

**Universidad Complutense de Madrid**

Facultad de Ciencias Biológicas

Grado en Biología. Mención Ambiental

Trabajo Fin de Grado



***“Evolución histórica de la nidotópica y los parámetros reproductivos en poblaciones de cigüeña blanca (Ciconia ciconia) del sureste de la provincia de Madrid”***

Patricia Morales Rioja

Director: José Ignacio Aguirre de Miguel



**Universidad Complutense de Madrid**

Grado en Biología. Mención Ambiental



***“Evolución histórica de la nidotópica y los parámetros reproductivos en poblaciones de cigüeña blanca (Ciconia ciconia) del sureste de la provincia de Madrid”***

Trabajo Fin de Grado

Patricia Morales Rioja

Julio 2018

Director: José Ignacio Aguirre de Miguel

Fdo.: \_\_\_\_\_

Dpto. Biodiversidad, Ecología y Evolución. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
Área de estudio y procedimientos generales .....	7
Parámetros reproductivos .....	10
Análisis del volumen de residuos orgánicos en el vertedero.....	11
Análisis estadísticos .....	11
RESULTADOS .....	12
Número total de nidos .....	12
Nidotópica .....	13
Parámetros reproductivos .....	15
Volumen de residuos orgánicos en el vertedero .....	16
Análisis estadísticos .....	18
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	24
AGRADECIMIENTOS .....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

## RESUMEN

La cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) es un ave migratoria trans-sahariana que ha sido censada periódicamente durante el siglo pasado, tanto a escala europea como a escala regional (Aguirre & Vergara, 2008). A partir del año 1990 se observó un aumento en la población de la especie en España, y en concreto en la población madrileña (Martínez, 1992; Schulz; 1999). Este incremento se produce de manera especialmente destacable en lugares con disponibilidad trófica elevada. En muchas ocasiones, estos lugares son los vertederos de residuos sólidos urbanos (Marchamalo et al. 1998). El objetivo de este estudio es analizar las posibles diferencias en el número de nidos y parejas reproductoras y en la productividad en diversas colonias de cigüeña blanca a lo largo de una serie temporal, y su relación con el volumen de residuos tratados en el mayor vertedero de la zona centro de la Península Ibérica.

**Palabras clave:** número de nidos, productividad, volumen de residuos, vertedero

## ABSTRACT

The White stork *Ciconia ciconia* is a trans-saharian migratory bird species that has been monitored periodically during the last century from an European to a regional scale (Aguirre & Vergara, 2008). Since 1990, there was an increase in the population of this species in Spain, and specifically in the Madrid population (Martínez, 1992; Schulz; 1999). Such increase occurs in areas with suitable feeding conditions. In many occasions these areas are represented by urban solid waste landfills (Marchamalo et al. 1998). The aim of this study is to analyze the possible differences in the number of nests and breeding pairs and in the productivity in several breeding colonies and its relationship with the volume of waste treated at the biggest refuse dump in central Iberian Peninsula.

**Key words:** number of nests, productivity, waste volume, rubbish dump

## INTRODUCCIÓN

La cigüeña blanca es un ave ciconiforme de aproximadamente un metro de alto y dos de envergadura (Hayman & Hume, 2013; Svensson et al. 2014). En la época reproductora se encuentra más agregada, ocupando prácticamente todo el tercio occidental de la Península Ibérica (Martí, 2003). En esta región se trata de un ave estival, que cría y es habitual en primavera y en verano (Svensson et al. 2014), aunque los individuos invernantes siguen aumentando en las últimas décadas (Tortosa et al. 1995; Marchamalo et al. 1998), por lo que también se la considera como residente en la Península Ibérica (Svensson et al. 2014). Se observan cambios en la fenología de estas aves desde la década de 1980, que reflejan cambios en su comportamiento migratorio (Gordo & Sanz, 2006).

Desde 1948 se han llevado a cabo seis censos nacionales de cigüeña blanca a nivel nacional. El objetivo principal de estos censos ha sido obtener la mayor información posible sobre las poblaciones reproductoras para permitir la mejora en las actividades conservacionistas para esta especie (Schulz, 1999), debido al gran descenso de la población en España a mediados del siglo pasado (Bernis, 1981; Schulz, 1999). En concreto, la población de la provincia de Madrid alcanzó un mínimo poblacional en los años 80, donde el número de nidos ocupados rara vez superaba las 225 parejas (Lázaro et al. 1986; Martínez, 1992). En el censo llevado a cabo en el año 1990 se observó un aumento en la población de la especie en España, y en concreto en la población madrileña (Martínez, 1992; Schulz; 1999). Dos años después, la especie es catalogada como “Vulnerable” en Madrid (B.O.C.M., 1992) y de este modo se elaboró un Plan de Recuperación para la especie (B.O.E., 1989; B.O.C.M, 1991). En 2001, se estimó la población reproductora de cigüeña blanca en la Comunidad de Madrid entre las 979 y las 1.013 parejas (Aguirre & Atienza, 2002), mientras que en el último censo nacional, llevado a cabo en el año 2004, se contabilizaron 1.221 parejas reproductoras en la comunidad (Molina & del Moral, 2005).

Diversos factores han favorecido el aumento de la población de la especie en España, tales como el uso de vertederos como fuente de alimentación, cambios en prácticas agrícolas, cambios en las condiciones meteorológicas, actuaciones y medidas de conservación y proyectos de reintroducción (Tortosa et al. 1995, 2002;

Martí, 2003; Molina & del Moral, 2005). En concreto, el aumento de individuos residentes en la península se debe en gran parte a la importancia que han cobrado los vertederos de residuos sólidos urbanos como fuente de recursos alimenticios abundantes y accesibles para diversas especies de aves como la cigüeña blanca (Vergara et al. 2003), lo que hace que la invernada de estas aves en la región esté ligada a un aumento en la abundancia de alimento que encuentran disponible en los vertederos (Tortosa et al. 1995, 2002; Marchamalo et al. 1998; Gordo & Sanz, 2006).

La obtención de recursos tróficos realizada en los vertederos constituye la principal fuente de alimentación tanto durante la época reproductora como durante el invierno para las aves que se encuentran cerca de los mismos (Tortosa et al. 2002; Molina & del Moral, 2005). Por otro lado, muchos de los pollos que vuelan de sus nidos acuden a estas zonas donde consiguen el alimento con poco esfuerzo y de forma continua, lo que se traduce en una alta tasa de supervivencia (Tortosa et al. 2002). Un alto porcentaje de las aves invernantes corresponden a individuos reproductores de edades más avanzadas que acortan su viaje migratorio tanto en distancia recorrida como en tiempo empleado, obteniendo así ventajas en la época reproductora siguiente para la ocupación de los nidos y aumentando su éxito reproductor (Tortosa et al. 1995; Vergara et al. 2007), además de reducir de este modo los riesgos de mortalidad asociados a la migración (Tortosa et al. 1995, 2002; Vergara et al. 2003).

La cigüeña blanca ocupa gran variedad de hábitats, entre los que se incluyen zonas con un marcado carácter antropófilo, zonas abiertas con pastos, cultivos tanto de regadío como de inundación, y zonas húmedas como charcas, ríos, arroyos o embalses, donde también busca buena parte de su alimento (Martí, 2003; Aguirre, 2012). En época de reproducción y nidificación, se distribuye de forma agregada formando colonias, por lo que se puede afirmar que se trata de un ave colonial en esta región de su área de distribución: más del 80% de las parejas cría próxima a otra pareja (Molina & del Moral, 2005). Nidifica preferentemente sobre árboles y sobre construcciones humanas, como iglesias, postes artificiales, antenas de telefonía móvil o torretas de conducción eléctrica, y en menor proporción, sobre rocas (Martí, 2003; Molina & del Moral, 2005). En cuanto a su dieta, su alimentación oportunista hace que sean capaces de explotar desde larvas de invertebrados, pequeños invertebrados, anfibios, reptiles, hasta basura (Aguirre, 2012).

El objetivo principal de este estudio es analizar las posibles diferencias en el número de nidos y parejas reproductoras, en los parámetros reproductivos y en el volumen de residuos tratados en el mayor vertedero de la zona centro de la Península Ibérica a lo largo de una serie temporal, en diversas colonias de cigüeña blanca cercanas a éste vertedero. Además, paralelamente, se han analizado posibles diferencias en la nidotópica de la especie en el área de estudio. Para ello, se compararon tanto el número de nidos como su situación y los parámetros reproductivos tomados durante la temporada de cría de 2018 con los datos recopilados de censos realizados en la Comunidad de Madrid, y en concreto en el área de estudio, durante los años 1998, 1999, 2000, 2001 y 2004. Se plantearon las siguientes hipótesis para este trabajo: (1) el número de nidos y parejas reproductoras aumentarán a lo largo de los años gracias a la presencia de alimento ilimitado que las cigüeñas encuentran en el vertedero, (2) la productividad se verá mejorada también gracias a la influencia del alimento constante que encuentran en el vertedero para poder alimentar así a su progenie, (3) un aumento en el volumen de vertidos en el vertedero favorecerá el aumento en el número de nidos y parejas reproductoras y en su productividad.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Área de estudio y procedimientos generales**

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Madrid, en la zona central de España. En concreto, el área de estudio se encuentra en una zona del sureste de Madrid, que comprende parte de los términos municipales de Rivas-Vaciamadrid y Arganda del Rey (Figura 1).

Rivas-Vaciamadrid se encuentra en la zona sureste de la Comunidad de Madrid (40°21'3.92"N, 3°31'1.24"O). Se trata de un municipio que en los últimos años ha experimentado una gran expansión urbanística y cuya población ha crecido desde los escasos 500 vecinos en 1980 a los 87.001 actuales. También se trata de un municipio con un alto valor ecológico, ya que tres cuartas partes del término municipal forman parte del Parque Regional del Sureste, donde confluyen los ríos Jarama y Manzanares. Junto a los cauces de estos ríos y alrededor de numerosas

lagunas que se han ido formando alrededor de ellos como consecuencia de una prolongada actividad de extracción de áridos, anidan distintas especies de aves.

El municipio de Arganda del Rey también se encuentra en la zona sureste de la provincia ( $40^{\circ}18'42.08''N$ ,  $3^{\circ}30'31.43''O$ ), y también se trata de un municipio que ha experimentado una gran expansión urbanística y demográfica en los últimos treinta años, pasando de los 22.000 habitantes en 1980 a los 53.821 actuales. También se encuentra englobado dentro del Parque Regional del Sureste, perteneciendo al mismo, por ejemplo, las Lagunas de las Madres, zona donde se pueden encontrar diversas especies de aves, entre las que se encuentra la cigüeña blanca.



**Figura 1.** Situación del área de estudio (Fotografía: Google Earth).

El área de estudio consta de un perímetro de 16,8 kilómetros y un área de  $6,99 \text{ km}^2$  (699 hectáreas). Dicho área se encuentra a 3 kilómetros del mayor vertedero de residuos sólidos urbanos del centro de la península ( $40^{\circ}19'55''N$ ,  $3^{\circ}35'00''O$ ), actualmente conocido como “Parque Tecnológico de Valdemingómez” o vertedero de “Las Dehesas”, en las zonas del área más cercanas al vertedero (las pertenecientes al municipio de Rivas-Vaciamadrid), y a 7,5 kilómetros del vertedero



en las zonas del área más alejadas del mismo, que son las pertenecientes al municipio de Arganda del Rey. En torno a este vertedero se encuentra uno de los principales núcleos reproductores de cigüeña blanca de la Comunidad de Madrid, garantizando así un alto número de individuos en el vertedero durante la época de cría y por tanto un probable aumento del número de cigüeñas en el área de estudio al comenzar la temporada reproductiva (Aguirre & Atienza, 2002). En esta zona, se han encontrado parejas que se mantienen en el nido durante todo el año (Marchamalo et al. 1998; Vergara et al. 2003).

El número de visitas a las colonias de cigüeña blanca y la fecha de las mismas son factores clave para hacer una correcta evaluación del número de parejas reproductoras y de la productividad (Aguirre & Vergara, 2008). Los nidos del área de estudio se visitaron una vez a la semana de febrero a junio de 2018. Se dedicaron aproximadamente seis horas diarias en visitar todos los nidos de la zona y en la toma de datos, por lo que se han invertido aproximadamente un total de 120 horas de trabajo de campo en el estudio.

El estudio comenzó a principios de febrero debido a que en este mes comienza la época reproductora de la cigüeña blanca, y se trata de un mes en el que los dos adultos pasan la mayor parte del día ocupando y defendiendo el nido y en pie, por lo que es un buen momento para determinar si un nido ha sido ocupado (Aguirre & Atienza, 2002; Aguirre & Vergara, 2008).

Además, en esta época los árboles caducifolios carecen de hojas ya que se trata del final del invierno, por lo que se pudo determinar con precisión la localización de los nidos situados en árboles, aunque posteriormente no se pudo determinar parámetros reproductivos en algunos de estos nidos, debido a que cuando comenzaron a tener hojas no se pudo observar ni acceder a los mismos para determinar dichos parámetros.

Las visitas a los nidos se prolongaron hasta finales de junio, periodo en el que los pollos son lo suficientemente grandes como para ser contados con fiabilidad (Aguirre & Vergara, 2008) y determinar por tanto si la pareja ha tenido éxito o ha fracasado en la reproducción, ya que en muchos casos los adultos siguen ocupando el nido aun no habiendo tenido pollos (Molina & del Moral, 2005); además, se espera que en estas fechas la mayoría de los pollos lleguen a volar (Bernis, 1981).

Los nidos del área de estudio se observaron a distancia mediante el uso de prismáticos y telescopio, y fueron localizados mediante coordenadas geográficas. Se consideró la presencia de una pareja reproductora cuando observamos al menos un individuo construyendo, defendiendo, incubando o alimentando pollos, o cuando se posaba en el nido (Aguirre & Vergara, 2008). Además, se consideró si los nidos estaban situados “en colonia (C)” o “de forma aislada (S)” (se consideró como colonia al conjunto de dos o más nidos que no estaban separados por más de 500 metros (Molina & del Moral, 2005)). La situación o sustratos de los nidos se consideraron como “árbol (A)”, “construcción humana (C)”, “tendido eléctrico (T)”, “antenas de telefonía o radio (An)” y “otro (O)”. También se consideró el estado de los nidos como “adulto de pie (Dp)”, “adulto echado (Tb)”, “pollo (PP)” y “vacío (V)”.

### **Parámetros reproductivos**

Durante el estudio, se consideraron los siguientes parámetros reproductivos (Schulz, 1999; Aguirre & Atienza, 2002):

- *Número de parejas que ocupan un nido (HPa)*: se consideran como nidos ocupados los que hayan sido frecuentados por cigüeñas a lo largo del estudio.

$$HPa = HPm + HPo + HPx$$

- *Número de parejas con pollos (HPm)*: se consideran todas las parejas de cigüeñas que tuvieran pollos en el último periodo del estudio.

$$HPm = HPa - (HPo + HPx)$$

- *Número de parejas que ocupan un nido sin pollos (HPo)*: cuando en el nido se detecta al menos un adulto a lo largo del estudio, pero no se detectaron pollos en esos nidos.

$$HPo = HPa - (HPm + HPx)$$

- *Número de parejas con éxito reproductivo desconocido (HPx)*: se consideran los nidos en los que existe la certeza que han sido ocupados pero no se llega a constatar su éxito en la reproducción.

$$HPx = HPa - (HPm + HPo)$$

- *Número de pollos en la región (JZG)*: se trata de la suma de todos los pollos censados en el área de estudio.

- *Productividad total (JZa)*: se trata de un parámetro de éxito reproductor que se define como el número medio de pollos por nido de éxito conocido.

$$JZa = JZG / (HPa - HPx)$$

- *Productividad parcial (JZm)*: se trata de un parámetro de éxito reproductor que se define como el número medio de pollos por nido con pollos.

$$JZm = JZG / HPm$$

### **Análisis del volumen de residuos orgánicos en el vertedero**

Durante el estudio, se llevó a cabo un análisis del volumen de residuos que se vertieron en el vertedero de Valdemingómez a lo largo de los años, y más en concreto, de los residuos de tipo orgánico, que suponen una fuente de alimentación para las cigüeñas. La información fue tomada de la memoria de actividades de la dirección general del Parque Tecnológico de Valdemingómez de los años 2008 y 2016.

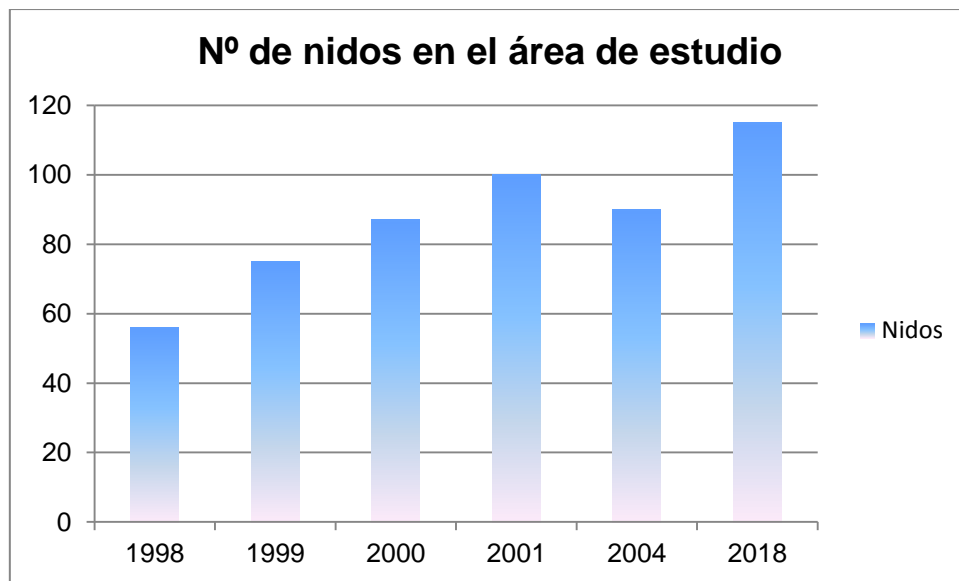
### **Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa *Statistica 6.0*, utilizando modelos de regresión múltiple para estudiar la posible relación entre una variable independiente (los distintos años de estudio) y otras variables dependientes (número de nidos, productividad y volumen de residuos tratados en el vertedero).

## RESULTADOS

### Número total de nidos

En el año 2018, se han observado un total de 115 nidos en el área de estudio. Comparado con el resto de años que se han analizado, se trata del año con más nidos de cigüeña blanca en el área de estudio (Figura 2).



**Figura 2.** Número de nidos en el área de estudio a lo largo de los años analizados.

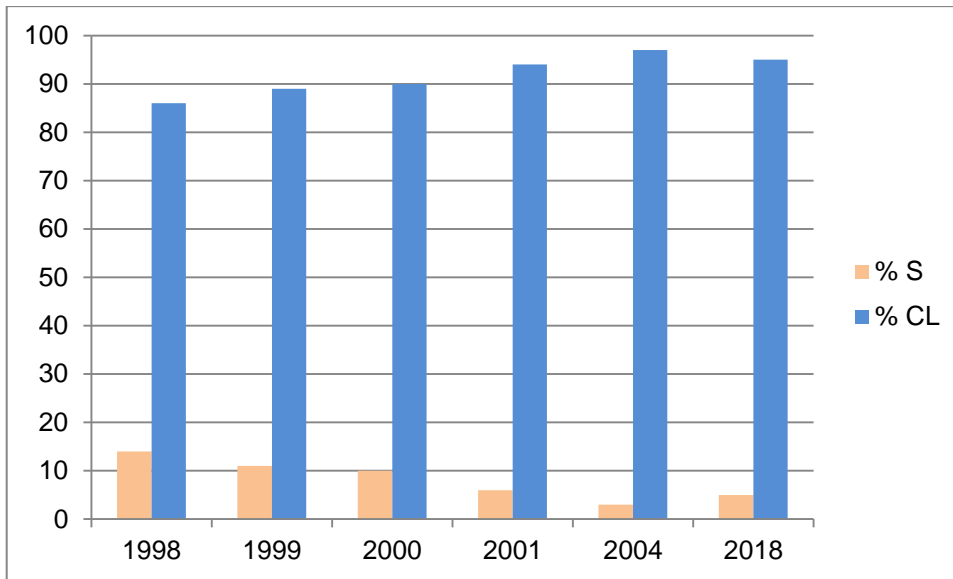


**Figura 3.** Situación de los nidos en los distintos años de estudio (Fotografía: Google Earth)

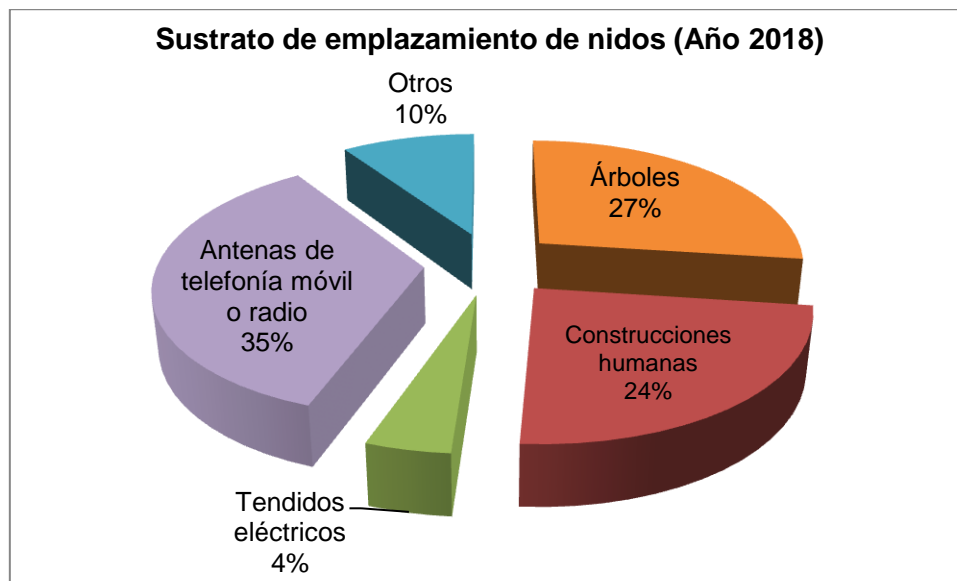
## Nidotópica

En cuanto a la nidotópica, de los 115 nidos observados en el área de estudio en 2018, 109 se encontraban formando colonias (94%), mientras que solo 6 de ellos se encontraban aislados (5,2%) (Figura 4).

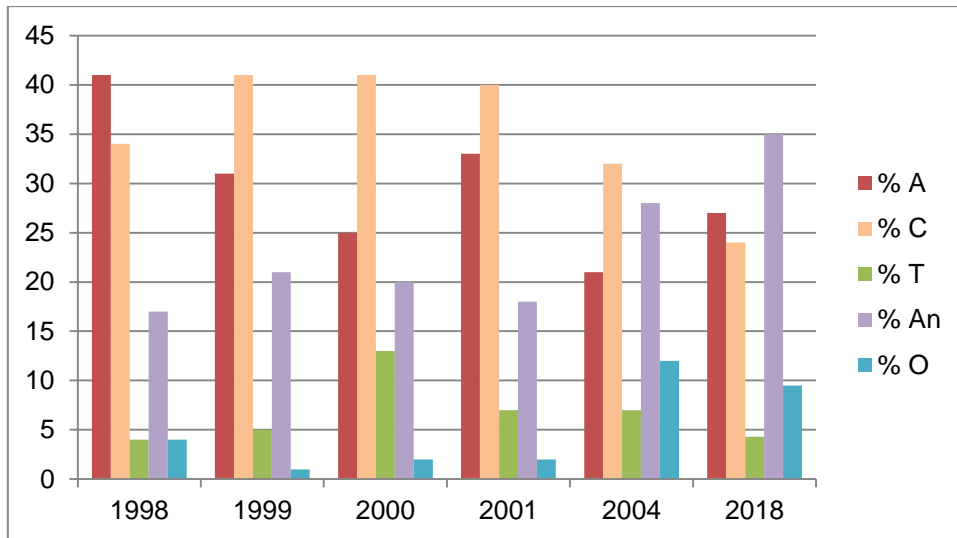
En cuanto a los sustratos elegidos para nidificar, 40 nidos fueron construidos sobre antenas de radio o de telefonía móvil (35%), 31 sobre árboles (27%), 28 sobre construcciones humanas (24%), 5 sobre tendidos eléctricos (4,3%), y 11 nidos fueron construidos sobre otro tipo de estructuras (9,5%) (Figuras 5 y 6).



**Figura 4.** Porcentaje de nidos situados en solitario (S) y en colonia (CL) en el área de estudio a lo largo de los años analizados.



**Figura 5.** Porcentaje de los distintos sustratos de emplazamiento de nidos en el área de estudio en el año 2018.

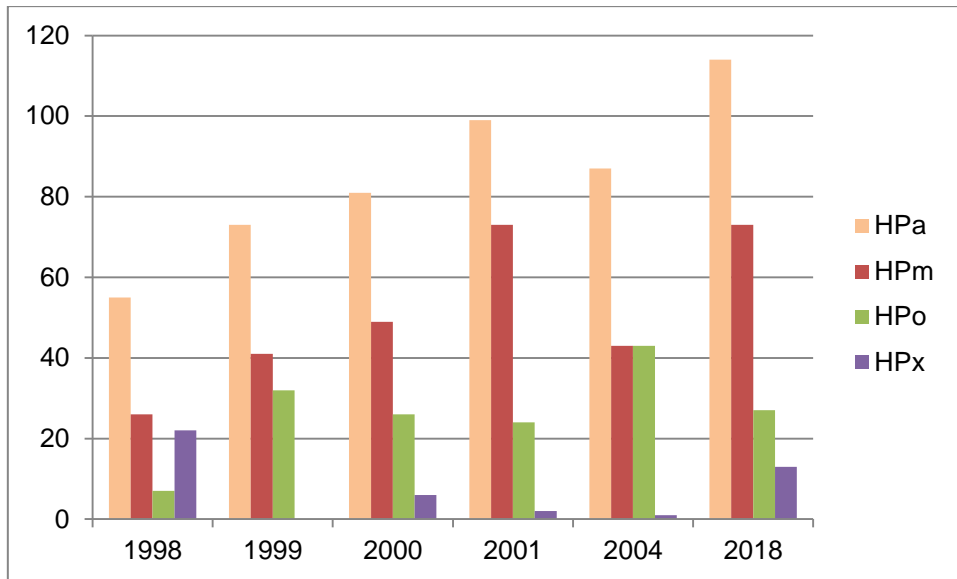


**Figura 6.** Porcentaje de nidos situados en árboles (A), construcciones (C), tendidos eléctricos (T), antenas de telefonía móvil o radio (An) y en otras localizaciones (O) en el área de estudio a lo largo de los años analizados.

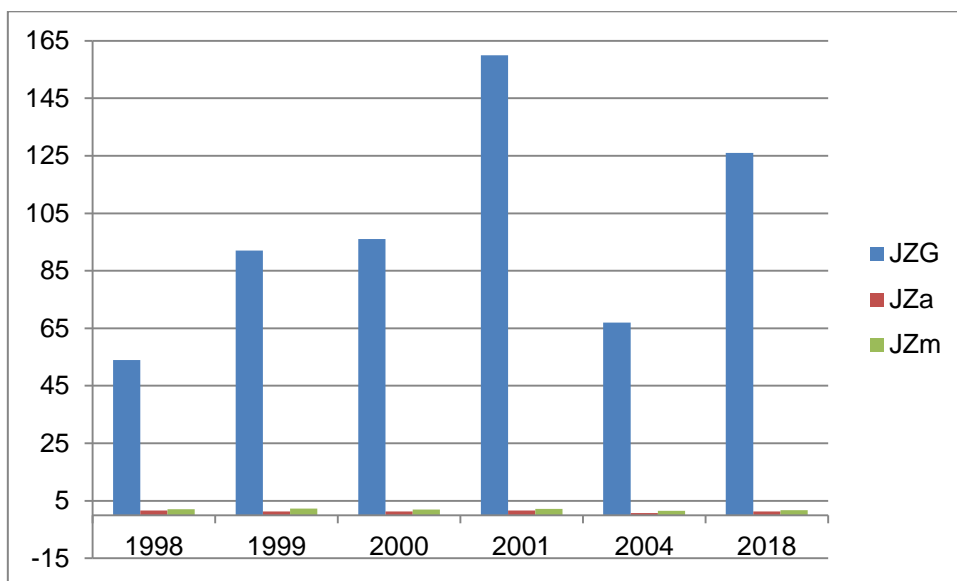
### Parámetros reproductivos

De los 115 nidos observados en el área de estudio en el año 2018, se ocuparon un total de 114 nidos (HPa). El número de parejas de cigüeñas que tuvieron pollos en el último periodo del estudio (HPm) fueron 73, mientras que en 28 parejas no se detectaron pollos en los nidos (HPo). Se tuvo la certeza de que 13 nidos fueron ocupados pero no se llegó a constatar su éxito en la reproducción (HPx), debido a la falta de visibilidad y acceso a los mismos.

En total, se censaron 126 pollos en el área de estudio (JZG). La productividad total (JZa) fue de 1,25, mientras que la productividad parcial fue de 1,73 (Figuras 7 y 8).



**Figura 7.** Valores de número de parejas que ocupan un nido (HPa), número de parejas con pollos (HPm), número de parejas que ocupan un nido sin pollos (HPo) y número de parejas con éxito reproductivo desconocido (HPx) en el área de estudio a lo largo de los años analizados.



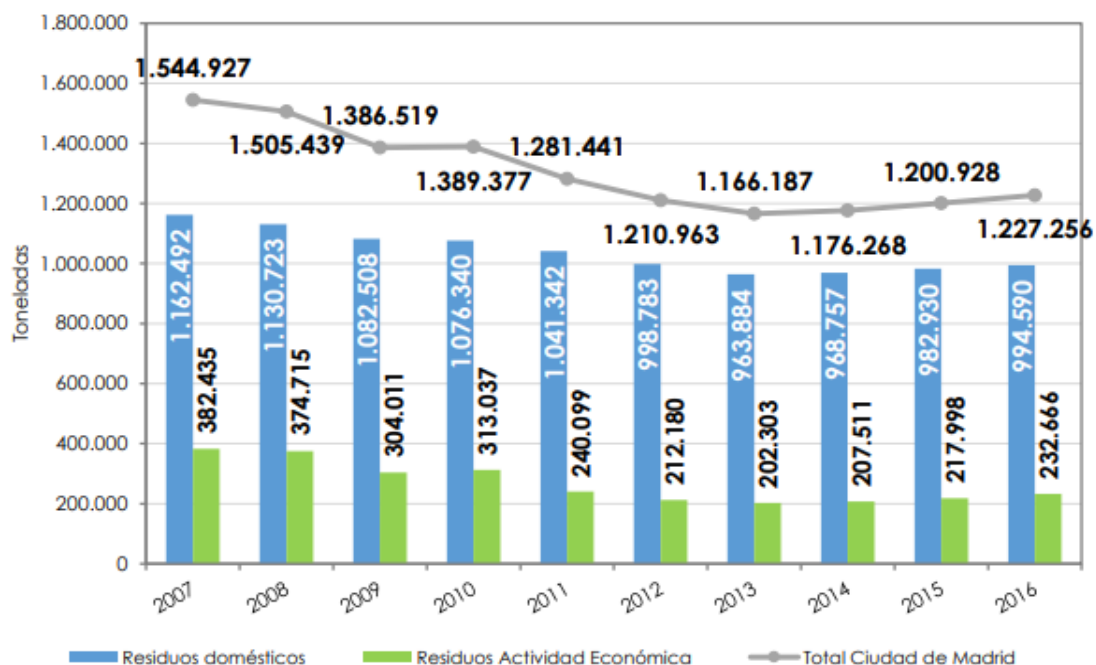
**Figura 8.** Valores de número de pollos en la región (JZG), productividad total (JZa) y productividad parcial (JZm) en el área de estudio a lo largo de los años analizados.

### Volumen de residuos orgánicos en el vertedero

La práctica totalidad de los residuos urbanos generados en la ciudad de Madrid, además de los procedentes de los municipios próximos de Arganda del Rey

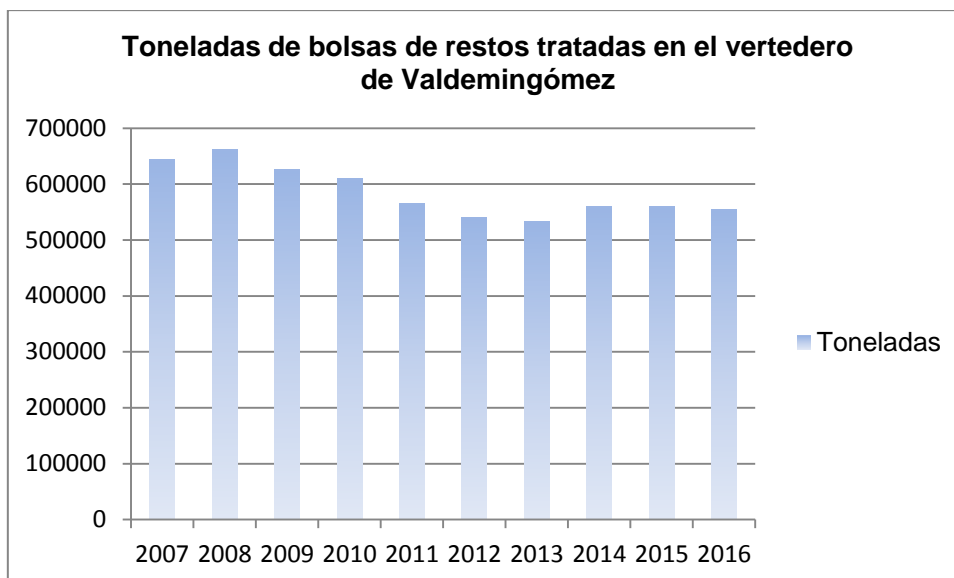


y Rivas-Vaciamadrid, se someten a tratamiento en el vertedero de Valdemingómez (Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez, 2008).



**Figura 9.** Evolución de la producción total de residuos urbanos de la ciudad de Madrid que son tratados en el vertedero de Valdemingómez (Fuente: Ayuntamiento de Madrid)

La mayor parte (27,4%) de la composición de los residuos urbanos de la ciudad de Madrid que son tratados en el vertedero de Valdemingómez se componen de materia orgánica (Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez, 2008).



**Figura 10.** Entrada de residuos, en concreto de bolsas de restos, al vertedero de Valdemingómez (2007-2016).  
(Fuente: Ayuntamiento de Madrid)

Por otro lado, la mayor parte (aproximadamente un 35%) de la composición de las bolsas de restos tratadas en el vertedero de Valdemingómez también se componen de materia orgánica (Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez, 2016).

Como observamos la figuras 9 y 10, en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016, se ha producido un descenso tanto en la producción total de residuos urbanos de la ciudad de Madrid que son tratados en el vertedero de Valdemingómez, como en las toneladas de bolsas de restos que son tratadas en el vertedero, según información aportada por el Ayuntamiento de Madrid.

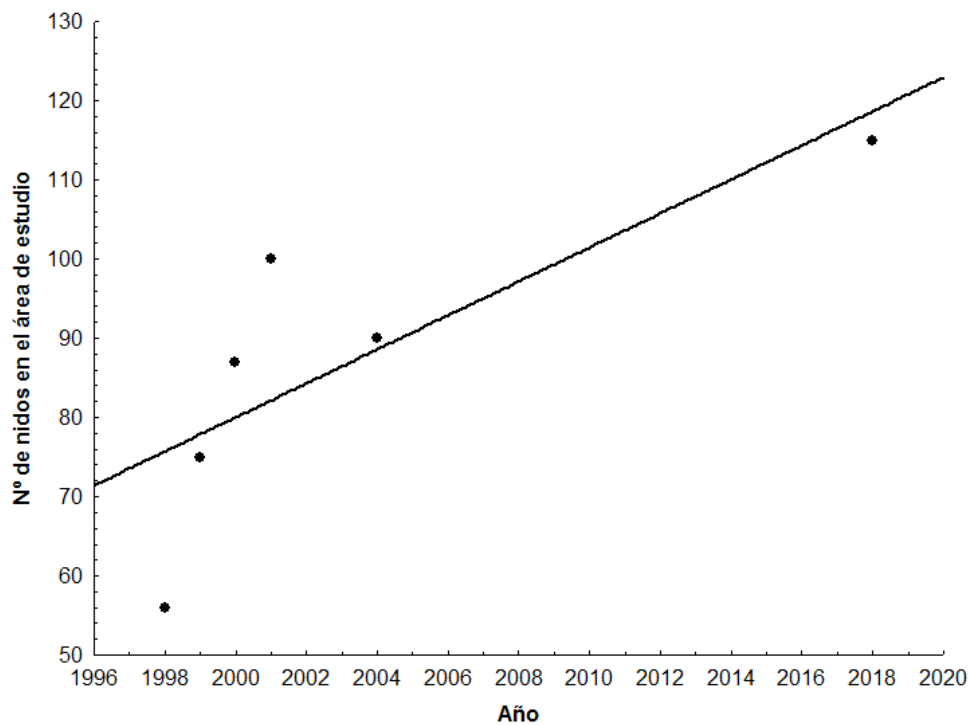
### **Análisis estadísticos**

Como se observa en la tabla 1, los valores de las regresiones múltiples realizadas muestran significación en el volumen de residuos en el vertedero de Valdemingómez a lo largo de los años ( $R^2=0,79375012$ ,  $p<0,05$ ; Figura 13), mientras que, según los análisis estadísticos, no se observa variación en el número de nidos

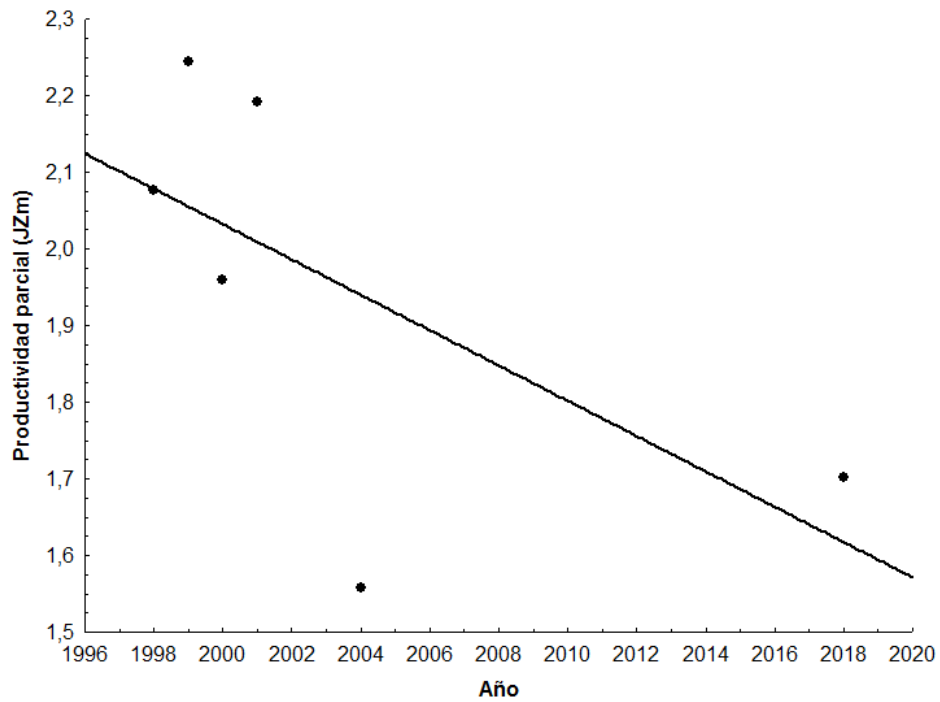
( $R^2=0,62286166$ ,  $p>0,05$ ; Figura 11) ni en la productividad de los mismos a lo largo de los años ( $R^2=0,39454196$ ,  $p>0,05$ ; Figura 12).

**Tabla 1.** Resultados de las regresiones múltiples en las que el número de nidos, la productividad y el volumen de residuos tratados en el vertedero son las variables respuesta o dependientes.

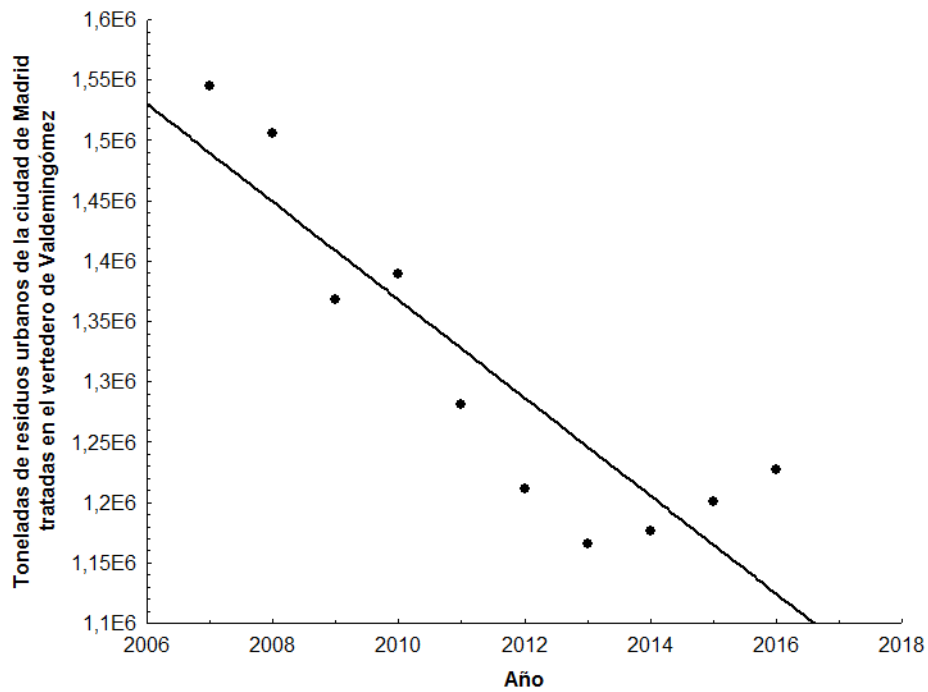
Variable independiente	Variables dependientes			
	Número de nidos	Productividad	Volumen de residuos del vertedero	
<b>Años</b>	<b>df</b>	1,4	1,4	1,8
	<b>F</b>	6,606	2,606	30,787
	<b>p</b>	0,0619	0,181	0,000542
	<b>R<sup>2</sup></b>	0,622	0,394	0,793



**Figura 11.** Evolución del número de nidos en el área de estudio a lo largo de los años de estudio ( $R^2=0,62286166$ ,  $p=0,061962$ ).



**Figura 12.** Evolución de la productividad parcial (JZm) en el área de estudio a lo largo de los años de estudio ( $R^2=0,39454196$ ,  $p= 0,181722$ ).



**Figura 13.** Evolución de las toneladas de residuos urbanos de la ciudad de Madrid tratados en el vertedero de Valdemingómez entre los años 2007-2016 ( $R^2=0,79375012$ ,  $p= 0,000542$ ).

## DISCUSIÓN

En cuanto al incremento en el número de nidos en el área de estudio a lo largo de los años analizados, el número de nidos ocupados en 2018 es notablemente mayor que el número de nidos ocupados entre los años 1998 y 2004, por lo que el crecimiento de la población en el área de estudio es incuestionable. Aun así, la falta de censos intermedios hace que se desconozca la tendencia actual de la especie (Aguirre & Atienza, 2002), aunque podemos deducir que la capacidad de carga del medio (en términos de parejas reproductoras) no se ha alcanzado, y que por tanto la población se encuentra en la etapa exponencial del crecimiento logístico (Figura 14).

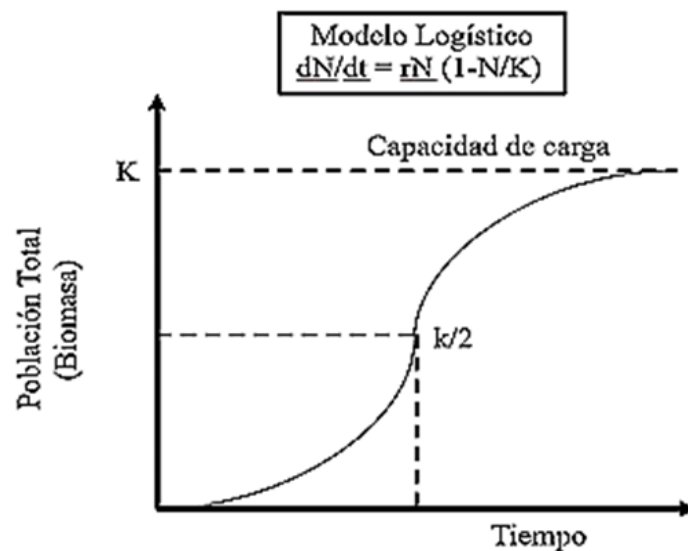


Figura 14. Gráfica del crecimiento logístico.

La calidad, cantidad y fiabilidad de los alimentos encontrados en la basura de los vertederos podrían explicar el incremento en las parejas reproductoras encontradas alrededor de los vertederos (Tortosa et al. 1996; Blanco, 1996). Aunque los resultados estadísticos nos indiquen una clara significación en cuanto a la disminución de los residuos orgánicos en el vertedero de Valdemingómez a lo largo de los años, esto no afectaría a la población de cigüeñas en cuanto al número de parejas reproductoras, ya que aunque se produzca un descenso en las toneladas de residuos orgánicos presentes en el vertedero, estas siguen siendo accesibles para las cigüeñas.

Antes de 1984, la basura se trataba comúnmente en cada ciudad de España vertiéndola en pozos, donde se quemaba continuamente y por lo tanto no estaba disponible para las aves. A mediados de la década de 1980 y condicionado fundamentalmente por la legislación europea, se introdujeron vertederos de basura denominados "abiertos", donde los desperdicios se extendieron por un área grande y se dejaron al descubierto hasta que se cubrieron con un nuevo desecho. De esta forma, las aves podrían llegar hasta el vertedero, donde encontraban una fuente de alimento continua (Tortosa et al. 2002), por lo que este nuevo método proporcionó una fuente de alimento artificial y estable para las cigüeñas blancas y muchas otras especies de aves (Tortosa et al. 1995). En estudios anteriores, un mayor éxito en la reproducción se encontró en cigüeñas con acceso a vertederos de sistema abierto y en cigüeñas que nidificaban cerca de los mismos (Tortosa et al. 2002). Esto puede explicarse por la estabilidad y abundancia de comida que proporciona la basura que encuentran en el vertedero (Tortosa et al. 2002).

En cuanto a la nidotópica, se observa un aumento a lo largo de los años en el uso de sustratos no naturales para nidificar, tales como construcciones humanas, postes para cigüeñas, antenas de telefonía móvil y radio y torretas eléctricas, elementos que han ido proliferando a lo largo de los años por la geografía madrileña (Aguirre & Atienza, 2002). Una buena parte de los nidos siguen situándose en árboles, localizados preferentemente cercanos a sitios donde encuentran alimento, tales como vertederos o ríos: en este caso, el vertedero se localiza muy próximo al curso bajo del río Manzanares. Aun así, los sustratos de nidificación siguen permaneciendo disponibles a lo largo de los años para las cigüeñas, sin aumentar de forma significativa en número, lo que puede ser un motivo por el que el incremento en el número de nidos a lo largo de los años no haya resultado significativo en los análisis estadísticos.

Por otro lado, se observa un alto porcentaje de nidos situados en colonia a lo largo de los años. Esto puede deberse a que en la mayoría de las especies de aves coloniales, el éxito en la reproducción está asociado con el tamaño de la colonia (Vergara & Aguirre, 2006), de modo que colonias más grandes presentan mayor éxito en la reproducción que colonias más pequeñas (Brunton, 1999). Aunque hay costes asociados con el aumento del tamaño de la colonia, como altas tasas de transmisión de parásitos y competencia por comida o por material del nido (Burger,

1981), el éxito en la cría es, en general, mayor en subcolonias más grandes probablemente porque el mayor tamaño de las colonias reduce el riesgo de depredación (Vergara et al., 2006).

En cuanto a los parámetros reproductivos analizados, a pesar de no observar significación en cuanto a la variación en la productividad a lo largo de los años, las condiciones ambientales puntuales que se han dado en el año 2018 en los meses de estudio, siendo éste un año frío y muy lluvioso durante la época reproductiva, han podido ser la principal causa de que este año la productividad haya sido algo menor que en años anteriores. El éxito reproductor varía entre años y está significativamente influenciado por la lluvia (Cuadrado et al. 2016). Investigaciones anteriores realizadas en España (Lázaro et al. 1986) evidenciaron el impacto negativo de los periodos de lluvias sobre el éxito reproductivo de las cigüeñas blancas. En otros estudios anteriores se encontró que en una colonia localizada en el centro de España el número de pollos fue más bajo en años con más de diez días de lluvia en el mes de mayo (Carrascal et. al 1993). Por otro lado, la mortalidad de los pollos es altamente dependiente de la edad, disminuyendo a medida que avanza en su crecimiento, siendo especialmente alta hasta los diez días de edad, y sigue siendo importante hasta los veinte días, pero anecdótica después. La mortalidad de los pollos se ve aumentada en periodos lluviosos que coinciden con periodos en el que los pollos todavía no han adquirido la homeotermia, evento que sucede a los quince días de edad, por lo que los pollos de cigüeña son especialmente sensibles a las condiciones ambientales hasta los veinte días de edad (Jovani & Tella, 2004).

Otra hipótesis consistiría en que los sucesivos días lluviosos podrían haber limitado la capacidad de las cigüeñas progenitoras para alimentarse y alimentar adecuadamente a su descendencia (Jovani & Tella, 2004). Sin embargo, la disponibilidad de alimento no parece ser un factor importante en este caso, ya que los pollos de las colonias de estudio se alimentan principalmente del alimento que sus progenitores encuentran de forma continua en el vertedero de Valdemingómez. Además, estudios anteriores demostraron que la disminución del tamaño de la puesta en las colonias situadas cerca de vertederos fue insignificante o mucho menor que en colonias situadas lejos de vertederos, lo que sugiere que el progresivo deterioro de las fuentes de alimentos naturales a medida que avanza la temporada de cría puede ser la causa principal de la disminución estacional del tamaño de la

puesta (Tortosa et al. 2003). En este caso, todos los nidos de todas las colonias se sitúan cercanas al vertedero de Valdemingómez, por lo que la disminución del alimento disponible no puede ser la causa de la menor productividad que se observa en el año 2018.

Por último, en cuanto al volumen de residuos orgánicos tratados en el vertedero a lo largo de los años, se observa una disminución significativa en la cantidad de residuos urbanos allí tratados. Este resultado puede deberse a que sólo se han incluido datos facilitados por el Ayuntamiento de Madrid de los residuos generados en la ciudad de Madrid; por falta de información accesible, no se han incluido datos de los residuos que son generados en los municipios de Rivas-Vaciamadrid y Arganda del Rey. Por este motivo, es posible que se haya subestimado la cantidad total de toneladas de residuos que son tratadas en el vertedero.

## **CONCLUSIONES**

El número de nidos en el área de estudio ha incrementado en los últimos veinte años, pasando de 56 nidos en 1998 a los 115 existentes en la actualidad, por lo que el crecimiento de la población en dicho área es incuestionable. Además, la productividad se ha mantenido constante a lo largo del tiempo. Aun así, sería aconsejable disponer de series temporales más largas para estudiar la dinámica de la población en un futuro.

Una de las consecuencias del aumento en el número de parejas reproductoras en el área de estudio es el uso que hacen del vertedero de Valdemingómez como principal fuente de alimentación. Pese a que, según el Ayuntamiento de Madrid, el volumen de vertidos en dicho vertedero ha disminuido a lo largo de los años, las cigüeñas siguen encontrando en él la cantidad de alimento que necesitan para sobrevivir y para alimentar a sus pollos.

Los cambios en el manejo de residuos podrían tener importantes consecuencias en la abundancia actual y en los patrones de distribución de las aves (Ciach & Kruszyk, 2010), por lo que sería conveniente estudiar las consecuencias que tendrá la nueva política de residuos sobre poblaciones de aves, como la cigüeña



blanca, que encuentran en el vertedero una fuente abundante, predecible y constante de alimento. Esta nueva política se desarrolló para cumplir con las exigencias de la Unión Europea, que buscan avanzar hacia una economía circular que impulse el reciclado, la no generación de residuos y la disminución en el volumen de vertidos, y que en España se desarrollan a través del “Plan Estatal Marco de Residuos” y del “Plan Nacional Integral de Residuos” (B.O.E., 2009; B.O.E., 2015). A través de estos planes, se llevará a cabo el cierre de los vertederos de la ciudad, incluido el de Valdemingómez, y se sustituirán por plantas de procesamiento en el que la basura se depositará en zonas cerradas para pasar posteriormente por distintos procesos de reciclaje, siendo de este modo inaccesible para las aves.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias al Dr. José Ignacio Aguirre, nuestro querido Chechu, por enseñarme tanto, por abrirme las puertas, por confiar en mí y ayudarme a confiar en mi misma.

Gracias a mis padres, mi familia y mis amigas, por apoyarme incondicionalmente. A Sergio, por su paciencia y cariño infinitos.

Gracias a todos los compañeros que se han convertido en amigos, por compartir conmigo los mejores cuatro años de mi vida; en especial a Adrián, por estar a mi lado todos los días desde que nos conocimos, y por las preciosas fotos realizadas a mis preciosas cigüeñas.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, J. & Vergara, P. 2008. Census methods for White stork (*Ciconia ciconia*): bias in sampling effort related to the frequency and date of nest visits. *Journal of Ornithology*, 150:147-153.

Aguirre, J. I., & Atienza, J. C. 2002. Censo de la población reproductora de cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en la comunidad de Madrid. Año 2001. *Anuario ornitológico de Madrid*, 114–125.

Aguirre, J.I. 2012. Cigüeña blanca, *Ciconia ciconia*. En: SEO/Birdlife, *Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010*. págs. 152-153. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-SEO/Birdlife. Madrid.

B.O.C.M. 1991. Ley 2/91, de 14 de febrero, para la Protección y Regulación de la Fauna y Flore Silvestres en la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid* nº 54, 5 de marzo de 1991.

B.O.C.M. 1992. Decreto 18/92, de 26 de marzo, por el que se aprueba el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de fauna y flora silvestres y se crea la categoría de árboles singulares. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid* nº 85, 9 de abril de 1992.

B.O.E. 1989. Ley 4/89, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. *Boletín Oficial del Estado* nº 74, 28 de marzo de 1989.

B.O.E. 2009. Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015. *Boletín Oficial del Estado* nº 49, 26 de febrero de 2009.

B.O.E. 2015. Resolución de 8 de octubre de 2015, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se formula declaración ambiental estratégica del Plan Estatal de Residuos. *Boletín Oficial del Estado* nº 253, 22 de octubre de 2015.

- Bernis, F. 1981. *La población de las cigüeñas españolas. Estudios y tablas de censos, periodo 1948-1978*. Cátedra de Zoología de Vertebrados. Facultad de Biología. Ediciones UCM, Madrid.
- Blanco, G. 1996. Population dynamics and comunal roosting of White storks foraging at a Spanish refuse dump. *Colonial Waterbirds*, 19 (2): 273-276.
- Brunton, D. 1999. "Optimal" colony size for least intercolony study oppsing selective predators. *Condor*, 101: 607-615.
- Burger, J. 1981. A model for the evolution of mixed-species colonies of Ciconiiformes. *The Quarterly Review of Biology*, 56: 143-167.
- Carrascal, L. M.; Bautista, L. M. & Lázaro, E. 1993. Geographical variation in the density of the white stork *Ciconia ciconia* in Spain: influence of habitat structure and climate. *Biological Conservation*, 65: 83-87.
- Ciach, M. & Kruszyk, R. 2010. Foraging of White storks *Ciconia ciconia* on rubbish dumps on non-breeding grounds. *Waterbirds*, 33 (1): 101-104.
- Cuadrado, M.; Sánchez, Í., Barcell, M.& Armario, M. 2016. Reproductive data and analysis of recoveries in a population of White stork, *Ciconia ciconia*, in southern Spain: a 24-year study. *Animal Biodiversity and Conservation*, 39: 37-44.
- Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez. 2008. *Memoria de Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez*. Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Madrid.
- Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez. 2016. *Memoria de Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez*. Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Madrid.
- Gordo, O. & Sanz, J. 2006. Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. *Global Change Biology*, 12(10): 1993-2004.
- Hayman, P. & Hume, R. 2013. *Guía de bolsillo para el observador de aves de España y Europa*. Barcelona: Europa, pág. 65.

- Jovani, R. & Tella, J. 2004. Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *Ecography*, 27(5): 611-618.
- Lázaro, E.; Chozas, P. & Fernández-Cruz, M. 1986. Demografía de la Cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en España. Censo nacional de 1984. *Ardeola*, 33: 131-169.
- Marchamalo, J.; Blanco, G. & Prieto, J. 1998. Presencia durante el otoño de la Cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*) en la Comunidad de Madrid (1991-1997). *Anuario Ornitológico de Madrid*, págs. 14-21.
- Martí, R. 2003. Cigüeña blanca, *Ciconia ciconia*. En: Martí, R. & Del Moral, J. C.: *Atlas de las Aves Reproductoras de España*, págs. 122-123. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Martínez, E. (coord.) 1992. *Censo y problemática de la Cigüeña blanca en la Comunidad de Madrid*. Informe inédito realizado por SEO/Birdlife para Unión FENOSA y la Agencia de Medio Ambiente de Madrid. Madrid.
- Molina, B. & Del Moral, J. C. 2005. *La Cigüeña Blanca en España. VI Censo Internacional (2004)*. SEO/BirdLife. Madrid.
- Schulz, H. 1999. *Weissstorch im Aufwind? = White Storks on the up?*. Bonn: NABU.
- Svensson, L., Mullarney, K., Zetterstrom, D. & Grant, P. 2014. *Guía de aves*. Barcelona: Omega, págs. 84-85.
- Tortosa, F. S., Manez, M., & Barcell, M. 1995. *Wintering white storks (Ciconia ciconia) in south west Spain in the years 1991 and 1992*. *Vogelwarte*, 38(1): 41–45.
- Tortosa, F., Caballero, J. & Reyes-López, J. 2002. Effect of Rubbish Dumps on Breeding Success in the White Stork in Southern Spain. *Waterbirds*, 25(1): 39-43.
- Tortosa, F., Pérez, L. & Hillström, L. 2003. Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 50(2): 112-115.
- Tortosa, F., Pulido, R. & Arias de Reyna, L. 1996. *Biología reproductiva y demografía de la Cigüeña blanca en la provincia de Córdoba*. Ed. Diputación de Córdoba. Córdoba.

Vergara, P. & Aguirre, J. 2006. Age and breeding success related to nest position in a White stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oecologica*, 30(3): 414-418.

Vergara, P., Aguirre, J. I., & Fernández-Cruz, M. 2003. Fidelidad a los sitios y fenología en la invernada de la Cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en la Comunidad de Madrid (1998-2002). *Anuario Ornitológico de Madrid*, págs. 1–13.

Vergara, P., I. Aguirre, J. and Fernández-Cruz, M. 2007. Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Avian Biology*, 38(5): 573-579.

Vergara, P.; Aguirre, J.; Fargallo, J. & Dávila, J. 2006. Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis*, 148(4): 672-677.