta de dos zorzales comunes capturados en Navarra y que establecieron sus zonas de reproducción en Finlandia.

5. BIOACÚSTICA

El uso de grabadores automáticos se ha extendido enormemente en los últimos años como una ayuda en el seguimiento de fauna (Alquezar y Machado 2015). Esta metodología requiere colocar uno o varios grabadores en el campo para que graben durante el tiempo de mayor interés, seguido de un análisis de las grabaciones. Los grabadores automáticos son una alternativa viable y eficiente a los métodos de seguimiento tradicionales para aquellos animales que producen sonido, para así describir la presencia de una determinada especie en un lugar y fechas concretos.

Esta metodología subsana una serie de sesgos intrínsecos a los muestreos tradicionales, como son las diferencias entre los observadores en la detección y clasificación de los cantos (Cyr 1981), influencia por la presencia del observador en la actividad de canto o en el comportamiento de las especies a estudiar (Acevedo y Villanueva-Rivera 2006), así como las variaciones diarias en la actividad de canto debido a oscilaciones en las condiciones climáticas, fase lunar, etc. (Bibby et al. 2000).

Otras de las ventajas del uso de equipos de grabación para el seguimiento de la fauna salvaje radica en que es una técnica de seguimiento no invasiva, que permite el monitoreo continuo durante un gran número de días, así como crear un archivo permanente de las grabaciones para su posterior uso. Además, dado que no requiere la presencia *in situ* del observador, es

una herramienta especialmente útil para el estudio de fauna en zonas inaccesibles o inhóspitas, sitios donde la visibilidad es muy reducida (Reyes et al. 2017), o en aquellos casos donde es necesario realizar seguimiento de un gran número de áreas al mismo tiempo (Buxton y Jones 2012). Existen plataformas de ciencia ciudadana donde se suben diariamente multitud de grabaciones de sonidos de avifauna a nivel global, como Trektellen (<https://www.trektellen.nl/>).

A pesar de la popularidad que han adquirido los grabadores automáticos en los últimos años, su uso posee una serie de desventajas que no pueden ser pasadas por alto. El uso de técnicas y programas desarrollados para identificar y clasificar de manera automática señales acústicas son necesarios para procesar las grabaciones obtenidas de manera eficiente (de Oliveira et al. 2015). Los equipos de grabación empleados hasta ahora para realizar seguimiento de fauna han diferido en su precio, sensibilidad, calidad, micrófonos utilizados, etc. (Rempel et al. 2013), lo que podría explicar en parte las diferencias encontradas en la efectividad de los mismos (Leach et al. 2016).

Los grabadores pueden ser especialmente útiles para realizar seguimientos de avifauna que requerirían de un gran esfuerzo humano, por la cantidad de lugares a monitorizar en fechas similares, como es el caso de la migración postnupcial de los zorzales en España. Dentro del proyecto, el objetivo fue llevar a cabo una prueba piloto del uso de dos modelos de grabadores de sonido (Song Meter Mini y AudioMoth) para su posible uso en el estudio de los periodos de migración de zorzales a través de la frecuencia detección de su canto durante el paso nocturno.

5.1. Metodología y resultados

En este proyecto se utilizaron dos modelos diferentes de grabadoras de sonidos: AudioMoth y Song Meter Mini de WildLife Acoustics (Figura 32), para registrar los sonidos de llamada de los zorzales (“txip” característico del zorzal común) que emiten en paso durante su migración postnupcial (octubre-noviembre) y prenupcial (febrero-marzo).



Figura 32. Grabadoras de sonidos utilizadas durante el proyecto Zorzales. AudioMoth (izquierda) y Song Meter Mini (derecha).

Se instalaron en campo 10 grabadoras de sonido (9 AudioMoth y 1 Song Meter Mini) distribuidas en zonas tradicionales de paso de zorzales: Andalucía, Aragón, Cataluña,

Comunidad Valenciana y La Rioja. Se instalaron en la migración prenupcial del 2021 y se mantuvieron hasta a la migración prenupcial del 2024.

Dichos dispositivos se configuraron para grabar la migración nocturna de los zorzales, debido a su mayor actividad de migración durante la noche, tanto en el periodo postnupcial como en el prenupcial, comenzando a grabar a las 19:00h y finalizando a las 8:00h, con una grabación de 13 horas/diaria, en archivos WAV de 1 hora.

Se formó a los colaboradores encargados de las estaciones bioacústicas en las diversas zonas de estudio para la programación de los AudioMoth y el cambio de pilas y tarjetas SD en las que quedaron registradas las grabaciones.

Para el análisis de estas grabaciones se ha usado el software libre Audacity (<https://www.audacityteam.org/>). Pero existen otros softwares de pago, como Kaleidoscope pro, y plataformas de investigación de ciencia ciudadana que disponen de un software de análisis con uso de la Inteligencia Artificial, como PIXCAMS (<https://pixcams.com/bird-listening-stations/>) o BirdNET (<https://birdnet.cornell.edu/>), entre otras.

En cuanto a los análisis de las grabaciones, se realizó el primer año una prueba mediante el software libre Audacity (Figura 33).

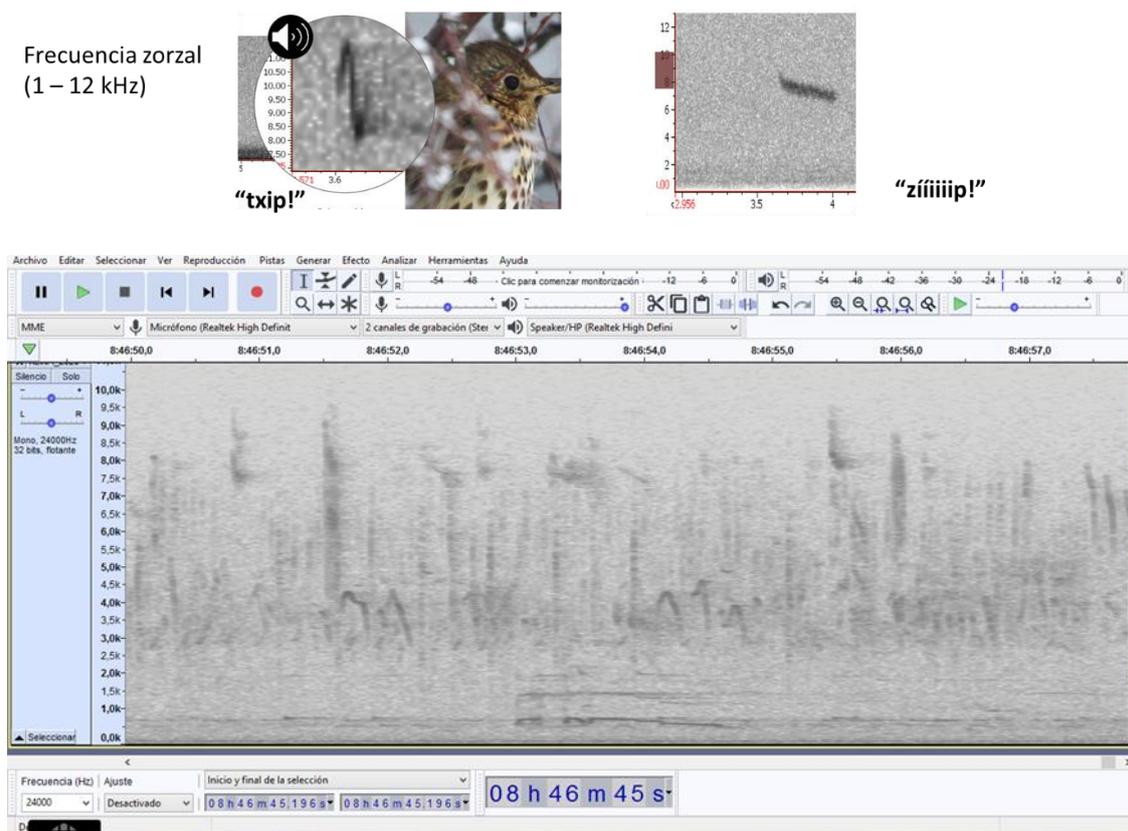


Figura 33. Análisis de las grabaciones de sonidos mediante el programa Audacity, a través de los espectrograma mediante la frecuencia de detección del canto.

En la Tabla 23 se muestran los dispositivos bioacústicos instalados, su ubicación y el periodo en que estuvieron activos entre 2021 y 2024.

Tabla 23. Modelo, ubicación y periodo de funcionamiento de los dispositivos bioacústicos AudioMoth (azul) y Song Meter Mini (verde) durante la prueba piloto.

	Prenupcial 2021	Postnupcial 2021	Prenupcial 2022	Postnupcial 2022	Prenupcial 2023	Postnupcial 2023	Prenupcial 2024
Barbastro (Huesca)	(8 días) 16/02 al 24/02	(28 días) 10/10 al 21/11	(44 días) 10/02 al 26/03	(23 días) 07/10 al 30/10	(25 días) 16/02 al 13/03	(27 días) 06/10 al 22/10 03/11 al 14/11	(15 días) 26/01 al 10/02
Lapazares (La Rioja)	(8 días) 15/02 al 23/02						
L' Catllar (Tarragona)	(8 días) 02/03 al 10/03	No graba (error configuración)		No graba (error configuración)			
Bobera (Lérida)	(8 días) 10/03 al 18/03	(21 días) 10/10 al 21/10 14/11 al 21/11	(13 días) 12/02 al 25/02	(41 días) 06/10 al 16/11			
Espolla (Girona)	(8 días) 21/03 al 29/03	No graba (error configuración)					
Barcelona	(8 días) 10/03 al 18/03						
Mas de Barberans (Tarragona)	(8 días) 04/03 al 12/03	(6 días) 24/10 al 30/10	(4 días) 13/02 al 17/02	(16 días) 06/10 al 22/10		(14 días) 19/10 al 02/11	
Vejer de la Frontera (Cádiz)	(13 días) 09/03 al 22/03	(13 días) 14/10 al 27/10		(7 días) 25/10 al 01/11			
Benalup- Casas Vieja (Cádiz)		(5 días) 22/10 al 27/10					
Lliria (Valencia)		(14 días) 25/10 al 06/11	(28 días) 16/02 al 16/03	No graba (error configuración)			

Sin embargo, los dispositivos AudioMoth presentaron problemas, debido a una pérdida frecuente de su configuración, y a la capacidad limitada de almacenamiento soportada por este dispositivo (tarjetas SD de 32 GB). Esto provocó que muchas estaciones de bioacústica no grabaran de forma continua durante los periodos de interés, algo necesario para el análisis conjunto de los datos. El dispositivo Song Meter Mini, por el contrario, no dio este tipo de problemas, ya que se configura de manera sencilla mediante una App móvil y por bluetooth. En la Tabla 24 se muestra una comparación del funcionamiento, coste y otras características de ambas grabadoras de sonido.

Tabla 24. Comparación del funcionamiento de Audiomoth y Song Meter Mini en el periodo de estudio.

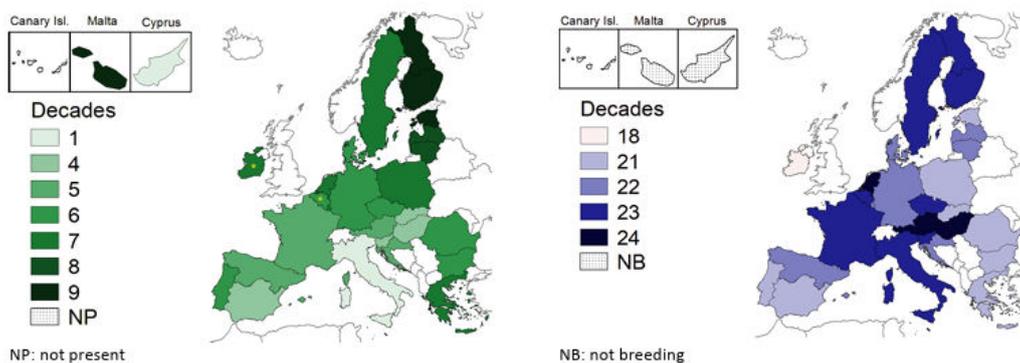
	Audiomoth	Song Meter Mini
Calidad-precio	Buena	Alta
Calidad del sonido grabado	Media	Alta
Camuflaje en campo	Buena	Regular
Programación	Compleja (USB – PC)	Fácil (Bluetooth desde App móvil)
Consumo batería (pilas) (19:00 – 8:00)	7 días	30 días
Capacidad de almacenamiento (Tarjeta SD)	Hasta 32 GB	Hasta 256 GB

Al no tener grabaciones continuas de los dispositivos AudioMoth durante el periodo de estudio, ni solapamiento entre estaciones de diferentes sitios, no se analizaron las grabaciones aleatorias de estos dispositivos, ya que los resultados no serían representativos sobre la migración nocturna de los zorzales. El dispositivo Song Meter Mini sí grabó de manera continua la migración prenupcial durante cuatro años (23 días/año), y durante tres años también grabó la migración postnupcial (26 días/año). Estos datos han sido cedidos a la Federación Aragonesa de Caza para su análisis, ya que están llevando a cabo un estudio de bioacústica de la migración del zorzal con 3 dispositivos Song Meter Mini, uno en cada provincia.

6. ÓRDENES DE VEDA

6.1. Metodología

Según establece la Directiva 2009/147/CE, relativa a la conservación de las aves silvestres, la práctica de la caza no debe interferir con los periodos de migración. En España, la caza de especies migratorias en periodo de migración pre-nupcial está expresamente prohibida en los artículos 7,4 de la Directiva y 62,3,b de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Además, para cada estado miembro, se determinó la decena de inicio de la migración pre-nupcial y del inicio del periodo reproductor (ver Figura 34 para el zorzal común).



Periods of prenuptial migration and reproduction

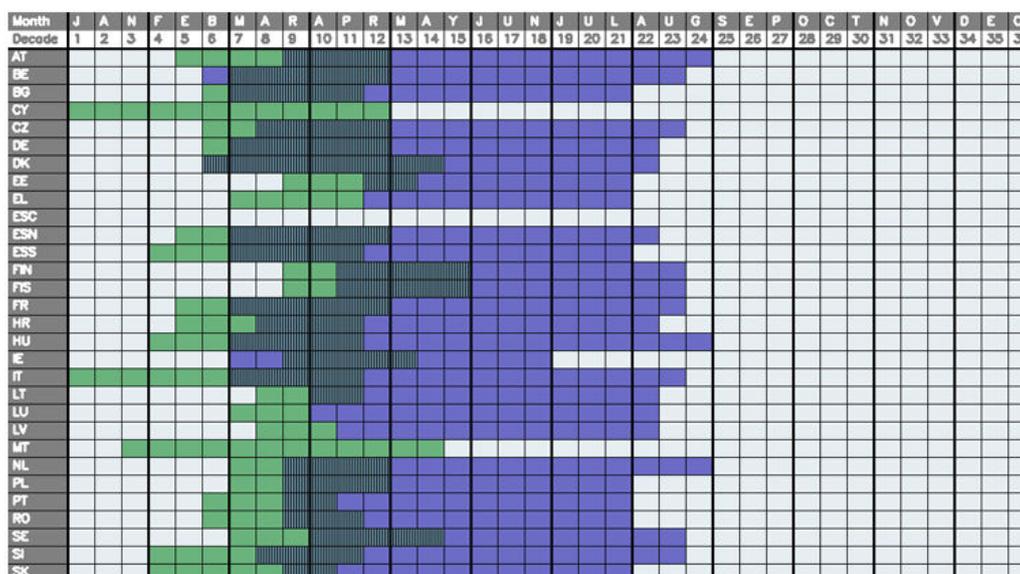


Figura 34. Inicio del período de retorno para criar (migración pre-nupcial, en verde) y fin de periodo de reproducción (en azul) del zorzal común.

En consecuencia, las comunidades autónomas deben ajustar los períodos hábiles para que no se solapen con el inicio de la migración pre-nupcial. El territorio nacional se dividió en tres zonas dependiendo de su latitud: ESC (Islas Canarias), ESS (Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid, Comunidad Valenciana y Murcia) y ESN (Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Isla Baleares, La Rioja, Navarra y País Vasco). En base a esta zonificación, para cada especie de zorzal se determinó si sus poblaciones eran residentes, si criaban en estas áreas, si eran migratorias de paso o migratorias invernales.

El objetivo de este apartado es establecer una serie de recomendaciones que permitan mejorar la estrategia de gestión que garantice el aprovechamiento cinegético sostenible de las poblaciones de zorzales presentes en el territorio nacional.

6.2. Resultados

Las competencias en materia de caza en España están transferida a las comunidades autónomas que, a través de las órdenes de veda, establecen una regulación de las fechas y

períodos hábiles (Tabla 26) para la caza de las diferentes especies en su región. En la Tabla 25 se muestran las comunidades autónomas donde se ha permitido o no el aprovechamiento cinegético de los zorzales durante las últimas cuatro temporadas cinegéticas, y sus cupos.

Tabla 25. Presencia de zorzales en las Órdenes de Veda para el periodo 2020-2021 a 2023-2024 por comunidad autónoma. En verde se señalan las que han permitido cazar los zorzales y sus cupos (por cazador y día). En rojo, las que no.

Comunidad autónoma	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24
Andalucía	25	25	25	25
Aragón	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Canarias	Prohibida su caza			
Cantabria	15	15	15	15
Castilla-La Mancha	Sin cupo	Sin cupo	30	30
Castilla y León	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Cataluña	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Comunidad de Madrid	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Comunidad Foral de Navarra	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Comunidad Valenciana	25	25	25	25
Extremadura	Sin cupo	Sin cupo	40	40
Galicia	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Islas Baleares	8-20 (Formentera); 15(Ibiza); 10-18 (Mallorca); 8- 20(Menorca)	8-20 (Formentera); 15(Ibiza); 10-18 (Mallorca); 8- 20(Menorca)	8-20 (Formentera); 15-20 (Ibiza); 10-18 (Mallorca); 8- 20(Menorca)	8-20 (Formentera); 15-20 (Ibiza); 10-18 (Mallorca); 8- 20(Menorca)
La Rioja	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
País Vasco	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo	Sin cupo
Principado de Asturias	Prohibida su caza			
Región de Murcia	8	8	6	6

Además de los cupos de capturas, en algunas comunidades autónomas existen medidas de gestión racional en cuanto a estas aves migratorias: i) en un mismo paso solo se podrá colocar una línea de escopetas dentro del mismo coto, ii) sólo podrá cazarse más de una vez por semana y los puestos solo serán de mañana o de tarde.

En este sentido, resulta imprescindible establecer unos criterios uniformes para la apertura y cierre de las vedas de caza del zorzal en las distintas comunidades autónomas, acorde con la biología de estas especies y sus ciclos migratorios. El futuro de estas aves migratorias se basa en adaptar las fechas hábiles de las órdenes de veda (Tabla 26) a sus fechas de migración y de mantener la calidad de sus hábitats, tanto reproductivos como invernales, junto a establecer unos cupos adaptados y sostenibles con respecto a sus poblaciones. Las recomendaciones para mejorar la caza y gestión de estas especies se comentan en el siguiente apartado (7. Discusión)

7. DISCUSIÓN

Los 4 años de proyecto han permitido generar una gran cantidad de información, que se discuten por secciones y en su conjunto a continuación.

Monitorización de los zorzales mediante el Observatorio Cinegético

La participación de los cazadores en el OC ha permitido obtener información sobre la presencia, abundancia y tendencia de los zorzales en España, en concreto se ha estudiado más detalladamente el zorzal común y alirrojo, ya que han sido los más avistados.

En primer lugar, el depurado de los censos ha permitido observar diferencias significativas según la metodología de censo, teniendo mayores abundancias de zorzales en los censos a pie en comparación a los que se realizan en vehículo o mediante otros métodos. Esto se puede explicar por la mayor visibilidad que los observadores tienen cuando realizan el censo a pie, visibilidad que se reduce considerablemente cuando se realizan censos en vehículo. Pese a que los voluntarios son instruidos en la realización de los censos a pie, no todos siguen o pueden seguir la misma metodología, por ello es necesario insistir en acciones de formación y en la comunicación fluida con los colaboradores, junto a continuar con una exploración exhaustiva de los censos, mediante la que se distingue si un censo es válido o no.

En lo que se refiere a la abundancia del zorzal común y alirrojo, no se observaron diferencias significativas entre temporadas de caza ni entre zonas biogeográficas. No obstante, sí hubo variaciones en el IKA de zorzal común en función de la decena, con picos en la primera decena de diciembre y la segunda y la tercera decena de enero, además de al final del periodo monitorizado (finales de febrero). En especies migratorias como los zorzales es frecuente encontrar fluctuaciones interanuales, por la variación en los rigores del invierno en las zonas reproductoras del norte de Europa y Asia (como las observadas en el PECBMS), que no tienen por qué traducirse en variaciones significativas de la tendencia poblacional, más si cabe cuando se ha estudiado una escala temporal relativamente breve (4 años). En todo caso, la ausencia de diferencias entre temporadas sugiere que la población tanto de zorzal común como de alirrojo es estable en España, habiéndose estudiado un número importante de cuadrículas, especialmente en la mitad sur y este peninsular.

Los mayores valores de abundancia registrados en diciembre podrían deberse a que, para estas fechas, la migración post-nupcial de los zorzales habría finalizado, sin descartar que se puedan producir movimientos intra-peninsulares, especialmente en respuesta a la entrada de frío desde Europa continental. Tampoco se puede descartar que exista una coincidencia de estas decenas en las que se realizan los censos con el período en el que ciertos hábitats seleccionados como favorables (como el olivar), ofrecen alimento disponible para los zorzales.

En cuanto al hábitat, el zorzal común posiblemente prefiere paisajes heterogéneos, dado que los mayores IKA se encuentran en casi todos los casos cuando estos hábitats representan un porcentaje bajo de la cobertura (arbolado forestal, cultivo herbáceo, frutales, pastizal, artificial, cobertura húmeda, matorral, olivar, combinación de cultivos y vegetación, terrenos sin vegetación, y otros cultivos leñosos). En cambio, el zorzal alirrojo prefiere zonas con altas coberturas de combinación de cultivos y vegetación, y coberturas medias-altas de pastizal.

En anteriores estudios para el zorzal común, se ha demostrado que en invierno ocupan zonas bajas y atemperadas, como las campiñas cantábricas (Santos et al., 2014), las costas mediterráneas y los olivares de las vegas del Guadiana y el Guadalquivir (Rey, 1993), donde buscan activamente frutos (acebuches *Olea europaea sylvestris* y lentiscos *Pistacia lentiscus*, etc.), y también los sabinars (*Juniperus thurifera*) del Sistema Ibérico, de los que se alimentan (Rey, 1995; Tellería et al., 1999, 2011,2014). Tradicionalmente, se piensa que los zorzales comunes y alirrojos son más abundantes donde hay olivares con aceituna y bosques/matorrales de montaña con frutos disponibles, pero los resultados del presente informe señalan hábitats más heterogéneos al menos para el zorzal común, posiblemente porque combina zonas de “dormidero” con zonas de alimentación.

Los resultados del presente informe no permiten por el momento realizar una estimación de la población total del zorzal común en España, la especie más ampliamente distribuida y abundante, aunque con una serie temporal más larga y ampliando el muestreo en zonas del norte peninsular podría llegar a estimarse en el futuro. En Cataluña ya se hizo una estimación de la población invernante en 2,5 millones de zorzales comunes (Herrando et al., 2011), que permite suponer que la población invernante española multiplica esa cifra varias veces, y según el programa Sacre el zorzal común ha experimentado un aumento continuo de sus poblaciones durante los últimos veinte años, con un incremento significativo en las zonas de montaña y mediterráneas, posiblemente favorecido por la expansión de las zonas de cultivo del olivar, en el que el zorzal encuentra alimento abundante.

En el caso del zorzal alirrojo, los estudios disponibles apuntan a que es más abundante en la zona norte de la península y en zonas montañosas con alturas superiores a los 1300 m. Habita en diferentes tipos de hábitat, desde bosques montanos de coníferas y robledales hasta cultivos de frutales y olivares de las tierras bajas, que son una fuente trófica muy importante durante su invernada en la región mediterránea (Tellería et al., 2014). Los resultados de este informe coinciden parcialmente, dado que no sólo se han observado alirrojos en zonas de montaña, sino también en cotas más bajas, y sobre todo asociados a pastizales y combinación de cultivos y vegetación.

Los últimos datos disponibles sobre la tendencia del zorzal alirrojo, del sistema SACIN (período 2008-2013), muestran un declive en todas las áreas biogeográficas. Desde entonces se desconoce su tendencia por no tener más datos (Figura 3), pero los resultados del presente informe muestran una tendencia fluctuante, aunque aparentemente estable, tal y como sucede en el común. En la actualidad, el zorzal alirrojo se considera como en regresión según el sistema PECBMS, aunque esta tendencia tampoco se observa para el periodo estudiado en los resultados de este informe.

Aprovechamiento cinegético

Por primera vez se ha realizado una caracterización del aprovechamiento cinegético de los zorzales en España, un hito en la gestión de estas especies. Los datos obtenidos mediante los cuadernos cumplimentados por los “cotos zorzaleros” (cotos colaboradores en la toma de datos de capturas y censos desde puesto fijo) han permitido observar diferencias en el número de zorzales comunes y alirrojos abatidos y avistados según la temporada cinegética, con mayores avistamientos y capturas en las temporadas 2021/22 y 2022/23 que en la 2020/21, y

menores avistamientos en la temporada 2023/24 solamente para el zorzal común. Curiosamente, esto está parcialmente en contradicción con los resultados del OC, dado que en los censos mediante transectos no se obtuvieron diferencias de abundancia significativas. Por una parte, es posible que, para los zorzales, los datos obtenidos mediante la caza puedan ser útiles para establecer la presión de caza, pero no para determinar las tendencias poblacionales, lo cual pone de relieve la necesidad de obtener ambas fuentes de datos. Por otra parte, hay que tener en cuenta la dificultad de los análisis de datos de censos del OC, donde gran parte de los datos son ceros, algo que dificulta la detección de patrones significativos.

Con respecto a la zona biogeográfica, se detectaron diferencias significativas para el zorzal común en los conteos y para el alirrojo tanto en las capturas como en los conteos, siendo mayores los avistamientos de zorzal común en la zona Suroeste, las capturas de alirrojo en la zona Norte, Central y Suroeste, y los avistamientos de alirrojo en la Norte y Suroeste, todo en comparación a la zona Este. En cuanto al hábitat, las capturas de zorzal común se asociaron a olivares y viñas, y las capturas y avistamientos de alirrojo se asociaron a olivares en ambos casos y también a viñas y otros cultivos leñosos para los avistamientos. Estos patrones posiblemente reflejan la distribución de estos dos zorzales en su época invernal en España, asociándolos a ciertas zonas biogeográficas y a tipos de hábitat donde típicamente se produce su caza, además de coincidir parcialmente con hábitats favorables para estas especies descritos anteriormente por otros autores. Las diferencias entre estos resultados y los obtenidos en el OC, donde no se observaban diferencias entre zonas biogeográficas y los hábitats seleccionados eran mucho más variados, pueden deberse, por un lado, a los sitios muestreados (más variados en el OC) y, por el otro, a la dificultad de detectar patrones significativos en la base de datos del OC, como se ha comentado anteriormente.

Al tratarse de especies nomádicas y gregarias, dependiente de recursos irregulares y cuyos efectivos pueden desplazarse en función de las circunstancias meteorológicas extra-ibéricas, la distribución de su abundancia invernal no es fácilmente predecible, como se ha demostrado en el zorzal alirrojo (Rey, 1993). No obstante, los resultados de este informe sí muestran algunos patrones de aprovechamiento cinegético, mediante los que se podrían realizar ciertas predicciones profundizando en su análisis.

Anillas de zorzales cazados

Hay que destacar que las anillas recuperadas a través de colaboradores del proyecto Zorzales han seguido una tendencia ascendente durante la evolución del mismo. De hecho, en el año 2024 se alcanzó un máximo, cuando más del 70% de las anillas tramitadas por la entidad de anillamiento Aranzadi provinieron de este proyecto, indicando una consolidación de lo ya observado en años anteriores. Estos resultados muestran una elevada fidelidad de los colaboradores, incluso en años de menor abundancia de zorzales, lo que podría deberse a un cambio de mentalidad, que entienden que la información de las anillas puede ser utilizada en favor de un aprovechamiento sostenible, en lugar de ser utilizada en su contra.

Sobre las anillas recuperadas mediante la caza, la gran mayoría (90%) pertenecieron a zorzales comunes, predominando Bélgica (un tercio del total) como país de anillamiento, y concentrándose el mayor número de recuperaciones en la parte oriental de España, la zona del litoral mediterráneo y la zona norte de España. El 9,5% de las anillas recuperadas fueron de

zorzal alirrojo, el 0,5% de zorzal charlo, y ninguna de zorzal real. Bélgica es un país con un gran número de anilladores que marcan zorzales en otoño, por lo que parece lógico que parte de las anillas recuperadas en este proyecto provengan de allí, si bien está descrito que la mayoría de individuos recuperados en la península ibérica provienen de Escandinavia (Tellería et al. 1999, Milwright 2006, MARN 2011), mientras que los individuos reproductores de Bélgica suelen pasar los inviernos en el Reino Unido y en el noroeste de Francia (Milwright 2006).

Teniendo en cuenta el lugar de anillamiento y el lugar de recuperación de los zorzales comunes, se aprecia una tendencia que apoya la existencia de dos grupos de migrantes: unos de más corta distancia, que pasan los inviernos en latitudes más meridionales, y otros de larga distancia, que pasan los inviernos en zonas más septentrionales. Se conoce que los zorzales realizan una migración clara, siguiendo una ruta SO-NE, procediendo del centro y norte de Europa. En este sentido, con datos de anillamiento en anteriores estudios se ha observado una tendencia hacia individuos procedentes del norte de Europa en capturas realizadas en el sur de España, y de individuos procedentes del centro de Europa en las capturas de Baleares (Barriocanal et al., 2020).

Aunque en este proyecto no se han podido recuperar muchas anillas de zorzal alirrojo y ninguna de real, en España el zorzal alirrojo es un invernante con un amplio periodo de estancia, que se extiende desde octubre (4,5% de recuperaciones de aves anilladas) hasta abril, mes en que la mayoría de los invernantes han abandonado Iberia (0,7% de las capturas, tres aves); el grueso de las capturas de aves anilladas (76,3%) se produce entre noviembre y enero (Santos, 1985). Por su parte, y de acuerdo con estudios de capturas de aves anilladas, el zorzal real es un invernante con entrada otoñal tardía y migración prenupcial temprana, cuya estancia en España se reparte de octubre (1 ave) a febrero (13 aves en la tercera decena); el grueso de las recuperaciones (68%) se han obtenido en diciembre y enero (Santos, 1985).

También se ha descrito que el cambio climático provoca una modificación en los periodos de migración post-nupcial hacia el mediterráneo, y la recuperación de anillas es crucial para monitorizar estos cambios. Redlisiak et al. (2021) observaron un adelanto del inicio de la migración post-nupcial en 1 día, explicándose incluso un adelanto de hasta 5 días, por el aumento de la temperatura media en 1°C en julio en los territorios de cría de los zorzales comunes. Por un lado, los límites de la superficie de las áreas de reproducción de las aves se están desplazando hacia los polos o hacia mayores altitudes (Redlisiak et al., 2021; Camak, 2021), mientras que los límites del área de distribución de las áreas de invernada de muchas especies se mueven hacia latitudes más altas, acercándose a las zonas de reproducción. En general, la migración hacia las zonas de reproducción comienza antes, especialmente en las especies migratorias tempranas y en los individuos que migran temprano, y los migrantes de corta distancia retrasan su salida del lugar de reproducción, mientras que los de larga distancia adelantan su partida.

Hay que destacar que la colaboración entre el colectivo cinegético, grupos de investigación y entidades de anillamiento es esencial para mejorar el conocimiento sobre la biología y ecología de estos paseriformes. En este sentido, la implementación de programas de formación y la presencia estratégica en redes sociales y otros medios de comunicación han sido cruciales para la consecución de los objetivos del proyecto Zorzales. La publicación de informes sobre las anillas recuperadas y demás conocimientos aportados ha demostrado ser especialmente atractiva para los interesados en los zorzales y la caza, constituyendo una herramienta eficaz

tanto para la difusión del proyecto como para la divulgación científica; sin lugar a dudas, uno de los logros de este proyecto que debe de continuarse con el tiempo.

Seguimiento mediante dispositivos GPS

Durante las cuatro temporadas del proyecto se equiparon 11 zorzales comunes con dispositivos GPS, obteniendo información detallada sobre la migración pre-nupcial de dos individuos, que establecieron sus zonas de reproducción en Finlandia tras recorrer 3438 km y 4163 km y atravesar Francia, Alemania y el Mar Báltico.

La gran variabilidad en la distancia recorrida entre los distintos zorzales podría relacionarse con los patrones observados en la biología de esta especie, con menores desplazamientos previos a la migración pre-nupcial ($120,55 \pm 135,45$ km) y tras realizar la migración post-nupcial ($64,13 \pm 55,51$ km), y un incremento en los desplazamientos durante la migración ($3801,19 \pm 512,67$ km).

Por el momento, no existen o no se han podido localizar estudios publicados en la península ibérica en los que se hayan utilizado GPS para estudiar la migración de los zorzales, aunque hay varios estudios en curso. Sea como fuere, la gran movilidad de los zorzales pone de relieve el hecho de que sus poblaciones tengan que ser manejadas a gran escala espacial, dado que pueden realizar grandes desplazamientos dentro de la temporada de caza, no siendo por tanto válida la gestión a nivel de coto.

Bioacústica

El uso de equipos de grabación para el seguimiento de la fauna salvaje tiene un potencial claro, aunque hay que tener en cuenta varias limitaciones. Tras la experiencia piloto con dos modelos de grabadoras, a continuación se presentan unas recomendaciones de cara a futuros estudios específicos de migración nocturna de zorzales: utilizar grabadoras Song Meter Mini, por su fácil configuración, calidad de sonido y duración óptima de las baterías; tener en cuenta el viento, debido a la merma de utilidad de las grabaciones en días de viento fuertes; y utilizar plataformas o software que utilicen la Inteligencia Artificial para aligerar el proceso de análisis de los “txip” de los zorzales en las grabaciones, como “BirdNET-Analyzer”.

Órdenes de veda

La recopilación realizada muestra que no hay uniformidad en las fechas de apertura y cierre de los periodos hábiles de caza de zorzales en las distintas comunidades autónomas. Aunque todas ellas cumplen actualmente con el documento KCD (*Key Concepts Document*), elaborado por el grupo NADEG (Grupo de Especialistas de la Directiva Aves y Hábitat) de la Comisión Europea, que constituye la base técnica para determinar los periodos hábiles de caza de determinadas aves, entre las que se incluyen los zorzales. También hay variabilidad en cuanto a cupos entre comunidades autónomas, en el número de días hábiles dentro del periodo hábil, e incluso está prohibida su caza en regiones limítrofes a otras donde no hay cupo.

Cabe tener presente que, en especies migratorias, la gestión debe plantearse teniendo en cuenta escalas espaciales mayores a la comunidad autónoma e incluso el país. Por ello, y en un contexto de aprovechamiento sostenible de las poblaciones, sería recomendable establecer cupos en aquellas comunidades que no los tienen. Estos cupos pueden ser amplios, pero

conviene limitar las capturas diarias por cazador para evitar extracciones masivas. También es recomendable uniformizar los periodos hábiles entre comunidades cercanas teniendo en cuenta la zonificación del documento KCD.

Por otra parte, es fundamental comenzar a distinguir las especies de zorzal en las capturas. El Precinto Digital de Caza (PDC) es una herramienta que permite que los cazadores introduzcan el número de capturas después de su jornada o incluso varias veces al día, separando por especie de zorzal, además de permitir a la administración competente llevar un control prácticamente al instante de las capturas realizadas y, por tanto, de los cupos establecidos. El PDC es una aplicación móvil desarrollada con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que se pone a disposición de las comunidades autónomas para los fines comentados. La implementación de este u otros métodos de registro de capturas debería ser gradual, comenzando por algunos cotos piloto, como ya se ha llevado a cabo en algunas regiones para otras especies cinegéticas.

Se propondrá una reunión en el Comité de Caza de Caza y Pesca para comentar esta propuesta de revisión y regulación de vedas y cupos.

8. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto y la presente memoria no hubiera sido posible sin la colaboración de:

- Mutuasport, como entidad que financia el proyecto Zorzales desde el año 2020 y brinda apoyo al Observatorio Cinegético desde 2023.
- Los cazadores, sociedades de cazadores y federaciones de caza que han aportado datos a través de la realización de censos a través del Observatorio Cinegético, la cumplimentación de los manuales del proyecto en los Cotos Zorzaleros y la notificación de la recuperación zorzales anillados.
- Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y a la Región de Murcia, por el apoyo para la realización de censos del Observatorio Cinegético a escala nacional y en Murcia, respectivamente.
- La Sociedad de anillamiento de Aranzadi, por su estrecha colaboración, dando las altas a todas las anillas cazadas y cediéndonos una base de datos histórica de recuperaciones de anillas de zorzales.
- A la Unidad de Investigación de Recursos Cinegéticos (UIRCP) de la Universidad de Córdoba por el asesoramiento recibido en el análisis de los datos recopilados.
- A la Asociación de Zorzaleros Españoles, por su implicación en el proyecto, principalmente a través de la información recopilada en los Cotos Zorzaleros.
- A todas las personas que han facilitado fotografías y distintos recursos para la cumplimentación de este informe.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anuario de Estadística Forestal, 2024 (MITECO).
<https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/avance-estadistica-forestal-2022-v2.pdf>

Acevedo, M.A., Villanueva-Rivera, L.J. (2006). Using automated digital recording systems as effective tools for the monitoring of birds and amphibians. *Wildlife Society Bulletin*, 34(1): 211-214.

Alquezar, R.D., Machado, R.B. (2015). Comparisons between autonomous acoustic recordings and avian point counts in open woodland savanna. *Wilson Journal of Ornithology*, 127(4): 712-723.

Andreotti A, Aradis A, Assandri G et al (2023) The need for a flyway approach in defining the onset of prenuptial migration of huntable bird species across Europe. *Ibis* 165:1447–1453.

Aparicio, R. J. (2003). Zorzal charlo (*Turdus viscivorus*). Pp. 448-449. En: Martí, R., Del Moral, J. C. (Eds.): Atlas de las Aves Reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid.

Barriocal, C., Robson, D., Sallent, A. & Guardiola, A. (2020). Song Thrush. Spring migration in the western Mediterranean and NW Africa. 127-133

Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A. Mustoe, S. (2000). *Bird Census Techniques*. Academic Press. London.

Blasco-Zumeta, J & Heinze, G. M. (2006). Atlas de Identificación de las Aves de Aragón.

Buxton, R.T., Jones, I.L. (2012). Measuring nocturnal seabird activity and status using acoustic recording devices: applications for island restoration. *Journal of Field Ornithology*, 83(1): 47-60.

Camac, J. S., Umbers, K. D. L., Morgan, J. W., Geange, S. R., Hanea, A., Slatyer, R. A., McDougall, K. L., Venn, S. E., Vesk, P. A., Hoffmann, A. A., & Nicotra, A. B. (2021). Predicting species and community responses to global change using structured expert judgement: An Australian mountain ecosystems case study. *Global Change Biology*, 27, 4420–4434.

Cano-Barbacid, C. y Cano, J. 2022. Zorzal charlo *Turdus viscivorus*. En, B. Molina, A. Nebreda, A. R. Muñoz, J. Seoane, R. Real, J. Bustamante y J. C. del Moral: III Atlas de las aves en época de reproducción en España. SEO/

Carrascal, L. M., Palomino, D. y Lobo, J. M. (2002). Patrones de preferencias de hábitat y de distribución y abundancia invernal de aves en el centro de España. Análisis y predicción del efecto de factores ecológicos. *Animal Biodiversity and Conservation*, 25: 7-40.

Carrascal, L. M., Palomino, D. (2008). Las aves comunes reproductoras en España. Población en 2004-2006. SEO/BirdLife. Madrid.

- Carrascal, L. M., Escandell, V. y Del Moral, J. C. 2023. Evolución de las poblaciones de las aves comunes por hábitat en la España peninsular. SEO/BirdLife. Madrid.
- Clark, J. A., Balmer, D. E., Blackburn, J. R., Milne, L. J., Robinson, R. A., Wernham, C. V., ... & Griffin, B. M. (2002). Bird ringing in Britain and Ireland in 2000. *Ringing & Migration*, 21(1), 25-61.
- Collar, N. (2019). Mistle Thrush (*Turdus viscivorus*). En: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A., de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Cyr, A. (1981). Limitation and variability in hearing ability in censusing birds. *Studies in Avian Biology*, 6: 327-333.
- Del Hoyo, J., Elliot, A. y Christie, D. A. (Eds.) 2005. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 10. Cuckoo-shrikes to Thrushes. Lynx Edicions. Barcelona.
- Del Moral, J. C., Molina, M. V., Bermejo, A. B., & Palomino, P. N. (Eds.). (2012). *Atlas de las aves en invierno en España, 2007-2010*. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- de Oliveira, A.G., Ventura, T.M., Ganchev, T.D., de Figueiredo, J.M., Jahn, O., Marques, M.I., Schuchmann, K.L. (2015). Bird acoustic activity detection based on morphological filtering of the spectrogram. *Applied Acoustics*, 98: 34-42.
- Garrido, J. L., Gortázar, C., & Ferreres, J. (2019). *Las especies cinegéticas españolas en el siglo XXI*.
- Herrando, S., Brotons, L., Estrada, J., Cuallar, S. y Anton, M. (Eds.) (2011). *Atles dels ocells de Catalunya a l'hivern 2006-2009*. ICO y Lynx Edicions. Barcelona.
- Hirschfeld, A. X. E. L., & Heyd, A. L. E. X. A. N. D. E. R. (2005). Mortality of migratory birds caused by hunting in Europe: bag statistics and proposals for the conservation of birds and animal welfare. *Berichte zum Vogelschutz*, 42, 47-74.
- Keller, V., Herrando, S., Voríšek, P. Franch, M. Kipson, M. Milanesi, P. Martí, D. Anton, M., Klvánová, A., Kalyakin, M. V., Bauer, H.-G. y Foppen, R. P. B. 2020. *European breeding bird atlas 2: Distribution, abundance and change*. Lynx Edicions/European Bird Census Council (EBCC). Barcelona.
- Kirby JS, Stattersfield AJ, Butchart SHM et al (2008) Key conservation issues for migratory land- and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conserv Int* 18:S49–S73.
- Leach, E.C., Burwell, C.J., Ashton, L.A., Jones, D.N., Kitching, R. L. (2016). Comparison of point counts and automated acoustic monitoring: detecting birds in a rainforest biodiversity survey. *Emu*, 116(3): 305-309.
- Marm (2011). Banco de datos de anillamiento de la Oficina de Especies Migratorias. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid [Consulta: noviembre de 2011].
- Martí, R. y 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.

- McKinlay, S. E., Morganti, M., Mazzoleni, A., Labate, A., Sorrenti, M., & Rubolini, D. (2024). Non-breeding ranging behaviour, habitat use, and pre-breeding migratory movements of Fieldfares (*Turdus pilaris*) wintering in southern Europe. *Journal of Ornithology*, 165(2), 337-346.
- Milwright, R.D.P. (2006) Post-breeding dispersal, breeding site fidelity and migration/wintering areas of migratory populations of Song Thrush *Turdus philomelos* in the Western Palearctic.
- Payevsky, V. A., & Vysotsky, V. G. (2003). Migratory Song Thrushes *Turdus philomelos* hunted in Europe: survival rates and other demographic parameters. *Avian Science*, 3(1), 13-20.
- Pérez-González, J., Hidalgo-de-Trucios, S. J., Sánchez-García, C., & Rengifo Gallego, J. I. (2023). Women in the Hunt: A More Useful and Sustainable Hunt for Biodiversity?. *Sustainability*, 15(9), 7439.
- Purroy, J. y Purroy, F. J. 2016. Zorzal común – *Turdus philomelos*. En Salvador, A. y M. B. Morales (Eds.): *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org> [Consulta: octubre 2021].
- Redlisiak, M., Remisiewicz, M. & Mazur, A. (2021). Sex-specific differences in spring migration timing of Song Thrush *Turdus philomelos* at the Baltic coast in relation to temperatures on the wintering grounds, *The European Zoological Journal*. 88:1, 191-203.
- Rempel, R.S., Francis, C.M., Robinson, J.N., Campbell, M. (2013). Comparison of audio recording system performance for detecting and monitoring songbirds. *Journal of Field Ornithology*, 84: 86-97.
- Rey, P. J. 1993. The role of olive orchards in the wintering of frugivorous birds in Spain. *Ardea*, 81: 151-160.
- Rey, P. (1995). Spatio-temporal variation in fruit and frugivorous bird abundance in olive orchards. *Ecology*, 76 (5): 1625-1635.
- Reyes, A.K., Caicedo, J.C., Camargo, J.E. 2017. Identifying Colombian bird species from Audio Recordings. In, Beltrán-Castañón, C., Nyström, I., Family, F. (Eds.). *Proceedings of the 21st Iberoamerican Congress*, pp. 274-281. Lima, Peru.
- Roberts A, Scarpignato AL, Huysman A et al (2023) Migratory connectivity of North American waterfowl across administrative flyways. *Ecol Appl* 33:e2788.
- Santos, T. 1982. Migración e invernada de zorzales y mirlos (género *Turdus*) en la Península Ibérica. Tesis Doctoral. Universidad Complutense. Madrid.
- Santos, T. (2012). Zorzal común. *Turdus philomelos*. Pp. 422-423. En: Del Moral, J. C., Molina, B., Bermejo, A., Palomino, D. (Eds.). *Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-SEO/BirdLife, Madrid.
- Santos, T., Carbonell, R., Galarza, A., Pérez Tris, J., Ramírez, A., y Tellería, J. L. 2014. The importance of northern Spanish farmland for wintering migratory passerines: a quantitative assessment. *Bird Conservation International*, 24: 1-16.

- Santos Martínez, T. (2015). Migración e invernada de zorzales y mirlos (género *Turdus*) en la Península Ibérica. Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid.
- Santos, T. y Tellería, J. L. 2022. Zorzal común *Turdus philomelos*. En, B. Molina, A. Nebreda, A. R. Muñoz, J. Seoane, R. Real, J. Bustamante y J. C. del Moral: III Atlas de las aves en época de reproducción en España. SEO/BirdLife. Madrid. <https://atlasaves.seo.org/ave/zorzal-comun/>
- Sinelschikova, A., Kosarev, V., Panov, I. et al. (2007). The influence of wind conditions in Europe on the advance in timing of the spring migration of the song thrush (*Turdus philomelos*) in the south-east Baltic region. *Int J Biometeorol* 51, 431–440
- Staneva, A. y Burfield, I. (2017). European Birds of Conservation Concern: populations, trends and national responsibilities. BirdLife International. Cambridge. ISBN 978-1-912086-009
- Tellería, J. L., Asensio, B. y Díaz, M. (1999). Aves ibéricas. II. Paseriformes. J. M. Reyero Editor. Madrid
- Tellería, J. L., Carrascal, L. M., y Santos, T. 2014. Species abundance and migratory status affects large-scale fruit tracking in thrushes (*Turdus* spp.). *Journal of Ornithology*, 155: 157-164.
- Tellería, J. L., De la Hera, Iván, Ramírez, A. y Santos, T. 2011. Conservation opportunities in Spanish juniper *Juniperus thurifera* woodlands: the case of migratory thrushes *Turdus* spp. *Ardeola*, 58: 57-70.
- Vázquez Pumariño, X. (2003). Zorzal común *Turdus philomelos*. Pp. 446-447. En: Martí, T., del Moral, J. C. (Eds). Atlas de las Aves Reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología, Madrid.
- Villarán, A. (2002). El anillamiento: un método de plena vigencia para el estudio científico de las aves. *Ecología*, 16, 433-449.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems, *Methods in ecology and evolution*, 1(1), 3-14.

ANEXO I

Agrupaciones biogeográficas o biorregiones con características climáticas y de vegetación similares:

- **Costa Este.** Caracterizada por un clima mediterráneo de veranos calurosos e inviernos suaves, con una mezcla de vegetación, siendo típicos los matorrales y plantas adaptadas a la sequía debido a la baja pluviometría en el sureste peninsular, además de la vegetación de bosques de pino y encinas en el este.
- **Zona Central.** Clima mediterráneo-continental, de inviernos frescos y veranos calurosos y secos. La vegetación está formada por bosques de pino, encina y robles, además de una cubierta vegetal típica de alta montaña. Esta zona suele tener un paisaje predominantemente montañoso, aunque también cuenta con zonas de llanura.
- **Zona Norte.** Formada por las provincias ubicadas en el norte de España, mayoritariamente pertenecientes a la región eurosiberiana. Cuenta con climas influenciados por el océano Atlántico y con mayores precipitaciones que las dos agrupaciones anteriores.
- **Zona Suroeste.** Presenta vegetación mediterránea típica, como alcornocales y quejigares, además de estar influenciada por un clima mediterráneo.



Figura S1. Biorregiones obtenidas a partir de la agrupación de las provincias de España con similares características bioclimáticas, tomando como referencia la clasificación de regiones biogeográficas del Instituto Geográfico Nacional en 2017.

Zorzal común (*Turdus philomelos*)

Temporada 2020-2021

Temporada 2021-2022



Temporada 2022-2023

Temporada 2023-2024



Figura S2. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal común.

Zorzal alirrojo (*Turdus iliacus*)

Temporada 2020-2021

Temporada 2021-2022



Temporada 2022-2023

Temporada 2023-2024

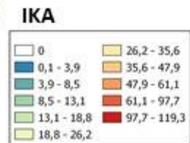
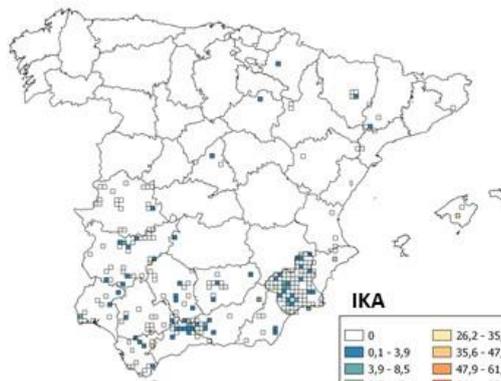


Figura S3. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal alirrojo.

Zorzal charlo (*Turdus viscivorus*)

Temporada 2020-2021



Temporada 2021-2022



Temporada 2022-2023



Temporada 2023-2024

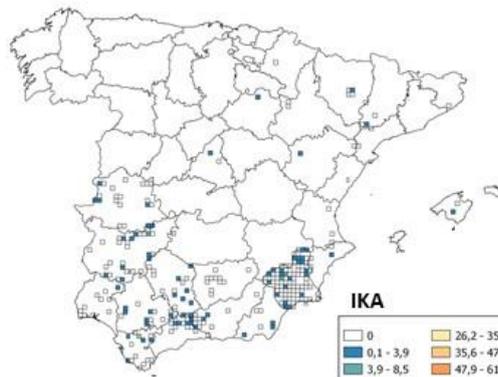


Figura S4. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal charlo.

Zorzal real (*Turdus pilaris*)

Temporada 2020-2021

Temporada 2021-2022



Temporada 2022-2023

Temporada 2023-2024

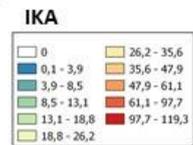
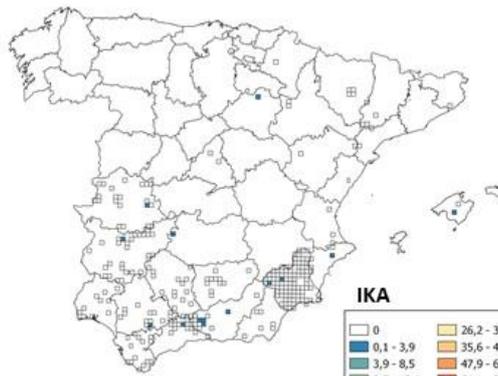


Figura S5. Mapa cuadrículas UTM 10x10 km en las que se realizaron los 1436 censos a pie para las temporadas 2020/21, 2021/22, 2022/23 y 2023/24 con relación al gradiente de abundancia (IKA) de zorzal real.

Tabla S1. Zorzales comunes y alirrojos capturados por cazador y jornada, desglosados según el hábitat. Se muestran el número de jornadas (N), la media y desviación estándar (DE).

Variable	Hábitat	N	Zorzal Común		Zorzal Alirrojo	
			Media	DE	Media	DE
Capturas / cazador / jornada	Bosques y Matorrales	1101	9,40	8,36	1,68	4,61
	Acebuches	202	8,55	8,16	0,70	2,38
	Cítricos	93	10,53	8,05	0,86	1,81
	Olivar	3187	12,67	11,70	1,83	4,54
	Otros cultivos arbóreos	107	11,23	10,27	1,03	3,59
	Viñas	85	16,75	15,97	3,23	11,08
	Cultivos herbáceos	20	3,74	3,43	0,00	0,00
	Dehesas	188	10,01	8,84	0,80	1,80
	Zonas riparias	93	8,72	9,81	2,16	5,30
	NA	915	7,47	6,63	0,71	2,64
	Total general	5991	10,87	10,40	1,54	4,33

Tabla S2. Zorzales comunes y alirrojos avistados por censador y jornada, desglosados según el hábitat. Se muestran el número de jornadas (N), la media y desviación estándar (DE).

Variable	Hábitat	N	Zorzal Común		Zorzal Alirrojo	
			Media	DE	Media	DE
Avistamientos / cazador / jornada	Bosques y Matorrales	363	41,22	86,41	4,40	14,44
	Acebuches	126	47,75	51,93	6,72	12,33
	Cítricos	20	64,67	92,40	18,15	39,51
	Olivar	960	72,43	84,84	9,24	27,51
	Otros cultivos arbóreos	9	89,73	93,82	10,00	9,35
	Viñas	29	42,92	32,00	1,20	5,06
	Cultivos herbáceos	7	68,14	146,8	4	0,00
	Dehesas	50	84,59	68,62	11,12	16,05
	Zonas riparias	35	47,67	64,60	13,12	28,96
	NA	98	27,62	41,20	2,23	10,84
	Total	1697	60,62	81,81	7,69	23,31



P R O Y E C T O

ZORZALES

MONITORIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE ZORZALES

MUTUASPORT
seguros en la caza

Coordinado por:



Con la colaboración de:



P R O Y E C T O

ZORZALES

MONITORIZACIÓN, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE ZORZALES

Un proyecto de



Coordinado por



Con la colaboración de

