



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ESCUELA POLITÉCNICA DE MIERES

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA DE ORGANISMOS Y SISTEMAS

ÁREA DE ECOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

**Efectos de la simplificación del paisaje y el manejo
agrícola sobre la presencia del mochuelo
común (*Athene noctua*) en el olivar**

AUTORA: Diana Garin Biel

TUTOR: Juan Carlos Illera Cobo

COTUTOR: Francisco Manuel Camacho Martín

JULIO, 2023

Declaración de Originalidad del Trabajo Fin de Grado

Dña. Diana Garin Biel, con DNI , estudiante del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Escuela Politécnica de Mieres de la Universidad de Oviedo, declaro bajo mi responsabilidad que:

El Trabajo de Fin de Grado aquí presentado con título **Efectos de la simplificación del paisaje y el manejo agrícola sobre la presencia del mochuelo común (*Athene noctua*) en el olivar** ha sido realizado bajo mi autoría, es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

Para que así conste, firmo la presente declaración.

En Mieres, a 8 de julio de 2023.

Diana Garin Biel
73010818D

Agradecimientos

Hay momentos y personas que son puntos de inflexión y que, de una manera u otra, determinan tu trayectoria. Especialmente por ello, agradezco:

A M. Rosario Bel Cortés, profesora de educación secundaria, porque supo ver más allá y abrirme los ojos para salir del pozo en el que estaba.

A Asún Cámara Obregón, porque supuso un gran apoyo, como directora, profesora y como persona, en el año más difícil de mi carrera universitaria.

Al personal de administración de la Escuela Politécnica de Mieres y al Hospital Álvarez Buylla, porque, de no ser por todos ellos, no estaría aquí.

Y, por supuesto, a todas esas personas que me recomendaron vías más fáciles por no verme capaz de subir al siguiente eslabón. No hace falta tener una discapacidad para decir que cada persona es un mundo, con sus tiempos y sus medios para lograr las cosas. Los hábitos serán diferentes, pero no por ello se es menos capaz.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVOS	7
A. Objetivo general	7
B. Objetivos específicos	7
III. MATERIAL Y MÉTODOS	8
A. Sistema de estudio y diseño de muestreo	8
A1. Sistema de estudio: El agrosistema del olivar	8
A2. Diseño experimental	10
B. Toma de datos y procedimientos	12
B1. Muestreo de los puntos de estudio	12
B2. Descarga de imágenes satelitales.....	12
B3. Índices de vegetación	16
B4. Asociación de los píxeles circundantes a los puntos de estudio.....	17
B5. Extracción de los valores medios NDVI/SAVI para cada parcela	18
C. Análisis estadístico	18
IV. RESULTADOS	19
A. Validación de la clasificación del tipo de manejo en las fincas	19
B. Influencia de la cubierta vegetal en la selección del hábitat y distribución de los territorios	19
V. DISCUSIÓN	21
A. Conveniencia de los índices de vegetación empleados	21
B. Selección de hábitat: influencia de la cobertura y estructura de la vegetación herbácea	21
VI. CONCLUSIONES	24
VII. BIBLIOGRAFÍA	25
VIII. ANEXOS	29



Resumen

El mochuelo europeo (*Athene noctua*) es una pequeña ave rapaz nocturna que se encuentra ampliamente distribuida por la región mediterránea. Dicha ave está típicamente asociada al olivar, un cultivo arbóreo que, de forma tradicional, ha supuesto un hábitat idóneo para la nidificación. Sin embargo, la creciente simplificación de los paisajes y la intensificación de las prácticas agrícolas que a escala continental han supuesto una pérdida de biodiversidad, también han generado preocupación particularmente sobre los posibles impactos en el mochuelo. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la intensificación agrícola sobre la abundancia y distribución de los territorios de mochuelo en el olivar. Este trabajo se llevó a cabo en la provincia de Jaén (Andalucía, España), encontrando una mayor abundancia de mochuelos en olivares con cubiertas herbáceas que en aquellos sin cubierta. A su vez, la heterogeneidad espacial generada por las cubiertas en olivares con manejo intensivo determinó la distribución de los territorios, mientras que la distribución de éstos no estuvo determinada por la cubierta en aquellos olivares con un manejo extensivo y cubierta homogénea. Los resultados de este estudio pueden servir como base para posteriores investigaciones que busquen implicarse en una buena gestión del olivar y en la conservación de las poblaciones de mochuelo.

Abstract

*The little owl (*Athene noctua*) is a small nocturnal bird of prey that is widely distributed in the Mediterranean region. The said bird is typically associated with olive grove, a tree crop which has traditionally provided suitable nesting habitat. However, the increasing simplification of landscapes and intensification in agricultural practices which on a continental scale have led to a loss of biodiversity, have also raised concerns particularly about possible impacts on the little owl. The aim of this work is to assess the effect of agricultural intensification on the abundance and distribution of little owl territories in olive groves. This work was carried out in the province of Jaén (Andalusia, Spain), finding a higher abundance of little owls in olive groves with herbaceous cover than those without cover. In turn, spatial heterogeneity generated by herbaceous cover in intensively managed olive groves determined the distribution of territories, while the distribution of territories was not determined by herbaceous cover in olive groves with extensive management and homogeneous cover. The results of this study can be useful as a basis for further research to engage in good olive grove management and conservation of little owl populations.*

I. INTRODUCCIÓN

Pocas relaciones hay tan estrechas entre un ser vivo y un clima, un paisaje y un territorio, como la que se da entre el olivo y el Mediterráneo, siendo el aceite de oliva, por su inclusión en la dieta mediterránea, Patrimonio de la Humanidad (Guzmán Álvarez, 2020). La cultura del olivo (*Olea europaea*) se remonta a siglos anteriores al Imperio Romano, por lo que se trata de un árbol que forma parte de la historia de la humanidad, primero en la región mediterránea y, posteriormente, en los cinco continentes. Las aceitunas aseguraban alimento, sobre todo en épocas de hambruna; la madera de olivo servía como combustible y permitía fabricar utensilios y esculturas; y el aceite de oliva, conocido como “oro líquido”, termina trayendo consigo una larga tradición y simbolismo religioso con propiedades curativas, junto con su carácter grasiento que era de utilidad para la iluminación de candiles y farolas (Picornell & Melero, 2013).

Con el tiempo, el aceite de oliva pasó a desempeñar un papel muy relevante en la economía del Imperio Romano y, desde entonces, el olivo no ha dejado de estar presente en los paisajes agrarios andaluces, pese a sus largos y diversos periodos de auge y decadencia. Sin embargo, los paisajes dominados por olivares que conocemos hoy en día, característicos del sur de España, se refieren a fenómenos relativamente recientes, debido a la gran expansión olivarera del siglo XVIII al XX. Aunque realmente la especialización productiva hacia el monocultivo no se asienta en términos generales hasta el último tercio del siglo XIX, donde ya se ven claras diferencias en el paisaje, especialmente en ciertas zonas de la geografía andaluza (Infante-Amate & Zambrana, 2020; Guzmán Álvarez, 2020).

La gran transformación de los olivares hasta el siglo XIX estuvo impulsada, sobre todo, por los cambios en el campo, en las almazaras, en la propia comercialización del aceite y en su consumo. Lo que antes se conformaba como “olivar tradicional”, árboles que constituían varios pies con una amplia separación entre ellos, permitía satisfacer una gran cantidad de servicios a sus productores, siendo el olivo, por naturaleza, sumamente versátil. Pero este tipo de cultivos, tradicionalmente de secano, se fueron convirtiendo al regadío al comprobar que, tras recibir un aporte de agua complementario al de las precipitaciones, las producciones incrementaban de forma considerable, a la vez que conseguían que el tamaño de la aceituna también aumentase. Desde entonces, los olivos comenzaron a ganar terreno, aprovechando también la etapa de debilidad en la que se había instalado la otrora poderosa ganadería extensiva, tras la pérdida de la capacidad de influencia de la cabaña trashumante. Este avance del olivar alcanzó especial relevancia territorial en algunas comarcas, especialmente en las provincias de Jaén y Córdoba (Guzmán Álvarez, 2020).

Por aquel entonces, la vegetación que crecía entre los árboles se mantenía bajo control mediante labranzas anuales cada vez más numerosas, aumentando también el rendimiento del fruto mediante el manejo del olivar (poda y labranza), impulsado por la expansión de los mercados locales y nacionales tras la abolición paulatina del feudalismo (Vanwalleghem et al., 2011). Con la crisis económica agraria del siglo XIX, los agricultores españoles redujeron costes para ser más competitivos, recibiendo a su vez poco aprecio por la calidad de los aceites españoles y con los consiguientes intentos de renovación de la década de 1930 que quedaron interrumpidos por la Guerra Civil y las dos décadas posteriores: las duras condiciones del periodo de la autarquía que implicaron una vuelta atrás en el camino de modernización que seguía la agricultura española (Guzmán Álvarez, 2020). El aumento de la demanda de alimentos que esto supuso cambió la gestión de los olivares de Andalucía, ya que tras la necesidad de tener cereales en el mercado (trigo o cebada) se empezaron a cultivar entre las hileras de los olivares con un aumento significativo de la cobertura del suelo. Durante la presencia de cereales en el olivar se

siguieron buscando esos cultivos altamente productivos con rendimientos cada vez más elevados entrando en juego el uso desmesurado de pesticidas y/o fertilizantes. Con ello, se acaba abandonando el cultivo de cereales entre surcos y se introduce la agricultura mecanizada, haciendo entrar en crisis, en el caso del olivar, a la agricultura tradicional en la década de 1960 y dando lugar a una labranza intensiva que resulta en una cobertura herbácea muy baja durante todo el año.

Desde 1990, el auge de los herbicidas para el control de la cubierta herbácea acabó sustituyendo al arado. Asimismo, las últimas reformas de la Política Agraria Común (PAC), elemento clave para determinar políticas rurales para la agricultura y la gestión ambiental, han logrado que el aspecto medioambiental tenga mayor peso mediante contribuciones ligadas al mantenimiento de las cubiertas, conocido como pago verde o *greening*. Aun así, hoy en día muchos agricultores siguen manteniendo el arado profundo pese a las últimas restricciones de la PAC. (Fig. 1).



Figura 1. Parcela de olivar arado y con el suelo completamente desnudo. Abril 2023. Mancha Real (Jaén).

Este proceso de intensificación agrícola de las últimas décadas ha sido rápido y a gran escala en toda su área de distribución histórica mediterránea. Dicha intensificación agrícola está caracterizada por cambios a nivel de paisaje en el uso de la tierra (promoción de algunos cultivos sobre otros, paso de cultivos anuales a permanentes, abandono de tierras agrícolas poco productivas), cambios ya mencionados en las prácticas agrícolas (extensión al regadío, una mayor mecanización, uso de fertilizantes para aumentar la producción, supresión de la vegetación herbácea anual mediante la labranza o el tratamiento con herbicidas, así como el empleo de pesticidas para el control de plagas), roturación de zonas de vegetación natural y linderos para el aumento de la superficie productiva y cambios en el tamaño del árbol y estructura del cultivo (mayor densidad de árboles por unidad de superficie con árboles más pequeños y jóvenes resultando en un aumento del monocultivo) (Paniza et al., 2015). El resultado de esta intensificación ha supuesto una remodelación de los paisajes agrícolas mediterráneos (Fig. 2), con numerosos impactos negativos. Esta problemática del olivar andaluz requiere soluciones que van más allá de la dimensión técnico-agronómica, ya que afectan también a la dimensión ambiental, socioeconómica, cultural e institucional (Foraster, 2022).



Figura 2. Campo de olivos de la provincia de Jaén. Fuente: Esencia de olivo.

Para aumentar la funcionalidad de los olivares, el olivar debe estar provisto de ciertas estructuras que permiten mantener la biodiversidad, conservar los recursos naturales y diversificar las actividades económicas. Los mosaicos agrícolas mediterráneos son sistemas altamente dinámicos, pero aquellos que están sujetos a cultivos con manejo intensivo necesitan de estrategias propias para su conservación, ya que forman paisajes agrícolas simples y homogéneos y suponen la pérdida de biodiversidad que, en muchos casos, es beneficiosa proporcionando servicios ecosistémicos al agricultor en particular y a la sociedad en general. La mayor simplificación del paisaje está representada por los monocultivos. Por ende, la aplicación de dichas estrategias se consigue gracias al conocimiento de los efectos del uso de la tierra sobre la composición de la comunidad y abundancia de especies. Concretamente, el distinto comportamiento de las cubiertas vegetales en función de las condiciones de manejo, permite diseñar múltiples estrategias para el manejo de la biodiversidad dentro del olivar en beneficio del cultivo y su sostenibilidad a largo plazo (Moreno-Mateos et al., 2011; Foraster, 2022). A su vez, existen numerosos estudios que evalúan los efectos de las prácticas agrícolas extensivas frente a las intensivas y abordan cómo los patrones de biodiversidad y eficacia de las prácticas agroambientales para recuperar la biodiversidad son modeladas por el paisaje (Tscharrntke et al., 2012; Concepción et al., 2012; Rey et al., 2019). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se dan en cultivos anuales y pastizales, pero no tanto en cultivos arbóreos más complejos y estructuralmente estables, donde se espera una alta capacidad para retener la biodiversidad (Rey et al., 2019).

No obstante, la Política Agraria Común de 2013 y la Ley Andaluza del Olivar de 2011, junto con su correspondiente dotación económica a través del Plan Director en 2015, marcaron un punto de inflexión en las tierras agrícolas estableciendo apoyos económicos a aquellos agricultores que mantengan cubiertas herbáceas, así como la conservación de muros y setos para reducir la erosión del suelo, aumentar la retención de agua y beneficiar la biodiversidad. El objetivo general era la de minimizar los impactos negativos en la producción y mejorar la rentabilidad de los agricultores (López-Pintor et al., 2018). Esto es importante porque a escala regional en Andalucía se ha descubierto que se pierden 1 de cada 5 especies de aves y 1 de cada 3 especies de hormigas y especies herbáceas como consecuencia de la intensificación agrícola y simplificación del paisaje (Rey et al., 2019). Además, el Mediterráneo presenta alta diversidad de especies arvenses, siendo de las más elevadas en dehesas. El olivar, con un amplio marco de plantación, puede funcionar a nivel ecológico como un bosque aclarado, un pasto arbolado o una dehesa, pudiendo ser una pieza clave para la conservación de la diversidad de numerosas especies endémicas y otras en peligro de extinción (Foraster, 2022) como las presentes en algunos olivares andaluces (Blanca et al., 2018).

El mochuelo europeo (*Athene noctua*) es una pequeña rapaz nocturna perteneciente a la familia Strigidae, con un plumaje típicamente oscuro y moteado claro (Fig. 3). Se trata de un depredador generalista nocturno, cuya alimentación se basa en pequeños mamíferos, aves, anfibios y una amplia gama de invertebrados, dependiendo de las condiciones climáticas locales y de la disponibilidad de presas (Mayer et al., 2021), las cuales caza principalmente de noche (Ilanloo et al., 2020). Ubica sus nidos en huecos, bien naturales en troncos de árboles o bien artificiales como mechinales de construcciones humanas, por lo que en época de reproducción suele encontrarse ligado a lugares donde dispone de dichas oquedades. A nivel de conservación, se encuentra incluido como especie Reproductora en la Lista Roja de las Aves de España (SEO/BirdLife, 2021), con la categoría de NT (Casi Amenazado) y, además, figura en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero). Sin embargo, no está incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero), pero sí lo está en Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (IUCN, 2022) con la categoría de preocupación menor. Se trata de una especie típicamente asociada a los paisajes agrícolas, ya sean anuales o leñosos, como el algarrobo (*Ceratonia siliqua*), el olivo (*Olea europaea*) o el almendro (*Prunus amygdalus*) (Martínez & Zuberogitia, 2004b).



Figura 3. Mochuelo europeo (*Athene noctua*) posado en la rama de un olivo מִכּוּחַל עֵינַי סֵבֵן. Fuente: Macaulay Library.

La estrecha relación entre los olivares y dicha ave nocturna ha sido observada y transmitida a lo largo del tiempo en la cultura popular, dando origen al refrán "cada mochuelo a su olivo" para expresar la idea de que cada individuo debe estar en su lugar apropiado o regresar a su entorno natural, al igual que el mochuelo encuentra su hábitat en los olivares. Aunque no existen pruebas científicas concluyentes al respecto, resulta plausible considerar que la popularidad de este refrán se basa en su gran abundancia y facilidad para verlos dada su destacada presencia en estos agrosistemas. Sin embargo, con el tiempo se ha experimentado una reducción en el tamaño de la población como consecuencia de los cambios en el hábitat, tales como la pérdida de lugares adecuados para anidar y zonas protegidas para el descanso como son las cavidades de olivos huecos y maduros con múltiples entradas (Bock et al., 2013). Además, la adopción de prácticas agrícolas intensivas, como el uso de pesticidas y la eliminación de setos y matorrales, dejando

terrenos completamente desnudos y homogéneos, ha afectado negativamente a las poblaciones de insectos y micromamíferos (ratones, topillos y artrópodos), limitando la disponibilidad de una importante fuente de alimento para el mochuelo (Apolloni et al., 2018). Todo ello ha favorecido un importante declive generalizado de la especie a nivel estatal (SEO/BirdLife, 2022) (Fig. 4, 5 y 6).

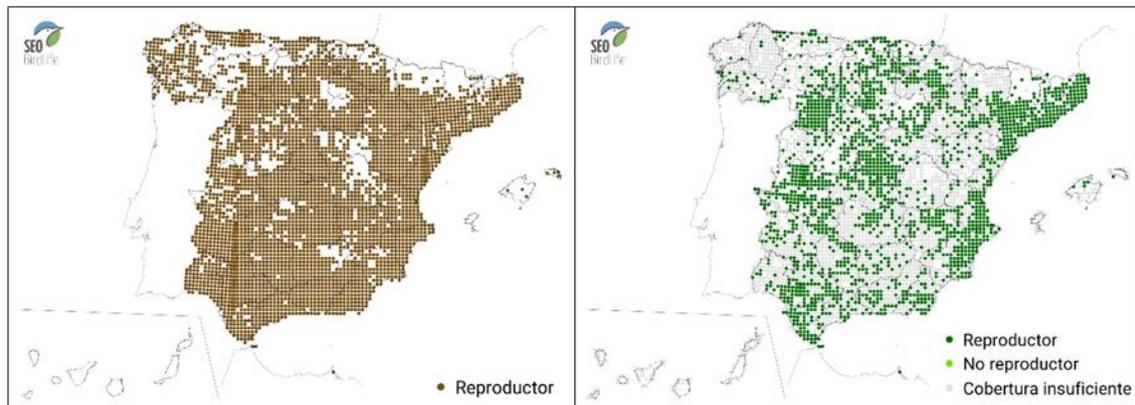


Figura 4. Izquierda, distribución observada en el II Atlas en 1998-2002 (Martí & Del Moral, 2003). Derecha, distribución observada en el III Atlas en 2014-2018. Ambas con cuadrículas UTM 10x10 km marcadas como «Reproductor», el cual incluye reproducción posible, probable o segura. Fuente: SEO/BirdLife.

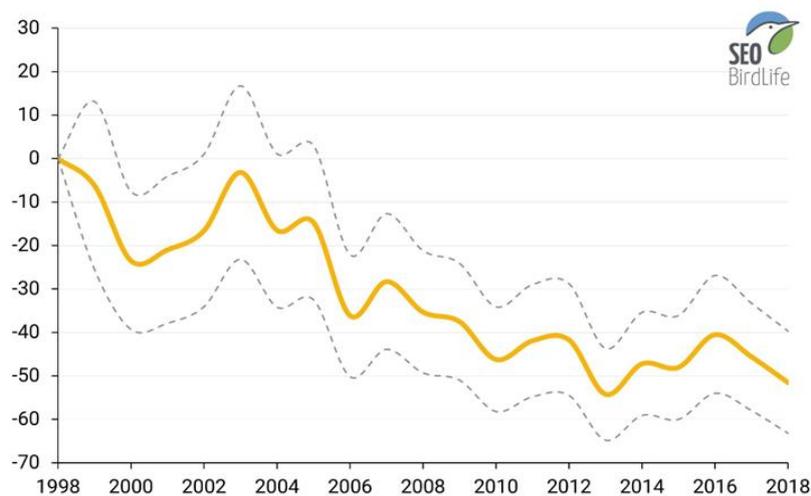


Figura 5. Cambio en el tamaño de población 1998-2018, según el programa de Seguimiento de Aves Comunes Reproductoras (Sacre). Representado en porcentaje de la abundancia en cada año respecto a 1998 con el intervalo de confianza al 95%. Fuente: SEO/BirdLife.

Región	Tamaño de muestra	Tendencia (1998-2018)	Estima media interanual 1998-2018 (I.C. 95%)	Cambio (en %) respecto a 1998
Eurosiberiana	28	Incierto	-19 (-47,2 ; 9,3)	-96,4
Mediterránea norte	175	Declive moderado ($p < 0.01$) **	-3,9 (-5,7 ; -2)	-64
Mediterránea sur	477	Declive moderado ($p < 0.01$) **	-3,4 (-4,3 ; -2,6)	-48,8
Alpina	25	Incierto	3 (-3,9 ; 9,8)	-23,7
Canarias	-	-	-	-
España	705	Declive moderado ($p < 0.01$) **	-3,4 (-4,1 ; -2,7)	-51,5

Figura 6. Tendencia y cambio en el tamaño de población entre 1998 y 2018 por regiones, según el programa de Seguimiento de Aves Comunes Reproductoras (Sacre). Fuente: SEO/BirdLife.

Pocos son los estudios sobre esta especie cuyo sistema de estudio sean cultivos arbóreos permanentes. La mayoría lo hacen en campos de cultivos anuales en los que principalmente se estudia el efecto de la simplificación del paisaje. Es por esto, y vistos los antecedentes expuestos durante esta introducción, que se considera estudiar cómo se comportan las poblaciones de mochuelo europeo en el olivar cuando éste pasa a ser un monocultivo como viene siendo el caso de la provincia de Jaén, donde el paisaje a gran escala ya se encuentra homogeneizado y los contrastes ecológicos se dan principalmente en el manejo del cultivo entre diferentes fincas.



Figura 7. Mochuelo europeo en un cultivo arbóreo permanente como es el olivar. ©José María Finat.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

El objetivo general de este estudio es analizar el efecto de la intensificación agrícola sobre la presencia del mochuelo europeo (*Athene noctua*) en el agrosistema del olivar durante el periodo reproductor. Se busca comprender cómo el manejo agrícola de las parcelas de olivares, en términos de cubierta vegetal, influye en la presencia de esta especie de ave.

B. Objetivos específicos

1. Calcular los índices de vegetación NDVI y SAVI para cuantificar la intensificación agrícola en las parcelas de olivares evaluando la cobertura vegetal y su variabilidad espacial.
2. Evaluar la distribución espacial de los mochuelos (mediante comparativa de valores de vegetación en puntos con presencia de mochuelo respecto a puntos control aleatorios) y, mediante análisis estadístico, responder a la hipótesis planteada en la que la intensificación agrícola afecta negativamente a la presencia del mochuelo en el olivar.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

A. Sistema de estudio y diseño de muestreo

A1. Sistema de estudio: El agrosistema del olivar

Andalucía es la comunidad autónoma donde el olivar se ha convertido en el cultivo de mayor significación. De acuerdo con las cifras recogidas en la Encuesta Sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) en 2021, de los 4 millones de hectáreas cultivables en Andalucía, 1,67 Mha. están ocupadas por olivar (MAPA, 2021), siendo Córdoba y Jaén las que mayor especialización regional han alcanzado (Tabla 1).

Tabla 1. Superficies de olivar en hectáreas. Fuente: Atlas de historia económica de Andalucía siglo XIX-XX.

Superficie de olivar en hectáreas por provincias c. 1880 - 2021

	c. 1880	1920	1960	2000	2021
Almería	-	3.681	7.720	10.800	36.780
Cádiz	20.038	20.930	31.620	18.250	38.233
Córdoba	189.047	236.000	264.025	326.936	374.633
Granada	13.992	48.936	67.450	150.300	211.803
Huelva	-	18.109	30.280	25.822	27.685
Jaén	159.244	271.450	357.660	568.035	593.538
Málaga	25.070	43.050	90.495	113.882	148.159
Sevilla	189.501	225.265	288.900	184.636	242.166
Andalucía	596.892	867.421	1.138.150	1.398.661	1.672.997

Concretamente, el olivar jiennense se ha convertido en el más productivo de todo el país (MAPA, 2022), llegando al monocultivo en terrenos de extraordinaria capacidad agronómica, como es el caso de las campiñas y vegas del valle del Guadalquivir. Estos monocultivos del valle dan lugar a un paisaje muy simplificado, flanqueado al Norte por Sierra Morena y al Sur y Este por las cordilleras Subbéticas, que en Jaén están formadas por Sierra Sur de Jaén, Sierra Mágina y Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas, donde también encontramos zonas de olivar en pendiente e inmerso en paisajes más heterogéneos.

Más allá de las extensas parcelas de olivos que conforman el principal sistema de cultivo de esta zona (configurando un patrón regular y distintivo en el territorio), la provincia de Jaén también alberga áreas de vegetación natural típicas de clima mediterráneo, las cuales incluyen bosques de encinas, alcornoques y pinares. Sin embargo, el peso del sector agrícola en la economía provincial es cada vez mayor y el valor socioeconómico tan significativo que aporta la producción de aceite de oliva por la generación de empleo y contribución al desarrollo local, hace que destaque la importancia de considerar cómo las prácticas agrícolas pueden conciliarse con la conservación de la biodiversidad, logrando una coexistencia entre el desarrollo humano y la preservación del entorno natural.

La figura 8 muestra la distribución del olivar en la provincia de Jaén, la cual ya ocupa más del 90% de su suelo agrícola (Paniza et al., 2015), dicho cultivo está representado en verde oliva, mientras que los bosques se muestran en verde oscuro, los prados en verde claro, otros cultivos en amarillo y las áreas urbanas en rojo (Sánchez Martínez & Almonacid, 2021). Resulta especialmente preocupante observar cómo el olivar se ha convertido prácticamente en la única opción agrícola, dedicándose miles de pequeños agricultores a este cultivo, incluso en zonas no mecanizables (Parras Rosa et al., 2020), y alcanzando ya ciertos límites biofísicos (Sánchez Martínez & Ortega Ruiz, 2016; Mudarra, 2021; Koch, 2022).

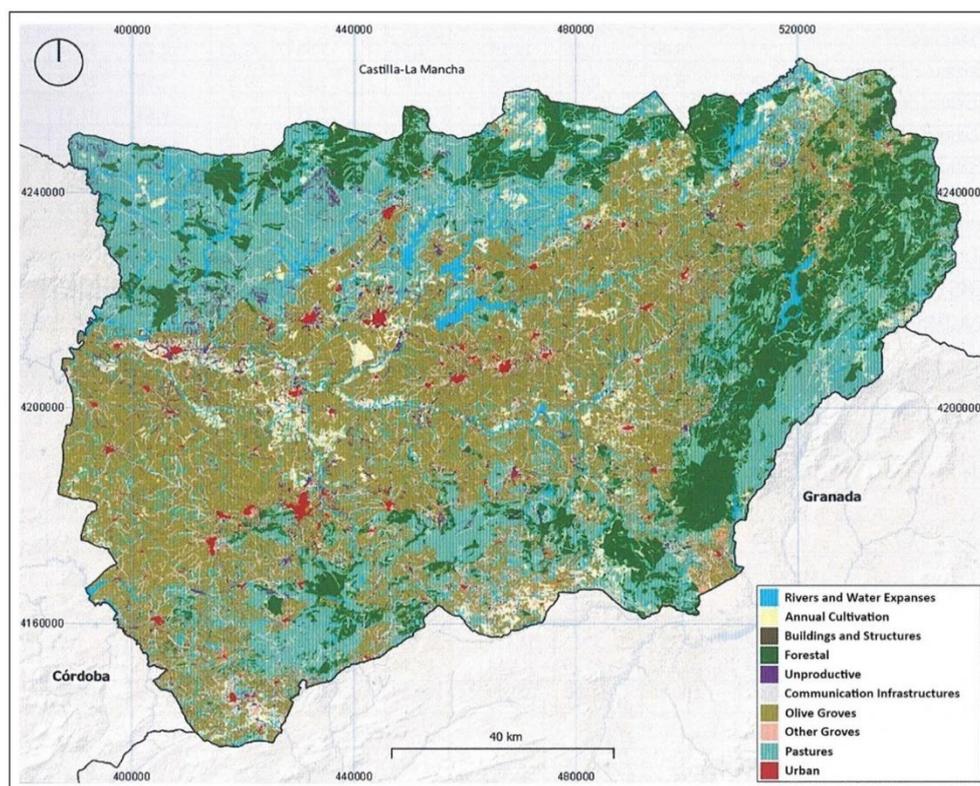


Figura 8. Mapa de usos primarios del suelo en la provincia de Jaén en 2020 (Sánchez Martínez & Almonacid, 2021).

El olivar es un cultivo predominantemente minifundista. El tamaño medio de las explotaciones es de apenas 5 ha y los sistemas de cultivo también son muy diferentes entre ellos, si bien se pueden reconocer dos grandes modelos (Sánchez, 2012):

- Olivar tradicional, con amplios marcos de plantación (80-120 pies/ha). Normalmente son de secano, con rendimientos medios o bajos (de 2.000 a 4.000 kg aceituna/ha) y edad media superior a los 25 años. Si la zona donde vegeta tiene una pendiente superior al 15-20%, no es susceptible de mecanizarse, diferenciando así entre olivar de loma y olivar de sierra.
- El olivar intensivo (200-600 pies/ha) y el olivar superintensivo (1.000-2.000 pies/ha) se pueden considerar como olivares de alta densidad, caracterizados por estar dotados de riego (1.500 a 2.500 m³/ha), obtener altas producciones (8.000-12.000 kg/aceituna/ha) y permitir la completa mecanización de las labores, la cual solo es posible con pendientes nulas o muy bajas, por lo que se trata de un olivar de vega o campiña.

El manejo intensivo del cultivo es la práctica agrícola más extendida y convencional, a la vez que agresiva con las cubiertas herbáceas y el suelo, favoreciendo la erosión y pérdida de toneladas de suelo fértil al año (Castro et al., 2008; Gómez & Giráldez, 2009; Gómez et al., 2009; González-Rosado et al., 2021). Este manejo implica la eliminación persistente de la cubierta herbácea mediante herbicida, dejando el suelo desnudo todo el año (Fig. 9a). Por el contrario, existen prácticas agrícolas extensivas, más respetuosas con la vegetación arvense, que permiten la presencia de las cubiertas herbáceas en el cultivo y la manejan mediante procedimientos mecánicos (principalmente desbroce) y/o animales (Fig. 9b), llegando en algunos casos a estar en producción ecológica estos cultivos.

Adviértase que el tipo de manejo viene dado principalmente por la gestión de las cubiertas herbáceas y no por el marco de plantación, así pues, un olivar con marco de plantación extensivo podría tener un manejo intensivo (típico olivar convencional) y viceversa.



Figura 9a. Olivar con manejo intensivo.



Figura 9b. Olivar con manejo extensivo.

A2. Diseño experimental

Este trabajo se llevó a cabo en 4 localidades de la provincia de Jaén (Mancha Real, Linares, Espeluy y Lendínez) (Fig. 10). Para testar los efectos del manejo agrícola se empleó un diseño pareado en el que cada localidad está formada por un par de fincas de 25 hectáreas con diferente manejo agrícola (extensivo frente a intensivo) (Fig. 11). Esto permite controlar los efectos debidos al paisaje entre fincas. Se buscaron parcelas de olivos con un marco de plantación semejante y con olivos de una edad similar para evitar sesgos de presencia de ejemplares ya que podría haber mayor disponibilidad de huecos para nidificar en una parcela u otra.

Al tener parcelas con características similares, a excepción de la presencia o ausencia de cubierta herbácea, cualquier diferencia observada en la distribución de las aves se puede atribuir principalmente al manejo de las cubiertas.

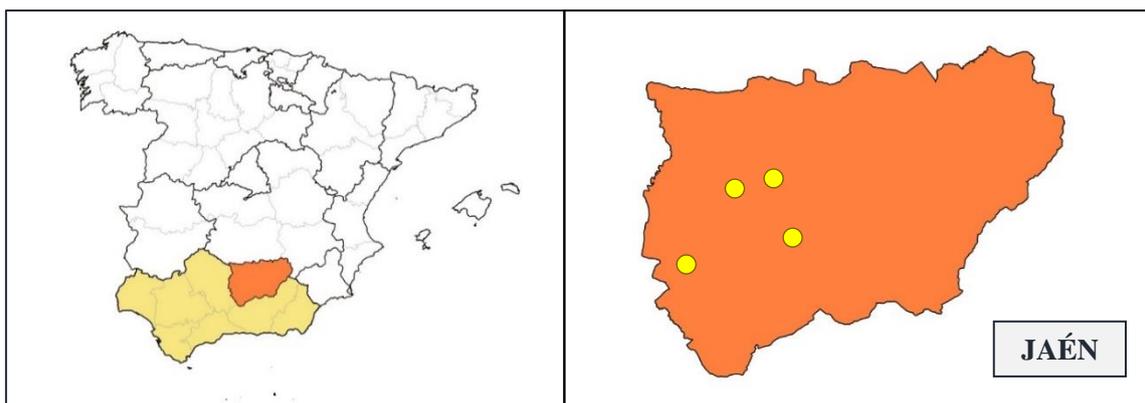


Figura 10. Localización de la provincia de Jaén en el mapa de España (izquierda), junto con los cuatro pares de parcelas ubicados geográficamente dentro de la provincia (derecha). Fuente: Elaboración propia.

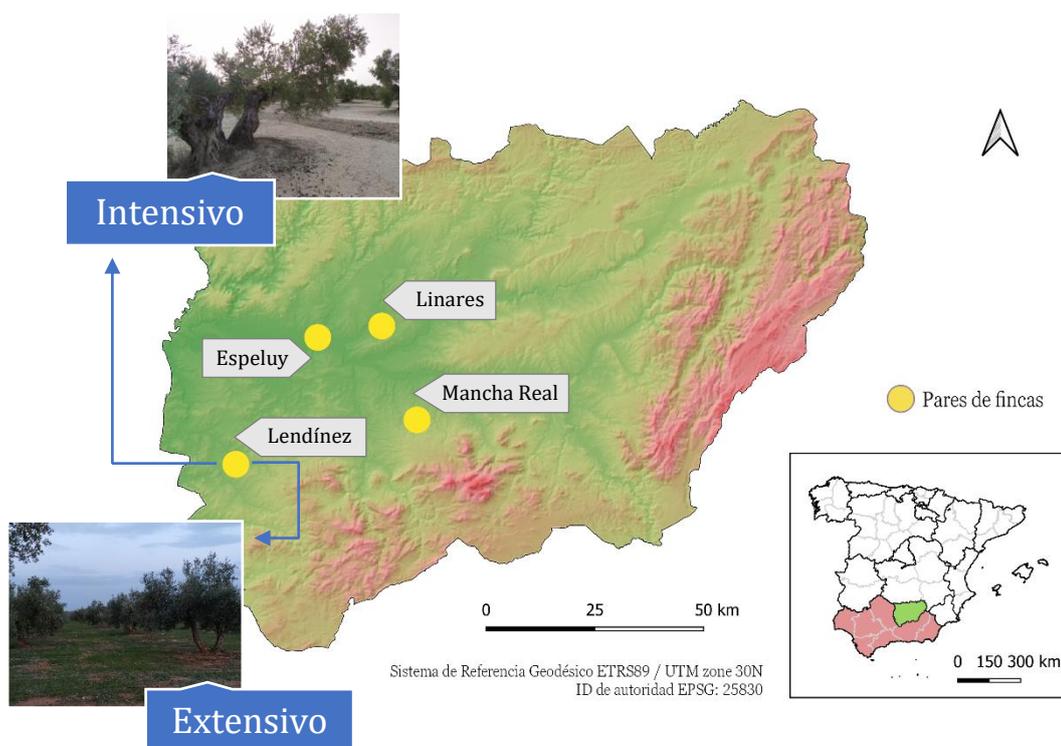


Figura 11. Mapa del área de estudio con la ubicación geográfica de los 4 pares de parcelas (extensivo e intensivo). Elaboración propia.

Tabla 2. Coordenadas de las parcelas en el sistema de referencia ETRS89 / UTM zone 30N.

Parcela	Tipo de manejo	Coordenada X	Coordenada Y
Linares	Extensivo	436979	4213155
	Intensivo	438504	4211866
Espeluy	Extensivo	422873	4209741
	Intensivo	422896	4209944
Mancha Real	Extensivo	445975	4191042
	Intensivo	445654	4190637
Lendínez	Extensivo	402962	4180600
	Intensivo	405551	4180407

B. Toma de datos y procedimientos

B1. Muestreo de los puntos de estudio

Localización de los territorios de mochuelo

Las estrigiformes son uno de los grupos ornitológicos más difíciles de estudiar mediante censos auditivos y visuales, puesto que la mayoría de sus componentes poseen un comportamiento esquivo y son difíciles de observar debido a sus hábitos nocturnos, por ello el método que resulta más eficaz para censar aves nocturnas como el mochuelo es el que está basado en técnicas de reclamo (Zuberogoitia, 2002).

Se realizó una visita a cada una de las fincas durante el periodo reproductor temprano (febrero-marzo de 2023), época en la cual ya están establecidos los territorios. Para la detección de la especie y georreferenciación de los territorios se siguió la metodología propuesta por Zuberogoitia (2002). A la caída de la tarde (puesta de sol), se procedió a recorrer la parcela realizando estaciones de escucha donde se emitió un reclamo sonoro correspondiente a un macho de mochuelo mediante un reproductor mp3 durante 2 minutos y se esperó a que los ejemplares presentes reclamaran en los consiguientes minutos de silencio. Una vez localizados con exactitud se procedió a la georreferenciación mediante gps *Garmin PGsmap 62stc*.

Selección de puntos control

Para evaluar la distribución espacial de los mochuelos en función de las áreas donde se encuentran (selección de hábitat), se utilizó un método de selección de puntos aleatorios. Este enfoque nos permite obtener muestras representativas de las zonas sin presencia de mochuelo, es decir, puntos control con las que comparar en base al índice de vegetación.

El método empleado consiste en generar puntos aleatorios dentro de las parcelas utilizando herramientas de muestreo espacial disponibles en el software QGIS (*Quantum GIS Development Team, 2021*). El número de mochuelos censados en cada polígono o parcela seleccionada es el que determina principalmente la cantidad de puntos aleatorios a generar. Para asegurar la representatividad de las parcelas sin cubierta vegetal (aquellas áreas en las que se detectó una menor cantidad de mochuelos) se estableció un número mínimo de puntos aleatorios. Esta cantidad se determina en base a consideraciones estadísticas y a la necesidad de obtener resultados confiables y significativos. Por ende, se decidió seleccionar un mínimo de cuatro puntos aleatorios, lo cual nos permite capturar la variabilidad espacial de la vegetación intrafinca y asegurar una base adecuada para las comparaciones estadísticas.

B2. Descarga de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales son capturas de la Tierra realizadas desde satélites en órbita alrededor del planeta. Estas imágenes proporcionan una vista detallada y a gran escala de la superficie terrestre, lo que las convierte en una herramienta fundamental para el estudio y monitoreo de nuestro entorno. Los sensores remotos son los que captan la radiación electromagnética emitida o reflejada por los objetos en la superficie convirtiendo esta información en imágenes o en datos cuantitativos que luego pueden ser procesados y analizados.

Sensores remotos activos: Estos sensores emiten su propia energía hacia la superficie terrestre y miden la energía reflejada o retornada por los objetos. Permite obtener información sobre la distancia, la forma y la textura de la superficie y son especialmente útiles en condiciones atmosféricas adversas y durante la noche, ya que no dependen de la iluminación solar directa. Los más comunes son los radares y los sistemas LIDAR.

Sensores remotos pasivos: Dichos sensores registran la radiación electromagnética natural reflejada por los objetos en la superficie terrestre sin emitir ninguna energía propia, por ejemplo, la luz solar. La radiación electromagnética abarca un amplio rango de longitudes de onda, capturando desde el espectro electromagnético visible, al infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo térmico. Estos sensores proporcionan información sobre la vegetación, cuerpos de agua, estructuras urbanas, etcétera.

Además, dentro de las características de las imágenes satelitales encontramos cuatro tipos de resoluciones que determinan los detalles y la definición de la imagen.

- **Resolución espacial.** Determina el tamaño mínimo de los objetos de la Tierra que pueden ser identificados en la imagen. Esta resolución se expresa en metros por píxel.
- **Resolución espectral.** Distingue las diferentes longitudes de onda o bandas espectrales en una imagen y proporciona información sobre las características de la superficie terrestre.
- **Resolución temporal.** Frecuencia con la que se toman imágenes de un área determinada. Una alta resolución temporal permite el monitoreo regular y un buen seguimiento de los cambios en la superficie terrestre.
- **Resolución radiométrica.** Capacidad para capturar y representar las variaciones sutiles en la reflectancia o emisión de la superficie terrestre. Importante cuando se requiere alta precisión en la medición de la reflectancia, como por ejemplo en la detección de cambios sutiles en la vegetación o en la identificación de diferentes tipos de suelos.

En el marco de este estudio nos interesa descargar imágenes satelitales de alta resolución espacial y espectral que nos permitan analizar la cobertura terrestre. Por tanto, a la hora de elegir nuestras imágenes multispectrales, nos interesa más hacer uso del satélite Sentinel-2 puesto que tiene una mayor resolución que Landsat, pero en nuestro caso no hemos encontrado imágenes satelitales que cumplieren con los parámetros especificados, es decir, dentro del espacio temporal en el que se realizaron los censos (febrero-marzo de 2023) y con una cobertura de nubes baja (0-10%). Sin embargo, sí hemos encontrado estas imágenes disponibles del satélite Landsat 8-9 que para este estudio son válidas, aunque la resolución espacial que nos ofrece Landsat sea algo menor que Sentinel-2. Por ende, para la descarga de las imágenes multispectrales nos hemos centrado principalmente en los satélites Landsat 8-9.

Desde la plataforma en línea proporcionada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (*USGS Earth Explorer*), obtenemos la imagen *Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level 2* (USGS, 2020), donde OLI es el sensor remoto principal de los satélites Landsat, mientras que TIRS hace referencia al sensor del espectro infrarrojo térmico. Los dos sensores se consideran como componentes separados ya que cada uno requiere de un diseño y una calibración especializados.

Collection 2 y *Level 2* se refieren a los distintos algoritmos que incorpora cada producto, lo que nos permite el preprocesamiento de las imágenes. Concretamente, *Collection 2* es la segunda versión de la colección de datos Landsat que incluye mejoras en la calidad y precisión de los datos, mientras que *Level 2* es el nivel avanzado del procesamiento de datos, donde se incluyen las correcciones y mejoras ya realizadas en el nivel anterior, añadiendo técnicas más avanzadas.

Dicho nivel en las imágenes satelitales es de gran utilidad para aquellos estudios que requieren una mayor precisión y exactitud, como viene siendo el caso.

Nivel 1. Correcciones radiométricas y geométricas que permiten convertir los valores digitales de la imagen en unidades físicas y corregir las distorsiones geométricas causadas por la órbita del satélite, el movimiento del sensor, entre otros factores.

Nivel 2. Agrega una serie de avances adicionales que va más allá de las correcciones básicas del nivel 1. Incluye correcciones atmosféricas más precisas y eliminación de nubes y sombras, importante para el análisis de cambios en el uso del suelo o para la detección de la vegetación, además de la mejora en la calidad de los datos.

La fecha de adquisición de la imagen satelital se encuentra establecida el 23/03/2023, teniendo en cuenta el espacio temporal en el que se realizaron los censos. Una vez descargada la imagen satelital, el complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) (Congedo, 2016) en QGIS nos permitirá pre-procesar la imagen, aplicando la corrección atmosférica DOS1 (*Dark Object Subtraction*) o SPO, Método de Substracción de Píxeles oscuros, también conocido como el Método de Chávez. Este procedimiento tiene como objetivo corregir el efecto de dispersión de energía electromagnética en las partículas de agua suspendidas en la atmósfera, permitiendo de esta manera, restar de la imagen los valores que éstas agregan a los datos de la imagen (Fig. 12).

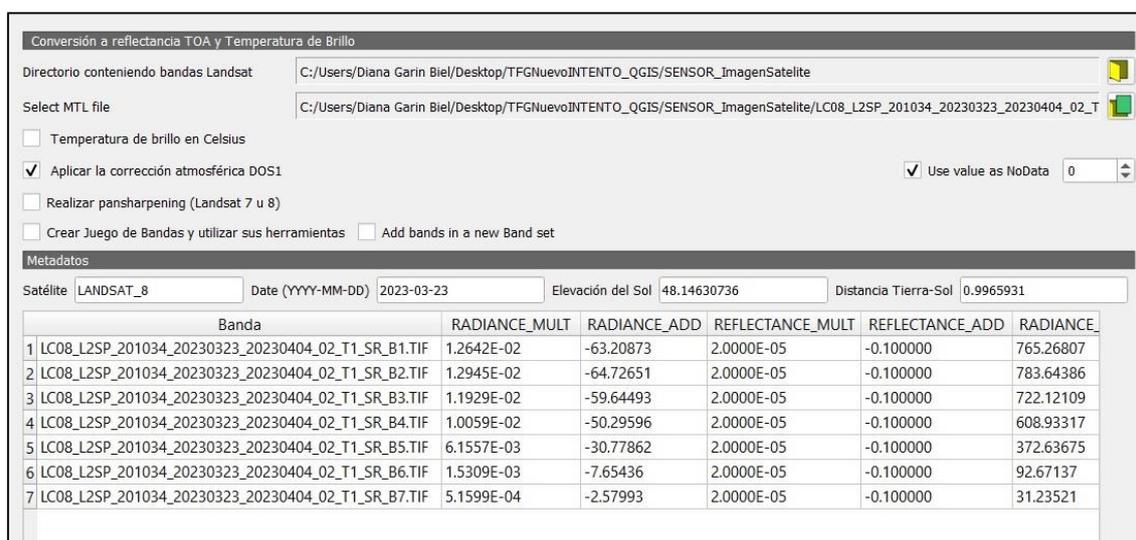


Figura 12. Cuadro de diálogo del preprocesamiento de la imagen satelital.

Para ello, desde el *plugin* SCP abrimos el directorio con las bandas que componen la imagen de Landsat, así como el archivo de metadatos que contiene la información requerida para la reflectancia. Entre las funciones de procesado encontramos la opción de “Aplicar corrección atmosférica DOS1” e incluso podemos aplicar la técnica de *pansharpening* y pasar todas las bandas a 15 metros de resolución, pero no seleccionaremos esta última puesto que nuestro objetivo es analizar la cobertura terrestre y los detalles del paisaje y, para ello, necesitamos una

resolución espacial de al menos 30 metros por píxel, que es la que nos ofrece Landsat 8-9, por lo que no es necesario ajustar más la resolución de la que tenemos (Fig. 13).

Banda espectral	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
Operational Land Imager 2 (OLI)		
Band 1 - Ultra blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30
Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30
Band 4 - Red	0.636 - 0.673	30
Band 5 - Near infrared (NIR)	0.851 - 0.879	30
Band 6 - Shortwave infrared (SWIR) 1	1.566 - 1.651	30
Band 7 - Shortwave infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294	30
Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	15
Band 9 - Cirrus	1.363 - 1.384	30
Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS)		
Band 10 - Thermal infrared (TIR) 1	10.60 - 11.19	100 / 30
Band 11 - Thermal infrared (TIR) 2	11.50 - 12.51	100 / 30

Figura 13. Bandas espectrales y resolución espacial de imágenes satélite con Landsat 8-9. Fuente: Gis&Beers

Con las distintas bandas de la imagen satelital podemos crear combinaciones que nos permiten analizar elementos específicos de la superficie terrestre en función de su espectro de emisión. Estas combinaciones nos generan una imagen en color real o falso color en función de las bandas escogidas. En este caso, se ha realizado una combinación en falso color o, más bien conocida como infrarrojo, con la combinación de las bandas 5 (infrarrojo cercano), 4 (espectro visible rojo) y 3 (espectro visible verde) (Fig. 14). Esto nos va a permitir realizar un análisis mediante teledetección identificando elementos territoriales como la vegetación. La interpretación de las distintas tonalidades es la siguiente:

- Rojo, indica una vegetación sana y bien desarrollada.
- Rosa, áreas vegetales menos densa o con vegetación menos desarrollada.
- Blanco, áreas con escasa o nula vegetación.
- Azul oscuro o negro indica la presencia de agua.
- Marrón, vegetación arbustiva muy variable.
- Beige-dorado, zonas de transición, prados secos asociados a matorral ralo.



Figura 14. Combinación RGB (543) para mostrar las diferencias de vegetación en las parcelas con diferente manejo.

En la figura 14 encontramos uno de los pares de fincas correspondiente a la localidad de Linares. Las dos parcelas muestran de forma bastante representativa los diferentes manejos de la cubierta en el olivar. En la imagen podemos observar que una de las parcelas (polígono superior) muestra tonalidades rojas, indicando la presencia de vegetación (parcela con manejo extensivo), mientras que la otra (polígono inferior) apenas alberga vegetación, ya que el color que más predomina es el blanco (parcela con manejo intensivo).

B3. Índices de vegetación

El uso de índices de vegetación nos permite cuantificar y evaluar de manera objetiva la presencia de la vegetación en las parcelas de olivares. Se trata de una medida cuantitativa utilizada en el análisis de imágenes satelitales o de sensores remotos para estimar la presencia y la salud de la vegetación en un determinado terreno o área de estudio.

Uno de los índices de vegetación más utilizados es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés, *Normalized Difference Vegetation Index*). El NDVI se calcula a partir de la diferencia entre la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) y la reflectancia en el rojo, es decir, el espectro visible (VIS), dividida por la suma de ambas. Esta fórmula permite cuantificar la cantidad de clorofila presente en la vegetación, ya que la clorofila absorbe fuertemente la luz roja y refleja la luz infrarroja cercana.

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

El valor del NDVI puede variar en un rango de -1 a 1, donde los valores cercanos a -1 indican la ausencia total de vegetación, como cuerpos de agua o suelos desnudos, los valores cercanos a 0 representan áreas con poca vegetación o vegetación poco saludable, y los valores cercanos a 1 indican una vegetación densa y saludable.

Otro índice comúnmente utilizado es el Índice de Vegetación de Ajuste del Suelo (SAVI, por sus siglas en inglés, *Soil-Adjusted Vegetation Index*). El SAVI es una modificación del NDVI que tiene en cuenta la cantidad de cobertura del suelo en la escena, lo que lo hace más adecuado para áreas con una presencia significativa de suelo desnudo o superficies no vegetales. La fórmula del SAVI incluye un factor de ajuste que se basa en la cobertura del suelo y permite corregir el sesgo del NDVI en estas áreas. La fórmula para el SAVI es la siguiente, donde "L" es el factor de ajuste que se utiliza para compensar esas variaciones en la reflectancia del suelo.

$$SAVI = \left[\frac{NIR - VIS}{NIR + VIS + L} \right] \times (1 + L)$$

Ambos índices de vegetación, NDVI y SAVI, ofrecen información relevante para el análisis de la presencia y abundancia de mochuelos en parcelas de olivares. Sin embargo, tal y como hemos comentado, presentan diferencias en sus características y aplicaciones. El NDVI es sensible a la cantidad y tipo de vegetación, lo que lo hace adecuado para estudios que requieren una alta sensibilidad a la densidad y estructura de la vegetación, mientras que el SAVI mejora la detección de cambios en la vegetación al corregir los efectos del suelo, lo que lo convierte en una opción valiosa en áreas con suelos expuestos o con cobertura vegetal heterogénea.

Considerando los objetivos de este estudio, la elección del índice de vegetación más adecuado puede recaer más en el SAVI. La presencia de olivares y la intensificación agrícola en estas parcelas dan lugar a suelos expuestos y a una variabilidad en la cobertura vegetal, lo que puede afectar la interpretación de los valores de NDVI. El índice SAVI, al considerar los efectos del suelo, ofrece una corrección que mejora la estimación de la vegetación en estas condiciones. Además, es compatible con imágenes de satélite de alta resolución, lo que proporciona una mejor caracterización espacial de la cubierta vegetal en las parcelas de olivares.

No obstante, se han calculado ambos índices y se analizarán los diferentes resultados en función de uno u otro. De esta forma, comprobaremos realmente cuál se ajusta mejor a nuestro estudio.

B4. Asociación de los píxeles circundantes a los puntos de estudio

Para evaluar la relación entre la presencia de mochuelos y los valores de vegetación de cada parcela se llevó a cabo una asociación de los puntos de mochuelos, los cuales representan las observaciones realizadas en campo, con los píxeles circundantes. Para ello utilizamos un enfoque basado en un análisis de vecindad espacial.

En función de la resolución espacial de la imagen satelital con la que estamos trabajando (en este caso Landsat nos ofrece una resolución de 30 m x 30 m) generamos estos píxeles de forma uniforme estableciendo un radio predefinido alrededor del punto seleccionado.

Se buscó seleccionar un tamaño de vecindario que capturara de manera adecuada la influencia espacial de la vegetación en la presencia de mochuelos, evitando al mismo tiempo un tamaño excesivo que pudiera incluir áreas irrelevantes o reducir la sensibilidad del análisis. Por tanto, tras evaluar las consideraciones espaciales y ecológicas, se determinó un tamaño vecindario de 8 píxeles alrededor de cada punto de mochuelo. Este tamaño es adecuado para este estudio puesto que nos permite capturar las variaciones en la vegetación que se dan a nivel local dentro de cada parcela y por las que se puede estar distribuyendo cada mochuelo.

Para ello, se generó un *buffer* para cada punto con una distancia de 45 metros, alcanzando así los 9 píxeles a los que asociamos cada punto, evaluando una superficie de 0.81 hectáreas por territorio detectado. Esta asociación la realizamos tanto para los valores NDVI como para los valores SAVI.



Figura 15. Asociación de puntos circundantes a puntos en los que se registró un mochuelo reclamando.

B5. Extracción de los valores medios NDVI/SAVI para cada parcela

Uno de los objetivos de este estudio es analizar la relación entre la presencia de mochuelos y el manejo de la cubierta herbácea. Para ello, las parcelas de olivares se clasificaron en dos niveles categóricos (intensivo o extensivo). Para obtener una variable continua de vegetación con la que trabajar en los modelos estadísticos obtuvimos los valores medios de NDVI/SAVI para cada finca e incorporamos información cuantitativa que nos permitió una mayor precisión y detalle en el análisis, en lugar de basarnos únicamente en diferencias binarias o categóricas.

Igual que en el apartado anterior, mediante extracción por capa de máscara generamos un ráster con los píxeles definidos por cada parcela y extrajimos así los valores medios, tanto para NDVI como SAVI.



Figura 16. Capa ráster extraída por capa de máscara para la obtención del valor medio NDVI/SAVI de cada parcela.

C. Análisis estadístico

Para determinar si el tipo de manejo de las cubiertas herbáceas en el olivar favorece la presencia de mochuelo y determina la distribución de los territorios en el cultivo se emplearon modelos lineales generalizados mixtos. Los GLMM (*Generalized Linear Mixed Model*), son adecuados para el análisis de datos en los que la variable de respuesta no sigue una distribución normal, sino que puede ser binomial (presencia/ausencia) o de conteo, y se ve influenciada por múltiples factores.

Se realizó un GLMM con el paquete glmmTMB (Brooks et al., 2017) del programa de software estadístico R (R Core Team, 2019). Se consideró la variable “presencia” (con distribución binomial) como variable respuesta, mientras que el manejo fue nuestra variable predictora, medida como una variable continua a través de los valores NDVI/SAVI asociados a cada punto. Se consideraron como valores confiables aquellos con un p-valor menor a 0,05.

IV. RESULTADOS

A. Validación de la clasificación del tipo de manejo en las fincas

Dado que la selección de las fincas se hizo mediante la observación visual del estado de las cubiertas *in situ*, seleccionando en la misma localidad una parcela con manejo extensivo frente otra con manejo intensivo, se testó si dichos niveles categóricos se corresponden con distintos valores de los índices de vegetación NDVI y SAVI.

Encontramos diferencias significativas ($p < 2,2e-16$) entre fincas con distinto manejo para ambas variables (NDVI y SAVI) (Fig. 17). Al encontrar estas diferencias y corresponderse con la variable categórica “manejo”, empleamos en los modelos los parámetros de los índices de vegetación como variable continua que diera explicación al tipo de manejo.

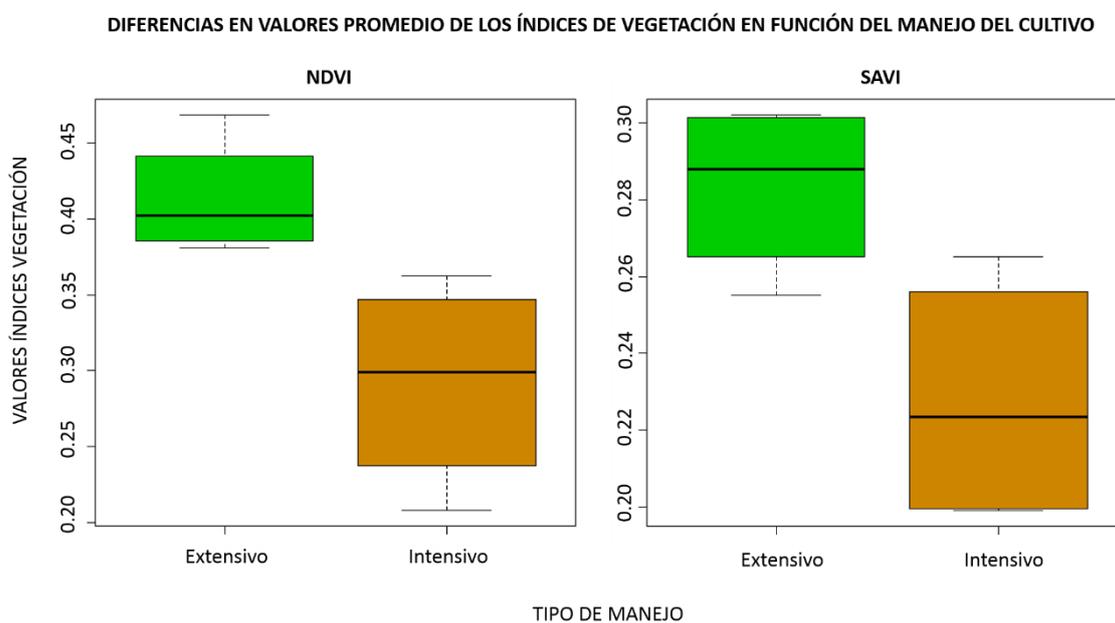


Figura 17. Valores NDVI/SAVI promedio para cada tipo de manejo.

B. Influencia de la cubierta vegetal en la selección del hábitat y distribución de los territorios

La abundancia de mochuelo varió en función del tipo de manejo entre fincas, detectando una media de 5,25 mochuelos reclamando en las fincas con manejo extensivo (mín:4; máx:7) y 1,25 (mín:1; máx:2) mochuelos de media reclamando en fincas con manejo intensivo.

Para el conjunto de parcelas estudiadas encontramos que la presencia de mochuelo se relaciona positivamente con el aumento del valor de los índices de vegetación (Fig. 18), tanto para el índice NDVI ($p = 0,009$) como para el índice SAVI ($p = 0,021$).

Efecto de la cubierta herbácea en el olivar sobre la presencia de mochuelo europeo para el conjunto de fincas

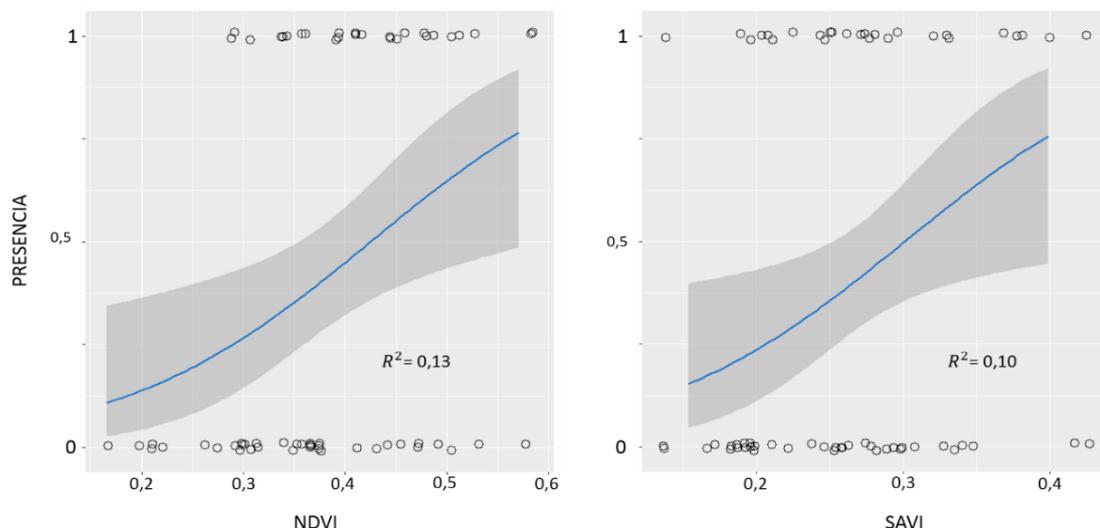


Figura 18. Resultados del modelo binomial en el que se evalúa la presencia del mochuelo en función de los índices de vegetación NDVI (izq.) y SAVI (dcha.) para el conjunto de fincas.

Al analizar cada tipo de manejo por separado, encontramos que los datos no se comportan por igual para ambos tipos de manejo. En las fincas con manejo extensivo, no encontramos efectos de la cubierta herbácea sobre la presencia del mochuelo (NDVI: $p = 0,46$; SAVI: $p = 0,74$). Sin embargo, en las fincas con manejo intensivo es donde se da el mayor efecto de las cubiertas sobre la presencia de esta ave (NDVI: $p = 0,048$; SAVI: $p = 0,045$) (Figuras 19 y 20).

Teniendo en cuenta los valores medios de vegetación tan bajos detectados en las parcelas con manejo intensivo, esto indica que la mayor parte de los mochuelos detectados en estas parcelas tienen preferencia por zonas donde la cobertura herbácea es mayor a la media de la parcela. Esto se corrobora observando el punto de corte de la recta de las fincas con manejo intensivo (fig. 19 y 20) que, para ambos índices, se sitúa en torno a 0,35.

Efecto de la cubierta herbácea en el olivar sobre la presencia de mochuelo europeo según el manejo del cultivo

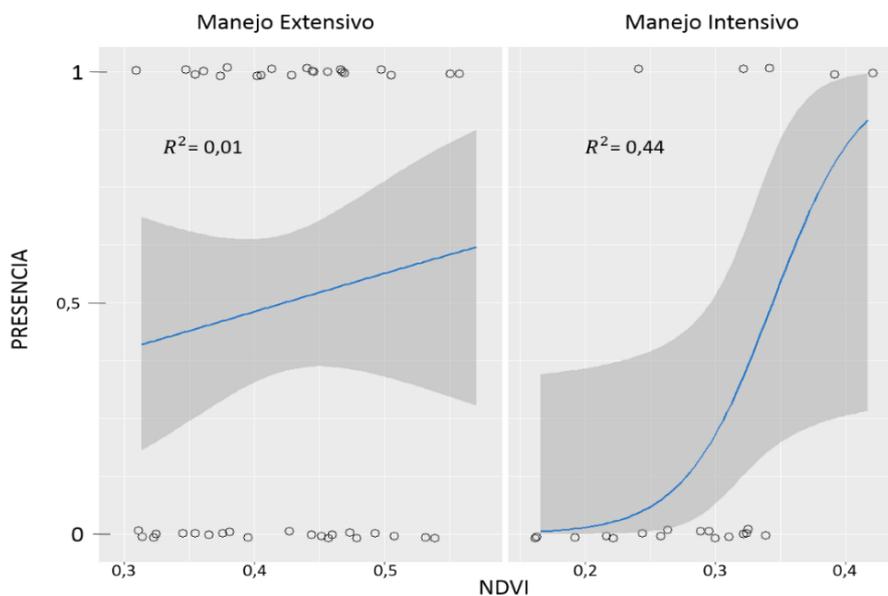


Figura 19. Resultados del modelo binomial en el que se evalúa la presencia del mochuelo en función del manejo del cultivo tomando como referencia de la cobertura herbácea los valores NDVI.

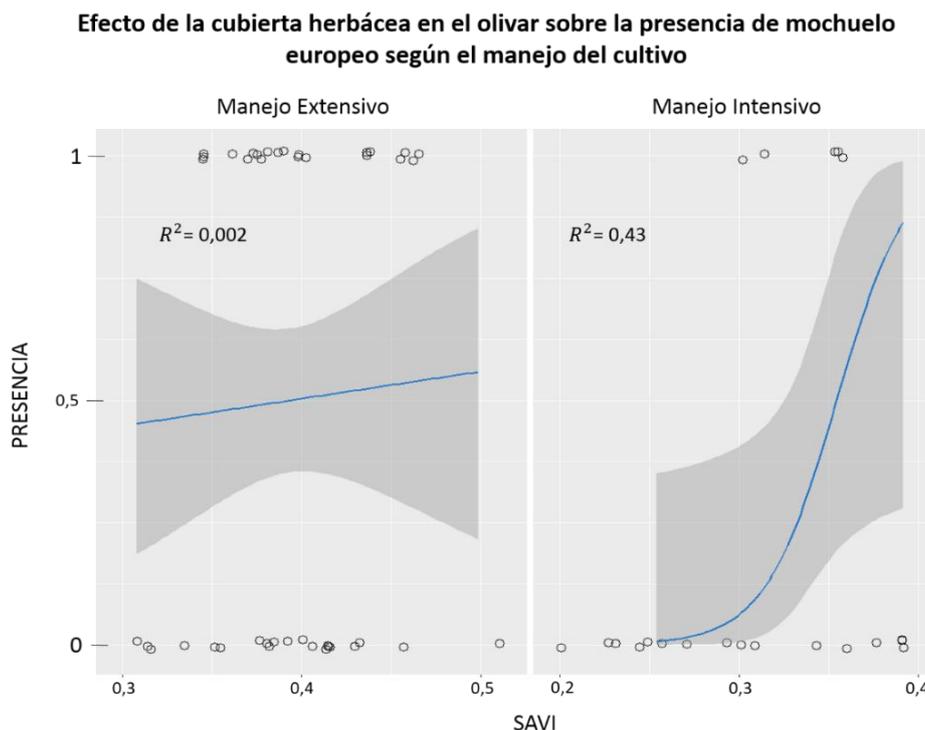


Figura 20. Resultados del modelo binomial en el que se evalúa la presencia del mochuelo en función del manejo del cultivo tomando como referencia de la cobertura herbácea los valores SAVI.

V. DISCUSIÓN

A. Conveniencia de los índices de vegetación empleados

En este estudio se han utilizado los índices de vegetación (VI) derivados de los datos de los sensores satelitales para estimar la cobertura vegetal de las parcelas. El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es, por lo general, el más ampliamente utilizado. Sin embargo, en áreas con poca vegetación, el reflejo del suelo es mucho mayor que el reflejo de la vegetación, por lo que es difícil detectar el reflejo de la cubierta vegetal. Para minimizar las influencias del brillo del suelo, se desarrolla una técnica de transformación denominada Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) (Barati et al., 2011; (Vani & Ravibabu Mandla, 2017), encontrando en nuestros resultados valores más altos, por lo general, de NDVI que de SAVI, lo que significa que éste último está distinguiendo áreas de suelo que han influido en los valores reales del NDVI. No obstante, una variación de 0,1 entre ambos índices no demuestra que SAVI sea especialmente más preciso que NDVI, por lo que no podemos realizar una selección que esté fuertemente contrastada. Para una mejor correspondencia con la cubierta vegetal real, sería necesario valorar otras alternativas o hacer uso de la combinación NDVI-SAVI.

B. Selección de hábitat: influencia de la cobertura y estructura de la vegetación herbácea

Las cubiertas herbáceas suponen un importante proveedor de recursos alimenticios a diferentes escalas taxonómicas. El mochuelo es un ave que se alimenta principalmente de artrópodos y micromamíferos. La selección de hábitat en época reproductora atiende a diferentes parámetros que se pueden resumir en dos grados aspectos: la existencia de niveles adecuados de alimento para la crianza (y mantenimiento de los propios individuos reproductores) y la disponibilidad

de un lugar adecuado para realizar la puesta y asegurar el éxito reproductor. Johnson Douglas, (1980) estudió que los animales son capaces de tomar decisiones sobre los recursos a escalas consecutivamente más pequeñas. Es por eso que la selección general del hábitat puede considerarse como un proceso jerárquico relacionado, por ejemplo, con un parche adecuado para la reproducción a pequeña escala y áreas adecuadas para la alimentación a una escala más amplia (Martínez & Zuberogoitia, 2004a).

El mochuelo requiere de prados, pastizales y superficies agrícolas con cierto desarrollo de la vegetación para asegurar su accesibilidad a las presas básicas (Zuberogoitia, 2002; Źmihorski et al., 2012), siendo la cubierta vegetal un factor determinante en la distribución de los territorios como así lo atestiguan diversos estudios realizados en diversos hábitats (Źmihorski et al., 2009; Šálek et al., 2010; Bartolommei et al., 2013). Como muchas otras rapaces, selecciona posaderos o perchas desde donde otea a sus presas en lugares algo más elevados (Andersson, 1981; Rice, 1983; Thiollay et al., 1988; Andersson et al., 2009; Tomé et al., 2011), si bien también puede cazar desde el suelo a falta de estos.

La estructura de la vegetación basada en el conjunto de especies que compone las cubiertas herbáceas, es otro factor clave que determina la presencia y distribución del mochuelo en un hábitat. Aunque la vegetación más alta y densa puede sustentar una mayor abundancia de invertebrados (Devereux et al., 2004) o pequeños mamíferos (Jacob & Brown, 2000), también pueden reducir la disponibilidad y el acceso a sus principales especies de presa (Šálek et al., 2010), dificultando así la caza de éstas y dando lugar a lances infructuosos. Es la vegetación más corta la que promueve un mejor acceso a los alimentos para los depredadores como el mochuelo (Šálek et al., 2010), ratificando que no es la abundancia de presas la que influye positivamente en la presencia de esta especie, sino la funcionalidad de la estructura de la vegetación (Arlettaz et al., 2010; Aschwanden et al., 2005). Es por eso que durante la alimentación en cultivos anuales, los mochuelos pueden preferir áreas con porciones de campos recientemente cosechados y plantados que se encuentran activamente irrigados y con menos del 60% de la cubierta vegetal o alturas por debajo de los 15 centímetros (Framis et al., 2011; Bartolommei et al., 2013). Esta selección evita cambios en las prácticas de caza del mochuelo y en su dieta hacia presas alternativas. De lo contrario, esto resultaría en un coste energético críticamente más alto durante la temporada de reproducción, mermando su éxito reproductivo (Šálek et al., 2010).

Los resultados de este trabajo resultan en consonancia con lo anteriormente expuesto, revelando que, en el agrosistema del olivar, el fomento y mantenimiento de las cubiertas herbáceas favorece la presencia del mochuelo. Respecto a la influencia de la estructura de la vegetación, aunque este trabajo no dispone de suficientes réplicas ni se tomó una variable relacionada con esta característica (pues no era el objetivo del estudio) como para sustentar la siguiente afirmación, los datos de abundancia de mochuelo detectados, en base a las observaciones realizadas en campo durante los censos, se ajustan a las afirmaciones expuestas con anterioridad. Encontramos entre las fincas con manejo extensivo, mayor densidad de mochuelos en aquellas con una estructura vegetal rala, debido a la selección de especies y fenotipos de porte muy bajo (consecuencia del continuo desbroce). Mientras que, en las otras fincas donde la vegetación era más alta, la densidad de mochuelos fue algo menor.

Cuando observamos los datos a nivel de manejo, las parcelas con manejo extensivo presentan índices de vegetación con valores más elevados debido al mantenimiento de la cubierta entre los olivos. Este tipo de hábitat se presupone como óptimo para la especie. La mayor abundancia de ejemplares detectados en estas fincas así lo confirman. Para este tipo de fincas, los resultados obtenidos muestran que la distribución de los mochuelos no viene explicada por la cubierta herbácea. Esto es fácilmente explicable dada la homogeneidad del hábitat, que permite a los

ejemplares de mochuelo realizar una selección del territorio en función de otros parámetros a pequeña escala como los mejores huecos (Framis et al., 2011) o, simplemente, lugares sin competencia de otros congéneres.

Algunos estudios (véase Moreno-Mateos et al., 2011) muestran que los olivares funcionan como hábitat neutro para el mochuelo. Sin embargo, no se describe el manejo de estos sistemas de estudio, pues un manejo intensivo sin cubiertas vegetales no favorecería la entrada del mochuelo al cultivo, de ahí esa neutralidad para la especie.

Según nuestros resultados, en las parcelas con un manejo de las cubiertas intensivo (donde el suelo está prácticamente desnudo), la probabilidad de que la relación entre presencia de mochuelos y presencia de cubierta herbácea sea puramente aleatoria es baja. Es decir, en las fincas con manejo intensivo, además de haber una baja abundancia de mochuelo, los territorios se ajustan a aquellos rodales donde existe algo de cubierta desarrollada, ya que, como venimos explicando, estas áreas implican una mayor abundancia de recursos tróficos. Estos parches de vegetación actúan como pequeñas islas de biodiversidad que aportan heterogeneidad y generan un efecto de concentración al no haber otro recurso disponible en varias hectáreas a la redonda. A su vez, al ser un recurso limitado, limita la abundancia al aumentar la competencia por el recurso, lo que impide la coexistencia de varios individuos formando diferentes territorios.

Es importante reconocer las limitaciones espaciales (la mayor parte de los trabajos emplean unidades de muestreo mayores a las 25 ha.), así como las limitaciones temporales (sólo una primavera muestreada), al interpretar los resultados. Un mayor esfuerzo de muestreo, tanto en número de parcelas como en primaveras muestreadas habría permitido recopilar una mayor cantidad de datos, obteniendo un mejor ajuste de los modelos y evitando posibles sesgos debidos a la estocasticidad anual, lo que podría haber resultado en análisis más precisos y confiables. Estos serían algunos de los aspectos a considerar de cara a posibles investigaciones futuras para obtener una visión más completa y sólida del tema en cuestión.

Desafortunadamente, aún existen pocos estudios acerca de la dinámica de las poblaciones de mochuelo en tierras agrícolas y unas técnicas de conservación no validadas pueden causar daños graves, especialmente en especies amenazadas. Ejemplo de ello puede ser el hecho de que las características y capacidades de los ecosistemas están estrechamente ligadas a la transferencia de materia y energía desde los niveles más bajos a los más altos dentro de la cadena alimentaria. Por lo que podemos entender que favorecer la abundancia de especies comunes en los niveles tróficos más bajos puede ser crucial para promover la biodiversidad en su conjunto, ya que la existencia de buenos reservorios de presas contribuirá, generalmente, a atraer a sus depredadores. Sin embargo, éste no es el caso del mochuelo. Tal y como hemos comentado, es la estructura de la vegetación la que desempeña un papel más importante en la selección del hábitat por parte del mochuelo, facilitándoles detectar y acceder a sus presas.



Figura 21. Olivo maduro con múltiples entradas que favorecen la nidificación de las aves.

Por tanto, es importante tener un conocimiento claro de la distribución y estatus de una comunidad entera, en este caso estrigiformes, debido a que muchos aspectos de la biología de una especie no son independientes de la presencia y abundancia de otras que comparten un mismo uso del espacio y el tiempo (comunidad), sino que también pueden existir fenómenos de competencia, desplazamientos, predación, etc.



Figura 22. Mochuelo en su lugar de anidación. © José María Finat.

VI. CONCLUSIONES

Podemos concluir que el mochuelo depende de las cubiertas herbáceas en el olivar para establecer los territorios, en primer lugar, seleccionando las zonas con cubierta herbácea desarrollada en aquellos lugares que en general se encuentran depauperados y, en el caso de cultivos donde la vegetación es óptima, entran en juego otros factores para la selección del hábitat. Esto supone que es de vital importancia una adecuada gestión del cultivo que fomente, favorezca y permita cubiertas herbáceas diversas (Tarifa et al., 2021) que, a su vez, favorecen la heterogeneidad de microhábitats y la diversidad de presas.

La presencia y la distribución de aves rapaces nocturnas, incluyendo el mochuelo europeo, están relacionadas con la estructura y la calidad de la vegetación en sus hábitats, por lo que mantener y gestionar adecuadamente la cubierta vegetal en los olivares adoptando prácticas agrícolas sostenibles y manteniendo una complejidad estructural del paisaje, puede promover la presencia y conservación del mochuelo europeo, así como la estabilidad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos en estos paisajes. Sin embargo, se requiere una mayor investigación para comprender mejor los procesos ecológicos y la biodiversidad en estos ecosistemas, así como evaluar la eficacia de las estrategias de conservación implementadas hasta ahora.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Andersson, M. (1981). On Optimal Predator Search. *Theoretical Population Biology*, 19(1), 58–86. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(81\)90035-6](https://doi.org/10.1016/0040-5809(81)90035-6)
- Andersson, M., Wallander, J., & Isaksson, D. (2009). Predator Perches: A Visual Search Perspective. *Functional Ecology*, 23(2), 373–379. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01512.x>
- Apolloni, N., Gruebler, M. U., Arlettaz, R., Gottschalk, T. K., & Naef-Daenzer, B. (2018). Habitat selection and range use of little owls in relation to habitat patterns at three spatial scales. *Animal Conservation*, 21(1), 65–75. <https://doi.org/10.1111/acv.12361>
- Arlettaz, R., Krähenbühl, M., Almasi, B., Roulin, A., & Schaub, M. (2010). Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boost small mammal populations but not breeding Barn Owls. *Journal of Ornithology*, 151(3), 553–564. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0485-0>
- Aschwanden, J., Birrer, S., & Jenni, L. (2005). Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? *Journal of Ornithology*, 146(3), 279–286. <https://doi.org/10.1007/s10336-005-0090-9>
- Barati, S., Rayegani, B., Saati, M., Sharifi, A., & Nasri, M. (2011). Comparison the accuracies of different spectral indices for estimation of vegetation cover fraction in sparse vegetated areas. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 14(1), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2011.06.001>
- Bartolommei, P., Mortelliti, A., Pezzo, F., & Puglisi, L. (2013). Distribution of nocturnal birds (Strigiformes and Caprimulgidae) in relation to land-use types, extent and configuration in agricultural landscapes of Central Italy. *Rendiconti Lincei*, 24(1), 13–21. <https://doi.org/10.1007/s12210-012-0211-3>
- Blanca, G., Cueto, M., Fuentes, J., Sáez, L., & Tarifa, R. (2018). *Linaria qartobensis* sp. nov. (Plantaginaceae) from the southern Iberian Peninsula. *Nordic Journal of Botany*, 36(8), 1–7. <https://doi.org/10.1111/njb.01914>
- Bock, A., Naef-Daenzer, B., Keil, H., Korner-Nievergelt, F., Perrig, M., & Gruebler, M. U. (2013). Roost site selection by Little Owls *Athene noctua* in relation to environmental conditions and life-history stages. *Ibis*, 155(4), 847–856. <https://doi.org/10.1111/ibi.12081>
- Brooks, M. E., Kristensen, K., Benthem, K. J. Van, Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Mächler, M., & Bolker, B. M. (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9(2), 378–400. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000240890>
- Castro, J., Fernández-Ondoño, E., Rodríguez, C., Lallena, A. M., Sierra, M., & Aguilar, J. (2008). Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaén (Spain). *Soil & Tillage Research*, 98(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.002>
- Concepción, E. D., Díaz, M., Kleijn, D., Báldi, A., Batáry, P., Clough, Y., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Knop, E., Marshall, E. J. P., Tscharrntke, T., & Verhulst, J. (2012). Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 695–705. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02131.x>
- Congedo, L. (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Devereux, C. L., Mckeever, C. U., Benton, T. G., & Whittingham, M. J. (2004). The effect of sward height and drainage on Common Starlings *Sturnus vulgaris* and Northern Lapwings *Vanellus vanellus* foraging in grassland habitats. *Ibis*, 146(SUPPL. 2), 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00355.x>

- Foraster Pulido, L. (2022). *Transición agroecológica del olivar. Estudio de caso*. Universidad Internacional de Andalucía.
- Framis, H., Holroyd, G. L., & Mañosa, S. (2011). Home range and habitat use of little owl (*Athene noctua*) in an agricultural landscape in coastal Catalonia, Spain. *Animal Biodiversity and Conservation*, 34(2), 369–378. <https://doi.org/10.32800/abc.2011.34.0369>
- Gómez, J. A., & Giráldez, J. V. (2009). Capítulo 3. Erosión y degradación de suelos. *Sostenibilidad de La Producción En Olivar En Andalucía*, 68–126. <http://hdl.handle.net/10261/24985>
- Gómez, J. A., Sobrinho, T. A., Giráldez, J. V., & Fereres, E. (2009). Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil & Tillage Research*, 102(1), 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.05.005>
- González-Rosado, M., Parras-Alcántara, L., Aguilera-Huertas, J., & Lozano-García, B. (2021). Soil Productivity Degradation in a Long-Term Eroded Olive Orchard under Semiarid Mediterranean Conditions. *Agronomy*, 11(4), 812.
- Guzmán Álvarez, J. R. (2020). La construcción del paisaje de los olivares del pasado. Una invitación a la historia del olivo en Andalucía. *Andalucía En La Historia*, 69(Olivos y aceites. Una historia milenaria), 40–43. www.centrodeestudiosandaluces.es
- Ilanloo, S. S., Ebrahimi, E., Valizadegan, N., Ashrafi, S., Rezaei, H. R., & Yousefi, M. (2020). Little owl (*Athene noctua*) around human settlements and agricultural lands: Conservation and management enlightenments. *Acta Ecologica Sinica*, 40(5), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2020.06.001>
- Infante-Amate, J., & Zambrana Pineda, J. F. (2020). La gran expansión. Siglos XVIII-XX. *Andalucía En La Historia*, 69(Olivos y aceites. Una historia milenaria), 18–25. www.centrodeestudiosandaluces.es
- IUCN. (2022). *The IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Red List of Threatened Species. Version 2022-2*. <https://www.iucnredlist.org>
- Jacob, J., & Brown, J. S. (2000). Microhabitat use, giving-up densities and temporal activity as short- and long-term anti-predator behaviors in common voles. *Oikos*, 91(1), 131–138. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.910112.x>
- Johnson Douglas H. (1980). The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecological Society of America*, 61(1), 65–71. <http://www.jstor.org/stable/1937156>
- Koch, P. (2022). Where limits to growth are tangible: the olive sector in Jaén and its bioeconomic future. *Sustainability Science*, 18(2), 661–674. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01236-6>
- López-Pintor, A., Sanz-Cañada, J., Salas, E., & Rescia, A. J. (2018). Assessment of Agri-Environmental Externalities in Spanish Socio-Ecological Landscapes of Olive Groves. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8), 2640. <https://doi.org/10.3390/su10082640>
- MAPA. (2021). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 50. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/totalespanayccaa2020_tcm30-553610.pdf
- MAPA. (2022). *Superficies y producciones anuales de cultivos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>
- Martí, R., & Del Moral, J. C. (2003). *II Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Sociedad Española de Ornitología.
- Martínez, Jose Antonio, & Zuberogoitia, I. (2004a). Habitat preferences for Long-eared Owls *Asio otus* and Little Owls *Athene noctua* in semi-arid environments at three spatial scales. *Bird Study*, 51(2), 163–169. <https://doi.org/10.1080/00063650409461348>

- Martínez, José Antonio, & Zuberogoitia, I. (2004b). Effects of habitat loss on perceived and actual abundance of the little owl *Athene noctua* in eastern Spain. *Ardeola*, 51(1), 215–219.
- Mayer, M., Šálek, M., Fox, A. D., Lindhøj, F. J., Jacobsen, L. B., & Sunde, P. (2021). Fine-scale movement patterns and habitat selection of little owls (*Athene noctua*) from two declining populations. *PLoS ONE*, 16(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256608>
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas., 46 Boletín Oficial del Estado 20912 (2011). <http://www.boe.es/boe/dias/2011/02/23/pdfs/BOE-A-2011-3582.pdf>
- Moreno-Mateos, D., Benayas, J. M. R., Pérez-Camacho, L., De La Montaña, E., Rebollo, S., & Cayuela, L. (2011). Effects of land use on nocturnal birds in a Mediterranean agricultural landscape. *Acta Ornithologica*, 46(2), 173–182. <https://doi.org/10.3161/000164511X625946>
- Mudarra, J. (2021). *Anuncian que en julio la provincia de Jaén entrará en situación de emergencia por la escasez de agua*. <https://www.ideal.es/jaen/jaen/anuncian-julio-provincia-20210603132730-nt.html>
- Paniza Cabrera, A., García Martínez, P., & Sánchez Martínez, J. D. (2015). Análisis de la expansión del olivar en la provincia de Jaén a través de fuentes cartográficas (1956-2007). *Anales de Geografía*, 35(1), 119–137. https://doi.org/10.5209/rev_aguc.2015.v35.n1.48966
- Parras Rosa, M., Ruz Carmona, A., Torres Ruiz, F., & Colombo, S. (2020). Los costes del olivar en la Provincia de Jaén: tipología de olivareros y aproximación a los costes de los municipios de la Provincia de Jaén. *Instituto de Estudios Giennenses, Diputación provincial de Jaén*.
- Picornell Buendía, M. R., & Melero Martínez, J. M. (2013). The history of oil and the growing tree; as expressed in the Bible. *Revista de La Facultad de Educación de Albacete*, 28, 155–181. <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>
- Quantum GIS Development Team. (2021). *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project* (3.20.3). <http://qgis.osgeo.org>
- R. Rice, W. (1983). Sensory Modality: An Example of Its Effect on Optimal Foraging Behavior. *Ecological Society of America*, 64(2), 403–406. <https://www.jstor.org/stable/1937088>
- R Core Team. (2019). *A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing* (3.6.3). <https://www.r-project.org/>
- Rey, P. J., Manzaneda, A. J., Valera, F., Alcántara, J. M., Tarifa, R., Isla, J., Molina-Pardo, J. L., Calvo, G., Salido, T., Gutiérrez, J. E., & Ruiz, C. (2019). Landscape-moderated biodiversity effects of ground herb cover in olive groves: Implications for regional biodiversity conservation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 277(November 2018), 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.007>
- Šálek, M., Riegert, J., & Křivan, V. (2010). The impact of vegetation characteristics and prey availability on breeding habitat use and diet of Little Owls *Athene noctua* in Central European farmland. *Bird Study*, 57(4), 495–503. <https://doi.org/10.1080/00063657.2010.494717>
- Sánchez, J. D. M. (2012). Una contribución al debate sobre los monocultivos agrícolas: El caso de la especialización olivarera en Andalucía (España). *Geo UERJ*, 1(23), 19–52. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2012.3683>
- Sánchez Martínez, J.D., & Almonacid, A. G. (2021). *Dinámica Temporal y caracterización territorial del olivar en la provincia de Jaén*. Caja Rural de Jaén.
- Sánchez Martínez, José Domingo, & Ortega Ruiz, A. (2016). El monocultivo olivarero jiennense: Conformación histórica, valores patrimoniales y proyección cultural-turística. *Cuadernos de Turismo*, 37, 377–402. <https://doi.org/10.6018/turismo.37.256281>
- SEO/BirdLife. (2021). Libro Rojo de las Aves de España. In N. López-Jiménez (Ed.), *Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife)*. <https://doi.org/10.31170/0087>

- SEO/BirdLife. (2022). *III Atlas de aves en época de reproducción en España* (B. Molina, A. Nebreda, A. Muñoz, J. R. Seoane, R. Real, J. Bustamante, & J. C. E. Del Moral (eds.)). Sociedad Española de Ornitología. <https://atlasaves.seo.org/>
- Tarifa, R., Martínez-, C., Valera, F., González-, J. P., Salido, V. T., & Rey, P. J. (2021). Agricultural intensification erodes taxonomic and functional diversity in Mediterranean olive groves by filtering out rare species. *Journal of Applied Ecology*, *58*(January), 2266–2276. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13970>
- Thiollay, J. M., & Clobert, J. (1988). Comparative foraging adaptations of small raptors in a dense African savanna. *Ibis*, *132*(1), 42–57. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.1990.tb01015.x>
- Tomé, R., P. Dias, M., Cláudia Chumbinho, A., & Bloise, C. (2011). Influence of perch height and vegetation structure on the foraging behaviour of Little Owls *Athene noctua*: How to achieve the same success in two distinct habitats. *Ardea*, *99*(1), 17–26. <https://doi.org/10.5253/078.099.0103>
- Tscharntke, T., Tylanakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., ... Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, *87*(3), 661–685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- USGS. (2020). Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) - Thermal Infrared Sensor (TIRS) Collection 2 Level 2 (L2) Data Format Control Book (DFCB). *U.S. Geological Survey*, 2(September), 72.
- Vani, V., & Ravibabu Mandla, V. (2017). Comparative Study of NDVI and SAVI Vegetation Indices in Anantapur District Semi-Arid Areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *8*(4), 559–566. <http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=8&IType=4>
- Vanwalleghem, T., Infante-Amate, J., González de Molina, M., Soto Fernández, D., & Alfonso Gómez, J. (2011). Quantifying the effect of historical soil management on soil erosion rates in Mediterranean olive orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *142*(3–4), 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.003>
- Żmihorski, M., Romanowski, J., & Chylarecki, P. (2012). Environmental factors affecting the densities of owls in Polish farmland during 1980-2005. *Biologia (Poland)*, *67*(6), 1204–1210. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0114-x>
- Żmihorski, M., Romanowski, J., & Osojca, G. (2009). Habitat preferences of a declining population of the little owl, *Athene noctua* in Central Poland. *Folia Zoologica*, *58*(2), 207–215.
- Zuberogoitia, I. (2002). *Ecoetología de las rapaces nocturnas de Bizkaia* [Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea]. <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFichaConsulta.do?idFicha=90128>

VIII. ANEXOS

NDVI Finca Linares

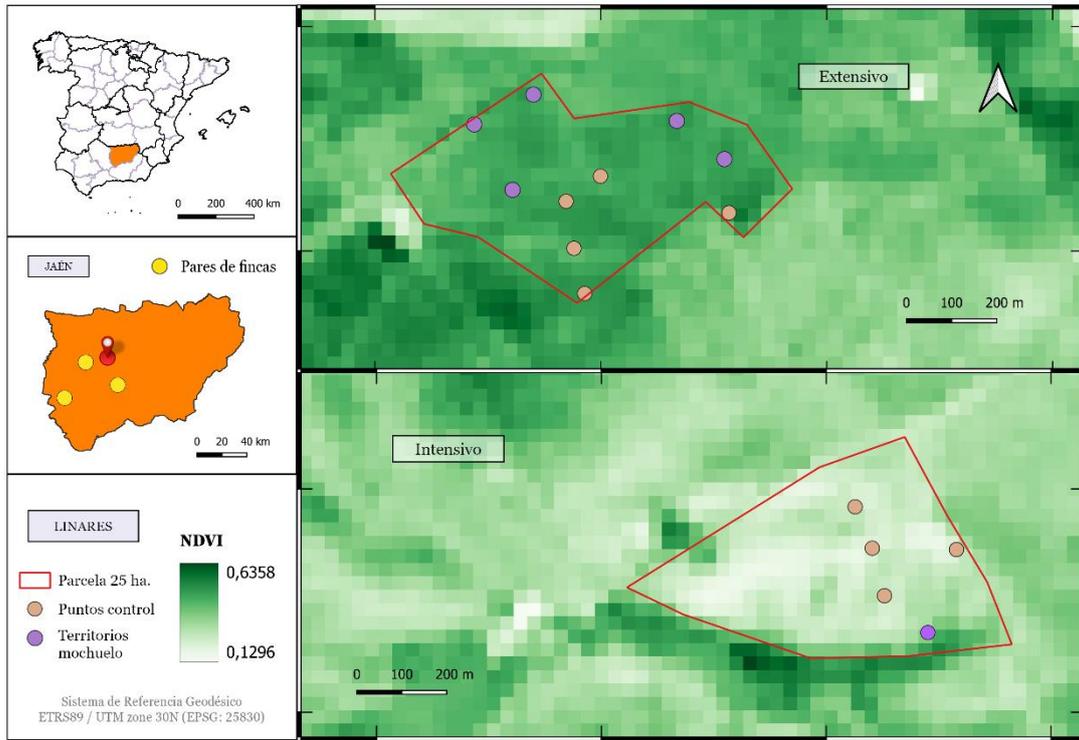


Figura 23. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Linares NDVI.

SAVI Finca Linares

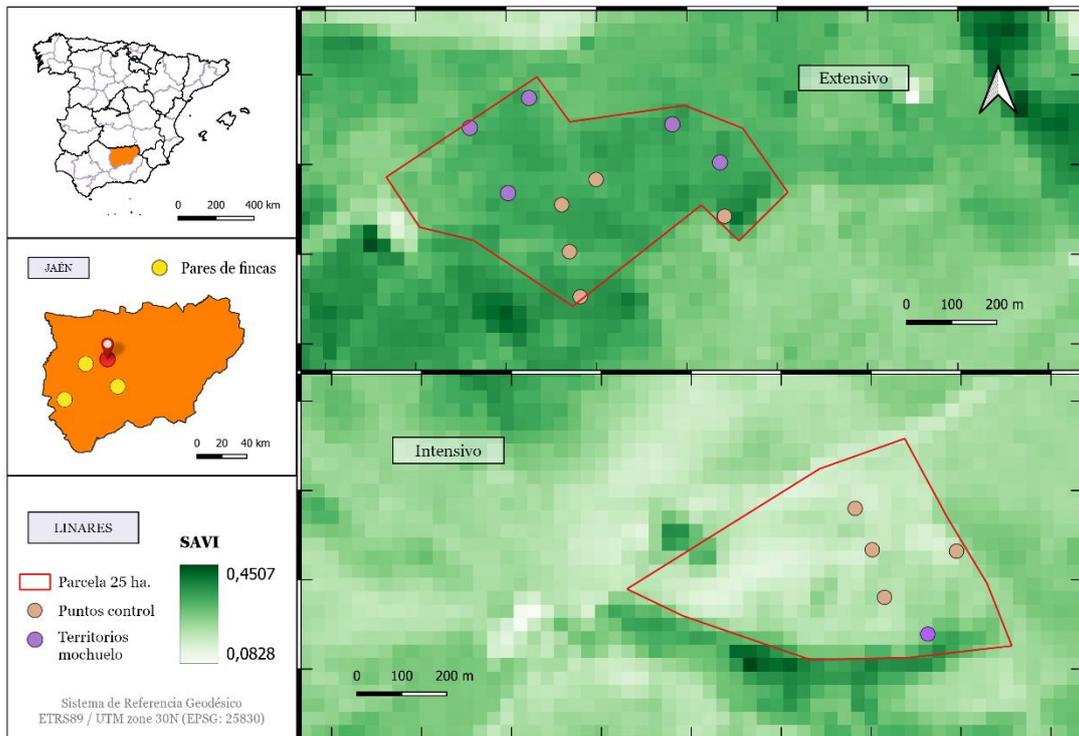


Figura 24. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Linares SAVI.

NDVI Finca Espeluy

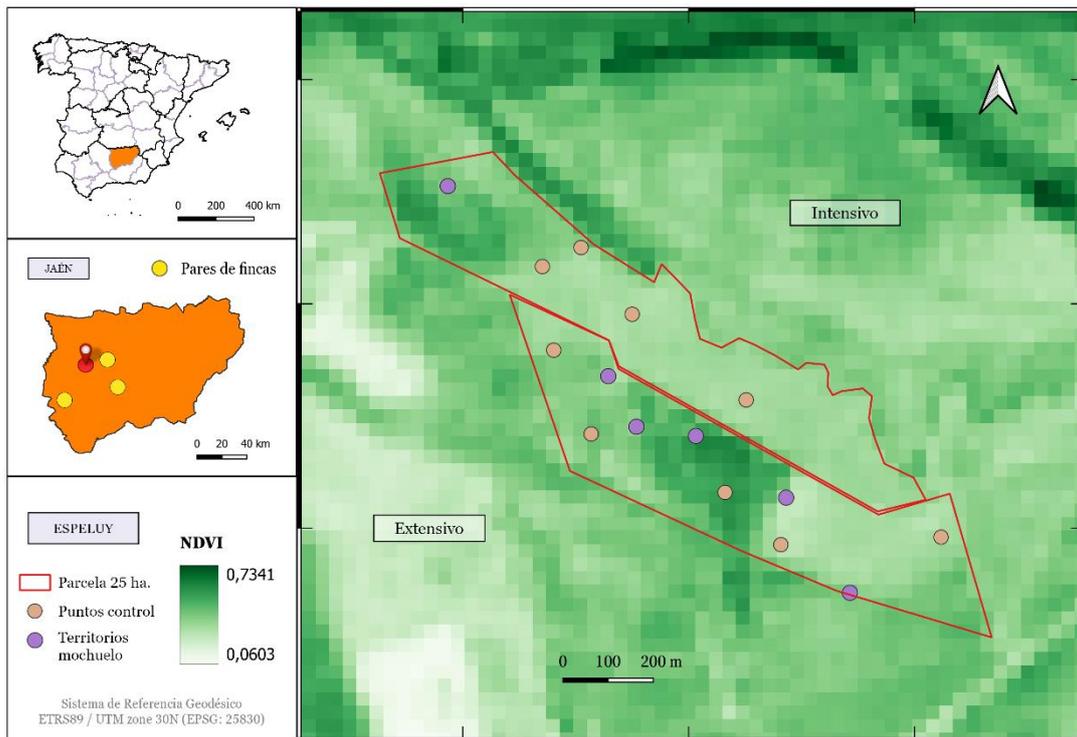


Figura 25. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Espeluy NDVI.

SAVI Finca Espeluy

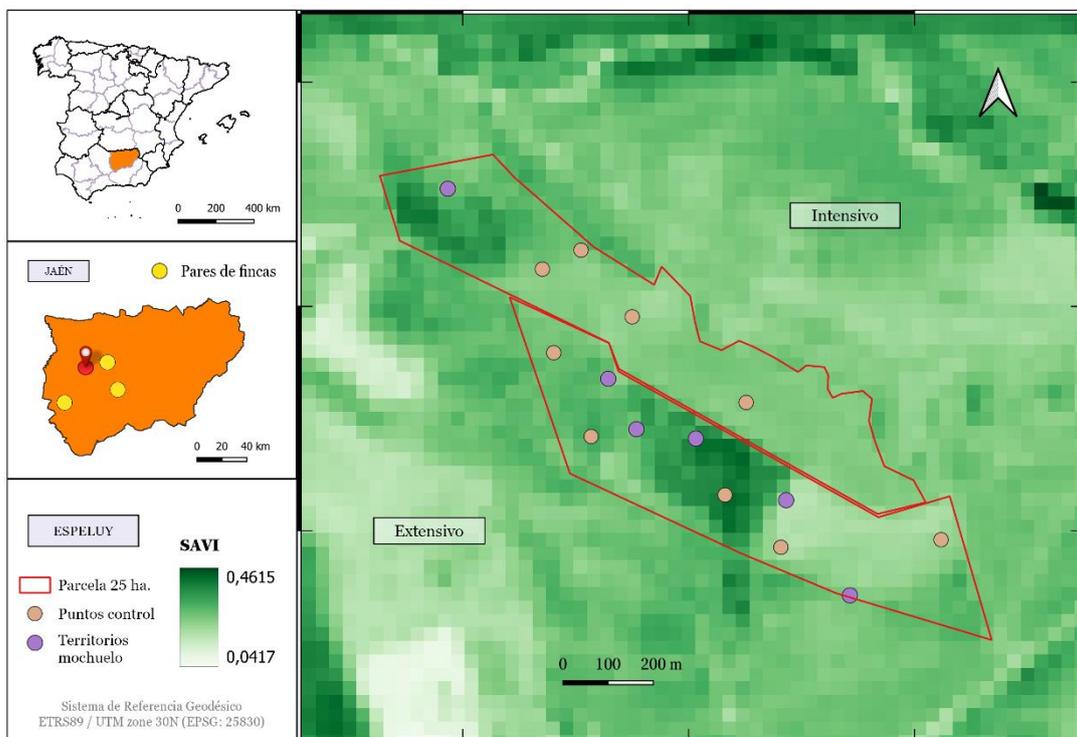


Figura 26. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Espeluy SAVI

NDVI Finca Mancha Real

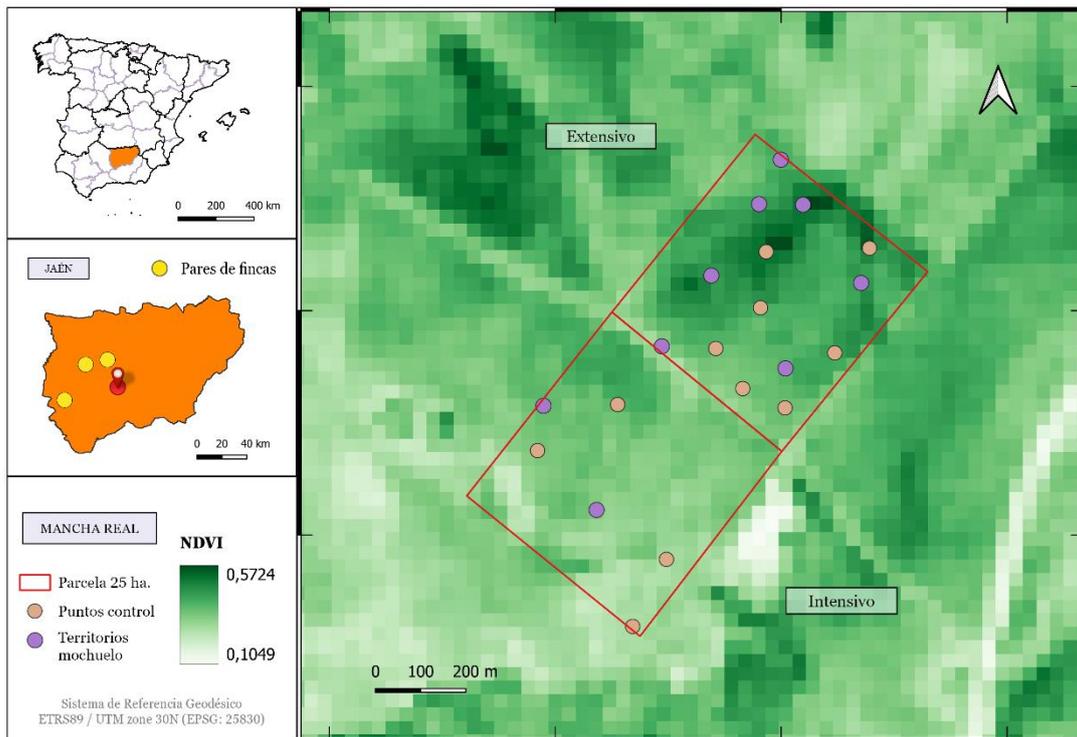


Figura 27. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Mancha Real NDVI.

SAVI Finca Mancha Real

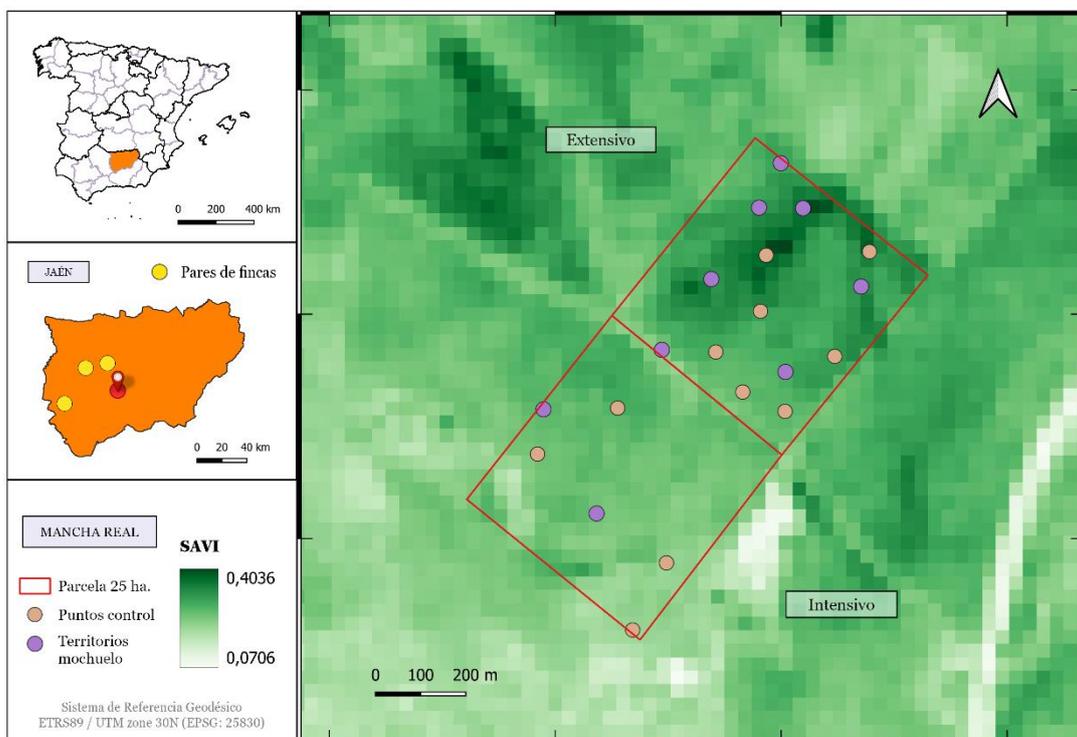


Figura 28. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Mancha Real SAVI

NDVI Finca Lendínez

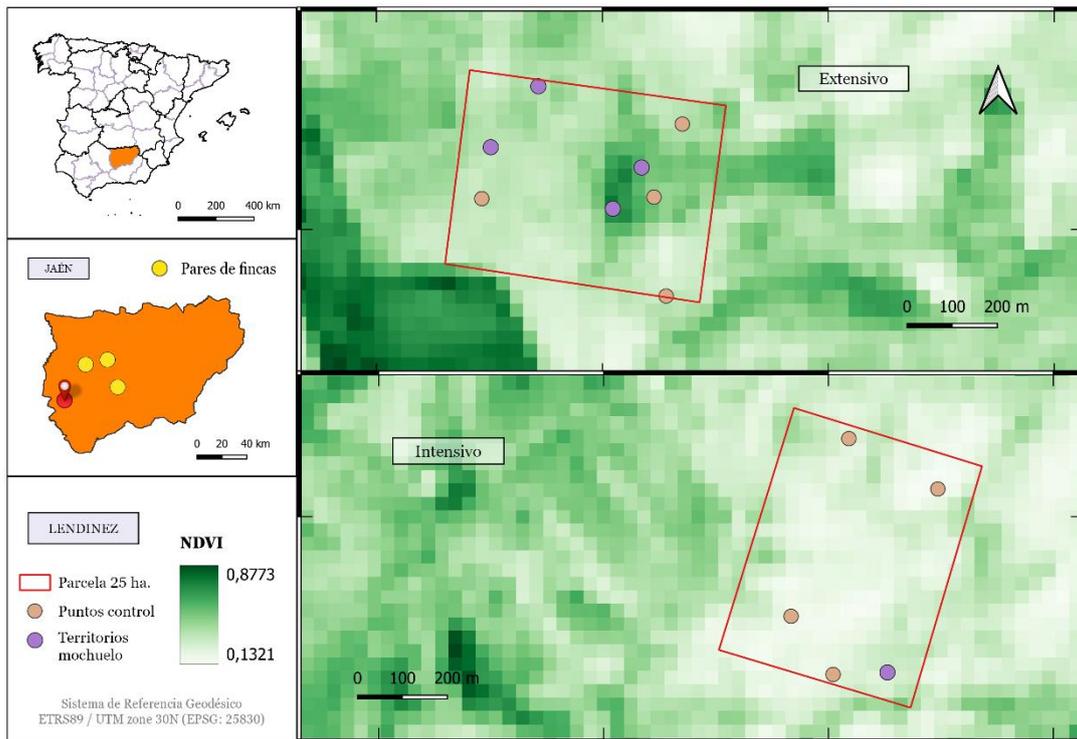


Figura 29. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Lendínez NDVI.

SAVI Finca Lendínez

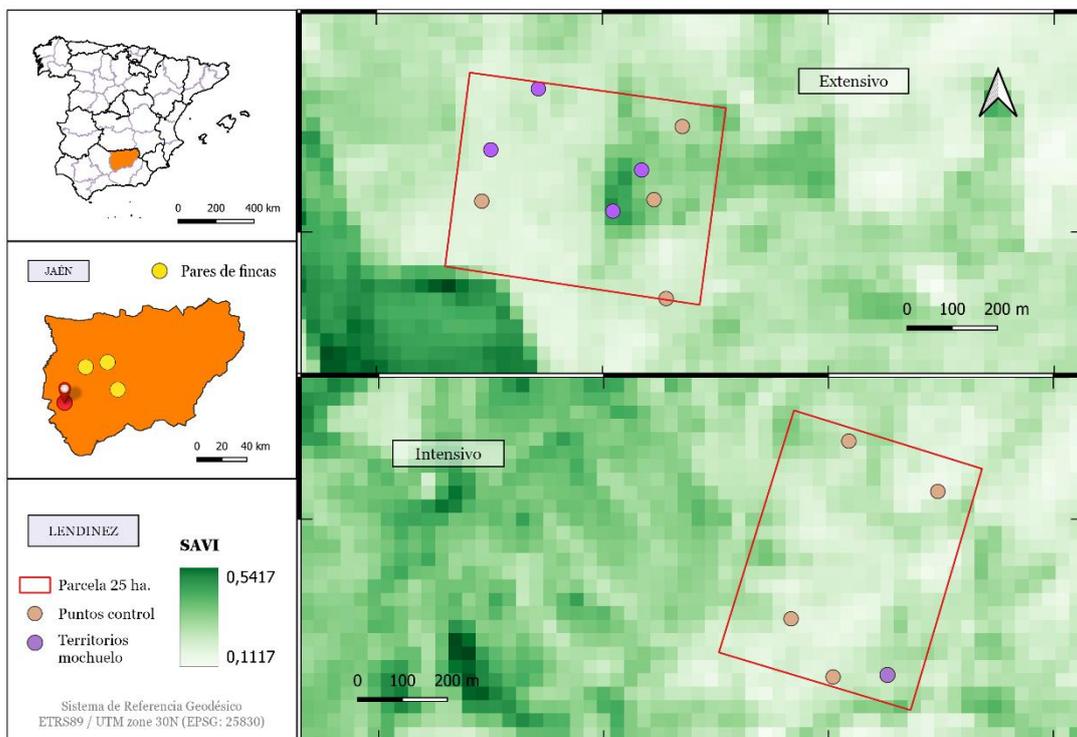


Figura 30. Representación del par de parcelas (extensivo e intensivo) y los puntos de muestreo. Lendínez SAVI.