



**Universidad Complutense de Madrid  
Máster en Zoología**

**SINCRONIZACIÓN DE LA CRÍA EN UNA  
COLONIA DE CIGÜEÑA BLANCA EN BASE A LA  
ANTIGÜEDAD DE LOS NIDOS**

**- Trabajo Fin de Máster -**

**Xabier Cabodevilla Bravo**

**Dpto. de Zoología y Antropología física.  
Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid.  
José Antonio Novais 12, 28040 Madrid (España).**

**Noviembre, 2015**

**El/La autor/a:  
Xabier Cabodevilla Bravo**

**El/La director/a:  
José Ignacio Aguirre**

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

**Fdo.:** \_\_\_\_\_  
**Dpto. de Zoología y Antropología  
física.  
Facultad de Biología. Universidad  
Complutense de Madrid.**

## RESUMEN

La cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) es una especie bien conocida para la ciencia y las diferencias reproductivas entre jóvenes y adultos experimentados están ampliamente documentadas. Sin embargo, algunos aspectos como la sincronización de los jóvenes reproductores con la colonia y la relación entre la edad de las parejas y la antigüedad de los nidos, no han sido estudiados específicamente.

El presente trabajo, realizado en una colonia de cigüeña blanca en el norte de la comunidad de Madrid (España) entre los años 1999 y 2003, analiza la relación entre el tiempo que llevan contruidos los nidos (viejo o nuevo) y la edad de la pareja que lo ocupa (joven reproductor o adulto experimentado), y estudia la evolución de los nidos nuevos a lo largo de 3-4 años (se utilizan los nidos nuevos del año 2000 y los nidos nuevos del 2001) con el objetivo de esclarecer el proceso de sincronización de las nuevas parejas reproductoras con el resto de la colonia.

Los resultados presentados muestran que la antigüedad de los nidos está directamente relacionada con la edad de las aves que los ocupan, siendo mayoritariamente jóvenes reproductores las que ocupan nidos nuevos y aves adultas las que ocupan nidos viejos. Se considera la antigüedad de los nidos una variable útil para analizar distintos parámetros reproductivos que difieren entre jóvenes y adultos experimentados de esta especie. Hasta el momento no se había descrito que las jóvenes parejas reproductoras de cigüeña necesitan un periodo de 3 años para sincronizar su fecha de puesta con la fecha de puesta del grueso de la colonia (aves adultas experimentadas).

**Palabras clave:** *Ciconia ciconia*, estructuras de nidificación, éxito de cría, incorporación de reproductores, parejas reproductoras, reproducción, sincronía.

## INTRODUCCIÓN

El comportamiento colonial de las aves es un tema de gran interés científico. En las últimas décadas muchos estudios han propuesto distintas hipótesis sobre la evolución y el éxito de este comportamiento (Danchin & Wagner, 1997): un aumento en las oportunidades de apareamiento (Alexander, 1974; Draulans, 1987), aumento de la facilidad de consumir copulas extra pareja por parte de la hembra (Hoi & Hoi-Letner, 1997; Møller, 1987), mayor familiaridad con la calidad de los sitios de reproducción (Boulinier & Danchin, 1997; Danchin *et al.*, 1998), disminución de la depredación (Hoogland & Sherman, 1976; Picman *et al.*, 2002; Serrano *et al.*, 2005), y relación con la explotación de hábitats acuáticos (Rolland, *et al.*, 1998). Otros trabajos analizan la dinámica de formación y evolución de las colonias, entendiéndose como dispersión de juveniles y entrada de nueva parejas reproductoras (Serrano, *et al.*, 2004; Serrano, *et al.*, 2005; Hénaux, *et al.*, 2007; Becker, 2015). Pero a día de hoy, se conoce muy poco sobre los procesos de incorporación de las nuevas parejas reproductoras, a lo largo del tiempo, dentro de una colonia.

En el caso de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*; Linnaeus, 1758) el comportamiento colonial varía a lo largo de un gradiente latitudinal, siendo más coloniales en las poblaciones del sur de Europa (Schulz, 1998). Las razones de esta tendencia a formar colonias en el sur, podría deberse a la falta de uniformidad del hábitat trófico y a la concentración de fuentes de alimentación en lugares muy determinados (Schulz, 1998). Aunque, tal vez no sea del todo correcto hablar de colonias, puesto que estas grandes agrupaciones de cigüeña blanca del sur de Europa, no tienen una distribución homogénea de los nidos, están compuestas por clúster más pequeños que a su vez se componen de otros clúster aún más pequeños, donde los individuos tampoco se disponen homogéneamente (Jovani, & Tella, 2007).

La dinámica poblacional de la cigüeña blanca, está bien documentada. Es una especie filopátrica, en la que la dispersión juvenil es inferior a 50 km en la mayoría de Europa (Schulz, 1998), de 80 km en el sur de España (Tortosa *et al.*, 1995) y de 15 km en el sur de Francia (Barbraud *et al.*, 1999). Los juveniles tardan 2.5 años aproximadamente en volver de su primera migración (Schulz, 1998, Barbraud *et al.*, 1999), normalmente la primera reproducción se da pasados los 3 años (Schulz, 1998; Barbraud *et al.*, 1999; Biber *et al.*, 2003) y presentan emparejamiento selectivo (Barbraud & Barbraud, 1999). Dentro de una colonia la disponibilidad de nidos es muy baja debido a la alta fidelidad al nido (80%) y a la pareja (83%) (Schulz, 1998; Barbraud *et al.*, 1999; Vergara *et al.*, 2006). La fidelidad en ambos casos está vinculada a la edad de la

pareja, siendo mayor en aves más viejas y al éxito reproductivo de la temporada de cría precedente (Schulz, 1998; Vergara *et al.*, 2006; Aguirre, 2009; Papies, 2010). Del mismo modo, los fracasos reproductivos favorecen el cambio de nido y de pareja en la temporada reproductora siguiente (Vergara *et al.*, 2006). El éxito en la cría, está sujeto a la localización del nido y la edad de la pareja reproductora. Los nidos centrales presentan tasas de fracaso inferiores (Vergara & Aguirre, 2006) y los adultos (entendiéndose estos como aves reproductoras ya experimentadas) tienen un éxito reproductivo mayor que los jóvenes reproductores (Schulz, 1998; Aguirre, 2009; Fulin *et al.*, 2009; Papies, 2010). Por este motivo, las parejas jóvenes (aves reproductoras no experimentadas de corta edad) tienden a cambiar de nido y pareja con mayor frecuencia que los adultos (Schulz, 1998; Aguirre, 2009). Así pues las parejas adultas utilizan año tras año los mismos nidos, agrandándolos anualmente mediante el aporte de nuevo material de construcción (Vergara *et al.*, 2010), y los jóvenes recién llegados tienen que construir nidos nuevos.

La migración juega un papel importante en la reproducción y la dinámica de la colonia, determinando la fecha de llegada a los lugares de cría. Aunque la cigüeña blanca es considerada un migrador transahariano (Bernis, 1959; Diaz *et al.*, 1996; Schulz, 1998), desde los años 90 aproximadamente, sus patrones de migración están cambiando, viéndose cada vez en mayor cantidad invernando al sur de la Península Ibérica. (Máñez *et al.*, 1994; Marchamalo, 1994; Sánchez *et al.*, 1994; Marchamalo, 2002). La cigüeña tiene cierta plasticidad para ajustar su migración según las condiciones que encuentra en su camino (Gordo *et al.*, 2013), así pues, el aumento de vertederos de residuos sólidos urbanos y los alimentos que estos proporcionan a lo largo de todo el año parecen afectar a los hábitos migratorios de esta especie (Tortosa *et al.*, 1995; Del Riego, 2015). Estudios con tecnología satélite, indican que la migración de las aves adultas y más experimentadas se ha reducido (Shephard *et al.*, 2015; Del Riego, 2015), lo cual afecta a la fecha de llegada a las colonias de cría y a la fecha de puesta. Es por esto que, las aves adultas llegan a las zonas de cría y empiezan a reproducirse antes que los jóvenes (Barbraud & Barbraud 1999; Massemin Challet *et al.*, 2006; Vergara *et al.*, 2007; Gordo *et al.*, 2013). Los jóvenes no solo migran más lejos y durante más tiempo (Shephard *et al.*, 2015), habitualmente migran en grupos sociales con individuos más experimentados (Chernetsov *et al.*, 2004), pero cuando no lo hacen y basan su migración en señales internas parecen migrar de una forma desorientada (Chernetsov *et al.*, 2004).

Partiendo de esta base, parece interesante analizar una colonia de cigüeña blanca utilizando los nidos como unidad de estudio. Es probable, que los nidos viejos estén

ocupados por las parejas más viejas (Vergara *et al.*, 2006), las cuales son más experimentadas (Vergara *et al.*, 2006) y tienen un éxito reproductivo mayor (Papies, 2010; Fulin *et al.*, 2009). Estos, migran a menor distancia de los lugares de cría y menos tiempo respecto a los jóvenes (Shephard *et al.*, 2015; Del Riego, 2015), por lo que llegan antes al lugar de cría y tienen fechas de puestas más tempranas (Massemin Challet *et al.*, 2006; Vergara *et al.*, 2007; Vergara *et al.*, 2010).

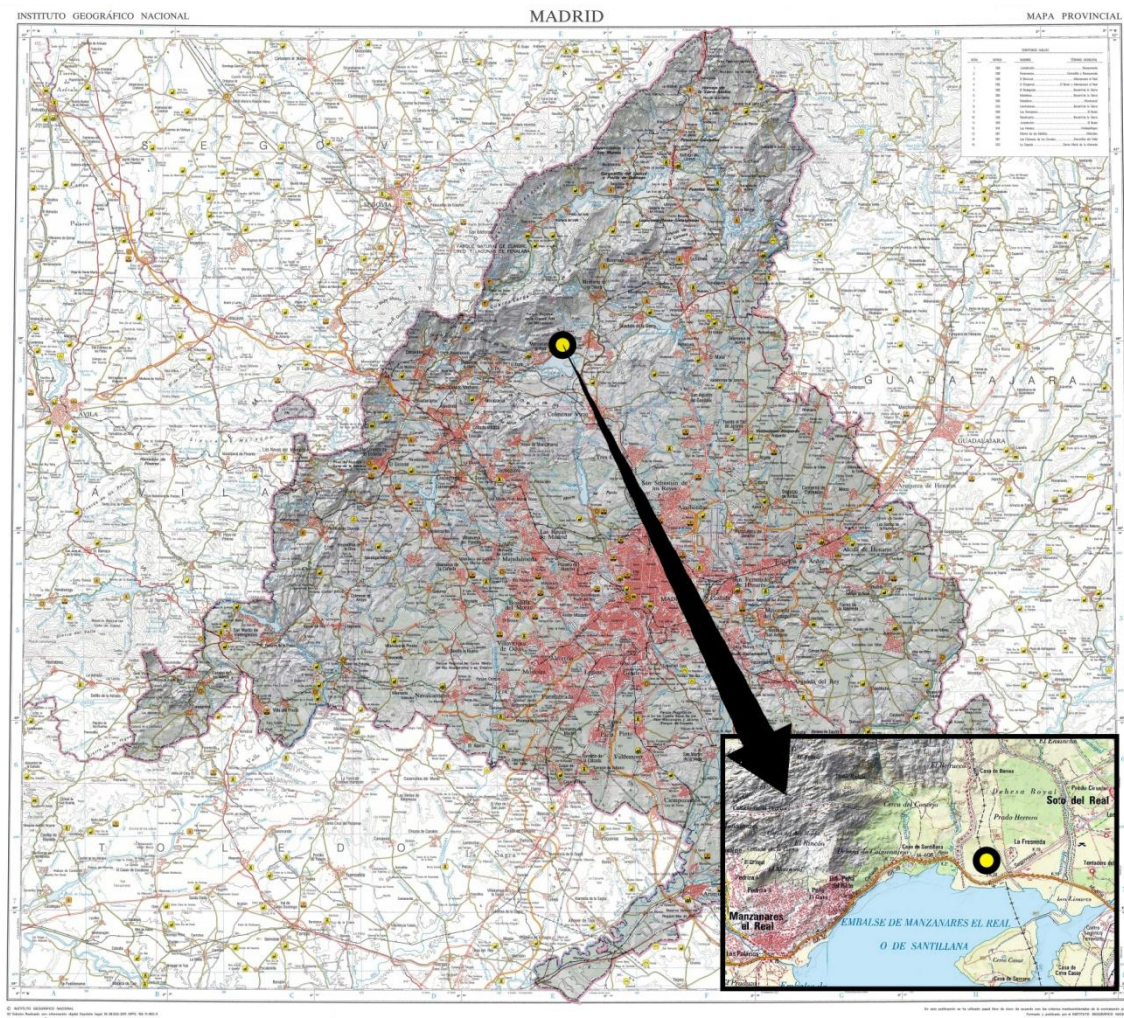
Por otro lado los nidos nuevos se espera que estén ocupados por individuos jóvenes, los cuales tienen menos experiencia y un éxito reproductor menor que los adultos (Schulz, 1998; Aguirre, 2009; Papies, 2010). Las cigüeñas jóvenes, realizan un viaje migratorio más largo e impreciso (Shephard *et al.*, 2015; Del Riego, 2015) y tienen fechas de llegada a las aéreas de cría más tardías, presentando fechas de puestas retrasadas respecto a los adultos (Vergara *et al.*, 2007). O bien, pueden estar ocupados por individuos que fracasaron en la temporada de cría precedente (Vergara *et al.*, 2006; Papies, 2010) aunque esto, posiblemente, se dé solo en un pequeño porcentaje, debido a que la fidelidad al nido alta. La probabilidad de que lleguen individuos inmigrantes, es muy baja teniendo en cuenta que se trata de una especie filopátrica (Tortosa *et al.*, 1995). Es más, en el caso de cambiar de nido o llegar individuos desde otra colonia serían mayoritariamente juveniles debido nuevamente a que la fidelidad al nido es menor en los jóvenes, los cuales fracasan con mayor frecuencia (Schulz, 1998; Aguirre, 2009).

El presente trabajo relaciona los parámetros reproductivos con la antigüedad del nido, partiendo de la hipótesis de que cuanto más viejo sea un nido mayor será la edad de la pareja que lo ocupa y por tanto su fecha de puesta debería ser más temprana y tendría mayor número de huevos y pollos volados. Y analiza la evolución de los nidos nuevos a lo largo del tiempo. Con la hipótesis de que, de ser cierta la 1<sup>era</sup> hipótesis, debe existir un proceso de sincronización de los valores reproductivos entre jóvenes reproductores (nidos nuevos) y adultos (nidos viejos) a medida que las parejas jóvenes se integran en la colonia.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio:

El presente estudio se realizó en una colonia de cigüeña blanca situada al norte de la Comunidad de Madrid (España) entre los términos municipales de Soto del Real y Manzanares el Real (40° 44' N, 3° 49' E). La colonia se ubica dentro de una dehesa privada compuesta principalmente por Fresnos desmochados (*Fraxinus angustifolia*). La dehesa es un sistema español de uso tradicional de los bosques en que la extracción de madera, la ganadería y las actividades agrícolas se llevan a cabo en el mismo área (Pardo & Gil, 2005). Las ramas de fresno se venden como leña y los brotes nuevos se utilizan para la alimentación del ganado en época de escasez de pasto. Los agricultores tradicionalmente desmochan los fresnos dejando sólo el tronco. Los fresnos desmochados son un soporte óptimo para que la cigüeña blanca construya sus nidos, especialmente en la provincia de Madrid (Aguirre & Atienza, 2002).



**Figura 1:** Ubicación de la colonia de Prado Herrero dentro de la comunidad de Madrid.

## **Diseño de trabajo:**

Durante los años 1999 a 2003 se ha realizado una labor de identificación de estructuras de nidificación, mediante etiquetas situadas en los árboles.

En cada temporada de reproducción se ha anotado el número de huevos por nido y en el momento del anillamiento de los pollos, las medidas de peso, tarso y pico-pluma. También se anotó, en el caso de estar marcado, la anilla y edad de los reproductores que ocupaban el nido en el que se anillo cada pollo.

A lo largo de la temporada de cría de 2003 se realizó un estudio pormenorizado recolectando los siguientes datos de cada huevo/pollo: fecha de puesta (FP), orden de puesta (OP), fecha de eclosión (FE), éxito nacimiento (EXN), éxito vuelo (EXV), biometría a los 40 días de edad ( $\pm 10$  días) (pico-pluma, tarso y peso) y en el caso de estar marcado, la anilla y edad de los reproductores que ocupaban el nido. Esa base de datos se utilizó para determinar si existía un patrón entre la fecha de puesta, fecha de eclosión, edad de los pollos y biometría en el momento de ser anillados. Mediante la fórmula,  $\text{edad} = -5.649 + 0.455 \text{ pico-pluma}$  ( $r^2=0.906$ ,  $p<0.0001$ ) se estimó la edad de los pollos con una fidelidad de  $\pm 1$  día (Aguirre, 2009). Una vez que se conoce la edad de los pollos es fácil calcular la fecha de eclosión y restándole a esta fecha el periodo promedio de incubación de 32 días (Aguirre, 2009), estimar la fecha de puesta.

Esta metodología se aplicó a los datos recogidos entre 1999 y 2002, obteniendo así la fecha de eclosión, la fecha de puesta y el orden de puesta de cada uno de los huevos. Así pues, en estos 4 años únicamente se disponen de datos de los nidos que han producido pollos. Por lo tanto el estudio se realiza en base únicamente a aquellos nidos que fueron exitosos.

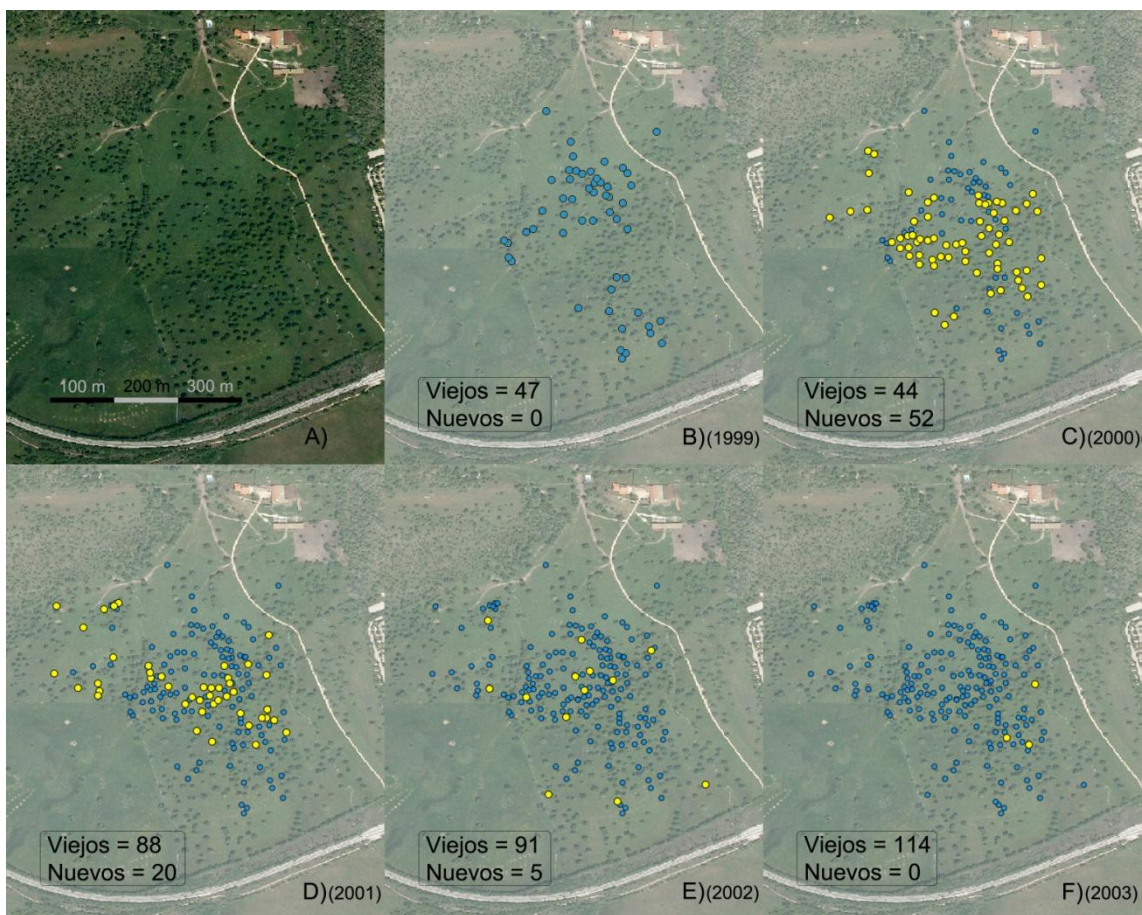
El número de huevos por nido no está calculado en función de los pollos volados, teniendo con fiabilidad el  $n^{\circ}$  total de huevos por nido, a excepción de el año 2000 en el que si fue estimado. Por esta razón se han desechado los datos de  $n^{\circ}$  de huevos del año 2000.

Durante los años de estudio la colonia ha sufrido un crecimiento importante, con 47 nidos exitosos en 1999, 96 en el 2000, 108 en 2001, 96 en 2002 y 114 en 2003.

En este estudio se han clasificado los nidos en base al tiempo que llevan construidos, identificándolos como viejos y nuevos. Se considera viejo toda aquella plataforma de nidificación conocida al principio del periodo de estudio en 1999, a excepción de la



Figura 2 donde se consideran viejos todos los nidos conocidos el año previo al analizado. A la hora de estimar todos los nidos de 1999 como viejos, se tiene en cuenta que la mayoría de nidos exitosos observado en 1999 tienen una trayectoria de 3 - 4 años en la colonia (Aguirre *com. pers.*). Se considera nido nuevo toda aquella plataforma de nidificación observada por primera vez en el presente año de muestreo. Se han seleccionado dos grupos de nidos nuevos con un tamaño muestral suficiente, nidos observados por primera vez en el 2000 (52 nidos) y nidos observados por primera vez en 2001 (20 nidos).



**Figura 2:** Crecimiento secuencial de la colonia de Prado Herrero a lo largo de los 5 años de estudio. La figura se divide en 6 imágenes de la A) a la F). A) Finca de fresnos en la que se establece la colonia. B – F representación de los nidos viejos (conocidos el año previo; en azul) y nuevos (en amarillo), teniendo en cuenta todos los nidos de la colonia y no solo los nidos exitosos. En los recuadros de la parte inferior izquierda de cada imagen se presentan solo los nidos exitosos, aquellos nidos en los que al menos un pollo llegó a la edad adecuada para ser anillado.

Se ha utilizado como variable fecha de puesta (FP) la fecha de puesta del 1<sup>er</sup> huevo del nido. De esta forma se minimiza el efecto de la variación en la fecha de puesta media del nido dependiente del número de huevos y el tiempo transcurrido entre la puesta de un huevo y el siguiente. Por el contrario teniendo en cuenta que solo contamos con los datos de aquellos pollos que logran sobrevivir, la fiabilidad de los



datos estimados de FP depende directamente de la supervivencia del 1<sup>er</sup> huevo. Por esta razón, antes de empezar el estudio y con los datos del año 2003, se ha valorado el éxito del 1<sup>er</sup> huevo, para ver si era lógico pensar que en todos aquellos años en los que solo tenemos datos de los pollos que sobrevivieron, el primer pollo volantón procedía del primer huevo y el uso de la fecha de puesta del primer huevo (FP) era adecuado.

### **Tratamiento de datos:**

En el año 2003 se han considerado solo los datos de aquellos nidos que sacaron pollos adelante, equiparando así los datos del 2003 al resto de años.

Se ha construido una base de datos, en la que se han organizado los nidos por años. Para cada nido, en cada año, se ha calculado la fecha de puesta del 1<sup>er</sup> huevo (FP), número de pollos volados (NPV), la dispersión de la asincronía y de conocerse, se han registrado los datos de edad de la pareja reproductora que ocupó el nido en esa campaña. Además, los nidos se han agrupado por el año en el que fueron vistos por primera vez.

La dispersión de la asincronía se entiende como el número de días entre la FP de un nido respecto al valor medio de FP los nidos nuevos o viejos, dependiendo a qué grupo pertenezca. Para esto, se ha calculado, en cada año, dentro de cada grupo de edad, la diferencia entre la FP de cada nido respecto a la media de FP de todos los nidos del grupo de edad y esas diferencias se han puesto en positivo.

### **Éxito del 1<sup>er</sup> huevo**

Se han usado los nidos exitosos del año 2003 para testar en que porcentaje son fiables los datos del 1<sup>er</sup> huevo de los nidos con los que se trabaja. Se han excluido todos aquellos nidos en los que faltaba algún dato, no se conocía el OP exacto o había datos incongruentes. Una vez depurados los datos quedan 87 nidos. Estos nidos se han dividido en dos grupos, en los que el 1<sup>er</sup> huevo ha sido exitoso y en los que no. Y con estos datos se ha calculado el porcentaje de éxito del 1<sup>er</sup> huevo.

Cabe destacar que de los 28 nidos excluidos, únicamente en 2 el 1<sup>er</sup> huevo ha fracasado.

## **Edad de los reproductores**

Para este análisis, se usaron los datos de todos los individuos reproductores observados a lo largo de 4 años de estudio, a partir del primer años en el que tuvimos un alto número de nidos nuevos (año 2000). Se contó únicamente la primera observación de cada individuo reproductor, evitando de este modo las pseudoreplicas. Se dividieron las observaciones en 3 grupos de nidos, nidos viejos (1999), nidos nuevos del año 2000 y nidos nuevos del año 2001.

Hay que tener en cuenta que el anillamiento de los pollos en la colonia se inicio en 1999. Antes de esta fecha no había casi individuos marcados y a partir de esta fecha la mayoría de las aves marcadas son jóvenes. Este hecho aumenta mucho las posibilidades encontrar jóvenes reproductores anillados. De hecho, en 2002 y 2003 se observan un reproductor de 2 años, dos reproductores de 3 años de edad y un reproductor de 4 años de edad en nidos viejos, posiblemente abandonados por una pareja que fracaso o falleció. Esta alta detectabilidad de jóvenes disminuye las diferencias de edad que podemos detectar entre los en tres grupos de nidos. Pero por otro lado, de obtener una diferencia significativa, a favor de la hipótesis planteada, estos datos reforzarían ese resultado.

A pesar de utilizar los datos de todos los años, tenemos un tamaño muestral reducido. 12 observaciones en el grupo de nidos de 1999, 11 observaciones en el grupo de nidos del 2000 y 7 observaciones en el grupo de nidos de 2001.

## **Fecha de puesta del 1<sup>er</sup> huevo, dispersión de la asincronía, número de huevos y número de pollos volados.**

La comparación de la FP, dispersión de la asincronía, nº de huevos y nº de pollos volados se ha realizado en cada año (2000, 2001, 2002 y 2003) dentro de cada grupo de antigüedad de los nidos. De este modo se analiza la diferencia entre nidos viejos y nuevos en el año en que fueron vistos los nidos por primera vez y en los siguientes años, pudiendo analizar la evolución de estas variables en cada grupo de edad.

## **Análisis estadístico**

Para analizar las edades de los reproductores se ha utilizado un test de la U (Mann-Whitney U Test), test no paramétrico. Se han comparado los 3 grupos de nidos de dos en dos. Usando como variable dependiente la edad de los reproductores y como independiente (agrupadora) el año en el que fueron vistos los nidos por primera vez.

Para comparar los grupos viejos frente a los nuevos para cada una de las variables descritas anteriormente, se ha realizado un modelo general lineal (GLM). Se ha usado como variable dependiente la FP, la sincronía, el nº de huevos o el nº de pollos volados y como variables categóricas el año y el año en el que fueron observados por primera vez los nidos, usando el año como factor aleatorio. Para comprobar la significación parcial de las relaciones entre las distintas categorías se han realizado test post-hoc. Para evitar posibles errores relacionados con la distribución de las varianzas, se han utilizado dos aproximaciones, una menos restrictiva (Fisher LSD) y otra más restrictiva (Unequal N HSD).

Para realizar la representación gráfica de la evolución de la FP se ha utilizado un gráfico de medias "means with error plots". Usando como variables dependientes las FP de cada grupo de nidos y variable categórica los años de estudio

Todos los análisis se han realizado mediante el paquete STATISTICA v. 8.0 de StatSoft.

## RESULTADOS

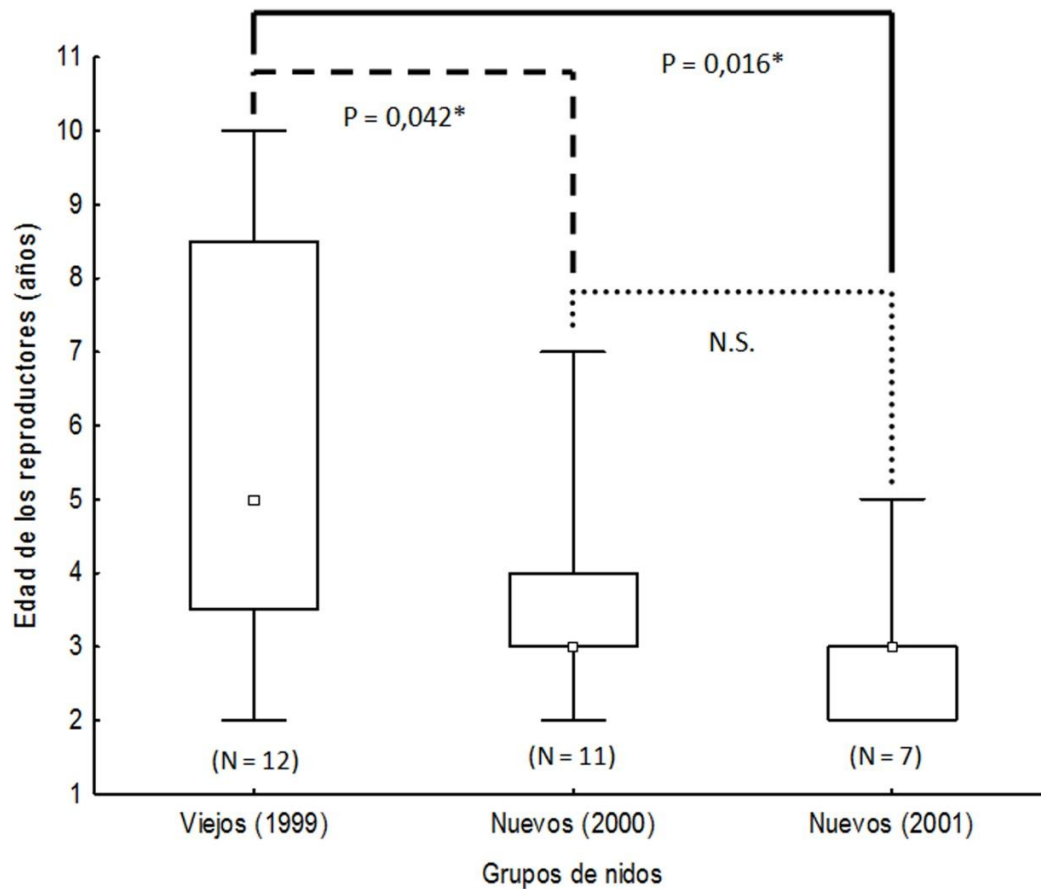
### Éxito del 1<sup>er</sup> huevo.

En el 91% de los casos el primer huevo es exitoso (tabla 1). Por lo que en un alto porcentaje de nidos el dato de FP es fiable cuando se extrapola desde los datos de anillamiento de los pollos volados.

**Tabla 1:** Cálculo del % de éxito del 1<sup>er</sup> huevo.

	<b>Nº nidos</b>	<b>%</b>
<b>Total 2003</b>	86	100
<b>1<sup>er</sup> huevo exitoso</b>	78	91
<b>1<sup>er</sup> huevo no llega a volar</b>	8	9

### Edad de los reproductores.



**Figura 3:** Comparación de la edad de los reproductores entre los grupos de nidos viejos (1999) y nuevos (2000 y 2001) y los grupos de nidos nuevos entre sí. El punto representa la mediana, la caja el rango intercuartílico y las líneas representan el mínimo y el máximo.

Se ha visto que las parejas reproductoras de los nidos viejos tienen mayor edad que las de los nidos nuevos del año 2000 y 2001 y no hay diferencias significativas entre los nidos nuevos del año 2000 y los del 2001 (figura 3). La edad de los reproductores de los nidos viejos varía entre 2 y 10 años, con una media de 5,75 años. Los reproductores de los nidos nuevos del año 2000 tienen un rango de edad de entre 2 y 7 años, con una media de 3,55 años. Y los de los nidos nuevos de 2001 tienen un rango entre 2 y 5 años, con una media de 2,86 años.

El reproductor de mayor edad observado tenía 10 años cuando fue observado por primera vez. La observación se produjo en el año 2001 en uno de los nidos viejos (1999).

**Fecha de puesta del 1<sup>er</sup> huevo, dispersión de la asincronía, número de huevos y número de pollos volados.**

**Tabla 2:** Valores reproductivos de los nidos nuevos del año 2000 en el año de su construcción (2000) y la evolución estos a lo largo de los años de estudio, comparándolos siempre con los nidos viejos, ya conocidos en 1999. En los recuadros se expone la media y entre paréntesis los valores mínimo y máximo para la variable. \* $p < 0,05$  en Fisher LSD y Unequal N HSD. \*\* $p < 0,05$  en Fisher pero  $p > 0,05$  en Unequal N HSD.

Año	2000		2001		2002		2003	
	Viejos (1999) (n=44)	Nuevos (2000) (n=52)	Viejos (1999) (n=35)	Nuevos (2000) (n=53)	Viejos (1999) (n=27)	Nuevos (2000) (n=44)	Viejos (1999) (n=29)	Nuevos (2000) (n=48)
<b>FP (días)</b>	<b>66,48*</b> (52-96)	<b>85,38*</b> (63-134)	<b>61,91**</b> (52-77)	<b>66,91**</b> (50-85)	65,78 (55-93)	66,48 (53-83)	69,07 (48-96)	68,54 (51-87)
<b>Dispersión de la asincronía (días)</b>	<b>5,66*</b> (0,48-29,52)	<b>10,9*</b> (0,62-48,62)	5,73 (0,09-15,09)	6,12 (0,09-18,09)	6,65 (1,22-27,22)	5,09 (0,48-16,52)	7,15 (0,13-27,13)	5,02 (0,46-18,46)
<b>Nº huevos</b>	<b>4,02*</b> (2-5)	<b>3,38*</b> (1-5)	3,20 (2-4)	3,38 (1-5)	-	-	4,28 (2-6)	4,12 (1-6)
<b>Pollos volado</b>	2,36 (1-4)	2,35 (1-5)	3,06 (2-4)	2,89 (1-5)	2,74 (1-4)	2,59 (1-4)	2,69 (1-5)	2,73 (1-5)

En el año 2000 se observan diferencias significativas entre nidos viejos y nuevos en FP, dispersión de la asincronía y nº de huevos, pero no en nº de pollos volados (tabla 2). Entre los años 2001 y 2003 solo se han encontrado diferencias significativas en la FP en el año 2001 y únicamente mediante el test de Fisher LSD.

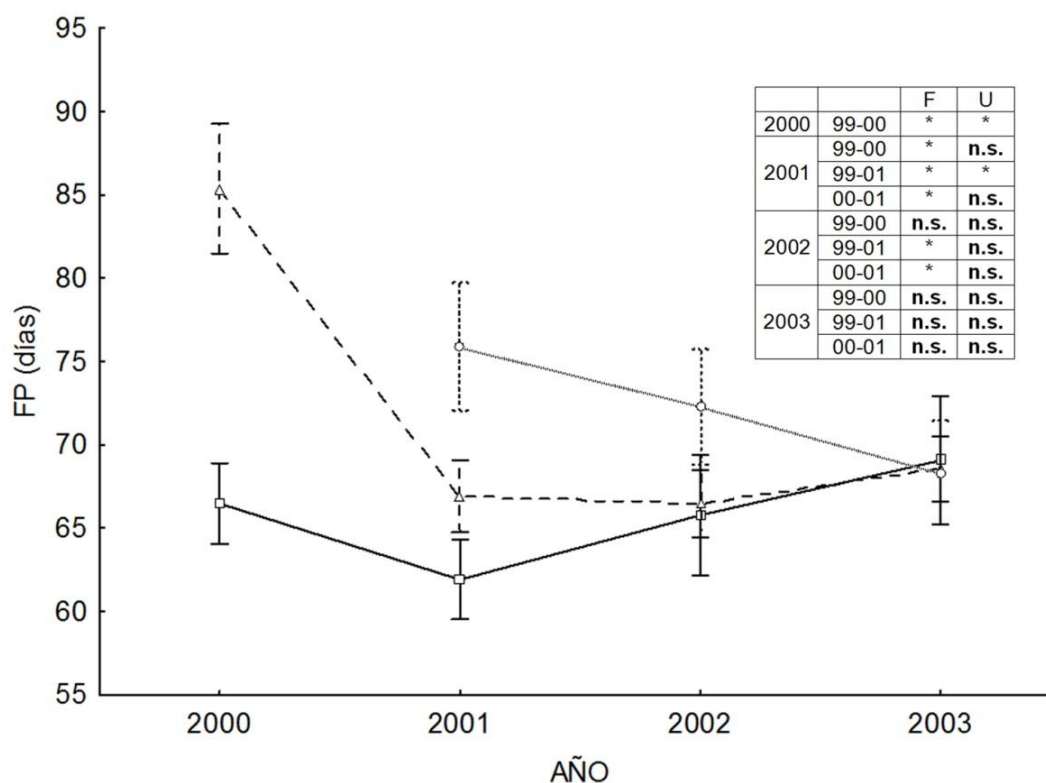
**Tabla 3:** Valores reproductivos de los nidos nuevos del año 2001 en el año de su construcción (2001) y la evolución estos a lo largo de los años de estudio, comparándolos siempre con los nidos viejos, ya conocidos en 1999. En los recuadros se expone la media y entre paréntesis los valores mínimo y máximo para la variable. \* $p < 0,05$  en Fisher LSD y Unequal N HSD. \*\* $p < 0,05$  en Fisher pero  $p > 0,05$  en Unequal N HSD.

Año	2001		2002		2003	
	Viejos (1999) (n=35)	Nuevos (2001) (n=20)	Viejos (1999) (n=27)	Nuevos (2001) (n=20)	Viejos (1999) (n=29)	Nuevos (2001) (n=28)
<b>FP (días)</b>	<b>61,91*</b> (52-77)	<b>75,9*</b> (64-89)	<b>65,78**</b> (55-93)	<b>72,25**</b> (61-94)	69,07 (48-96)	68,32 (51-96)
<b>Dispersión de la asincronía (días)</b>	5,73 (0,09-15,09)	6,60 (0,1-13,1)	6,65 (1,22-27,22)	5,47 (1,25-21,75)	7,15 (0,13-27,13)	4,97 (0,32-27,68)
<b>Nº huevos</b>	3,20 (2-4)	3,10 (1-4)	-	-	4,28 (2-6)	3,93 (1-6)
<b>Pollos volado</b>	3,06 (2-4)	2,75 (1-4)	<b>2,74**</b> (1-4)	<b>2,10**</b> (1-4)	2,69 (1-5)	2,54 (1-4)



En el año 2001 solo se observan diferencias significativas entre nidos viejos y nuevos en FP (tabla 3). Entre los años 2001 y 2003 se han encontrado diferencias significativas en la FP en el año 2001 y en nº de pollos volados en el 2002, pero únicamente mediante el test de Fisher LSD.

### Representación gráfica de la evolución de la FP



**Figura 4:** Evolución de la diferencia en FP entre los nidos nuevos (2000 y 2001) y los nidos viejos (1999) a lo largo de los años de estudio. La línea negra continua representa la FP de los nidos viejos (1999), la línea discontinua la FP de los nidos nuevos del año 2000 y la línea gris continua la FP de los nidos nuevos del año 2001. El símbolo (circulo, triangulo o cuadrado) representa la media y las líneas el intervalo de confianza de 0,95. En la parte superior derecha del grafico, se presenta una tabla con los resultados de los test post-hoc. La F hace referencia al test de Fisher LSD y la U hace referencia al test de Unequal N HSD. La primera columna recoge los años de estudio y la segunda las comparaciones entre grupos de nidos; 99 = nidos viejos (1999), 00 = nidos nuevos observados en el años 2000 y 01 = nidos nuevos observados en el año 2001. \* $p > 0,05$ . n.s. $p > 0,5$ .

Las parejas reproductoras de los nidos nuevos tardan 3 años en igualar su FP con la FP de la colonia según el test de Fisher y 2 años según el test de Unequal N HSD (figura 4). El 1<sup>er</sup> año, cuando se construyen los nidos, tienen fechas de puesta entre 14-19 días más tardías que las parejas adultas y experimentadas ( $p=0,000$ ). El 2<sup>do</sup> año esta diferencia se reduce a 5-6 días, siendo una diferencia significativa según Fisher, pero no significativa según Unequal N HSD. Y el 3<sup>er</sup> año no existe diferencia en la FP ( $p > 0,05$ ). En la evolución de los nidos nuevos del año 2000 se ha podido analizar

también un 4º año donde tampoco existe diferencia en la FP ( $p > 0,05$ ). En los años 2001 y 2002 también se observan diferencias significativas entre nidos nuevos del año 2000 y nidos nuevos del año 2001 según el test de Fisher LSD.

## DISCUSIÓN

Ajustándose la mayoría de resultados de los grupos de nidos a lo esperado, el presente estudio da a conocer el tiempo necesario para que las jóvenes parejas reproductoras sincronicen su fecha de puesta con la fecha de puesta de la colonia, integrándose así plenamente en la vida de la colonia.

Según la bibliografía presentada en la introducción, se espera que cuanto más viejo sea un nido mayor sea la edad de la pareja que lo ocupa y por tanto su fecha de puesta debería ser más temprana y tendría mayor número de huevos y pollos volados.

El análisis de la edad de los grupos de nidos, viene a reforzar esta base bibliográfica. Los nidos nuevos están ocupados principalmente por cigüeñas jóvenes, mientras que los nidos viejos están ocupados por cigüeñas más mayores. Al ser una colonia joven, no encontramos individuos reproductores de avanzada edad. Así pues, los nidos viejos están ocupados por individuos adultos de 5-6 años, edad en la que deberían estar en su mayor rendimiento reproductor (Aguirre, en revisión).

En lo relativo a la comparación de parámetros reproductivos entre los nidos viejos (aves adultas) y los nidos nuevos (aves jóvenes) las mayores diferencias deberían de encontrarse el 1º año que se observan los nidos nuevos. En el año 2000 cuando comparamos viejos (1999) con nuevos del 2000 y en el año 2001 cuando comparamos viejos (1999) con nuevos del 2001. En ambos casos se ha observado en los nidos nuevos una FP muy retrasada (15-20 días) respecto a los nidos viejos. Esto demuestra que efectivamente las jóvenes parejas reproductoras de 1º año tienen una época de reproducción más tardía que los adultos, posiblemente debido al hecho de que los jóvenes migran mayor distancia y tiempo que los adultos (Shephard *et al.*, 2015; Del Riego, 2015) y/o a la falta de experiencia en la construcción de nidos, en el cortejo y en la copula por parte de los jóvenes reproductores (Vergara *et al.*, 2010). Así pues, las condiciones ambientales que afectan a jóvenes y adultos en cada etapa de la temporada de cría son diferentes. Condiciones climáticas y disponibilidad de alimento podrían inducir un éxito reproductor diferente en jóvenes y adultos (Tobolka *et al.*, 2015; Eggers *et al.*, 2015). En esta colonia, la disponibilidad de alimento es casi constante y está situada en una región donde las condiciones climáticas primaverales no son muy fluctuantes. En futuros estudios sería interesante analizar cómo afecta

esta diferencia de FP en una colonia sin un suministro constante de alimentación y unas condiciones climáticas primaverales más fluctuantes.

En el año 2000 se observa que los nidos nuevos tienen una mayor dispersión de la asincrónica que los nidos viejos, pero en el año 2001 no se encuentra esta diferencia. En el año 2000 hubo una incorporación de 52 nidos exitosos nuevos, multiplicándose por dos el número de nidos exitosos de la colonia. No se sabe porque se dio esta gran incorporación de parejas reproductoras, pero es probable que vinieran de lugares diferentes y aunque en su mayoría sean aves jóvenes, posiblemente, el abanico de edades sea más amplio que en el 2001. Un grupo de nidos tan grande, con reproductores jóvenes, pero de edades diferentes (2-5 años), podría ser lo que hace que la dispersión de la asincronía sea tan elevada. En el año 2001 en cambio es posible que el grupo de nidos nuevos este ocupado principalmente por aves de 2-3 años, que llegan aproximadamente en las mismas fechas de su viaje migratorio y esto haga que la dispersión de la asincronía sea menor.

El número de huevos puestos es diferente significativamente entre los nidos viejos y nuevos del año 2000, pero no entre los nidos viejos y nuevos del año 2001. En el año 2000 los reproductores de los nidos nuevos, jóvenes, tuvieron una FP 19 días retrasada respecto a los adultos, tal vez la diferencia de condiciones ambientales dadas en ese periodo de cría más retrasado (en el año 2000) propicio que la puesta fuese menor (Eggers *et al.*, 2015). Por otro lado, los nidos viejos tuvieron un mayor fracaso de los huevos, igualándose al final el número de pollos volados. Tal vez esas mismas condiciones adversas propinaron la mortandad de los pollos de los nidos viejos (Eggers *et al.*, 2015).

Al contrario de lo esperado, el número de pollos volados no difiere significativamente entre los grupos de nido. Dado que en el presente trabajo solo se analizan nidos exitosos, sin tener en cuenta el fracaso, estos datos se parecen mucho a los obtenidos por Aguirre (2009), quien vio que los jóvenes que tienen éxito en la reproducción consiguen sacar más pollos que los individuos más viejos. En este estudio, las parejas jóvenes exitosas consiguen sacar el mismo número de pollos volados que los adultos exitosos.

El análisis de la evolución de los nidos nuevos a lo largo de los años de estudio ha resultado muy interesante. En concreto, la evolución de la FP proporciona nuevos e interesantes datos sobre como las jóvenes parejas reproductoras van sincronizando su FP con el resto de la colonia. Estas nuevas parejas tardan 3 años en igualar su FP con la FP de la colonia según el test de Fisher y 2 años según el test de Unequal N HSD.

Esta diferencia entre los dos test se debe a que Fisher es menos restrictivo. Estadísticamente es aconsejable el uso del test más restrictivo, pero en este caso, el hecho de que unos pocos adultos estén criando en nidos nuevos y unos pocos jóvenes en nidos viejos aumenta la variación dentro de los grupos, haciendo que un test más restrictivo no encuentre diferencias significativas. De todos modos, cuando comparamos los resultados obtenidos el segundo año con los obtenidos el primer y tercer año, se ve que son unos datos intermedios, demostrándose que la sincronización de la FP de los nidos nuevos respecto a los viejos es un proceso gradual, donde las nuevas parejas tardan 3 años en igualar su FP con la FP de la colonia. Las diferencias observadas en el 1<sup>er</sup> y 2<sup>do</sup> año podrían deberse a que la distancia y tiempo de migración en cigüeñas jóvenes es mayor que en los adultos, acortándose a medida que van adquiriendo experiencia (Shephard *et al.*, 2015; Del Riego, 2015), y/o a la falta de experiencia en la construcción de nidos, en el cortejo y en la copula por parte de los jóvenes reproductores (Vergara *et al.*, 2010). Sería interesante para futuros estudios, analizar a que se debe esta diferencia durante dos años teniendo como hipótesis la migración diferencial y la falta de experiencia en la reproducción. El resto de parámetros reproductivos analizados a lo largo del periodo de estudio no difiere entre grupos de nidos a lo largo del tiempo, posiblemente por no haberse tenido en cuenta los nidos fracasados. Aunque en el año 2002 si se observa un menor número de pollos volados en los nidos nuevos según el test de Fisher LSD, es un caso aislado, y podría deberse a que las condiciones ambientales fueron peores para las jóvenes parejas que tuvieron una FP 6 días retrasada respecto a la de los adultos, o simplemente puede ser, que Fisher LSD, por ser menos restrictivo este detectando una diferencia que no existe. Esta segunda idea es bastante probable. En el análisis se comparan dos grupos de datos que están formados por números enteros que varían del 1 al 4 y en los que solo se tienen datos de nidos exitosos, además la diferencia en fecha de puesta no es muy grande como para afectarles condiciones ambientales tan diferentes.

## **CONCLUSIONES**

Los nidos nuevos o jóvenes parejas reproductores, tardan tres años en acoplar su FP a la FP de la colonia, posiblemente por la diferencia en migración o a la falta de experiencia en la reproducción por parte de las aves jóvenes. No se ha visto evolución en el número de huevos y pollos volados de los nidos exitosos a lo largo de los años.

El tiempo que llevan contruidos de los nidos está directamente relacionada con la edad de las aves que los ocupan, siendo mayoritariamente aves jóvenes las que

ocupan nidos nuevos y aves adultas las que ocupan nidos viejos. Siguiendo lo esperado los nidos nuevos tienen fechas de puesta del 1<sup>er</sup> huevo más retrasadas que los adultos. En contra de lo esperado, los nidos nuevos no tienen un número de pollos volados inferior a los nidos viejos, pudiendo explicarse por no haberse tenido en cuenta los nidos fracasados.

Siempre que no se pueda trabajar directamente con aves de edad conocida, la antigüedad de los nidos es una buena variable para analizar distintos parámetros reproductivos entre jóvenes y adultos de esta especie. Si en futuros trabajos se decide esta variable es recomendable trabajar con un tamaño muestral alto, para así diluir la influencia de un pequeño porcentaje de aves adultas que pudieran reproducirse en nidos nuevos. Por otro lado, sería interesante que en futuros estudios se tuvieran en cuenta los nidos fracasados.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer de manera especial y sincera a mi director por aceptarme bajo su dirección para realizar este trabajo de fin de master (TFM), por su apoyo y confianza en mi trabajo y por cederme sus valiosos datos recogidos durante su tesis doctoral. En segundo lugar, agradecerles a él y a Eva Banda todas las oportunidades que me han brindado a lo largo de este año, enriqueciendo mucho mi formación como investigador.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento a los doctores Francisco Cabrero, Javier Pérez-Tris, Eva Banda y Pablo Refoyo por su disponibilidad y atención a la hora de responder mis dudas.

A mis amigos y compañeros Bea Martínez, Diego Gil, Elena Tena, Guillermo Fandos, Javi Pineda y José Mañani por su apoyo, disponibilidad y revisiones del presente trabajo.

Y por último, mi agradecimiento y dedicatoria a Alina, quien ha sido mi mayor apoyo a lo largo de este año, que ha vivido junto a mi mis ilusiones y desasosiegos, mis risas y mis llantos, todo el trabajo, el esfuerzo, la frustración y la alegría sufridos a lo largo del proceso de realización de este estudio.



## BIBLIOGRAFIA

Aguirre, J.I. (2009). Factores que afectan a la supervivencia juvenil de la cigüeña blanca: *Ciconia ciconia*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Servicio de Publicaciones.

Aguirre, J. I. & Atienza, J. C. (2002). Censo de la población reproductora de cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en la Comunidad de Madrid. Año 2001. In: Vergara, P., Aguirre, J. I., & Fargallo, J. A. (2007). Economical versus ecological development: a case study of white storks in a cattle farm. *Ardeola*, 54(2), 217-225.

Alexander, R. D. (1974). The evolution of social behavior. *Annual review of ecology and systematics*, 325-383.

Barbraud, C., & Barbraud, J. C. (1999). Is there age assortative mating in the European white stork?. *Waterbirds*, 478-481.

Barbraud, C., Barbraud, J. C., & Barbraud, M. (1999). Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis*, 141(3), 469-479.

Becker, P. H. (2015). In search of the gap: temporal and spatial dynamics of settling in natal common tern recruits. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69(9), 1415-1427.

Bernis, F. (1959). La migración de las cigüeñas españolas y las otras cigüeñas "occidentales". *Ardeola* 5: 9-80.

Biber, O., Moritzi, M., & Spaar, R. (2003). The White Stork *Ciconia ciconia* in Switzerland-population trend, demography and breeding success in the 20th century. *Ornithologische Beobachter*, 100(1), 17-32.

Boulinier, T., & Danchin, E. (1997). The use of conspecific reproductive success for breeding patch selection in terrestrial migratory species. *Evolutionary Ecology*, 11(5), 505-517.

Chernetsov, N., Berthold, P., & Querner, U. (2004). Migratory orientation of first-year white storks (*Ciconia ciconia*): inherited information and social interactions. *Journal of Experimental Biology*, 207(6), 937-943.

Danchin, E., Boulinier, T., & Massot, M. (1998). Conspecific reproductive success and breeding habitat selection: implications for the study of coloniality. *Ecology*, 79(7), 2415-2428.

Danchin, E., & Wagner, R. H. (1997). The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(9), 342-347.

Del Riego, M. N. (2015). Ecología espacial de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) mediante telemetría satelital gps en relación con la disponibilidad de alimento predecible. Universidad Complutense de Madrid. MSC thesis.

Draulans, D. (1988). The importance of heronries for mate attraction. *Ardea*, 76(2), 187-192.

Eggers, U., Arens, M., Firla, M., & Wallschläger, D (2015). To fledge or not to fledge: factors influencing the number of eggs and the eggs-to-fledglings rate in White Storks *Ciconia ciconia* in an agricultural environment. *Journal of Ornithology*, 1-13.

Fulin, M., Jerzak, L., Sparks, T., & Tryjanowski, P. (2009). Relationship between arrival date, hatching date and breeding success of the white stork (*Ciconia ciconia*) in Slovakia. *Biologia*, 64(2), 361-364.

Gordo, O., Tryjanowski, P., Kosicki, J. Z., & Fulín, M. (2013). Complex phenological changes and their consequences in the breeding success of a migratory bird, the white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Animal Ecology*, 82(5), 1072-1086.

Hénaux, V., Bregnballe, T., & Lebreton, J. D. (2007). Dispersal and recruitment during population growth in a colonial bird, the great cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Journal of Avian Biology*, 38(1), 44-57.

Hoi, H., & Hoi-Leitner, M. (1997). An alternative route to coloniality in the bearded tit: females pursue extra-pair fertilizations. *Behavioral Ecology*, 8(2), 113-119.

Hoogland, J. L., & Sherman, P. W. (1976). Advantages and disadvantages of bank swallow (*Riparia riparia*) coloniality. *Ecological Monographs*, 33-58.

Jovani, R., & Tella, J. L. (2007). Fractal bird nest distribution produces scale-free colony sizes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1624), 2465-2469.

Kosicki, J. Z. (2010). Reproductive success of the White Stork *Ciconia ciconia* population in intensively cultivated farmlands in western Poland. *Ardeola*, 57(2), 243-255.

Máñez M., Tortosa F.S., Barcell M. y Garrido H. (1994). La invernada de la cigüeña Blanca en el suroeste de España. *Quercus*, 105: 10-12

Marchamalo, J. (1994). Wintering of the white stork in Spain. In: Biber, O., Enggist, P., Martí, C. and Salathe, T. (eds). Proceedings of the International Symposium on the white stork (western population). *Basel*, pp. 77-80.

Massemin Challet, S., Gendner, J. P., Samtmann, S., Pichegru, L., Wulgue, A., & Le Maho, Y. (2006). The effect of migration strategy and food availability on White Stork *Ciconia ciconia* breeding success. *Ibis*, *148*(3), 503-508.

Møller, A. P. (1987). Advantages and disadvantages of coloniality in the swallow, *Hirundo rustica*. *Animal Behaviour*, *35*(3), 819-832.

Papies, M. (2010). Breeding success in a population of European White Storks *Ciconia ciconia*. Wageningen University. MSC thesis.

Pardo, F., & Gil, L. (2005). The impact of traditional land use on woodlands: a case study in the Spanish Central System. *Journal of Historical Geography*, *31*(3), 390-408.

Picman, J., Pribil, S., & Isabelle, A. (2002). Antipredation value of colonial nesting in Yellow-headed Blackbirds. *The Auk*, *119*(2), 461-472.

Rolland, C., Danchin, E., & Fraipont, M. D. (1998). The evolution of coloniality in birds in relation to food, habitat, predation, and life-history traits: a comparative analysis. *The American Naturalist*, *151*(6), 514-529.

Sánchez, F., Máñez, M., & Barcell, M. (1994). Wintering of white stork in southwest Spain in 1991 and 1992. In Proceedings of the International Symposium on the *white stork (western population)*. *Basel*, pp. 81-82. .

Serrano, D., Forero, M. G., Donázar, J. A., & Tella, J. L. (2004). Dispersal and social attraction affect colony selection and dynamics of lesser kestrels. *Ecology*, *85*(12), 3438-3447.

Serrano, D., Oro, D., Ursua, E., & Tella, J. L. (2005). Colony size selection determines adult survival and dispersal preferences: Allee effects in a colonial bird. *The American Naturalist*, *166*(2), E22-E31.

Shephard, J. M., Rycken, S., Almalik, O., Struyf, K., & Van Erp-van der Kooij, L. (2015). Migration strategies revealed by satellite tracking among descendants of a population of European white stork (*Ciconia ciconia*) reintroduced to Belgium. *Journal of Ornithology*, 1-11.

- Schulz, H. (1998). BWP Update. The journal of birds of the western Palearctic: white stork. Vol. 2, Number 2. *Oxford University Press, Oxford*. pp. 69-105
- Tobolka, M., Zolnierowicz, K. M., & Reeve, N. F. (2015). The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 62(3), 377-385.
- Tortosa, F. S., Pulido, R., & de Reyna, L. A. (1995). Dispersión de juveniles de cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*) en Córdoba (S de España). *Butlletí del Grup Català d'Anellament*, 12, 1-3.
- Vergara, P., & Aguirre, J. I. (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., Fargallo, J. A., & Davila, J. A. (2006). Nest-site fidelity and breeding success in White Stork *Ciconia ciconia*. *Ibis*, 148(4), 672-677.
- Vergara, P., Aguirre, J. I., & 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., Gordo, O., & Aguirre, J. I. (2010). Nest size, nest building behaviour and breeding success in a species with nest reuse: the white stork *Ciconia ciconia*. *Annales Zoologici Fennici*, Vol. 47, No. 3, pp. 184-194.