



universidad  
de león



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**

**TENDENCIAS POBLACIONALES INVERNANTES  
DE *ANSER ANSER* Y *GRUS GRUS* EN LA LAGUNA  
DE LA NAVA**

**POPULATION TRENDS OF WINTERING *ANSER*  
*ANSER* AND *GRUS GRUS* IN LA NAVA WETLAND**

**Autor: Alejandra García Herrezuelo**

Tutor: Vittorio Baglione

**GRADO EN BIOLOGÍA**

**Julio, 2022**

# Índice

<b>1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
<b>2 Material y Métodos .....</b>	<b>3</b>
2.1. Área de estudio - Laguna de la Nava.....	3
2.2 El ganso común - <i>Anser anser</i> .....	4
2.3 La grulla euroasiática – <i>Grus grus</i> .....	5
2.4 Material.....	6
2.5 Variables meteorológicas .....	6
2.6 Variables de hábitat (cultivos).....	7
2.7 Análisis estadísticos.....	7
<b>3 Resultados .....</b>	<b>9</b>
3.1 Tendencia a lo largo del período del estudio para <i>Anser anser</i> .....	9
3.2 Tendencia a lo largo del período del estudio para <i>Grus grus</i> .....	10
3.3 Relación entre abundancias de <i>Anser anser</i> y <i>Grus grus</i> .....	12
3.4 Modelos de hábitat para <i>Anser anser</i> .....	12
3.5 Modelo climático para <i>Anser anser</i> .....	13
3.6 Modelo de hábitat para <i>Grus grus</i> .....	14
3.7 Modelo climático para <i>Grus grus</i> .....	16
<b>4 Discusión .....</b>	<b>17</b>
4.1 Tendencia de <i>Anser anser</i> .....	18
4.2 Tendencia de <i>Grus grus</i> .....	19
<b>5 Conclusiones .....</b>	<b>22</b>
<b>6 Referencias.....</b>	<b>23</b>
<b>Anexo I .....</b>	<b>25</b>

## Resumen

Las migraciones de los individuos responden a las variaciones estacionales de los recursos ambientales. Se están detectando cambios debido al aumento generalizado de las temperaturas. El objetivo es realizar un estudio de las tendencias poblacionales migratorias para el ánsar común *Anser anser* y la grulla euroasiática *Grus grus* en la Laguna de la Nava a lo largo de tres décadas e investigar también los efectos del hábitat y de las condiciones meteorológicas puntuales sobre la variabilidad interanual del número de individuos invernantes. La hipótesis principal es que ambas especies han reducido la distancia de su ruta migratoria debido al incremento de las temperaturas invernales.

Para ello, se realizaron modelos estadísticos de regresión. Los resultados obtenidos muestran que el ganso presenta una relación cuadrática con los años y una relación lineal positiva con los cultivos de forraje y los pastizales. No se apreciaron efectos significativos para las variables meteorológicas. Por otro lado, la grulla presenta una relación lineal positiva con el período estudiado, una relación positiva con la superficie de maíz cultivado, una tendencia lineal positiva significativa con los cultivos de forraje y negativa con los pastizales, y una relación lineal positiva con la temperatura media.

La presencia de ambas especies en el área de estudio se relaciona con la aparición de nuevas zonas invernantes en el norte de Europa, observándose un acortamiento en las rutas migratorias. Se espera que el número de gansos disminuya y que el de grullas aumente en la zona estudiada durante los próximos años.

## Abstract

Migrations of individuals respond to seasonal variations in environmental resources. Changes are being detected due to the general increase in temperatures. The aim is to study the migratory population trends for the Greylag Goose (*Anser anser*) and the Eurasian Crane (*Grus grus*) in Laguna de la Nava over three decades and also to investigate the effects of habitat and specific meteorological conditions on the interannual variability of the number of wintering individuals. The main hypothesis is that both species have reduced the distance of their migratory route due to winter temperature augmentation.

For this purpose, statistical regression models were performed. The results obtained show that the goose presents a quadratic relationship with the years studied and a positive linear relationship with forage crops and grassland. No significant differences were found for the meteorological variables. The crane shows a positive linear relationship with the period studied, a positive relationship with the area of cultivated maize, a significant positive linear trend with forage crops and negative with grassland, and a positive linear relationship with winter mean temperatures.

The presence of both species in the study area is related to the appearance of new wintering areas in northern Europe, with a shortening of migratory routes being observed. The number of geese is expected to decrease and the number of cranes to increase in the study area over next years.

**Palabras clave:** ganso común, grulla euroasiática, Laguna de la Nava, migración de aves, zonas de invernada.

**Key words:** bird migration, Eurasian crane, Greylag goose, La Nava wetland, wintering areas.

# 1 Introducción

La migración de los organismos es una respuesta adaptativa a la variación espacio-temporal de los recursos, que requiere que los individuos detecten y respondan a los gradientes ambientales. Los movimientos migratorios de los animales suelen corresponder a la variación de la productividad ecológica, que presenta fuertes picos de recursos estacionales. Estos movimientos pueden proporcionar mejores oportunidades de forrajeo a lo largo del ciclo anual. Además de adaptarse a dichos cambios, también parece ser una estrategia para escapar de la competencia y alcanzar nuevos hábitats. En las zonas templadas y a lo largo de la historia evolutiva de las aves, esto ha resultado en una expansión hacia el norte de las distribuciones de cría, seguidas de un desplazamiento migratorio al sur en las épocas del año con condiciones más desfavorables (Guttal y Couzin, 2010; McCaslin y Heath, 2020; la Sorte y Graham, 2021).

La migración de las aves reorganiza drásticamente los conjuntos de aves en todo el mundo como respuesta a la estacionalidad. Se ha sugerido que la maquinaria original de la migración (fisiológica, conductual y genética) se desarrolló conjuntamente con el linaje aviar y su expresión puede cambiar en función de las condiciones ambientales. Los análisis de patrones migratorios han demostrado que las áreas de distribución estacional de las especies migratorias se explican bien por los factores climáticos. Parece que la distribución global de las aves se encuentra en equilibrio con el clima actual. Por lo tanto, se espera que los rápidos cambios climáticos observados afecten a las rutas y al comportamiento migratorio de las aves (Somveille *et al.*, 2020). Es probable que estos cambios en la distribución y abundancia de las especies tengan efectos en cascada sobre la función y estructura de los ecosistemas. En el hemisferio norte, las distribuciones invernales de muchas especies de aves migratorias se han desplazado hacia el norte debido a un aumento de las temperaturas medias (McCaslin y Heath, 2020).

Para las aves, la migración requiere de la capacidad de llegar a un destino a cientos o miles de kilómetros de distancia en un tiempo limitado. Las migraciones de largas distancias están formadas por dos etapas principales: el vuelo, durante el cual se agotan las reservas energéticas, y las paradas, durante las cuales se reponen dichas reservas. Ambas fases contribuyen al éxito del viaje migratorio y están sometidas a una fuerte presión de selección natural. El acceso a un hábitat de parada rico en alimentos para el reabastecimiento puede variar entre las estaciones y tiene consecuencias para la duración del periodo migratorio y la posterior supervivencia y éxito reproductor. Por lo tanto, los factores espacio-temporales que determinan dónde y cuándo un

ave hace una parada son importantes para la biología de las aves migratorias (Liechti, 2006; Cohen *et al.*, 2021).

Los humedales son uno de los lugares de parada e invernada, siendo excepcionalmente importantes para proporcionar a las aves hábitats adecuados. Sin embargo, a lo largo de la historia, los humedales han sido tratados como tierras de poco valor y se ha tendido a destruirlos, siendo habilitados como tierras de cultivo, construidos o utilizados de otro modo para satisfacer necesidades económicas (Žalakevičius y Švažas, 2005).

## **1.1 Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo es realizar un estudio de las tendencias poblacionales migratorias en el humedal de la Laguna de la Nava para las especies invernantes de *Anser anser*, el ganso común y *Grus grus*, la grulla euroasiática.

La Laguna de la Nava es un humedal que fue desecado en la década de los 60 y restaurado en los 90. Se encuentra en la zona centro-norte de España, en la provincia de Palencia. Está rodeada por una zona agrícola con cultivo mayoritario de cereal y sin grandes núcleos de población cercanos. Forma parte de la Red Natura 2000, está declarada una Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC).

El ganso común es un ave migratoria herbívora que anida en el norte de Europa en los meses de verano y durante los meses de invierno migra hacia el sur para evitar las difíciles condiciones de esas zonas.

La grulla euroasiática es un ave migratoria omnívora que anida en el norte y centro de Europa y el centro y noreste de Asia en los meses de verano. También migra hacia el sur en los meses de invierno buscando condiciones más favorables.

Estas dos especies son un buen ejemplo de los cambios sufridos en las rutas migratorias de aves acuáticas en Europa. En ambos casos, parece que hay una disminución de la distancia total de la ruta migratoria, con la aparición de nuevas zonas de invernada en países del centro y norte de Europa.

Debido a las localizaciones tradicionales de las zonas de invernada en España para cada especie, esto se reflejaría en un aumento del número de grullas y una disminución del número de gansos en la laguna elegida para el estudio. Mediante datos de censo recogidos por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia a lo largo del período de 1993-2022 se pretende

averiguar si las tendencias de las poblaciones invernantes de las dos especies siguen los patrones esperados.

El principal motivo encontrado para los cambios en las rutas migratorias es el aumento de las temperaturas medias invernales debido al cambio climático. Sin embargo, este estudio pretende profundizar también en otros factores que pueden influir sobre la variación interanual en el número de individuos invernantes de ganso y grulla en la Laguna de la Nava. Para ello se realizó un estudio del hábitat y otro meteorológico. La variación en la disponibilidad de hábitat está relacionada con los diferentes cultivos que van cambiando anualmente, lo que determina la cantidad de alimento que ambas especies pueden encontrar en la zona. Las variaciones meteorológicas pueden influir también en otros aspectos, como por ejemplo el nivel de agua en la laguna.

La hipótesis principal del trabajo es que ambas especies han reducido la distancia de su ruta migratoria debido a un aumento de las temperaturas invernales. Además, considerando las preferencias alimenticias de las dos especies, se espera que las variaciones interanuales en el número de individuos presenten una relación con la superficie de maíz cultivado para las grullas y con la superficie de cereal cultivada en el caso de los gansos.

## **2 Material y Métodos**

### **2.1. Área de estudio - Laguna de la Nava**

El área de estudio fue la Laguna de la Nava, situada en la comarca de Tierra de Campos dentro de la provincia de Palencia, Castilla y León. La Nava o “Mar de Campos” fue una gran laguna natural de más de 2000 hectáreas de superficie, siendo de las mayores de la península. Después de varios intentos de desecación con fines agrícolas, desapareció como humedal en 1968. A partir de 1990, se comenzó su restauración. Actualmente es un humedal de carácter estepario, con un régimen hidrológico anual controlado de forma artificial. Se encuentran inundadas aproximadamente 307 hectáreas desde el otoño hasta que se seca durante los meses estivales, imitando el ciclo hidrológico natural. El paisaje vegetal que la rodea es de origen antrópico de cultivos, sobre todo de cereal de secano.

Está catalogada como Zona Húmeda Catalogada (declarada por Decreto 194/1994, de 25 de agosto) y está incluida en el Plan de Espacios Naturales de Castilla y León (Decreto 119/2000, de 25 de mayo). También es una ZEPA, espacio designado Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) “La Nava-Campos Norte” (ES4140036) en función de la Directiva

79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979. Y un LIC, es decir, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “Laguna de la Nava” (ES4140136) en función de la Directiva Hábitat 92/43/CEE (Gómez, 2006).

## **2.2 El ganso común - *Anser anser***

El ganso común, *Anser anser* (Linnaeus, 1758) es un ave perteneciente a la familia Anatidae del orden Anseriformes. La población del noroeste de Europa ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, y el tamaño total de la población se estima en unas 500.000 aves (Fouquet *et al.*, 2009), observándose una tendencia poblacional creciente. Por ello, se considera de preocupación menor en la lista roja de la IUCN (Birdlife International, 2018).

Los gansos que se reproducen en zonas árticas o templadas suelen tener patrones migratorios distintos, caracterizados por rutas migratorias bastante estrechas, con pocas áreas de parada e invernada, que se utilizan tradicionalmente de año en año. La ruta migratoria atlántica de la población de ánsar común del noroeste de Europa es la que une sus zonas de reproducción nórdicas en Suecia y Noruega con sus lugares de invernada más meridionales en España. Las Marismas del Guadalquivir, en el suroeste de España, fueron la zona de invernada más importante para el ánsar común en la ruta migratoria atlántica. Destacaban también como zonas de invernada Villafáfila y la Laguna de la Nava (Nilsson y Kampe-Persson, 2001).

Sin embargo, en las últimas décadas el ánsar común ha ampliado su área de invernada hacia el norte utilizando nuevos lugares de invernada en el norte de Dinamarca y Suecia. Las poblaciones invernantes han crecido más en la parte norte de su área de distribución que en la parte sur. Además, los ánsares comunes que se reproducen en los Países Bajos se han convertido en residentes y actualmente invernán cerca de sus zonas de reproducción (Podhrázký *et al.*, 2017).

Los gansos migratorios utilizan los hábitats naturales de los humedales, así como las tierras de cultivo para alimentarse. Los pastizales y las praderas son los hábitats naturales de parada de los gansos, y ofrecen condiciones adecuadas para el forrajeo (Polakowski y Kasprzykowski, 2016).

Es una especie herbívora. En agua muestra predilección por los rizomas de *Scirpus*. En tierra consume tanto plantas cultivadas como silvestres. Suelen usar dos técnicas para alimentarse; la primera consiste en pastar tallos y hojas que corta con los dientes de sierra de los bordes de su pico. La segunda técnica se basa en tirar del tallo de la planta para dejar a la vista los tubérculos o rizomas (Alonso y Palacios Alberti, 2018).

### 2.3 La grulla euroasiática – *Grus grus*

La grulla euroasiática, *Grus grus* (Linnaeus, 1758) es un ave perteneciente a la familia Gruidae del orden Gruiformes. Tiene un área de distribución extremadamente amplia. La población europea se estima en unos 300.000 individuos y parece que está en aumento. Por ello, se considera de preocupación menor en la lista roja de la IUCN (BirdLife International, 2016).

Esta especie es un símbolo de la de la conservación de los humedales, pudiendo definirse como una especie emblemática. Ha llamado la atención por sus migraciones, su voz (que puede ser escuchada a kilómetros de distancia) y por sus cortejos, con unas pautas de comportamiento que sirvieron de inspiración a muchas culturas, que han utilizado sus danzas y las han adaptado a su folclore (Leito *et al.*, 2015; Román Álvarez, 2019; Ojaste *et al.*, 2020).

Esta especie suele migrar en un frente estrecho, utilizando tres corredores aéreos principales en Europa: el corredor aéreo de Europa Occidental, el corredor aéreo de Europa Central o Báltico, y el corredor aéreo de Europa Oriental. (Leito *et al.*, 2015). La mayor parte de la población occidental de grullas inverna en el suroeste de Europa. La Península Ibérica es la principal zona de invernada, albergando actualmente el 70% de la población, destacando su presencia en Extremadura y en la Laguna de Gallocanta. Se estima que la población ibérica invernante de grullas está formada por unas 270.000 grullas. En Castilla y León, la población de grullas ronda los 7.500 ejemplares y está asociada a las dehesas salmantinas. También, la presencia de grullas se debe a que seguían una antigua ruta tradicional por Tierra de Campos hacia la Laguna de la Nava para acceder a las áreas invernales de suroeste ibérico hasta la primera mitad del siglo XX. La desecación de la mayoría de los humedales de esta ruta supuso un cambio de estrategia y empezaron a migrar por el centro de la península desde Gallocanta. Los cambios agrícolas que se están produciendo en los últimos años pueden tener un efecto negativo sobre el número de individuos en el futuro, debido a la introducción de frutales (Román Álvarez, 2019).

Las grullas euroasiáticas se alimentan durante el día y se posan al llegar la noche en suelos encharcados, a menudo utilizando el mismo dormidero. El suelo o el agua no deben estar congelados durante periodos superiores a una semana, ya que las aves no pueden posarse ni alimentarse con seguridad en esas condiciones. Son omnívoras pero se alimentan principalmente de material herbáceo durante la migración y la invernada. En España, se alimentan principalmente de cereales y rastrojos, pero también utilizan campos de maíz cosechado. En las dehesas sureñas, se alimentan principalmente de bulbos y bellotas. Una razón importante del aumento de la población europea de grullas parece ser la persistencia de humedales naturales y artificiales a lo largo de las rutas migratorias y en las zonas de cría, tras

las grandes pérdidas de los años 50 y 60. Muchos de los principales humedales utilizados por las grullas están protegidos y, por tanto, no están amenazados por el drenaje (Leito *et al.*, 2015; BirdLife International, 2016).

## **2.4 Material**

Se trabajó a partir de censos tanto para *Grus grus* como para *Anser anser* realizados durante el periodo de años de 1993 a 2022 en la Laguna de la Nava. Los datos provienen del **Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia**, y fueron facilitados tras realizar una solicitud formal.

De las bases de datos se seleccionaron los datos de número máximo de individuos para ambas especies y también una media de todos los censos realizados durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre. Esto es debido a que son los meses en los que se produce la invernada de estas especies.

## **2.5 Variables meteorológicas**

Las variables meteorológicas estudiadas para la zona de estudio fueron la temperatura (°C) y precipitación total (mm) media de los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre. Los datos se obtuvieron del **Anuario Estadístico de Castilla y León** para los años 2004-2019, publicados en la página web de la Junta de Castilla y León (JCyL, 2022a). Los datos meteorológicos pertenecen a la estación automática de Palencia-Granja Viñalta (código 2401).

Para los años anteriores y más recientes al intervalo mencionado (1993-2003, 2021 y 2022) no aparecen resultados de la provincia de Palencia en ningún anuario estadístico publicado por el INE (Instituto Nacional de Estadística). Por ello, se obtuvieron los datos de AEMET OpenData (AEMET, 2022) para esos años. AEMET OpenData es un servicio que provee datos meteorológicos y climatológicos elaborados por AEMET de libre uso y gratuito.

Para poder descargar los datos hay que obtener una clave personalizada denominada ‘API Key’ que se genera automáticamente en la página y se envía al correo personal. Sirve para acceder al servicio AEMET OpenData, tanto como usuario general como para aplicaciones automáticas.

Mediante el ‘Acceso General’, se seleccionaron los ‘Valores Climatológicos’ para las climatologías mensuales/anuales de la provincia de Palencia. En este caso los datos pertenecen al Observatorio Meteorológico de Autilla del Pino (código 2400 E), ya que no aparecen datos de la otra estación. Se obtienen en formato JSON y siguiendo las recomendaciones de la propia AEMET se convirtieron a tabla HTML utilizando un convertidor web (ConvertJson, 2022).

Esta página web permite descargar los datos en formato Excel y así poder trabajar con ellos para realizar las medias correspondientes.

## 2.6 Variables de hábitat (cultivos)

Las superficies de cultivos por término municipal se obtuvieron del **Servicio de Estudios, Estadística y Planificación Agraria** de la Junta de Castilla y León (JCyL, 2022b). Abarcan un período de tiempo desde 2010 a 2020 y se escogieron los procedentes del municipio Fuentes de Nava.

Para el resto de los años, desde 1993 hasta 2009 y el año 2021, los datos no estaban publicados en la página web debido a que el INE no considera los datos de las superficies de los términos municipales. Por ello, se solicitaron los datos al **Servicio Territorial de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural de Palencia** de la Junta de Castilla y León mediante una solicitud formal.

Las variables consideradas son las hectáreas de cultivos, barbecho y pastizales. Dentro de los cultivos se diferencia entre **cereales** (trigo *Triticum aestivum* L., cebada *Hordeum vulgare* L. y avena *Avena* L.), **maíz** (*Zea mays* L.) y **forraje** (alfalfa *Medicago sativa* L., cereal para forraje, veza para forraje *Vicia sativa* L., ballico *Lolium perenne* L., esparceta *Onobrychis viciifolia* Scop., otras *Festuca* L., otras gramíneas, praderas polifitas, triticale, cardos y fabáceas).

En los pastizales se incluyen prados naturales y erial a pastos.

## 2.7 Análisis estadísticos

A continuación se detallan las variables utilizadas en los diferentes análisis (ver Anexo I): Variables dependientes: **Grus\_max** (número máximo de individuos de *Grus grus*), **Grus\_mean** (número medio de individuos invernantes de *Grus grus*), **Anser\_max** (número máximo de individuos de *Anser anser*), **Anser\_mean** (número medio de individuos invernantes de *Anser anser*). Variables explicatorias: **year** (año del censo), **year2** (transformación cuadrática de la variable anterior), **Cereal** (proporción de la superficie de cultivos de cereal), **Maiz** (proporción de la superficie de cultivos de maíz), **Forraje** (proporción de la superficie de cultivos de forraje), **Barbecho** (proporción de la superficie de barbecho), **Pastizales** (proporción de la superficie de pastizales), **T\_media** (medias de la temperatura de los meses de invierno), **P\_media** (medias de la precipitación de los meses de invierno).

Para el cálculo de la proporción de cada cultivo se dividieron las hectáreas de cada variable entre el total del municipio (6051 ha).

Cabe destacar también que todas las medias de los datos correspondientes al año 2022 son únicamente de los meses de enero y febrero.

Para realizar el análisis estadístico los datos se modelizaron utilizando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2013) mediante su IDE ('Integrated Development Enviroment') RStudio.

Para ello se crearon modelos estadísticos de regresión. Para investigar las tendencias en el número de animales a lo largo del período de estudio, se testaron tanto las relaciones lineales como las cuadráticas, dado que una primera inspección visual de los datos parecía indicar la presencia de relaciones no lineales. Primero se comprobó el ajuste cuadrático de la relación, según la fórmula:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + a \cdot \hat{\beta}_1 + a^2 \cdot \hat{\beta}_2$$

Siendo  $\hat{\beta}_0$ : El valor 'intercept',  $\hat{\beta}_1$  y  $\hat{\beta}_2$ : el valor 'estimate',  $a$ : la variable año y  $a^2$ : la variable año al cuadrado.

Cuando el ajuste cuadrático resultaba no significativo, se contrastaba el modelo de regresión lineal aplicando la misma fórmula pero sin el valor final ( $a^2 \cdot \hat{\beta}_2$ ).

Para los modelos de hábitat y meteorología se crearon modelos de regresión multivariante con las siguientes fórmulas.

Para el hábitat:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + c \cdot \hat{\beta}_1 + m \cdot \hat{\beta}_2 + f \cdot \hat{\beta}_3 + b \cdot \hat{\beta}_4 + p \cdot \hat{\beta}_5$$

Siendo  $\hat{\beta}_0$ : el valor 'intercept',  $\hat{\beta}_{1-5}$ : el valor 'estimate',  $c$ : la variable cereales,  $m$ : la variable maíz,  $f$ : la variable forraje y  $p$ : la variable pastizales.

Para la meteorología:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + t \cdot \hat{\beta}_1 + p \cdot \hat{\beta}_2$$

Siendo los mismos valores anteriores y  $t$ : la variable temperatura media y  $p$ : la variable precipitación media.

El nivel de significación utilizado en el estudio es el siguiente.

$$\alpha = 0.05$$

Se rechazó la hipótesis nula cuando el valor  $p < \alpha$ . Los valores de  $p < 0.1$  se consideran “tendencias”, al estar muy cercanos al valor de significancia aceptado.

### 3 Resultados

Primero se analizaron las tendencias de los individuos a lo largo de los años, comprobando si seguían una relación cuadrática o lineal. Se utilizaron tanto el número máximo de individuos como la media de los meses de invierno. Cuando los resultados concordaron entre sí, se eligieron aquellos con mejores resultados de significancia estadística. Si los resultados no coincidían, se exponen ambos. Para los resultados que fueron estadísticamente significativos se realizaron también gráficas ilustrativas.

#### 3.1 Tendencia a lo largo del período del estudio para *Anser anser*

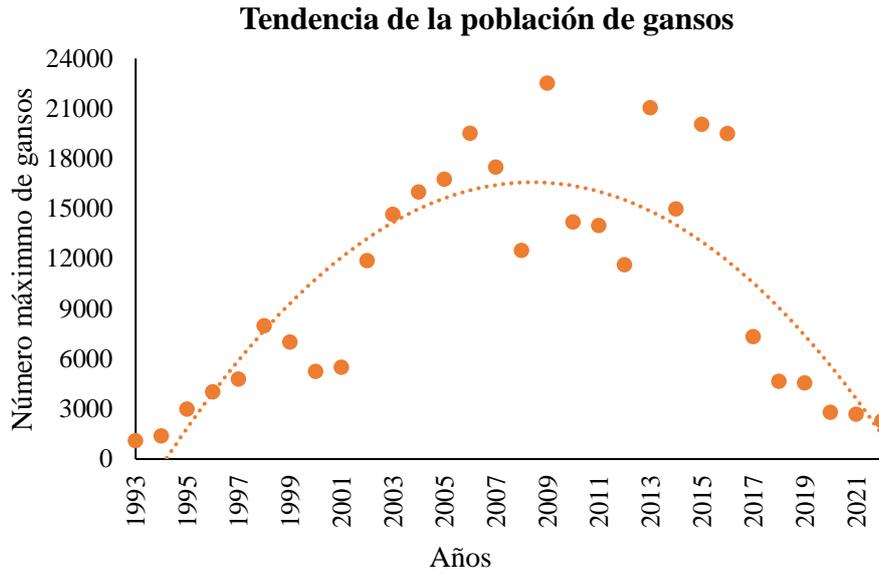
Se comprueba que el modelo tiene una relación cuadrática muy significativa estadísticamente con el tiempo (Tablas 1 y 2), tanto para el número máximo (Figura 1) como para la media invernal.

**Tabla 1.** Resultados estadísticos para la relación cuadrática existente entre el número máximo de gansos y los años.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	$-3.3 \cdot 10^8$	$4.17 \cdot 10^7$	-7.92	$p << 0.01$
<b>YEAR</b>	$3.28 \cdot 10^5$	$4.15 \cdot 10^4$	7.91	$p << 0.01$
<b>YEAR2</b>	-81.8	10.3	-7.91	$p << 0.01$

**Tabla 2.** Resultados estadísticos para la relación cuadrática existente entre el número medio de gansos y los años.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	$-1.96 \cdot 10^8$	$2.9 \cdot 10^7$	-6.74	$p << 0.01$
<b>YEAR</b>	$1.95 \cdot 10^5$	$2.89 \cdot 10^4$	6.74	$p << 0.01$
<b>YEAR2</b>	-48.5	7.2	-6.74	$p << 0.01$



**Figura 1:** Gráfica que muestra el ajuste cuadrático altamente significativo, primero hay un aumento y después una disminución del número máximo de gansos a lo largo de los años.

### 3.2 Tendencia a lo largo del período del estudio para *Grus grus*

Al comprobar si existe una relación cuadrática para el modelo de grullas se observa que para el número máximo de grullas no es estadísticamente significativa (Tabla 3), por lo que se rechaza.

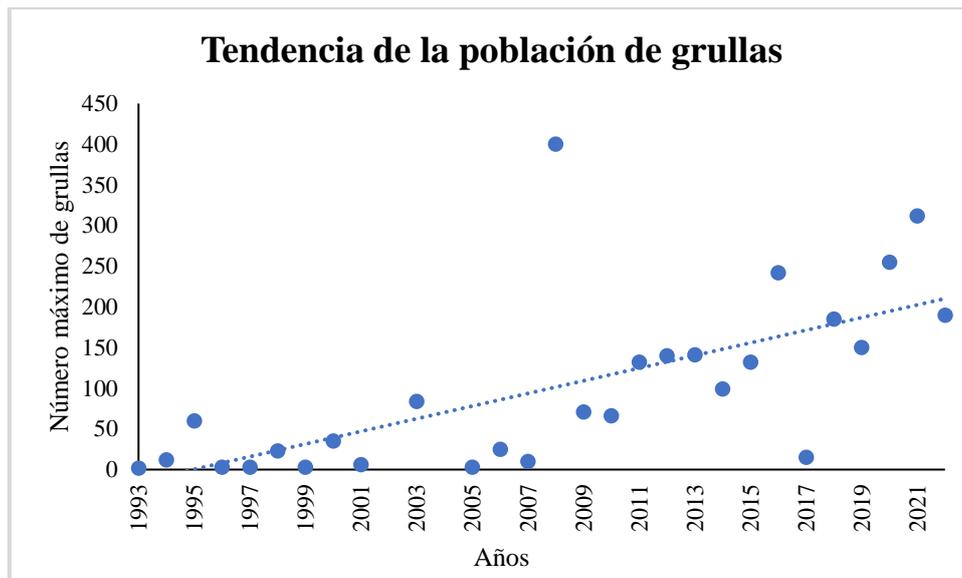
**Tabla 3.** Resultados estadísticos para la relación cuadrática existente entre el número máximo de grullas y los años.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	$5.89 \cdot 10^5$	$9.16 \cdot 10^5$	0.64	0.53
<b>YEAR</b>	$-5.95 \cdot 10^2$	$9.13 \cdot 10^2$	-0.65	0.52
<b>YEAR2</b>	0,15	0.23	0.66	0.51

Posteriormente, se comprueba que existe una relación positiva lineal estadísticamente significativa (Tabla 4). El número máximo de grullas ha ido aumentando con el tiempo (Figura 2).

**Tabla 4.** Resultados estadísticos para la relación lineal existente entre el número máximo de grullas y los años.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-15503.95	3440.02	-4.51	$p << 0.01$
<b>YEAR</b>	7.772	1.713	4.54	$p << 0.01$



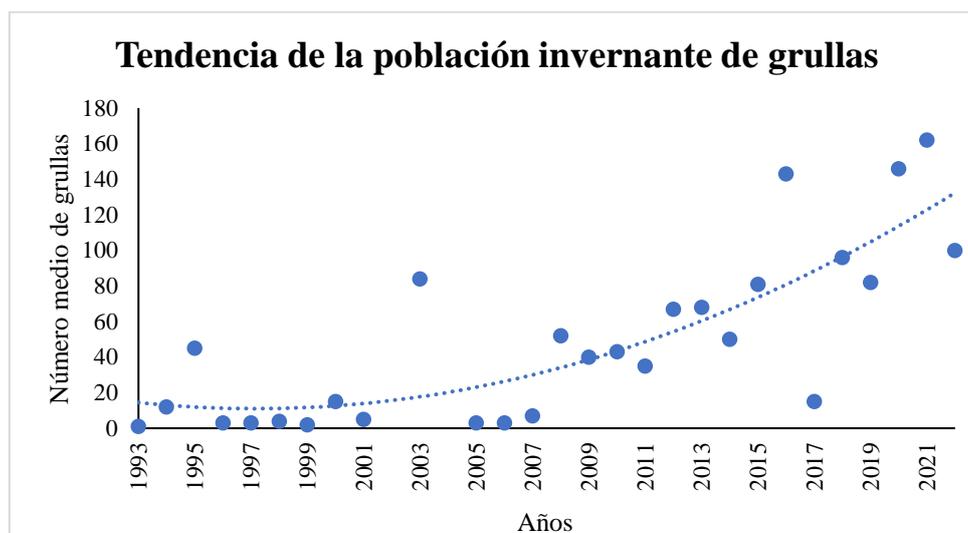
**Figura 2.** Gráfica que muestra la relación lineal positiva entre el número máximo de grullas y el tiempo, se observa el aumento del número de individuos.

Para el número medio de individuos invernantes se observa que sigue una relación cuadrática, como se refleja en la Tabla 5 y Figura 3.

**Tabla 5.** Resultados estadísticos para la relación cuadrática existente entre el número medio de grullas y los años.

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	P VALUE
<b>(INTERCEPT)</b>	$7.85 \cdot 10^5$	$3.34 \cdot 10^5$	2.35	0.027 *
<b>YEAR</b>	$-7.86 \cdot 10^2$	$3.33 \cdot 10^2$	-2.36	0.026 *
<b>YEAR2</b>	0.197	$8.3 \cdot 10^{-2}$	2.37	0.025 *

\* signif. Codes: <0.05



**Figura 3.** Gráfica que muestra la relación cuadrática entre el número invernante medio de grullas y el tiempo.

### 3.3 Relación entre abundancias de *Anser anser* y *Grus grus*

Se lleva a cabo el coeficiente de relación de ‘Spearman’ para contrastar si el número máximo y la media de los individuos de ambas especies siguen patrones similares. Los resultados no son estadísticamente significativos (Tabla 6), indicando una falta de correlación lineal entre sus abundancias, lo que concuerda con los resultados expuestos previamente.

Por lo tanto, para la modelización meteorológica y de hábitat se trabaja con las dos especies por separado.

**Tabla 6.** Resultados del coeficiente ‘rho’ según el coeficiente de relación de ‘Spearman’ para la máxima y la media de individuos de ambas especies.

	<b>S</b>	<b>RHO</b>	<b>P VALUE</b>
<b>MÁXIMA DE INDIVIDUOS</b>	3375.6	0.076	0.7
<b>MEDIA DE INDIVIDUOS</b>	3687	-0.009	0.96

### 3.4 Modelos de hábitat para *Anser anser*

Se realiza un modelo de regresión lineal multivariante. El número máximo de gansos está significativamente relacionado con la superficie de forraje y pastizales como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número máximo de gansos y los distintos hábitats disponibles.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-51368.3	26292.6	-1.95	0.063
<b>CEREAL</b>	486.3	284.4	1.71	0.1
<b>MAIZ</b>	6666.2	6056.4	1.1	0.28
<b>FORRAJE</b>	917.1	436	2.1	0.0466*
<b>BARBECHO</b>	704.3	570.7	1.23	0.23
<b>PASTIZALES</b>	1997.6	964.7	2.07	0.0498*

\* signif. Codes: <0.05

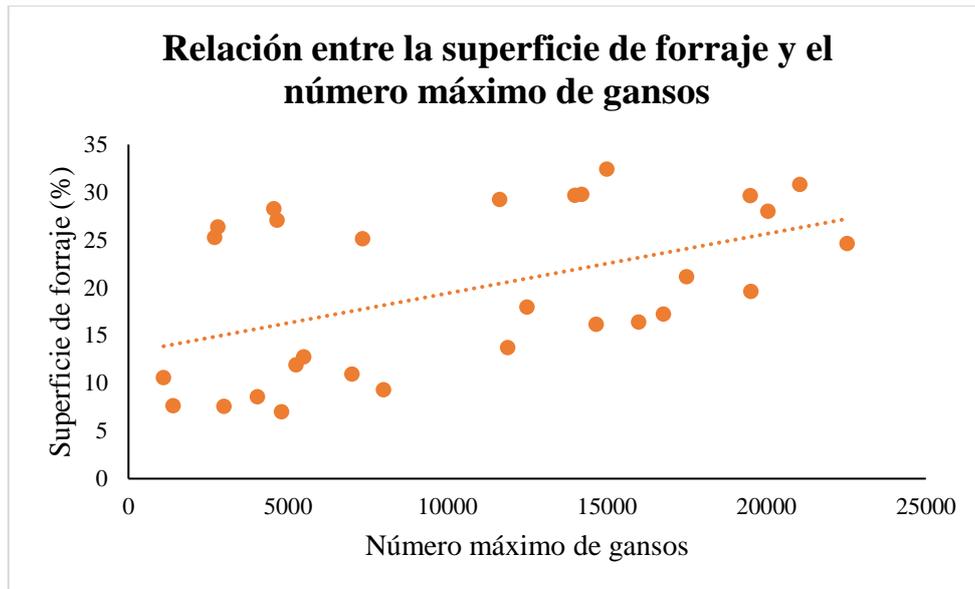
Para la media de individuos los resultados son similares y bastante consistentes con lo anterior, como se observa en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número medio de gansos y los distintos hábitats disponibles.

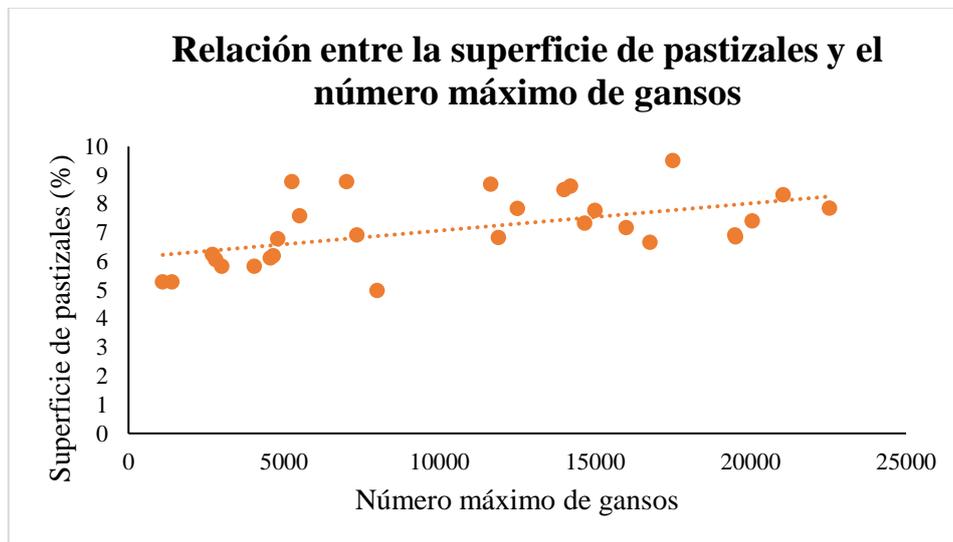
	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-26251.5	17393	-1.51	0.14
<b>CEREAL</b>	232.3	188.1	1.23	0.23
<b>MAIZ</b>	2532.7	4006.4	0.63	0.53
<b>FORRAJE</b>	452.8	288.4	1.57	0.13
<b>BARBECHO</b>	326.4	377.6	0.86	0.39
<b>PASTIZALES</b>	1338.9	638.2	2.1	0.0471*

\* signif. Codes: <0.05

Parecen preferir, mostrando una tendencia positiva, las zonas de forraje y pastizales como se puede ver en las Figuras 4 y 5.



**Figura 4.** Relación lineal positiva entre el número máximo de gansos y la proporción de superficie de forraje.



**Figura 5.** Relación lineal positiva entre el número máximo de gansos y la proporción de superficie de pastizales.

### 3.5 Modelo climático para *Anser anser*

En el rango muestreado no hay resultados significativos entre la temperatura ni la precipitación media para el número máximo de individuos (Tabla 9) ni para la media invernante (Tabla 10).

**Tabla 9.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número máximo de gansos y las variables meteorológicas.

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	P VALUE
<b>(INTERCEPT)</b>	7427.14	7266.85	1.02	0.32
<b>T_MEDIA</b>	-90.92	1404.34	-0.06	0.95
<b>P_MEDIA</b>	107.41	76.86	1.39	0.17

**Tabla 10.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número medio de gansos y las variables meteorológicas.

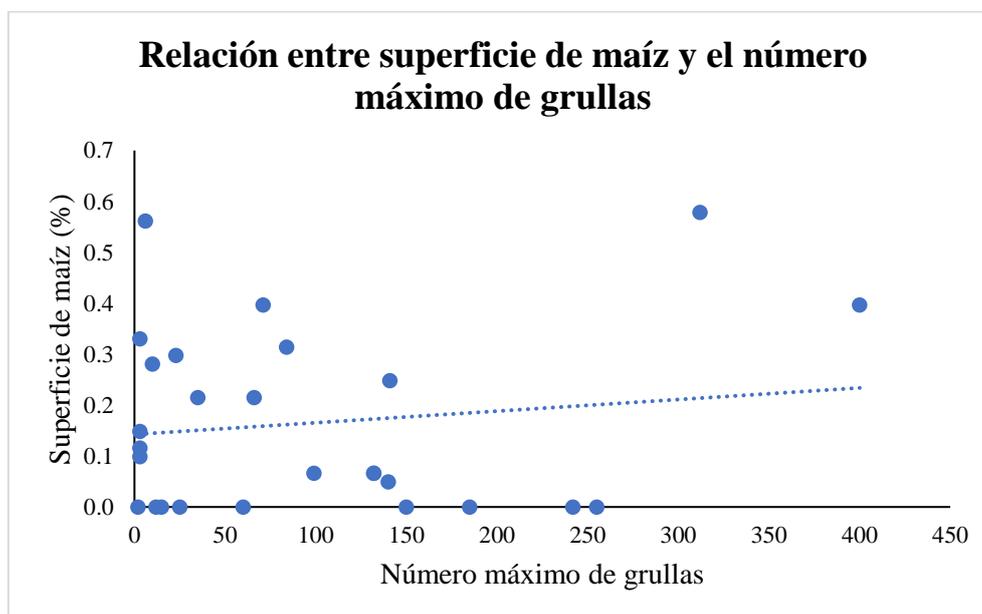
	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	P VALUE
<b>(INTERCEPT)</b>	6016.32	4551.82	1.32	0.19
<b>T_MEDIA</b>	-354.87	879.65	-0.4	0.69
<b>P_MEDIA</b>	58.53	48.14	1.22	0.23

### 3.6 Modelo de hábitat para *Grus grus*

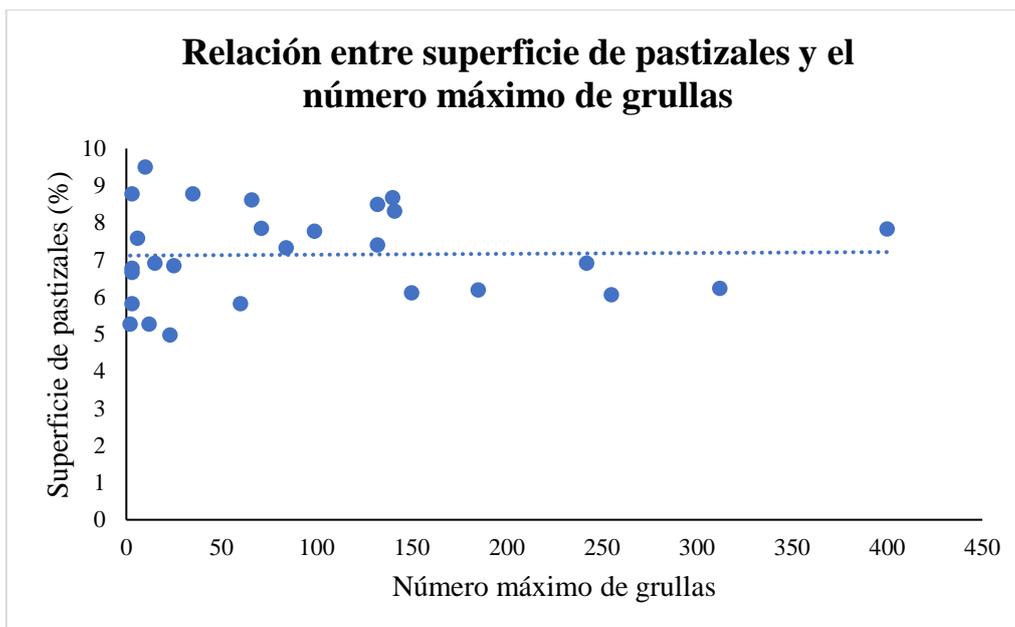
Para el número máximo de individuos, no se observan resultados estadísticamente significativos (Tabla 11), pero existe una tendencia positiva con la superficie de maíz (Figura 6) y una negativa con la superficie de pastizales (Figura 7).

**Tabla 11.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número máximo de grullas y los distintos hábitats disponibles.

	ESTIMATE	STD. ERROR	T VALUE	P VALUE
<b>(INTERCEPT)</b>	149.99	427.22	0.35	0.73
<b>CEREAL</b>	0.6	4.64	0.13	0.89
<b>MAIZ</b>	215.29	104.12	2.07	0.0512
<b>FORRAJE</b>	5.78	7.07	0.82	0.42
<b>BARBECHO</b>	-6.5	9.26	-0.7	0.49
<b>PASTIZALES</b>	-27.02	15.62	-1.73	0.0984



**Figura 6.** Relación lineal positiva entre el número máximo de grullas y la proporción de superficie de maíz.



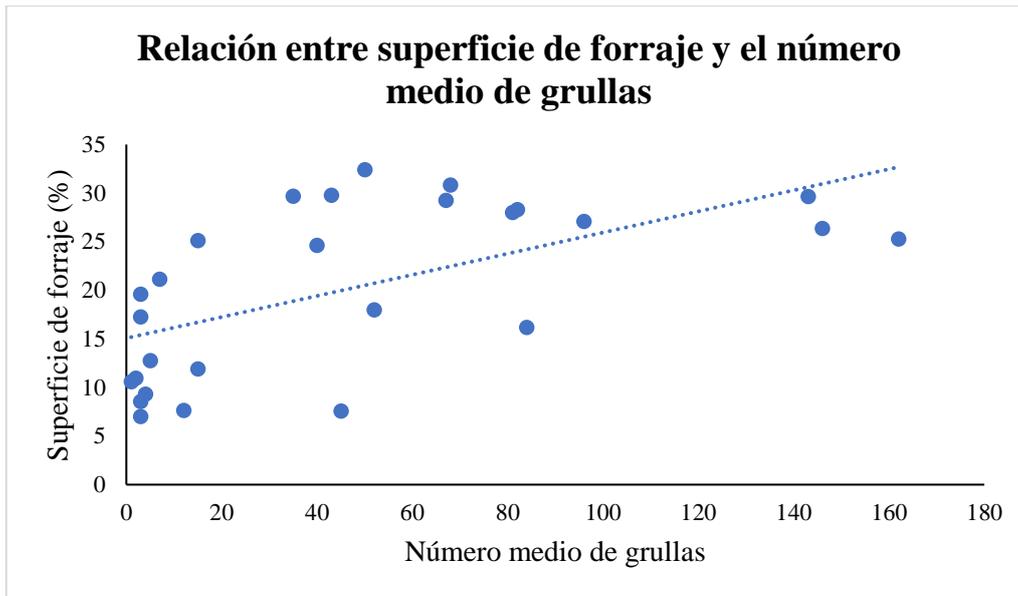
**Figura 7.** Relación lineal negativa entre el número máximo de grullas y la proporción de superficie de pastizales.

Para la media invernante de grullas existen diferencias. Se observa una relación significativa (Tabla 12) positiva con la superficie de cultivos de forraje (Figura 9) y negativa con la superficie de pastizales (Figura 10).

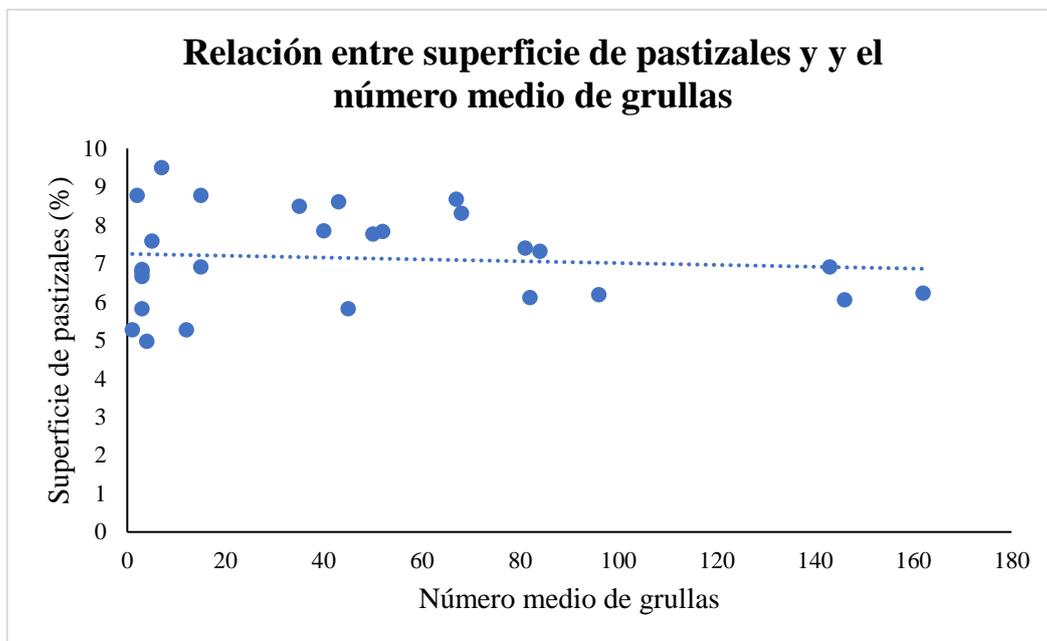
**Tabla 12.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número medio de grullas y los distintos hábitats disponibles.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-64.86	178.82	-0.36	0.72
<b>CEREAL</b>	1.74	1.94	0.9	0.38
<b>MAIZ</b>	61.1	43.58	1.4	0.18
<b>FORRAJE</b>	6.34	2.96	2.14	0.044*
<b>BARBECHO</b>	2.02	3.88	0.52	0.61
<b>PASTIZALES</b>	-17.34	6.54	-2.65	0.015 *

\* signif. Codes: <0.05



**Figura 8.** Relación lineal positiva entre el número medio de grullas y la proporción de superficie de forraje.



**Figura 9.** Relación lineal negativa entre el número medio de grullas y la proporción de superficie de pastizales.

### 3.7 Modelo climático para *Grus grus*

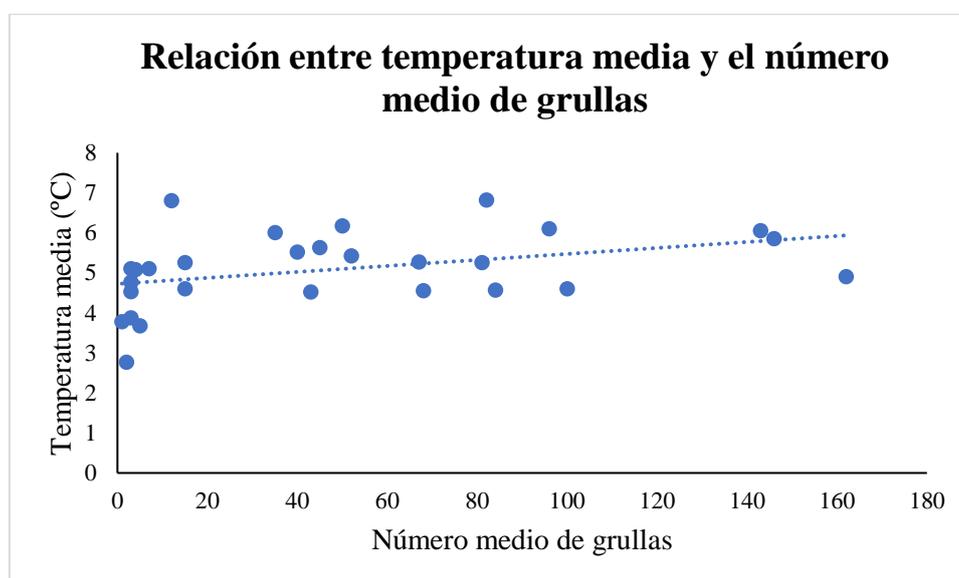
En este caso, coinciden los resultados para el número máximo y medio de individuos. Se observa una relación significativamente positiva (Tablas 13 y 14) entre la subida de la temperatura media y el número de grullas, como se puede apreciar en la Figura 11.

**Tabla 13.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número medio de grullas y la temperatura media.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-47.57	49.61	-0.96	0.35
<b>T_MEDIA</b>	20.79	9.59	2.17	0.039*
<b>P_MEDIA</b>	-0.29	0.52	-0.56	0.58

**Tabla 14.** Resultados estadísticos para la relación existente entre el número máximo de grullas y la temperatura media.

	<b>ESTIMATE</b>	<b>STD. ERROR</b>	<b>T VALUE</b>	<b>P VALUE</b>
<b>(INTERCEPT)</b>	-107.22	108.91	-0.98	0.33
<b>T_MEDIA</b>	45.35	21.06	2.15	0.042*
<b>P_MEDIA</b>	-0.72	1.15	-0.63	0.53



**Figura 10.** Relación lineal positiva entre el número medio de grullas y la temperatura media.

## 4 Discusión

El análisis de los resultados lleva a considerar cierta revisión de las hipótesis iniciales.

De entrada, existen algunas limitaciones a la hora del tratamiento de los datos. Por un lado, no hay uniformidad en los censos, ya que no se ha seguido una única metodología durante todo el período estudiado y en algunos años el número de censos es demasiado bajo, además de no realizarse siempre en los mismos meses.

Sucede lo mismo con la información relativa a las superficies de cultivo, ya que en los primeros años no se realizaba un análisis tan riguroso como se hace actualmente.

Pese a ello, la bibliografía publicada sobre las dos especies ayuda a completar e interpretar dicha heterogeneidad de datos.

#### **4.1 Tendencia de *Anser anser***

La **tendencia poblacional** del ganso común en la laguna de la Nava en el período estudiado presenta el siguiente patrón: primero hay un aumento del número de individuos, que se mantienen constantes durante los años centrales del estudio, para luego disminuir en los últimos años (Figura 1).

En la década de 1993-2003, tras la recuperación de la laguna, se observó un aumento muy significativo de aquellas aves que utilizaban la Nava como un paso hacia las marismas del Guadalquivir.

El incremento de individuos de los años centrales del estudio (2005-2015) coincide con un descenso de las aves registradas en las marismas, que descendieron más del 50% entre los años 1980 y 2000. Parece estar parcialmente vinculado a la redistribución de las aves hacia la Laguna de la Nava (Nilsson y Kampe-Persson, 2001).

El descenso observado en la última década coincide con la tendencia poblacional a mantenerse en zonas del norte de Europa (Månsson *et al.*, 2022), registrándose nuevas áreas de invernada en algunos países como Países Bajos, Suecia y Dinamarca, sobre todo a partir de 2009 (Ramo *et al.*, 2015).

Los resultados concuerdan con la hipótesis generalizada de que la distribución de las especies se desplazará más hacia el norte para explotar los nuevos nichos climáticos que surgen debido al aumento de las temperaturas invernales y al adelanto de la primavera. Este fenómeno se denomina ‘short-stopping’ (Podhrázký *et al.*, 2017) y parece ser beneficioso para las especies que siguen esta estrategia, ya que permite a los individuos anticiparse mejor a las condiciones de las áreas de reproducción, facilitando una llegada más temprana a los territorios de nidificación, lo que puede mejorar el éxito reproductor (Knudsen *et al.*, 2011; McCaslin y Heath, 2020). Debido a que el ganso parece haber adoptado este comportamiento migratorio recientemente, se espera que los individuos observados en la Nava sigan disminuyendo.

Para el **modelo de hábitat** (Figuras 4 y 5), los resultados son concluyentes ya que coinciden con la dieta conocida de los gansos, apreciándose una relación positiva con pastizales y cultivos de forraje.

Sin embargo, sorprende la falta de significancia con la superficie de cereal, ya que se conoce la preferencia de esta especie por los brotes de los cereales. Aunque este es un resultado que también se ha obtenido en otros trabajos. Por ejemplo, Ramo *et al.* en 2015 tampoco encontraron una relación entre la expansión de los cultivos explotados por los gansos y un aumento en el tamaño de la población. Tan sólo en el aumento de los cereales de invierno en Dinamarca se encontraron pruebas de un efecto del cambio de uso del suelo.

Por lo tanto, parece que el alimento en el área de invernada no es un factor limitante para la población de gansos. Se ha estudiado más la relación del hábitat en las zonas de cría y la influencia de la vegetación en las migraciones primaverales. Por eso, es importante ampliar el conocimiento sobre las condiciones de hábitat de las zonas de invernada en futuros estudios.

Los resultados del **modelo meteorológico** también sugieren que las variables medidas (temperatura y precipitación media) no son limitantes para la población invernante en la zona de estudio. Sin embargo, en latitudes más altas es posible que sí lo sean, especialmente en zonas como Suecia, Dinamarca y Alemania donde las temperaturas medias en enero suelen caer por debajo de los 0°C, lo que limita la disponibilidad de alimento al congelarse los hábitats de forrajeo. El cambio en la migración en el extremo sur de la propia ruta migratoria sugiere que el límite más meridional del área de invernada comenzará a contraerse en las próximas décadas (Ramo *et al.*, 2015), como puede comenzar a apreciarse en este estudio.

#### **4.2 Tendencia de *Grus grus***

La **tendencia poblacional** en aumento registrada durante los últimos años (Figura 2) parece coincidir con la recuperación de la laguna de la Nava, que era parte de una antigua ruta migratoria tradicional. Esto sucede de forma gradual y cabe destacar la presencia de un posible ‘outlier’ en el año 2008, en el que se registró un número máximo de 400 individuos que no parece seguir el patrón general. Sería interesante investigar en más profundidad las razones concretas por las que pudo haberse dado ese aumento desproporcionado de individuos o ver si realmente se trata de un error.

El hecho de que el número de individuos aumente de forma gradual puede explicarse porque las grullas transmiten de unos individuos a otros las rutas migratorias y lugares de parada

preferidos en otoño, antes de realizar la migración invernal. Se ha planteado previamente la hipótesis de que esto facilita los cambios adaptativos rápidos para elegir nuevas zonas de invernada y rutas migratorias (Knudsen *et al.*, 2011). Lo cual puede explicar que, tras la recuperación de la laguna en los años 90, algunos grupos de grullas volvieran a utilizar esta ruta que había sido abandonada previamente, y paulatinamente aparezca un mayor número de grullas registradas en la Nava.

Para esta especie hubo bastantes diferencias en los resultados obtenidos al analizar el número máximo de individuos o el número medio. Podría explicarse porque presentan un comportamiento invernante relativamente complejo o porque la metodología de los censos no fue la adecuada para este estudio. Hoy en día se realizan dos censos en los meses de diciembre y febrero de forma coordinada a nivel estatal que permiten un estudio estandarizado de las tendencias poblacionales de la grulla (Román Álvarez, 2019).

En cuanto al **modelo de hábitat**, no hubo resultados estadísticamente significativos pero se apreciaron ciertas tendencias para el número máximo de individuos (Tabla 11). El hecho de que el maíz resultase con una tendencia positiva era lo esperado en las hipótesis iniciales, si bien la falta de significancia puede explicarse debido a que las grullas pueden desplazarse hasta 40 kilómetros entre las zonas de dormitorio y comedero. Por ello, el haber limitado el estudio de los datos del hábitat únicamente a la superficie de Fuentes de Nava ha podido condicionar los resultados. En futuros estudios resultaría interesante incluir datos de zonas aledañas y sobre todo, reparar en el número de hectáreas en las que los restos de la cosecha del maíz se mantienen en el suelo durante el invierno.

En otras zonas como Extremadura el maíz tampoco parece influir tanto, ya que los restos del maíz aparecen al mismo tiempo en el que hay un elevado número de bellotas, que también forman una importante parte de su dieta. La importancia del maíz no debe sobrestimarse; ya que pese a tener un valor energético superior al de los alimentos no agrícolas, el maíz carece de proteínas y minerales esenciales. Las grullas buscan zonas en las que también haya alimentos naturales como bulbos o invertebrados que aporten proteínas (Sánchez Guzmán *et al.*, 1999).

Para el número medio de individuos invernantes se encontró una relación positiva con cultivos forrajeros (Figura 9) y negativa con pastizales (Figura 10). La preferencia por el forraje puede explicarse debido a que se alimentan de tubérculos y raíces presentes en estas especies. Su dieta fuera de la época de cría es principalmente herbívora y se ha demostrado recientemente que

dependen más de los recursos alimenticios disponibles en los campos agrícolas que de la vegetación natural (Pekarsky *et al.*, 2021).

También destaca la ausencia de relación con los campos de cereales, ya que están considerados hábitats muy importantes para las zonas de invernada de las grullas. Pero considerando que se alimentan principalmente de los restos de grano que se mantienen en el suelo tras la cosecha agrícola, y que la mejora de las técnicas agrarias hace que la cantidad de grano caído disminuya, la importancia de estas áreas parece que tenderá a disminuir (Leito *et al.*, 2015).

En cuanto a los resultados obtenidos para el **modelo meteorológico**, las precipitaciones no presentaron resultados significativos. Puede explicarse debido a que en la zona estudiada se regula la cantidad de agua de manera artificial, con lo cual las precipitaciones no son un condicionante para el nivel de agua de la laguna.

Se observó que al aumentar la temperatura, aumentó también el número de grullas (Figura 11). Esto concuerda con la hipótesis inicial de que la tendencia de esta especie cambia desplazándose hacia zonas más al norte debido al aumento de las temperaturas medias en invierno.

La temperatura ha demostrado repetidamente ser el factor exógeno más importante en los cambios de ruta migratorias. Sin embargo, la relación espacio-temporal inherente a las variables meteorológicas aumenta en gran medida las probabilidades de falsos positivos, lo que agrava el problema al dar lugar a muchas correlaciones "significativas" pero sin sentido biológico (Haest *et al.*, 2020). Para poder concretar que no se trata de un falso positivo es aconsejable estudiar otras áreas próximas, como por ejemplo Francia, que tiene también una tendencia poblacional de individuos invernantes en aumento.

Alonso *et al.* en 2008 realizaron un estudio muy interesante en el que se observaba que los aparentes cambios en la elección de zonas de invernada se debían a las nuevas generaciones. Los individuos estudiados que se desplazaron hacia el norte, invernando en Francia en vez de en las zonas tradicionales del Sur de España, fueron aves de segundo o tercer año. Esto sugiere que los individuos inmaduros han contribuido probablemente más que las parejas adultas al desplazamiento hacia el norte del área de distribución invernal observado durante las últimas décadas.

Nuevos cambios en el clima podrían seguir favoreciendo la invernada de las grullas comunes en el norte de Europa. Sin embargo en el sur, la desecación de los humedales y la desertificación y el deterioro de las áreas de parada e invernada podrían convertirse en una grave amenaza para

la especie a largo plazo. Además en el sur de España, el probable cambio a inviernos más cálidos y secos podría suponer una amenaza, porque las grullas ya pasan el invierno en condiciones similares en el norte de África (Leito *et al.*, 2015; Orellana-Macías *et al.*, 2020).

## 5 Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que la población invernante de ganso en Laguna de la Nava presenta una tendencia no lineal, con un aumento destacado en los primeros diez años del estudio y una sucesiva reducción hasta la actualidad. Esto concuerda con la aparición de nuevas áreas de invernada en los países del norte de Europa y evidencia los efectos del cambio climático sobre la migración de esta especie. La variación interanual también se relaciona positivamente con los cultivos de forraje y los pastizales. Esto coincide con su dieta habitual, destacándose la ausencia de significancia para los cultivos de cereal, que por lo tanto no parecen ser un factor limitante en la Nava. No se apreciaron diferencias significativas para las variables de temperatura y precipitación, sugiriendo que las condiciones meteorológicas puntuales y locales son secundarias frente a los efectos del cambio global del clima.

Por otro lado, la grulla presenta una relación lineal positiva con el período estudiado, lo que puede explicarse debido a la recuperación de la antigua ruta migratoria de la Nava tras la restauración del humedal y al acortamiento de su migración. También presenta una relación positiva con la superficie de maíz cultivado, una tendencia lineal positiva significativa con los cultivos de forraje y negativa con los pastizales, lo que demuestra la importancia de la disponibilidad de alimento a la hora de elegir la zona de invernada. Se observa también una relación lineal positiva con la temperatura media, indicando que las variaciones meteorológicas anuales afectan a la invernada en esta especie.

En definitiva, los datos son consistentes con un acortamiento en las rutas migratorias de ambas especies y se espera que la presencia de las especies en la Laguna de la Nava cambie aún más. Durante los próximos años se prevé que el número de individuos invernantes de gansos disminuirá y que el de grullas aumentará.

Por consiguiente, estos datos son de interés de cara a una gestión futura del humedal. Además, unidos a datos recogidos en otras zonas de invernada de las dos especies, permiten ampliar el conocimiento sobre los cambios de las nuevas rutas migratorias en el presente contexto de cambio climático.

## 6 Referencias

- AEMET (2022) *AEMET OpenData*. Disponible en: <https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio> (Accedido: 21 de 05 de 2022).
- BirdLife International (2018) “*Anser anser*”, *The IUCN Red List of Threatened Species 2018*. e.T22679889A131907747. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22679889A131907747.en>
- BirdLife International (2016) “*Grus grus*”, *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*. e.T22692146A86219168. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22692146A86219168.en>
- Alonso, J. A., Alonso, J. C. y Nowald, G. (2008) "Migration and wintering patterns of a central European population of Common Cranes *Grus grus*", *Bird Study. British Trust for Ornithology*, 55(1), pp. 1–7.
- ConvertJSON (2022) *Convert JSON to HTML Table*. Disponible en: <https://www.convertjson.com/json-to-html-table.htm> (Accedido: 21 de 06 de 2022).
- Fouquet, M., Schricke, V. y Fouque, C. (2009) “Greylag Geese *Anser anser* depart earlier in spring: an analysis of goose migration from western France over the years 1980-2005.”, *Wildfowl*, 59(1), pp. 143-151.
- Gómez E. (2006) “Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Palencia (Spain) (Information sheet of Ramsar Wetlands (ISRW) Palencia (Spain))”. Servicio de Espacios Naturales y Especies Protegidas Servicio Territorial de Medio Ambiente, Palencia.
- Haest, B., Hüppop, O. y Bairlein, F. (2020) "Weather at the winter and stopover areas determines spring migration onset, progress, and advancements in Afro-Paleartic migrant birds.” *PNAS*, 117(29), pp. 17056-17062.
- Junta de Castilla y León (2022a) *Estadística de Castilla y León*. Disponible en: <https://estadistica.jcyl.es/web/es/estadisticas-temas/anuario-estadistico.html?param1=Publicacion> (Accedido: 21 de 06 de 2022).
- Junta de Castilla y León (2022b) *Agricultura y ganadería de Castilla y León*. Disponible en: <https://agriculturaganaderia.jcyl.es/web/es/estadistica-informacion-agraria/superficies-cultivo-termino-municipal.html> (Accedido: 20 de 06 de 2022).
- Knudsen, E., Lindén, A., Both, C., Jonzén, N., *et al.* (2011) "Challenging claims in the study of migratory birds and climate change", *Biological Reviews*, 86(4), pp. 928–946.
- Leito, A., Bunce, R. G. H., Külvik, M., Ojaste, *et al.* (2015) "The potential impacts of changes in ecological networks, land use and climate on the Eurasian crane population in Estonia", *Landscape Ecology*, 30(5), pp. 887–904.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. (Versión 4.2.0) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Programa de ordenador].
- Månsson, J., Liljebäck, N., Nilsson, L., Olsson, C., *et al.* (2022) "Migration patterns of Swedish Greylag geese *Anser anser*—implications for flyway management in a changing world", *European Journal of Wildlife Research. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*, 68(2).
- McCaslin, H. M. y Heath, J. A. (2020) "Patterns and mechanisms of heterogeneous breeding distribution shifts of North American migratory birds", *Journal of Avian Biology. Blackwell Publishing Ltd*, 51(3).
- Microsoft Office (2022) *Excel* (Versión 2205) [Programa de ordenador]. Microsoft 365.
- Nilsson, L. y Kampe-Persson, H. (2001) “Migration patterns of Nordic Greylag Geese *Anser anser*.” *ORNIS SVECICA*, 11, pp. 19–58.
- Orellana-Macías, J. M., Bautista, L. M., Merchán, D., Causapé, J. y Alonso, J. C. (2020) "Shifts in crane migration phenology associated with climate change in Southwestern Europe", *Avian Conservation and Ecology. Resilience Alliance*, 15(1), pp. 1–13.

- Pekarsky, S., Corl, A., Turjeman, S., Kamath, P. *et al.*, (2021) "Drivers of change and stability in the gut microbiota of an omnivorous avian migrant exposed to artificial food supplementation", *Molecular Ecology. John Wiley and Sons Inc*, 30(19), pp. 4723–4739.
- Podhrázský, M., Musil, P., Musilová, Z., Zouhar, *et al.*, (2017) "Central European Greylag Geese *Anser anser* show a shortening of migration distance and earlier spring arrival over 60 years", *Ibis. Blackwell Publishing Ltd*, 159(2), pp. 352–365.
- Polakowski, M. y Kasprzykowski, Z. (2016) "Differences in the use of foraging grounds by Greylag Goose *Anser anser* and White-fronted Goose *Anser albifrons* at a spring stopover site", *Avian Biology Research. Science Reviews 2000 Ltd*, 9(4), pp. 265–272.
- Ramo, C., Amat, J. A., Nilsson, L., Schricke, *et al.*, (2015) "Latitudinal-related variation in wintering population trends of greylag geese (*Anser Anser*) along the atlantic flyway: A response to climate change?", *PLoS ONE. Public Library of Science*, 10(10), pp. 1-14.
- Román Álvarez, J. A. (2019) "La grulla común invernante en España. Censo 2018-2019", *SEO/BirdLife*. doi:10.31170/0074.
- Rodríguez Alonso, M. y Palacios Alberti, J. (2018). "Ánsar común – *Anser anser*". *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Sanz, J.J., Amat, J.A.* (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Sánchez Guzmán, M., Sánchez García, A., Corbacho Amado, C. y Muñoz del Viejo, A. (1999) "Influence of farming activities in the Iberian Peninsula on the winter habitat use of common crane (*Grus grus*) in areas of its traditional migratory routes.", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 72, pp. 207-214.

## Anexo I

**Tabla I.** Datos de las variables dependientes: **Grus\_max** (número máximo de grullas), **Grus\_mean** (número medio de individuos invernantes de grulla), **Anser\_max** (número máximo de gansos), **Anser\_mean** (número medio de individuos invernantes de ganso).

<b>Year</b>	<b>Grus_max</b>	<b>Grus_mean</b>	<b>Anser_max</b>	<b>Anser_mean</b>
1993	2	1	1100	1067
1994	12	12	1400	1342
1995	60	45	3000	2150
1996	3	3	4041	2629
1997	3	3	4800	3700
1998	23	4	8000	3419
1999	3	2	7009	3367
2000	35	15	5250	2917
2001	6	5	5500	3502
2002			11892	4438
2003	84	84	14665	9447
2004			16000	9975
2005	3	3	16769	11482
2006	25	3	19515	10990
2007	10	7	17500	9123
2008	400	52	12500	7595
2009	71	40	22533	11314
2010	66	43	14210	9915
2011	132	35	14000	8513
2012	140	67	11642	10520
2013	141	68	21052	12429
2014	99	50	15000	5659
2015	132	81	20052	15144
2016	242	143	19500	9637
2017	15	15	7346	1932
2018	185	96	4658	2710
2019	150	82	4562	3445
2020	255	146	2800	1103
2021	312	162	2700	1258
2022	190	100	2300	1170

**Tabla II.** Datos de las variables explicatorias: **Cereal** (proporción de la superficie de cultivos de cereal), **Maiz** (proporción de la superficie de cultivos de maíz), **Forraje** (proporción de la superficie de cultivos de forraje), **Barbecho** (proporción de la superficie de barbecho), **Pastizales** (proporción de la superficie de pastizales), **T\_media** (medias de la temperatura de los meses de invierno), **P\_media** (medias de la precipitación de los meses de invierno).

<b>Year</b>	<b>Cereal</b>	<b>Maiz</b>	<b>Forraje</b>	<b>Barbecho</b>	<b>Pastizales</b>	<b>T_media</b>	<b>P_media</b>
1993	49.03	0.00	10.58	8.71	5.27	3.78	5.38
1994	57.59	0.00	7.64	11.19	5.27	6.80	22.38
1995	60.06	0.00	7.57	14.03	5.82	5.63	78.07
1996	61.49	0.10	8.56	10.39	5.82	4.53	48.70
1997	66.24	0.12	6.99	7.95	6.78	4.77	45.00
1998	50.42	0.30	9.30	9.70	4.97	5.08	21.50
1999	56.65	0.15	10.96	7.85	8.78	2.77	13.80
2000	55.89	0.21	11.92	8.15	8.78	4.60	39.33
2001	15.10	0.56	12.74	29.15	7.59	3.68	21.43
2002	59.21	0.45	13.72	5.85	6.83	5.88	36.08
2003	51.53	0.31	16.18	9.09	7.32	4.57	38.65
2004	55.33	0.30	16.39	7.06	7.17	4.95	21.6
2005	58.19	0.33	17.25	5.27	6.66	3.87	18.20
2006	53.88	0.00	19.60	6.86	6.84	5.1	35.60
2007	50.69	0.28	21.14	5.34	9.50	5.10	24.45
2008	59.87	0.40	17.96	1.39	7.83	5.42	33.80
2009	48.07	0.40	24.62	3.52	7.85	5.52	52.3
2010	42.11	0.21	29.76	3.06	8.61	4.52	65.15
2011	39.22	0.07	29.66	2.16	8.49	6.00	35.75
2012	38.36	0.05	29.25	1.69	8.68	5.27	27.8
2013	43.78	0.25	30.82	1.24	8.31	4.55	38.3
2014	39.37	0.07	32.41	1.69	7.77	6.17	45.3
2015	42.17	0.07	28.01	3.40	7.40	5.25	24.4
2016	42.75	0.00	29.63	4.43	6.91	6.05	44.2
2017	42.95	0.00	25.12	6.56	6.91	5.25	25.8
2018	46.03	0.00	27.07	2.90	6.19	6.1	33.1
2019	43.53	0.00	28.29	2.74	6.12	6.82	11.55
2020	45.26	0.00	26.37	2.39	6.06	5.85	10.63
2021	50.17	0.58	25.27	2.31	6.23	4.90	31.23
2022						4.60	4.15