

Trabajo Fin de Grado Junio 2014

**COMPOSICIÓN DEL NIDO DE GORRIÓN MOLINERO  
(*PASSER MONTANUS*) Y SU ADAPTACIÓN A ENTORNOS  
URBANOS**



Autora: **Blanca Bondía López**

Tutor: **José Ignacio Aguirre de Miguel**

Mención Ambiental



## **ÍNDICE**

<b>Resumen</b> .....	4
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Introducción</b> .....	5
<b>Material y métodos</b> .....	7
Zona de estudio.....	7
Análisis del material de los nidos .....	8
Influencia humana .....	9
Material del nido y la reproducción del gorrión molinero ( <i>Passer montanus</i> ).....	9
Análisis estadístico .....	10
<b>Resultados</b> .....	11
Composición del nido.....	11
Material del nido y la reproducción del gorrión molinero ( <i>Passer montanus</i> ) .....	12
Influencia humana .....	13
Comparación interanual de los nidos de gorrión molinero.....	14
<b>Discusión</b> .....	17
Material del nido y la reproducción del gorrión molinero ( <i>Passer montanus</i> ) .....	17
Influencia humana .....	18
Comparación interanual de los nidos de gorrión molinero.....	19
<b>Conclusiones</b> .....	21
<b>Agradecimientos</b> .....	22
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	23
<b>Anexo 1</b> .....	28

## **RESUMEN**

El nido y su composición resultan importantes en el éxito reproductor de las aves. Esta característica puede reflejar rasgos de los parentales y del ecosistema. Analizamos los nidos de gorrión molinero, relacionando el material del nido con la reproducción del ave, y comprobamos cómo varía en dos temporadas consecutivas. Las cajas nido se encuentran repartidas en tres localidades en la ciudad de Madrid, un área periurbana, un parque urbano y un jardín botánico. El peso del nido y de las plumas tiene una relación positiva con la presencia de huevos. En el ambiente urbanizado se encontró mayor cantidad de plásticos, siendo superior en nidos cercanos a vías peatonales. El peso del musgo en el nido fue la única variable bajo estudio que varió de un año a otro. El peso del nido y de las plumas varió a lo largo de la temporada de reproducción, siendo mayor al inicio. Nuestros resultados demuestran la capacidad de adaptación- en cuanto a construcción del nido- a un entorno urbano por parte del gorrión molinero. Comprobamos que el nido es más que el lugar en el que un ave pone los huevos y que su composición puede variar dependiendo de la personalidad del reproductor.

---

Palabras clave: antropización, aves, periodo reproductivo, plumas, plásticos, tamaño del nido y urbanización.

## **ABSTRACT**

Nests and their composition are crucial for a successful reproduction on birds. Such features may display parental and ecosystem conditions. We analyzed Eurasian Tree Sparrow nests, associated nest materials with reproductive ecology and we also explored changes in two straight years. Boxes are located at three different locations in Madrid, a periurban area, a city park and a botanical garden. We found a positive relationship between the nest weight and proportion of feathers with the presence of eggs within nests. In the urbanized environment we found more plastics, with larger amounts when closer to pedestrian ways. Moss weight was the only item to change over years. Nest and feathers weight changed throughout the breeding season. Both of them were higher at the beginning. Our results show tree sparrow adaptability to an urban ecosystem. The bottom line is nests represent more than the place to lay their eggs and its composition may vary depending on of the personality of the breeding pair.

---

Key words: anthropization, birds, feathers, nest size, reproductive period, plastics and urbanization

## **INTRODUCCIÓN**

En la mayoría de especies de paseriformes, los nidos son un componente muy importante para una reproducción exitosa, favoreciendo un microclima térmicamente estable para el desarrollo de los huevos y los pollos, protegiéndolos de depredadores y condiciones meteorológicas adversas (Collias & Collias, 1984). La construcción del nido puede acarrear costes evidentes en términos de tiempo y energía empleados, además de la exposición de los constructores a los depredadores. Por ello las características del nido deben ser ajustadas a las necesidades especiales de cada especie (Tomás *et al*, 2006). Esta estructura es, a menudo, característica de un género o una especie, aunque existe variación intra-específica en la selección del material usado en la construcción del nido (Menneral *et al*, 2009).

La variación intra-específica comentada abre nuevas líneas de pensamiento en torno a las características especiales de cada material y, a la posibilidad de que las aves usen la composición del nido con fines adaptativos más allá del simple soporte (Collias, 1997). Estas líneas, han ido enfocadas al estudio de las propiedades térmicas de los nidos en diferencia a diferentes materiales, pues estos podrán influir en la pérdida de calor durante la incubación (Collias & Collias, 1984; Hilton *et al*, 2004). Las plumas son un material con altas propiedades aislantes (Pinowski *et al*, 2006), encontrando especies que llevan esta característica al extremo como el Mito (*Aegithalos caudatus*), el cual el 41% del peso de su nido consiste en plumas (McGowan *et al*. 2004). Las plumas pueden reducir la energía que los pollos gastan en la termorregulación (Lombardo *et al*, 1995, Chaplin *et al*, 2002), afectando positivamente a su crecimiento (Stephenson *et al*, 2009). En el caso del gorrión común (*Passer domesticus*), es el macho el que lleva las plumas al nido, siendo el número de plumas un indicador para la hembra de la calidad del macho (García-López de Hierro *et al.*, 2013). Otra posible función de este material tiene que ver con la creación de una barrera entre ectoparásitos y pollos en el nido. El número de plumas recubren el nido podría afectar a la facilidad con que parásitos hematófagos alcanzan a los polluelos (Winkler, 1993). Estos hematófagos pertenecen principalmente al género *Protocalliphora* (Dawson *et al*, 2005), las larvas de estos dípteros se alimentan de sangre aviar. Junto con las plumas, se ha comprobado que las plantas aromáticas también tienen función como repelente natural contra parásitos en los nidos (Mennerat *et al.*, 2009; Peralta-Sánchez, 2012; Tomas *et al.*, 2012)

La presencia dentro de los nidos del material de origen humano ha sido objeto de investigación muy importante en estos últimos años, debido a la creciente urbanización del territorio y cómo afecta esto a las poblaciones animales urbanas (Baten, 1972) y su adaptación

(Luniak 2004, Ditchkoff *et al.* 2006). En comparación con los hábitats rurales, los entornos urbanos se caracterizan por el aumento de material antropogénico en los nidos, mientras que la cantidad de material natural en el nido puede reducirse en gran medida (McKinney, 2002). Sin embargo, la asociación entre la disponibilidad de material plástico de uso humano y su función en los nidos no se ha abordado explícitamente en estudios previos (Wang, 2008).

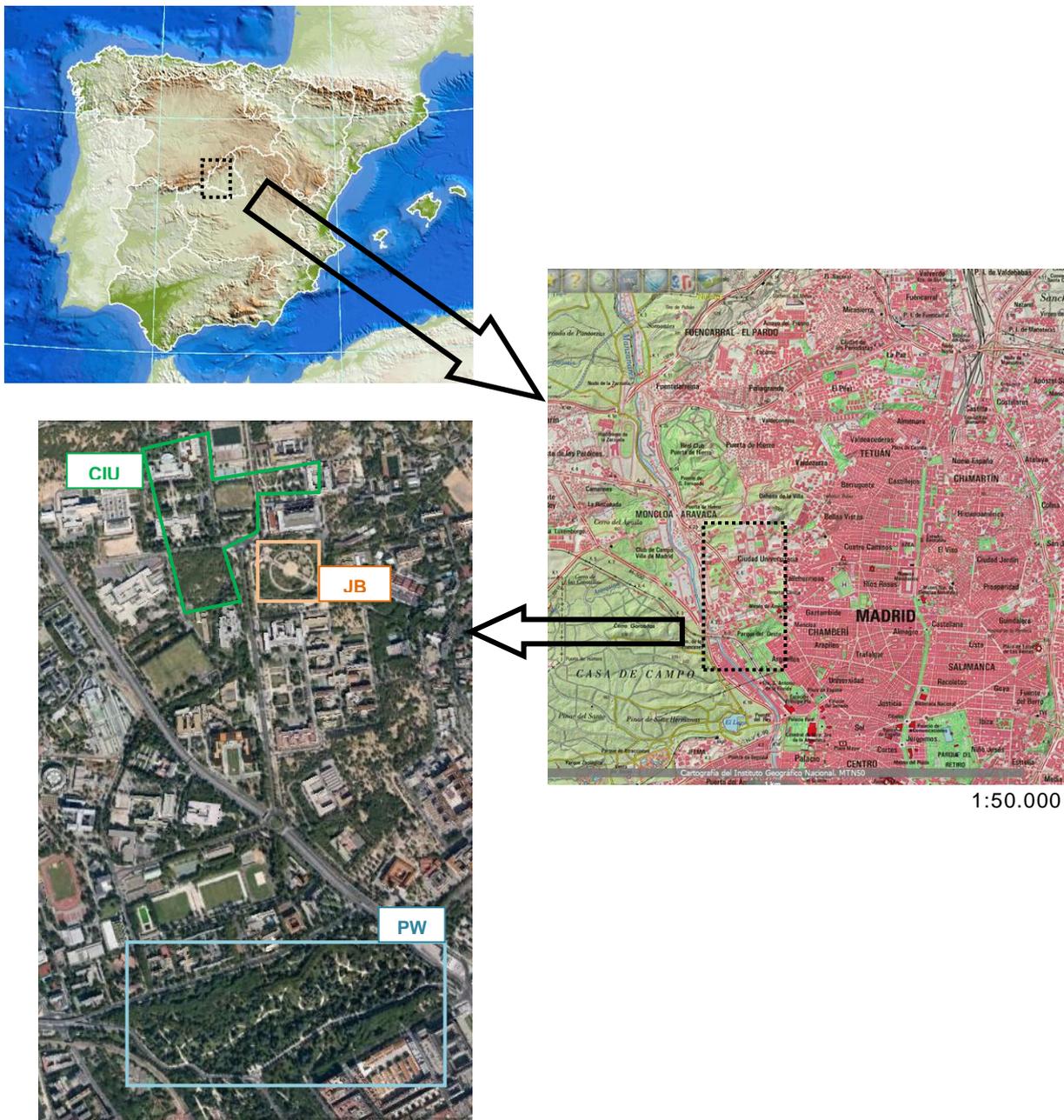
El cambio climático global también ha afectado a la época de reproducción de algunas aves (Hussell, 2003; Dolenec *et al.*, 2009) y a producido cambios en el tamaño de la puesta. Un estudio sobre el gorrión molinero (*Passer montanus*) en el noreste de Croacia observó como en un periodo de 30 años, la fecha de puesta estaba correlacionada con el aumento de las temperaturas en primavera, avanzando la fecha 8-6 días en ese periodo (Dolénec *et al.*, 2011). Durante diferentes años de reproducción, el peso y los materiales usados para construir el nido utilizado puede variar según la edad de los constructores (Lombardo, 1994), la disponibilidad de alimento (Dunn, 2004) o los cambios de temperatura ambiente (Liljesthrom *et al.*, 2009).

El nido del gorrión molinero está principalmente compuesto por una base de paja gruesa, un forro de finos tallos de hierba y un cuenco fabricado con plumas y otros materiales aislantes. El nido suele tener una cubierta superior de pajas (Pinowski, 2006) conformando una silueta general abovedada. Nuestro objetivo es evaluar los principales componentes de los nidos del gorrión molinero, y su importancia para la reproducción. Si suponemos que adultos de mejor calidad, aportarán más material al nido, mayores cantidades de material proporcionarán un mayor éxito reproductor. Además, tratamos de ver cómo varía la composición del nido dependiendo de la interferencia humana, midiendo la variedad de los materiales según la distancia a las carreteras y caminos peatonales. Creemos que aquellos nidos que se encuentren más alejados estas vías serán los que menos proporción de material humano contendrán, expresando plasticidad en la construcción del nido en referencia al hábitat (Wang, 2008). Finalmente, realizaremos un estudio comparado de dos temporadas de reproducción, y veremos si cambian los elementos que conforman el nido y si estos varían a lo largo de la temporada reproductora del gorrión molinero.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Las cajas nido del estudio se encuentran en el área noroeste de la ciudad de Madrid, situadas en tres localidades distintas: Parque del Oeste (40°26'03''N 3°43'46''W) (abreviado como PW), Ciudad Universitaria(40°26'55'' N 3°43'43''O) (abreviado como CIU) y Jardín Botánico Alfonso XIII(40° 26' 55''N 3° 43' 43''W) (abreviado como JB) (Imagen 1).



**Imagen 1.** Situación de las tres localidades de estudio (Fotografías de: Instituto geográfico Nacional y Google Earth)

Las tres localidades se diferencian por su uso; PW es un parque urbano histórico de Madrid inaugurado en el año 1905. Cuenta con varias rutas de senderismo y se encuentra rodeado por carreteras. Durante los fines de semana el parque recibe un alto número de visitantes. El área periurbana corresponde a dos localidades distintas: CIU es una zona bastante transitada, tanto por tráfico peatonal como de automóviles. Al tratarse de un entorno universitario, entre semana recibe una mayor afluencia de personas. JB se encuentra dentro de CIU, pero es una zona protegida del tráfico permaneciendo cerrado al público por las noches.

Un total de 220 cajas fueron instaladas entre las tres localidades, 63 cajas en el 2004 en PW, en JB 22 cajas instaladas en el 2004 y en CIU 135 cajas en el año 2010, siendo la temporada 2012 y 2013 la utilizada para el presente estudio. Todas las cajas analizadas fueron ocupadas por gorrión molinero.

El gorrión molinero es un paseriforme sedentario, monógamo y cavernícola (Cramp, 1992) que acepta nidificar en cajas nido (Imagen 2). El periodo de reproducción de este ave comienza a principios-mediados de abril y se puede alargar hasta comienzos del mes de agosto (García-Navas, 2008). Siendo 4 de abril del 2012 y el 18 de abril del 2013 la primera fecha de inicio de incubación en nuestra zona de estudio. Para realizar un seguimiento de la reproducción de esta especie, todas las cajas fueron visitadas al menos una vez por semana. En cada visita, se evaluaron dos variables: el estado de construcción del nido, asignándole cuatro categorías V(vacío), NPC(nido poco construido), NMC(nido medio construido) y NTC(nido totalmente construido), y la presencia o ausencia de huevos, anotando si estaban fríos o calientes.



**Imagen 2.** Nido gorrión molinero (*Passer montanus*)

### ***Análisis del material de los nidos***

En la temporada 2012 fueron 97 nidos (PW n=24; JB=22 y CIU n=50) y en 2013 fueron 98 nidos (PW n=35; JB n=6 y CIU n=57) en los que se analizó su composición. En los años 2012 y 2013, tras la temporada de cría, en el mes de noviembre, los nidos fueron extraídos de las cajas nido y guardados en bolsas de plástico marcadas para su posterior análisis (Imagen 2). Sin que pasaran más de dos meses desde su

almacenamiento, los nidos se secaron en una estufa (MMM Group, EcoCell) durante 24 horas a 40 °C, para estandarizar los pesos de los nidos. El material de los nidos fue analizado y separado a mano, para pesarlo posteriormente en una balanza electrónica (+/- 0.001 g) (A&D, GF-200mg). Se separó el material en 4 categorías: plumas, plástico, hojas aciculares y musgo. Cada categoría fue pesada por separado y se obtuvo el porcentaje relativo de la categoría en función del peso total del nido. La categoría “plástico” la componen un conjunto de materiales de origen humano, todos ellos de naturaleza plástica (plásticos de paquetes de tabaco, colillas de cigarro, hilos plásticos de color, etc.).

### ***Influencia humana***

Para comprobar la influencia humana, las carreteras y vías peatonales cercanas a los nidos se incluyeron en dos categorías: vías con alta intensidad de tráfico conforman el grupo “tipo 1” y las vías peatonales forman la categoría vías “tipo 2”. La distancia de cada caja nido al punto más cercano de cada tipo de vía fue calculada mediante Sistemas de Información Geográfica (Análisis del Punto de Distancia, ArcGis 9.3 ESRI 1999-2009).

Para crear una muestra homogénea de datos, únicamente los nidos totalmente contruidos con huevos fueron incluidos en esta parte del análisis (2013: n=44: 23 CIU, 4 JBUCM y 17 PW). Puesto que los nidos incompletos podrían sesgar los resultados, al encontrarse en distinta fase de construcción.

### ***Material del nido y la reproducción del gorrión molinero (Passer montanus)***

Con el fin de conocer como varía el periodo de reproducción de esta especie entre ambos años, calculamos la fecha de inicio de incubación de cada nido. La fecha de comienzo de incubación se calculó a partir del número de huevos puestos, partiendo del supuesto de que el gorrión molinero pone un huevo al día (Cramp, 1992). El día de puesta del último huevo se consideró como el día de comienzo de la



**Imagen 3.** Pareja gorrión molinero (*Passer montanus*) en caja nido

incubación. En aquellos nidos en los que no se pudo conocer la fecha mediante este método, se calculó en función de la edad de los pollos que se encontraban en la primera revisión de las cajas nido tras la eclosión. La especie realiza una incubación de aproximadamente 14 días (Summers-Smith, 2009), por lo que conociendo la edad del pollo, y suponiendo una eclosión sincrónica, pudimos calcular el día en el que comenzó la incubación de los huevos.

Las hembras de gorrión molinero ponen generalmente dos o tres nidadas (raramente una) en una sola temporada (Dolenec *et al.*, 2007). Solo las primeras puestas de las parejas de las cajas nido fueron analizadas. Consideramos que nuestra estimación de la fecha de inicio de incubación puede tener un error de +/- 2 días. Para reducir este error, creamos un total de 15 intervalos de 5 días y asignamos estos intervalos a cada nido como fecha de comienzo de incubación. Los intervalos comienzan el 1 de abril y acaban el 14 de junio, un total de 77 días de análisis.

### ***Análisis estadístico***

Muchos de los materiales analizados presentaban asociaciones estadísticas por ello se llevó a cabo Análisis de Componentes Principales (PCA), utilizando el peso de los diferentes materiales estudiados y el peso total del nido, con el objetivo de resumir la composición general de los nidos. De esta manera se extraen nuevas variables, componentes principales, independientes entre sí y que son una combinación lineal de las variables originales. Los componentes 1,2 y 3 se usan en análisis posteriores como variables explicativas en un modelo general lineal (GLM), en el que la presencia/ ausencia de huevos es la variable respuesta (con una distribución binomial de los errores).

Para evaluar la influencia humana en la composición de los nidos, se crearon diferentes GLMs. En cada uno de ellos el peso total del nido y, el peso y porcentaje de plumas y materiales de origen humano actuaron como variables respuesta (con distribución de errores normal); las mínimas distancia a las vías 1 y 2 actúan como variable explicativa. La influencia de las vías sobre el peso total del nido, peso plumas y porcentaje de plumas se analizó en las tres localidades; mientras que el peso y porcentaje de plástico únicamente se analizó en las cajas nido de CIU, pues el porcentaje de plástico en PW no supera el 2%, mientras en CIU alcanzaba casi el 13% peso. Este material se analiza en el caso de estar presente.

En ambos análisis, se comprobó si la localidad de procedencia afectaba al ajuste de modelos, introduciendo como factor aleatorio la situación de las cajas (CIU o PW) en un Modelo lineal Generalizado Mixto (GLMM). Para determinar la contribución, se usó el test de significación para modelos anidados (*likelihood ratio test*). En este caso se compararon los

GLMM con sus análogos GLM, y en todos los casos los modelos lineales sin efectos aleatorios fueron más parsimoniosos. Tras esta comprobación se eliminaron los efectos aleatorios de los modelos. Pudiendo por tanto realizar una agrupación de los datos de CIU y PW.

La variación interanual entre los años 2012 y 2013 de los materiales del nido se analizó por localidades. Se analizaron por un lado los nidos totalmente contruidos (con y sin huevos), y por otro lado solo aquellos nidos que tuvieron puestas de huevos. Se tomó como variable explicativa el año y como variable respuesta los pesos y porcentajes de cada material realizando modelos lineales y ANOVA.

La relación entre intervalo de fecha de comienzo del inicio de incubación y los materiales de los nidos se analizó mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM.). Se introdujo en el modelo como variable aleatoria la localidad a la que pertenecían las cajas; la variable respuesta era el peso y porcentaje de cada material. Como variable explicativa se utilizó el intervalo en el que comenzó la incubación. Tras realizar las comprobaciones anteriores fue importante la incorporación del efecto aleatorio y, por lo tanto, se utilizó para el modelo final. Todos los GLMM se ajustaron utilizando máxima verosimilitud restringida.

La distribución normal de las variables se comprobó mediante el test de Shapiro-Willks. En el caso de que las variables no cumplieran la normalidad, incluso tras aplicarse la correspondiente transformación de los datos (raíz cuadrada, log o 1/x), se usaron test no paramétricos (Test Kruskal-Wallis).

Para evaluar la estructura de los efectos fijos se utilizó el *criterio de información de Akaike* (AIC del inglés Akaike Information Criterion; Burnhan & Anderson, 2002; Anderson, 2008;). El modelo con menos AIC fue considerado el mejor modelo, aunque también se consideraron como igualmente válidos los que  $\Delta AICc < 2$ . Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes “stats”, “nlme” (Pinheiro *et al*, 2014) y “lme4” (Bates *et al*, 2014) en R (R Core Team, 2014). Los scripts han sido adaptados a partir de Cayuela (2007).

## **RESULTADOS**

### ***Composición del nido***

En el ACP los tres primeros componentes recogen el 78.65% de la variabilidad de los datos de los materiales analizados (Tabla 1). El componente 1 (PC1) está relacionado positivamente con el peso total del nido y el peso de las plumas. El PC2 tiene una relación alta

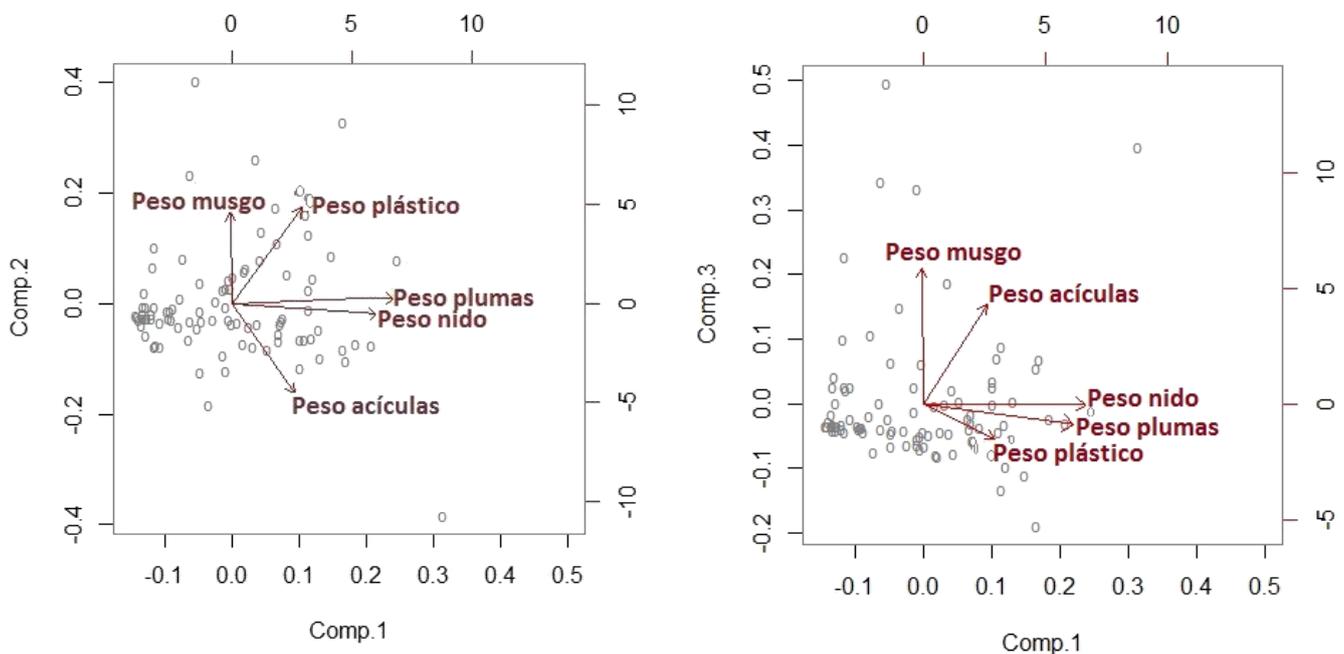
y positiva con el peso del plástico y el peso del musgo, y relación negativa con el peso de las acículas .El PC3 está asociado positivamente a la presencia de musgo (Figura 1).

Componentes nido	PC1	PC2	PC3
<b>Peso total</b>	0.671*	-0.077	-0.004
<b>Peso plumas</b>	0.640*	0.045	-0.124
<b>Peso plástico</b>	0.279	0.595*	-0.202
<b>Peso acículas</b>	0.250	-0.560*	0.574
<b>Peso musgo</b>	-0.006	0.570*	0.784
<b>Variabilidad explicada (%)</b>	37.10	22.43	19.12

**Tabla 1.-** Matriz de correlación de las variables materiales con los componentes principales elegidos obtenidos por PCA. (\*Coeficientes factoriales >|0.5|)

**Material del nido y la reproducción del gorrión molinero (*Passer montanus*)**

Tras ajustar los diferentes GLM y en base a AIC obtenidos, los modelos 1 y 2 explican los datos igual de bien ( $\Delta AICc < 2$ ). En ambos modelos el componente PC1 utilizado como variable explicativa tiene una relación positiva y significativa con la presencia de huevos



**Figura 1.** Relación de los PC1 con PC2 (izquierda) y PC3 (derecha) con los diferentes materiales. Las flechas indican el sentido en el que crecen los coeficientes factoriales

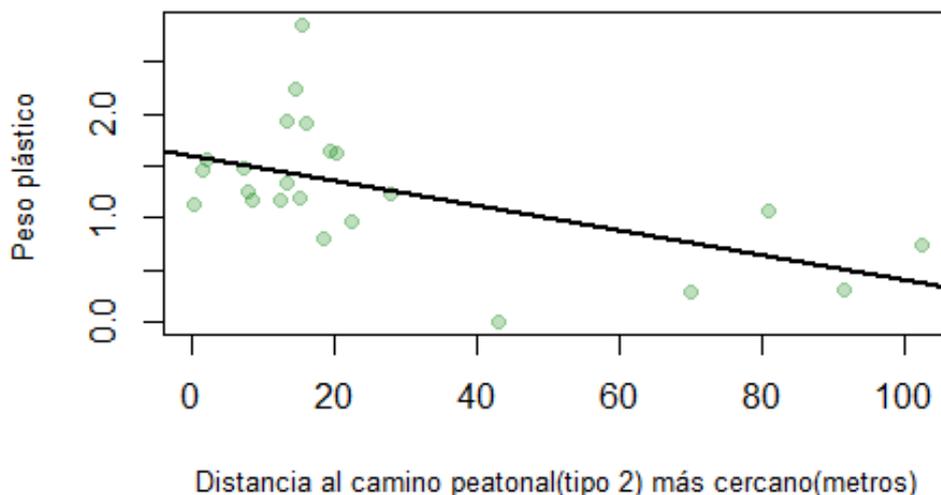
(GLM,  $df=91$ ;  $p=0.000$ ). De la misma forma, PC2 explica significativa y positivamente la presencia de huevos en el nido, en ambos modelos (GLM,  $df=91$ ; modelo 1,  $p=0.035$ ; modelo 2,  $p=0.017$ ) (Tabla 2).

Modelo	Variables	p-valor	AIC	AICc	$\Delta AICc$
1	PC1	0.000*	66.44	66.71	0
	PC2	0.035*			
2	PC1	0.000*	67.704	68.16	1.45
	PC2	0.017*			
	PC3	0.391			
3	PC1	0.00*	71.459	71.59	4.88
4	PC1	0.00*	73.403	73.68	6.96
	PC3	0.813			
5	PC2	0.040*	124.2	124.33	57.62
6	PC2	0.041*	126.1	126.37	59.66
	PC3	0.749			
7	PC3	0.699	129.25	129.39	68.67

**Tabla 2.** Ranking de los modelos ajustados para explicar la presencia de huevos en los nidos, clasificados en base al AIC. \* p-valor < 0.05.

### ***Influencia humana***

No se encontró ninguna relación de la cercanía al tipo de vías con el peso del nido y de las plumas, así como en el porcentaje de las plumas (en todos los casos,  $p>0.05$ ). En cuanto al peso del plástico (Figura 2) se encontró un efecto significativo negativo con la cercanía a las vías de tipo 2 (GLM,  $t=-3.073$ ;  $df= 22$ ;  $p=0.0057$ ). Lo mismo ocurrió con el porcentaje de plástico en los nidos y las vías tipo 2 (GLM,  $t=-2.975$ ;  $df=22$ ;  $p=0.00723$ ). Cuanto más cerca está un nido a una vía peatonal más plásticos, tanto en peso como en porcentaje, hay en su interior.



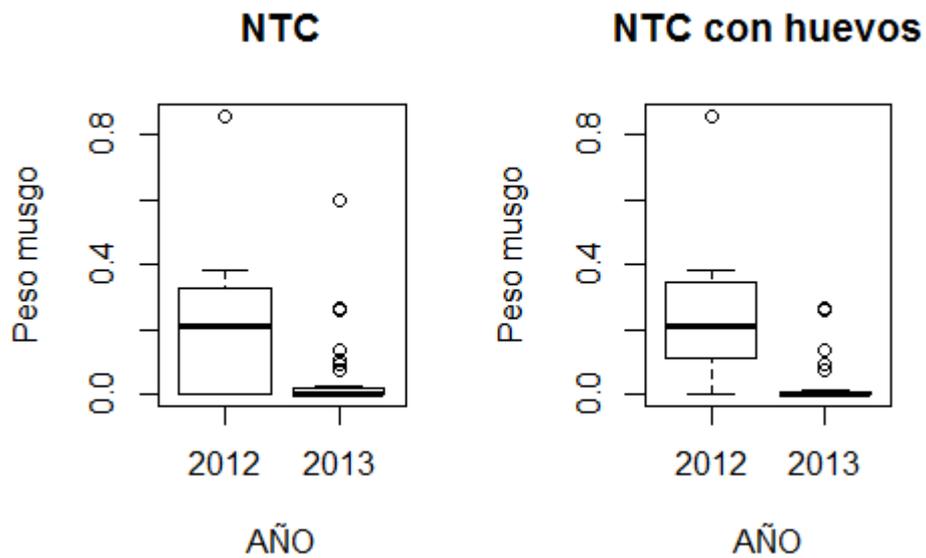
**Figura 2.** Regresión lineal entre la distancia a la vía tipo 2 y el peso plástico transformado por raíz cuadrada. En verde los valores observados

### *Comparación interanual de los nidos de gorrión molinero*

#### *Diferencias por localidades en el material del nido*

Debido al bajo número de muestras en el año 2013 ( $n=5$ ) en JB no se pudo realizar la comparación entre ambos años en esta localidad. Analizando todos los nidos totalmente construidos en las cajas nido de CIU, se observó que el peso de los materiales de manera individual (peso plumas, peso plástico, peso acículas y peso musgo) fue diferente entre años (Kruskal Wallis, en todos los casos,  $p<0.05$ ). En cambio, el peso total del nido no ha cambiado entre los dos años de estudio (Kruskal Wallis:  $t=0.5648$  y  $p=0.4523$ ). Teniendo en cuenta solo los nidos totalmente construidos con huevos, únicamente se obtuvo resultado significativo en el peso del musgo (Kruskal-Wallis:  $t= 4.8348$  y  $p=0.028$ ). En el año 2012 la cantidad de musgo fue mayor que en el año 2013. Mientras que no variaron el resto de variables (en todos los casos,  $df=45$  y  $p>0.05$ ).

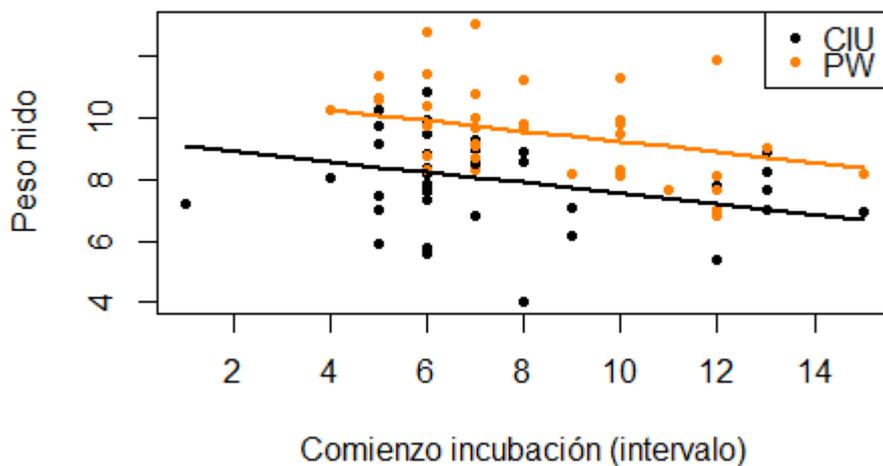
De nuevo en PW solo se encontraron diferencias significativas en el peso del musgo, tanto en el conjunto de nidos totalmente construidos con y sin huevos (Kruskal Wallis:  $t=10.3468$  y  $p=0.0013$ ), como en los nidos con huevos (Kruskal Wallis:  $t=12.2763$  y  $p=0.0005$ ) (Figura 3).



**Figura 3.** Variación interanual del peso nido en cajas nido de PW

*Diferencias en el material de los nidos y la fecha de inicio de incubación*

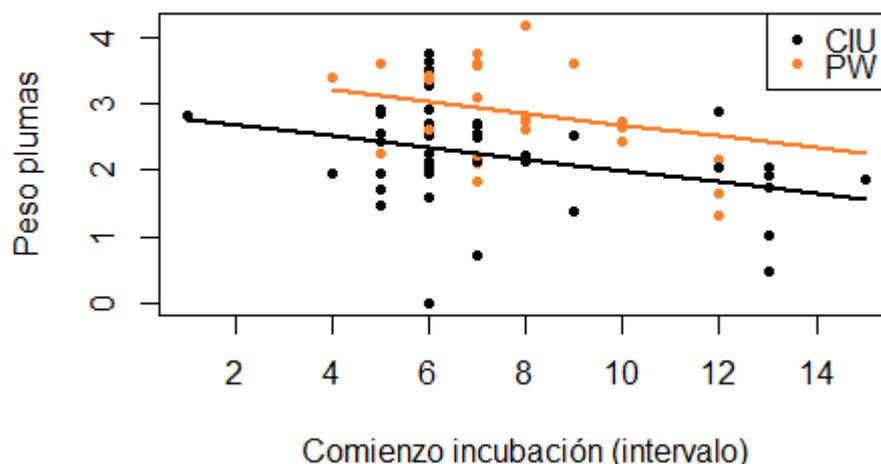
No se observó diferencia en el intervalo correspondiente de inicio de incubación entre los dos años (Kruskal-Wallis,  $t = 0.1526$  y  $p > 0.5$ ). Por lo que se usaron los dos años en conjunto para los análisis posteriores. En el caso del peso total como variable respuesta y el



**Figura 4.** Diferencias del peso total del nido a lo largo del periodo de reproducción en las dos localidades, CIU y PW. Peso del nido transformado por raíz cuadrada

intervalo de comienzo de puesta como explicativa, en el modelo general lineal mixto (GLMM), la constante se estima como  $\alpha=10.047$  y la pendiente  $\beta= -0.167$  La pendiente del modelo,  $\beta$  (temporada) tiene una relación significativa y negativa con el peso del nido en ambas localidades (GLMM,  $t=9.76821$ ,  $df=81$  y  $p=0.0025$ ) (Figura 4). Se comprobó la bondad del ajuste, observando homocedasticidad de los valores predichos frente a los residuos, y una distribución normal de los residuos (Shapiro-Wilk,  $p=0.9024$ ), (Figura 7A, anexo 1).

Con el peso de las plumas ocurre lo mismo que con el peso total del nido. En este caso,  $\alpha=3.18$  y pendiente  $\beta= -0.08$  (Figura 5). El intervalo asignado como fecha de inicio de incubación ( $\beta$ ) tiene una relación significativa y negativa con el peso de las plumas, tanto en CIU como en PW (GLMM,  $t=7.734$ ,  $df=67$  y  $p=0.007$ ). Cuanto antes comienza la incubación mayor es el peso de plumas que encontramos en los nidos. En la figura 7B (anexo 1) se vuelve a comprobar la homocedasticidad de los residuos y su distribución normal (Shapiro-Wilks,  $p=0.21$ ).



**Figura 5.** Diferencias de peso de las plumas en el nido a lo largo del periodo de reproducción en las dos localidades, CIU y PW. Peso del nido transformado por raíz cuadrada

La variación del peso de los plásticos, en referencia a la fecha de puesta, solo se analizó los nidos de CIU, que han sido los que tienen un tamaño muestral suficiente. Se ajustó un modelo lineal, en el que no se observaron diferencias significativas entre las fechas de puesta y la cantidad de plásticos encontrados en los nidos (GLM,  $df= 4$ ;  $p= 0.512$ )

## **DISCUSIÓN**

### ***Material del nido y la reproducción del gorrión molinero (*Passer montanus*)***

El estudio de la composición de los nidos tiene gran importancia puesto que está relacionado con el éxito reproductor (Rendell & Verbeek, 1996; Alabrudzinska *et al.*, 2003; Mennerat *et al.* 2009). En el presente trabajo mostramos que el peso total del nido y el contenido de plumas son dos elementos que están fuertemente asociados con la decisión de comenzar la reproducción. En nuestro ACP ambas variables se encuentran asociadas entre sí y con el PC1, que explica la aparición de huevos en los nidos. Existen dos hipótesis principales que explican por qué el peso total del nido es importante: la primera, el uso de las plumas como un signo que refleja el estado de salud y la calidad fenotípica del constructor del nido (Soler, 1998; Tomás *et al.*, 2006; Mainwaring and Hartley, 2009); y la segunda tiene que ver con la termorregulación, pues el tamaño del nido va a ayudar a mantener la temperatura y evitar grandes fluctuaciones térmicas (Whittow & Berger, 1977; Kern 1984; Hoi *et al.*, 1994). En nuestro año de estudio, no se comprobó la temperatura en el interior del nido, por lo que no podemos conocer la variación de esta en el interior del nido. En cambio, si hemos comprobado que el peso total del nido tiene gran importancia a la hora de comenzar o no la reproducción: nuestro PC1 muestra una relación positiva y muy significativa con la presencia de huevos en los nidos. Los nidos con más peso muestran una mayor probabilidad de tener huevos.

Lombardo (1994) demostró que hembras adultas de golondrina bicolor (*Tachycineta bicolor*) construían nidos más pesados que hembras jóvenes. En el caso del gorrión molinero, son ambos sexos los que construyen el nido (Summers-Smith, 2009). Sería muy interesante poder capturar a los adultos de nuestros nidos, para así poder conocer la edad, condición física y salud, y ver si en el caso del gorrión molinero se observa alguna diferencia. El gorrión molinero pone más de una puesta en una única temporada, por lo que no podemos hacer referencia a un único valor de tamaño de nidada, pues en algunos nidos podemos encontrar hasta 3 tamaños de nidada distintos. A pesar de no tener medidas directas de la calidad parental, en la misma población de estudio se ha comprobado como las parejas que construyen nidos más pesados y con más plumas realizan más puestas y sacan adelante más pollos que parejas con nidos más pequeños (Capilla & Aguirre, in review). En otros trabajos y en otras especies se han mostrado resultados opuestos, en el caso del Carbonero común (*Parus major*), existe una correlación negativa entre el peso total del nido y el tamaño de la nidada (Alabrudzińska *et al.*, 2003).

Las plumas como material del nido han sido ampliamente estudiadas, se considera un material importante en los nidos por varias razones: por sus propiedades térmicas (Lombardo *et al*, 1995; Pinowski, 2006; Ardia *et al.*, 2009; Dawson *et al*, 2011), por constituir una barrera entre ectoparásitos y pollos (Cohen, 1988; Dawson *et al*, 2005) y por resultar un atractivo reproductor de los machos hacia las hembras (García-López de Hierro *et al.*, 2013). En los nidos peor aislados, se espera que las hembras tengan que pasar más tiempo incubando para mantener las condiciones idóneas para los embriones. De esta manera el tiempo invertido en la propia alimentación se supone menor (White and Kinney, 1974; Pinowski *et al*, 2006; Ardia *et al*, 2009). Por esto concluimos, que una mayor cantidad de plumas en el nido, será un indicador de la calidad parental o del compromiso de algunos de los sexos (García-López de Hierro, 2013) en la reproducción.

La diferencia entre CIU y PW en cuanto a la presencia de material antrópico en el nido (plásticos) la podemos relacionar con los diferentes usos del suelo y el grado de urbanización que encontramos en ambas localidades es. Mientras que en CIU había gran cantidad de plástico en los nidos, no encontramos apenas tal material en el PW. Este material que se encuentra asociado con nuestro PC2, tiene también relevancia a la hora de encontrar huevos en los nidos. En el caso del Bulbul chino (*Pycnonotus sinensis*) (Wang *et al.*, 2009) se encontró más material de uso humano en la zona urbanizada que en el ambiente natural. En los nidos del estudio aparecieron colillas de tabaco que se ha observado que pueden actuar como repelente para ectoparásitos en aves urbanas (Suárez-Rodríguez *et al.*, 2009). En nuestra opinión este hecho refleja la plasticidad de la especie para adaptarse a diferentes hábitats. A pesar de ello puede que esta plasticidad se exprese solo en referencia a materiales poco importantes. Las restricciones pueden ser mayores en el caso de las plumas o incluso en el peso total del nido.

### ***Influencia humana***

Observamos como el peso y el porcentaje de plástico en el nido es mayor cuanto más cerca está una caja de las vías peatonales (tipo 2). Este resultado puede reflejar el uso oportunista de este material. Se introduce en los nidos cuando se encuentra disponible en el medio. Este resultado demuestra la capacidad del gorrión molinero de ajustar el material de su nido en función del grado de urbanización de la zona. En un gran número de casos, el plástico se encontraba envolviendo la taza central, donde crecen los pollos. La colocación de este material en el nido no era azarosa, sino que podría colocarse para utilizarlo como aislante térmico (Lombardo *et al*, 1995; Ardia *et al*, 2009; Stephenson *et al*, 2009; Dawson *et al*,

2011) o como barrera para los ectoparásitos (Geue & Partecke, 2008). Además, esto coincide con el primero de nuestros resultados en referencia al efecto del PC2 en la decisión de comenzar la reproducción: los nidos con huevos contienen significativamente mayor contenido plástico que aquellos en los que no se inició la reproducción.

En el estudio realizado con estas mismas cajas el año anterior por Capilla y Aguirre (in review), se observaba un aumento del porcentaje de plumas en el nido a medida que las cajas se alejaban de las vías tipo 1 (GLM,  $t=2.185$ ;  $df=32$ ;  $p=0.036$ ). Los nidos con más cantidad de plumas se encontraban alejados de las vías con alta densidad de tráfico, suponiendo que estos nidos eran los que tenían mayor calidad parental. Este resultado no se repite en el año 2013, la cantidad de plumas en los nidos y su cercanía a las carreteras no guarda una relación significativa. Puede deberse a que la disponibilidad de plumas durante el año 2013 estuvo más repartida por todo el territorio independientemente de la existencia de las carreteras, por ejemplo podría ser por una mayor intensidad de viento durante la temporada. Un análisis conjunto de ambos años o un diseño experimental específico para comprobar este resultado, podría solucionar este conflicto.

### ***Comparación interanual de los nidos de gorrión molinero***

#### *Diferencias en el material del nido*

Hemos encontrado diferencias en el peso de los materiales por separado entre ambos años, en los nidos situados en CIU. El peso de las plumas, el plástico y las acículas es mayor en el año 2013, en cambio el musgo, es mayor en el año 2012. En cambio, en CIU y PW, en los nidos en los que hubo de huevos, encontramos mayor cantidad, tanto de peso como de porcentaje de musgo, en el año 2012 que en el año 2013; el resto de materiales permaneció constante entre años. El musgo es el material que utilizan los páridos para la construcción de su nido (Tomás *et al*, 2006), en estas especies se ha comprobado que influye positivamente en las condiciones del huevo y de las crías (Alabrudzinska *et al*, 2003). Este efecto positivo del musgo en los nidos de los páridos, está asociado a una función sanitaria, ayudando a mantener el nido limpio, disminuyendo la presencia de hongos que aparecen por la humedad, algo muy importante para el crecimiento de los pollos (Banbura *et al*, 2001). En cambio, no hemos encontrado bibliografía en la que se haya estudiado el musgo como material del nido en el Gorrión molinero. El cambio puede deberse a diferencias en las condiciones ambientales temporales, como la intensidad del viento o la humedad que hubo cada año. No obstante, la cantidad de musgo encontrada en el año 2012, año en el que encontramos más cantidad, no superaba el 8% en peso total del nido. Dentro de nuestra área de estudio, el 9.44% de las cajas

en el año 2012 y el 9.09% del 2013 fueron ocupadas por páridos. Creemos, que la presencia de musgo en los nidos, pueda estar debida a la competencia interespecífica entre ambas especies, por la ocupación de las cajas. Las condiciones ambientales pueden haber variado entre ambos años alterando esta relación. En el caso de aves migratorias como el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*) y aves residentes como le carbonero común (*Parus major*), se ha visto alterada relación en la reproducción por el cambio en el momento de llegada del ave migratoria a causa al cambio climático (Ahola *et al*, 2007).

#### *Diferencias en la composición de los nidos y la fecha de inicio de incubación*

El análisis relativo a la comparación entre los dos años de estudio, nos permitió observar que no hay diferencias significativas en intervalo de comienzo de la incubación. En cambio, sí observamos como al inicio de la temporada los nidos son más pesados, disminuyendo en el peso hacia el final de la temporada. Al mismo tiempo, los nidos de PW son más pesados que los de CIU a lo largo de toda la temporada reproductora del gorrión molinero. De cualquier forma y en ambas zonas de estudio, las parejas que comienzan la reproducción antes construyen nidos más pesados y con mayor cantidad de plumas Según Dunn (2004), en algunos páridos y golondrinas, la fecha de inicio de incubación, el número de huevos puestos y el tiempo de incubación, se combina para que de esta manera los pollos nazcan en el momento de máxima disponibilidad de alimento. Las parejas que comienzan la reproducción más tarde tienen menos tiempo para la construcción de los nidos, pues precisan tener cuanto antes los pollos para coincidir con el máximo de comida. En el caso de gorrión molinero que pone más de una puesta de huevos en una sola temporada, esta hipótesis podría no cumplirse, y que el gorrión molinero se alimentase de alimentos presentes toda la temporada. Sería por lo tanto interesante, observar el tiempo que tardan desde que comienzan a construir el nido hasta que ponen el primer huevo en las diferentes cajas.

Ocurre lo mismo con el peso de las plumas, encontrando mayores cantidades en los nidos que comienzan a incubar antes. En el PW la cantidad de plumas es también mayor durante toda la temporada que en CIU. Al inicio de la temporada de cría, cuando encontramos nidos con mayor proporción de plumas, es cuando más fluctuaciones de temperatura hay, y por lo tanto los nidos deberán estar mejor aislados (Lombardo, 1994). Creemos, como ya antes se ha mencionado, las plumas pueden tener una función adaptativa en este sentido. Aquellos nidos que estén mal aislados, se enfriarán más rápido obligando a las aves a incubar más, gastando más energía y tiempo en la incubación. El estudio de la condición física de los pollos en nidos “buenos” y “malos” demostraría la posible función adaptativa de las plumas.

Por otro lado, tanto peso total como cantidad de plumas pueden reflejar el compromiso reproductor de la pareja y por lo tanto tener un valor evolutivo. Una primera aproximación consistiría en comprobar si aquellas parejas con nidos más pesados y con mayor cantidad de plumas tienen un tamaño de puesta mayor que en los de las parejas que construyen nidos más pequeños y con menos plumas.

## **CONCLUSIONES**

En este estudio hemos demostrado como el peso total y el peso de las plumas del nido, cobran una gran importancia como material en el nido del gorrión molinero. Los nidos con un peso total mayor y más proporción de plumas, serán los que tengan más probabilidad de albergar huevos. Para futuros estudios nos gustaría investigar la utilización de plumas por parte del gorrión molinero, como material termorregulador, y ver cómo afectan estas al éxito reproductor de los constructores.

Las diferencias encontradas en el tipo de material entre las dos localidades, Ciudad Universitaria y Parque del Oeste, nos permite plantear la idea de la utilización de nidos como una herramienta de monitoreo ambiental. Hemos podido comprobar, como el material de los nidos cambiará en función del ecosistema en el que esté colocada la caja. Por un lado, los nidos de PW, un parque urbano con gran cantidad de vegetación y poco tráfico, son nidos más pesados con una mayor cantidad de plumas y una proporción baja de materiales plásticos. Y por otro lado, los nidos de CIU, una zona urbana con alta densidad de tráfico, son nidos menos pesados, pero en los que encontramos altas cantidades de plásticos, siendo esta cantidad mayor cuanto más cerca esté situada la caja nido de una vía peatonal (vía tipo 2).

Se han encontrado diferentes valores de tamaño total del nido y del peso de las plumas a lo largo de la temporada de cría del Gorrión molinero. Los nidos que construyen antes son de mayor tamaño y con más cantidad de plumas en ambas localidades. Se ha visto que los nidos que más pesan y los nidos con más cantidad de plumas, tienen mayor probabilidad de contener huevos.

A la luz de los resultados de nuestro estudio se abren nuevos horizontes de investigación sobre los nidos y la reproducción del gorrión molinero. Sería muy interesante analizar si hay diferencias en el tamaño de los nidos en función de diferentes edades de los constructores; estudiar cómo afectan las plumas y los plásticos (Ya sea por su función termorreguladora o por ser una barrera contra ectoparásitos); o, analizar la relación entre tamaño y composición del nido, calidad parental y éxito reproductor. Estas preguntas son especialmente interesantes en un contexto urbano. Creemos que el estudio de esta especie en las ciudades puede hacernos

comprender mejor como otras aves (o incluso otros grupos animales) pueden llegar a adaptarse a estos medios en constante expansión.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer al Dr. José Ignacio Aguirre que me permitió participar durante la carrera en el proyecto de seguimiento de las cajas nido y finalmente la gran oportunidad de la realización de este proyecto. Por supuesto, a todo el equipo de “Seguimiento de Fauna UCM” por la realización del trabajo de campo, tanto a los encargados como a todos los alumnos voluntarios que han participado durante estos años. Mi agradecimiento especial a Pablo Capilla por todo su trabajo durante los años 2012 y 2013, y el gran apoyo que ha sido durante la realización del proyecto. Y por último, y no menos importante, a mi familia y amigos por todo su apoyo y ánimos durante estos meses.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ahola, M. P., Laaksonen, T., Eeva, T & Lehikoinen E. 2007. Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. *Journal of Animal Ecology*, 76: 1045-1052
- Alabrudziska, J., Kalinski, A., Slommczynski, R., Wawrzqniak, J., Zielinski, P. & Banbura J. 2003. Effects of nest characteristics on breedind success of Great Tits *Parus major*. *Acta Ornithologica*, 38: 151-154.
- Anderson, D. R. 2008. Model-based Inference in the Sciencies: a primer on evidence. *Springer: New York*.
- Ardia D. R., Perez J. H., Chad E. K., Voss M. A. & Clotfelter E. D. 2009. Temperature and life history: experimental heating leads female tree swallows to modulate egg temperature and incubation behavior. *Journal Animal Ecology*, 78: 4–13
- Bánbura J ., Perret,P., Blondel, J., Sauvages, A., Galan, M-J & Lambrechts, M. 2001 . Sex differences in parental care in a Corsican Blue Tit *Parus caeruleus* population. *Ardea*, 89(3): 517-526.
- Bates,D., Maechler, M., & Bolker, B. 2011. *lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes*. R package version 0.999375-42. <<http://CRAN.R-project.org/package=lme4>>
- Batten, L. A. 1972. Breeding bird species diversity in relation to increasing urbanization. *Bird Study*, 19:157-166.
- Burnhan, K. P. & Anderson, D. R., 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. 2nd Ed. Springer-Verlag, New York.
- Capilla, P & Aguirre, J.I. 2013. Urban environments and reproduction: nest materials and Eurasian tree sparrows (*Passer montanus*; Passeridae). In review
- Cayuela,L. 2007. Modelos lineales mixtos (LMM) y modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) en R. *Curso de análisis de datos en ecológicos en R*
- Chaplin, S. B., M. L. Cervenka, & A. C. Mickelson. 2002. Thermal environment of the nest during development of Tree Swallow (*Tachycineta bicolor*) chicks. *Auk*, 119:845–851.
- Cohen, R. R. 1988. Is feather-gathering by nesting swallows mainly an anti-ectoparasite tactic? *Journal Colorado-Wyoming Junior Academy of Science*. 20:9. 1988

- Collias, N. E. & Collias, E. C. 1984. *Nest building and bird behaviour*. Princeton University Press.
- Collias, N.E. 1997. On the origin and evolution of nest building by passerine birds. *The Condor*, 99: 253-270
- Cramp, S.1992. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*. Oxford University Press. Oxford
- Dawson, R. D., Hillen, K. K., & Whitworth, T. L. 2005. Effects of experimental variation in temperature on larval densities of parasitic Protocalliphora (Diptera: Calliphoridae) in nests of tree swallows (Passeriformes: Hirundinidae). *Environmental Entomology*, 34: 563-568.
- Dawson, R. D., O'Brien, E. L., & Mlynowski, T. J. 2011. The price of insulation: costs and benefits of feather delivery to nests for male tree swallows *Tachycineta bicolor*. *Journal of Avian Biology*, 42:93–102.
- Ditchkoff S. S., Saalfeld S. T. & Gibson C. J. 2006. Animal behavior in urban ecosystems: modifications due to humaninduced stress. *Urban Ecosystems*, 9: 5–12.
- Dolenec, Z. 2007. Spring temperatures in relation to laying dates and clutch size of the blue tit (*Parus caeruleus*) in Croatia. *Wilson Journal of Ornithology*, 119, 299–301.
- Dolenec, Z. 2009. Impact of local air temperatures on the brood size in starling (*Sturnus vulgaris* L.). *Polish Journal of Ecology*, 57: 817–820.
- Dolenec, Z., Dolenec, P. & Moller, A.P. 2011. Warmer springs, laying date and clutch size of tree sparrows *Passer montanus* in Croatia. *Current Zoology*, 57 (3): 414–418.
- Dunn ,P. 2004. Breeding dates and reproductive performance. *Advanced in Ecological Research*, 35: 69–87.
- García-Navas, V. 2008 *Gorrión molinero – Passer montanus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <<<http://www.vertebradosibericos.org/>>> [24-01-2014]
- García-López de Hierro, L., Moleón, M. & Ryan, P. G. 2013. Is Carrying Feathers a Sexually Selected Trait in House Sparrows? *Ethology*, 119:199–211.

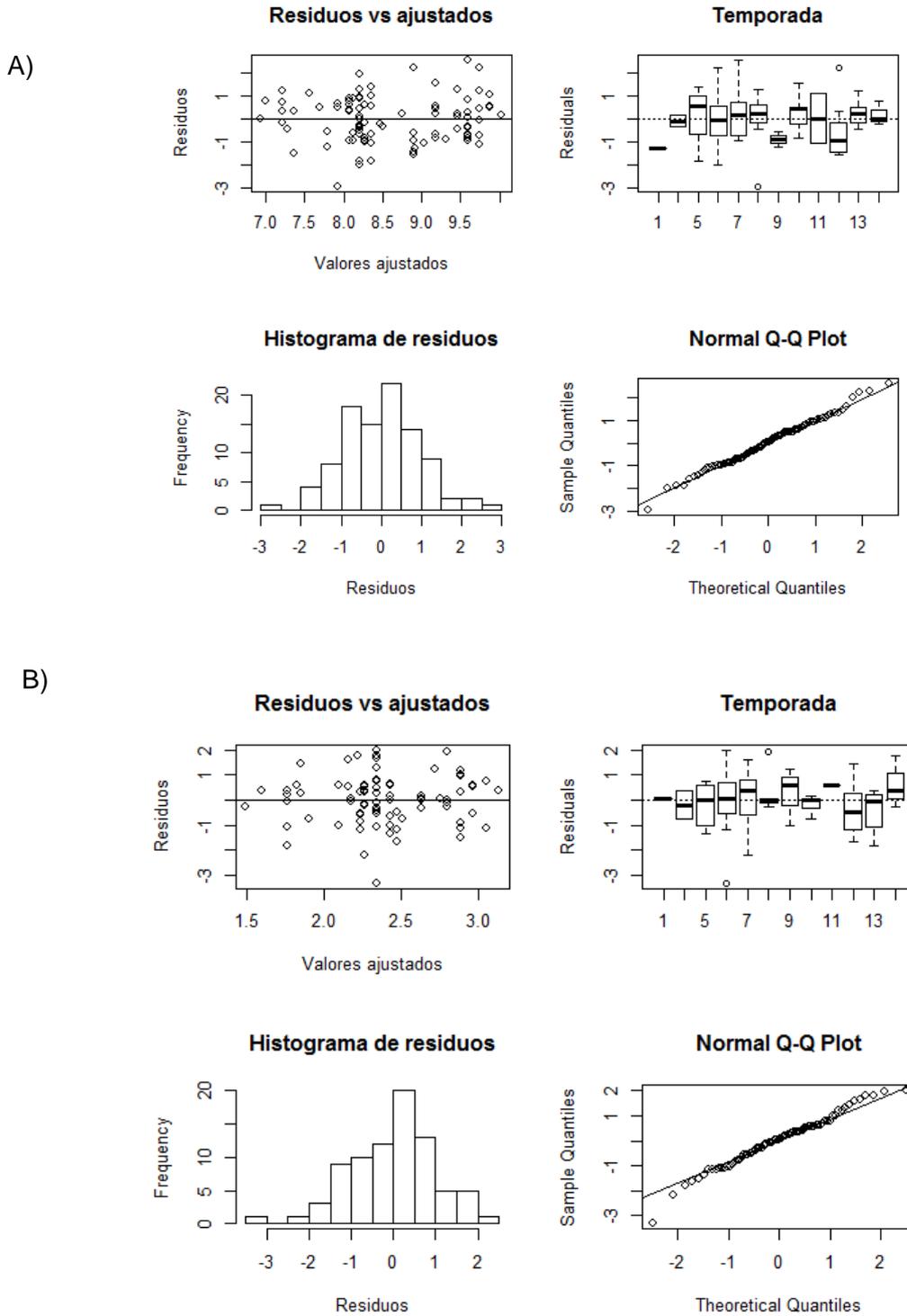
- Geue, D. & Partecke, J. 2008. Reduced parasite infestation in urban Eurasian blackbirds (*Turdus merula*): a factor favoring urbanization? *Canadian Journal of Zoology*, 86: 1419–1425
- Hilton, G. M., Hansell, M. H., Ruxton, G. D., Reid, J. M. & Monaghan, P. 2004. Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics. *Auk*, 121: 777–787.
- Hoi, H., Schleicher, B. & Valera, F. 1994. Female mate choice and nest desertion in Penduline Tits, *Remiz pendulinus*: The importance of nest quality. *Animal Behaviour*, 48: 743-746.
- Hussell DJT. 2013. Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of tree swallows (*Tachycineta bicolor*) in southern Ontario. *Auk*, 120:607–618
- Kern, M.D. 1984. Racial differences in nests of White-crowned Sparrows. *Condor*, 86: 455-466
- Liljeström, M., Schiavini, A., & Rebores, J.C. 2009. Chilean Swallows (*Tachycineta meyeni*) adjust the number of feathers added to the nest with time of breeding. *The Wilson Journal of Ornithology*, 121 (4): 783–788.
- Lombardo, M. P. 1994. Nest architecture and reproductive performance in tree swallows (*Tachycineta bicolor*). *Auk*, 111: 814-824.
- Lombardo, M.P., Bosman, R.M., Faro, C.A., Houtteman S.G. & Kluisza T.S. 1995. Effects of feathers as nest insulation on incubation behavior and reproductive performance of Tree Swallows (*Tachyneta bicolor*). *Auk*, 112: 973-981.
- Luniak M. 2004. Synurbization — adaptation of animal wildlife to urban development. In: Shaw W. W., Harris L. K., Vandruff L. (eds). *Proc. of the 4th Int. Symp. Urban Wildlife Conservation*. University of Tucson, Arizona, pp. 50–55.
- Mainwaring M.C. & Hartley I.R., 2009. Experimental evidence for state-dependent nest weight in the blue tit, *Cyanistes caeruleus*. *Behavioural Processes*, 81(1):144-6.
- McGowan, A., Sharp, S. P. & Hatchwell, B. J. 2004. The structure and function of nests of long-tailed tits *Aegithalos caudatus*. *Functional Ecology*. 18: 578-583.

- McKinney M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 52: 883–890.
- Mennerat, A, Perret, P., & Lambrechts, M. M. 2009. Local Individual Preferences for Nest Materials in a Passerine Bird. *PLoS ONE* , 4(4): e4.
- O'Connor, R.J. 1978. Nest box insulation and the timing of laying in Whytam Woods population of Great Tits (*Parus major*). *Ibis*, 120:534-537.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & the R Development Core Team.2012. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version, 3.1-103.
- Pinowski, J., Haman, A., Jerzak, L., Pinowska, B., Barkowska, M., Grodzki, A., & Haman, K. 2006. The thermal properties of some nests of the Eurasian tree 318 sparrow *Passer montanus*. *Journal Thermal Biology*, 31: 573-581.
- Peralta-Sánchez, J. M., Martín-Vivaldi, M., Martín-Platero, A. M., Martínez-Bueno, M., Oñate, M., Ruiz-Rodríguez, M., & Soler, J. J. 2012. Avian life history traits influence eggshell bacterial loads: a comparative analysis. *Ibis*, 154:725–737.
- Rendell, W.B & Verbeek, A.M. 1996. Old nest material in nest boxes of Tree Swallows: Effects on nest-site choice and nest building. *Auk*, 113: 319-328.
- Soler, J.J., Cuervo, J.J., MØller, A.P., & de Lope, F. 1998. Nest building is a sexually selected behaviour in the barn swallow. *Animal Behaviour*, 56, 6: 1435-1442.
- Stephenson, S., Hannon, S. & Proctor, H. 2009. The function of feathers in tree swallow nests: insulation or ectoparasite barrier? *Condor*, 111: 479-487.
- Suárez-Rodríguez, M., López-Rull, I., & Macías Garcia, C., 2012. Incorporation of cigarette butts into nests reduces nest ectoparasite load in urban birds: new ingredients for an old recipe? *Biology Letters*, 9 no. 1.
- Summers-Smith, D, 2009. Family Passeridae (Old World Sparrows). En: J. del Hoyo, A. Elliott, D. A. Christie, Eds. *Handbook of the Birds of the World - Volume 14. Bush-shrikes to Old World Sparrows*. págs 760-812. Lynx Edicions. Bellaterra

- Tomás, G., Merino, S., Moreno, J., Sanz, J.J., Morales, J. & García-Fraile, S. 2006. Nest Weight and Female Health in the Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*). *Auk*, 123:1013-1021
- Tomas, G., Merino, S., Martínez de la Puente, J., Moreno, J., Morales, J., Lobato, E., Rivero de Aguilar, J., & del Cerro, S., 2012. Interacting effects of aromatic plants and female age on nest-dwelling ectoparasites and blood-sucking flies in avian nests. *Behavioural Processes*, 90: 246– 253.
- Wang, Y., Chen, S., Blair, R.B., Jiang, P., & Ding P. 2009. Nest Composition Adjustments by Chinese Bulbuls *Pycnonotus sinensis* in an Urbanized Landscape of Hangzhou (E China). *Acta Ornithologica*, 44(2):185-192.
- Winkler, D. W. 1993. Use and importance of feathers as nest lining in tree swallows (*Tachycineta bicolor*). *Auk*, 110: 29-36.
- White, F.N. & Kinney, J.L. 1974. Avian incubation. *Science*, 186: 107–115.
- Whittow, G.C. & Berger, A.J. 1977. Heat loss from the nest of the Hawaiian honeycreeper, “Amakini”. *Wilson Bulletin*, 89: 480-4830.

**ANEXO 1**

**ANÁLISIS DE LA BONDAD DEL AJUSTE DE LOS GLMMs UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO**



**Figura 7.** Análisis de los residuos de los modelos generales mixtos ajustados en referencia a A) peso total del nido y B) peso de plumas como variable respuesta.