

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

MENCIÓN AMBIENTAL

Trabajo Fin de Grado 2020



**ESTUDIO DE LA CALIDAD PARENTAL DE LOS GORRIONES
MOLINEROS (*PASSER MONTANUS*) EN LA CIUDAD DE MADRID, A
LO LARGO DE UNA SERIE TEMPORAL**

Autora: Alicia Guirao González

Tutores: José I. Aguirre de Miguel y Zuzana Gagliello

ÍNDICE

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	3
KEYWORDS	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIAL Y MÉTODOS	7
Especie objeto de estudio	7
Área de estudio	8
Toma de datos	9
Análisis estadísticos	10
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES	17
AGRADECIMIENTOS	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO 1	24

RESUMEN

La inversión de tiempo y energía que una pareja de gorrión molinero (*Passer montanus*) realiza durante la reproducción, será fundamental para obtener un elevado éxito reproductivo. La construcción de un nido asegura la supervivencia y el desarrollo de los huevos y los jóvenes, pero también es un indicador de la calidad parental de esta especie. Con este estudio se ha demostrado que los nidos más grandes, de mayor peso, indican una buena calidad de los adultos, ya que demuestran una mayor inversión en el cuidado de las crías, así como su capacidad de encontrar mejores lugares de anidamiento o alimento, y una mejor condición física. Estas parejas serán, por tanto, las que puedan realizar un número mayor de puestas, obteniendo un mayor número de descendientes.

Palabras clave: inversión, éxito reproductivo, nido, huevos, calidad parental, peso del nido, número de puestas.

ABSTRACT

The investment of time and energy that a breeding pair of mountain sparrow (*Passer montanus*) makes during reproduction will be essential to obtain a high reproductive success. The construction of a nest ensures the survival and development of the eggs and young, but it is also an indicator of the parental quality of this species. This study has shown that larger, heavier nests indicate good quality in adults, as they demonstrate a greater investment in the care of the young, as well as their ability to find better nesting or feeding sites, and better physical condition. These pairs will be, therefore, those that can perform a greater number of clutches, obtaining a higher number of offspring.

Key words: parental investment, reproductive success, nest, eggs, parental quality, nest weight, number of clutches.

INTRODUCCIÓN

El esfuerzo reproductivo que desempeña un individuo consiste en la proporción de tiempo y de energía que dedica a los procesos relacionados con este evento, como la búsqueda de pareja o el cuidado de las crías (de Ayala, 2009). La selección natural favorecerá todo lo que tienda a economizar este esfuerzo, siempre y cuando no suponga una desventaja para el individuo (Collias, 1964).

En las aves, al igual que sucede en otros animales, la cría de los pollos es una de las etapas que más energía requiere por parte de los progenitores, por lo que debe haber un equilibrio en el gasto energético, que consiga cubrir las necesidades de los pollos sin comprometer la supervivencia de los padres (Johnsen *et al.*, 1994). La energía que éstos dediquen al cuidado de cada descendiente va a depender de la interacción entre varios factores, como la propia calidad del individuo y su sexo, o bien la fisiología de los padres, las condiciones ambientales y las circunstancias en el nido, es decir, el número de hermanos, parasitismo, etc., así como la respuesta de la cría a estas variables (de Ayala, 2009). Además, la inversión que los padres hagan en la crianza de los pollos estará determinada por su edad y condición física (Erikstad *et al.*, 1997), por lo que la cantidad de gasto energético parental, medido como el aporte de comida o las distancias recorridas, supondrá una inversión distinta para cada individuo (Carranza, 2000).

Entre las actividades encaminadas a favorecer el éxito de la cría, se encuentra la de proporcionar estructuras de refugio y aislamiento como pueden ser los nidos.

La construcción de nidos está ampliamente extendida en el reino animal, constituyendo para muchas especies un comportamiento instintivo muy especializado. En general, un nido es una construcción cuya función principal es asegurar la supervivencia y el desarrollo de los huevos y los jóvenes, y cuya construcción supone un gasto de energía importante (Collias, 1964). Para las aves de menor tamaño, asegurar el calor y la seguridad a los huevos y futuros pollos, es un requisito fundamental (Witschi, 1956; Dawson & Evans, 1960), por lo que éstas tienden a construir nidos más elaborados, compactos y cerrados (Collias, 1964) que

los contruidos por aves de mayor tamaño. Para compensar el gasto de energía que supone hacer un nido de estas características, la reducción en tamaño y en contenido energético de los huevos ha sido de gran importancia en la evolución de las aves pequeñas (Witschi, 1956; Dawson & Evans, 1960), aunque esto ha derivado también en el aumento del cuidado parental de aquellos jóvenes que nacen en un estado embrionario indefenso (Collias, 1964).

Los nidos pueden dar información sobre la calidad de las parejas respecto a la calidad de la cría (Soler *et al.*, 1998b; Sanz & García-Navas, 2011). Parece ser relevante, además, la composición y la estructura del nido en la reproducción, así lo demuestra un estudio (Capilla & Aguirre, in prep.) donde se ha observado que la proporción de plumas y de material vegetal, explica las diferencias entre nidos grandes y pequeños, siendo el tamaño de los nidos un rasgo importante en la selección sexual. Según aumenta el porcentaje de plumas, disminuye el de material vegetal.

La construcción de nidos suele asociarse con el cortejo y la formación de parejas en aves, existiendo una gran variedad de comportamientos, llevadas a cabo normalmente por el macho, para atraer al sexo contrario (Collias y Collias, 1984), como la realización de movimientos simbólicos de construcción de nidos (Armstrong, 1942), que van desde la aportación de algún material específico a la exhibición de un territorio potencial para la construcción del mismo (Collias y Collias, 1984).

Este comportamiento también es utilizado como una exhibición sexual posterior al apareamiento en especies polígamas y monógamas de aves (Collias y Collias, 1984; Møller *et al.*, 1995), pudiendo indicar la condición reproductiva de los individuos (Collias, 1964), ya que está estrechamente relacionada con el éxito de la cría (Hansell, 2000) y, por lo tanto, bajo una fuerte selección evolutiva (Soler *et al.*, 1998a, 1998b).

Así se comprueba en diferentes estudios, como el de Soler *et al.* (1998), que comparan el tamaño del nido con relación al esfuerzo parental en aves paseriformes, demostrando que aquellas especies en las que ambos sexos participan en la construcción del nido, éste tiende a ser de mayor tamaño que aquellos contruidos

solo por la hembra. El tamaño del nido sería así una señal de la disposición de la pareja que lo construyó, concretamente de los machos, para invertir en la reproducción, por lo tanto, podría ser un rasgo post-apareamiento, sexualmente seleccionado.

Se piensa que las aves reflejan tanto su condición física como su capacidad para reproducirse, mediante la construcción de grandes nidos (Mainwaring & Hartley, 2008; Soler, 1998b), debido a que existen efectos negativos relacionados con la propia construcción, como por ejemplo el coste energético de los vuelos realizados para ello (Collias, 1986), el aumento del riesgo de depredación, así como el hecho de que los nidos pesados proporcionan un buen refugio para una gran cantidad de parásitos (Dawson *et al.*, 2005). De esta forma, la experiencia y la salud de las parejas podrán determinar su capacidad para buscar alimento y construir nidos de mayor peso, por lo que esto podría ser un buen indicador de la calidad de reproducción (Mainwaring & Hartley, 2009).

Por tanto, el nido puede indicar la calidad parental, la experiencia o calidad genética de los machos, por lo que las hembras podrán beneficiarse de esta información y aparearse con aquellos machos que realicen mejores nidos. En las especies monógamas, esto permite a las parejas invertir diferencialmente en la reproducción, respecto a la calidad del compañero y el esfuerzo realizado durante la construcción del nido (Burley, 1986; Møller, 1994).

El número de huevos también puede ser un indicador de la calidad parental. Así lo demuestra Korpimaki (1985), observando que el tamaño de puesta está relacionado con la condición física de los individuos. Por otro lado, Moreno (2006) observó que, dependiendo del tamaño de las nidadas en los gorriones comunes (*Passer domesticus*), los padres alimentaban a los pollos de diferentes maneras, de forma que cuando una nidada era muy grande o bien de ésta sobrevivía la mayoría de los pollos, los padres tendían a alimentar a aquellos de mayor tamaño, mientras que cuando una nidada era pequeña o bien nacieron menos pollos en relación con la puesta original, alimentaban a todos por igual. Por lo que parece que el tamaño de la

puesta se ajusta a la cantidad de alimento que los padres sean capaces de entregar a las crías.

El objetivo principal de este estudio es observar si la calidad parental de los gorriones molineros (*Passer montanus*), inferida a través del peso del nido, determina su éxito reproductivo, medido en forma de número de huevos, número de pollos nacidos y número de pollos volados. Para ello, debemos plantearnos si existe una diferencia en el *breeding outcome* (resultado de la cría) entre años. Es decir, si ese número de huevos, de pollos nacidos y de pollos volados difiere entre años.

Teniendo en cuenta que *Passer montanus* es una especie en la que las hembras también obtienen información sobre su pareja, evaluando la contribución de los machos en la construcción del nido (Capilla & Aguirre, in prep.) y, por tanto, llevando a cabo una selección sexual a favor de aquellos que construyan mejores nidos, para este trabajo se han planteado las siguientes hipótesis: (1) parejas de mejor calidad realizan varias puestas por temporada, (2) el esfuerzo invertido en la reproducción debe hacer que el número de huevos disminuya con cada puesta, (3) el peso del nido como indicador de la calidad de la pareja debe estar relacionado con el número de huevos y de pollos nacidos en las segundas y terceras puestas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Especie objeto de estudio

El gorrión molinero (*Passer montanus*) es un passeriforme predominante del entorno rural y zonas cultivadas (Tellería *et al.*, 1996), aunque en las grandes ciudades se puede encontrar en parques de gran amplitud y áreas periurbanas (Alonso & Purroy, 1979).

Es una especie esencialmente monógama, en la que no se aprecia dimorfismo sexual (García-Navas, 2012), y en la que ambos sexos colaboran tanto en la construcción del nido (Deckert, 1962) como en el cuidado de las crías. Su periodo de reproducción comienza aproximadamente en abril, pudiéndose alargar hasta el mes de agosto (García-Navas, 2012). Entre 6 y 8 días antes del inicio de la puesta, se

produce la cópula (Cramp & Perrins, 1994), realizando una, dos o incluso tres puestas, rara vez cuatro (García-Navas, 2012).

Son aves granívoras típicas, aunque, durante la época de reproducción, incluyen un gran aporte de proteínas de origen animal (invertebrados) en su dieta, debido a que la demanda nutricia en esta etapa es especialmente crítica (Sánchez-Aguado, 1986).

Los gorriones molineros son aves cavernícolas (Cramp, 1992), que usan cualquier oquedad para nidificar, independientemente de si es de origen natural o antrópico y, aunque prefieren los huecos de los árboles, aceptan la instalación de cajas-nido dentro de sus territorios (Sánchez-Aguado, 1995; Baucells *et al.*, 2003).

Área de estudio

Nuestras zonas de estudio se encuentran al noroeste de la ciudad de Madrid, dentro de dos localidades distintas: el Campus de Ciudad Universitaria ($40^{\circ}26'41''N$ $3^{\circ}43'40''O$), dentro del cual se sitúa el Real Jardín Botánico Alfonso XIII ($40^{\circ} 26' 51''N$ $3^{\circ} 43' 34''W$), donde también se han recogido datos (ambos abreviados como CIU), y el Parque del Oeste ($40^{\circ}25'42''N$ $3^{\circ}43'27''O$) (abreviado como PW).

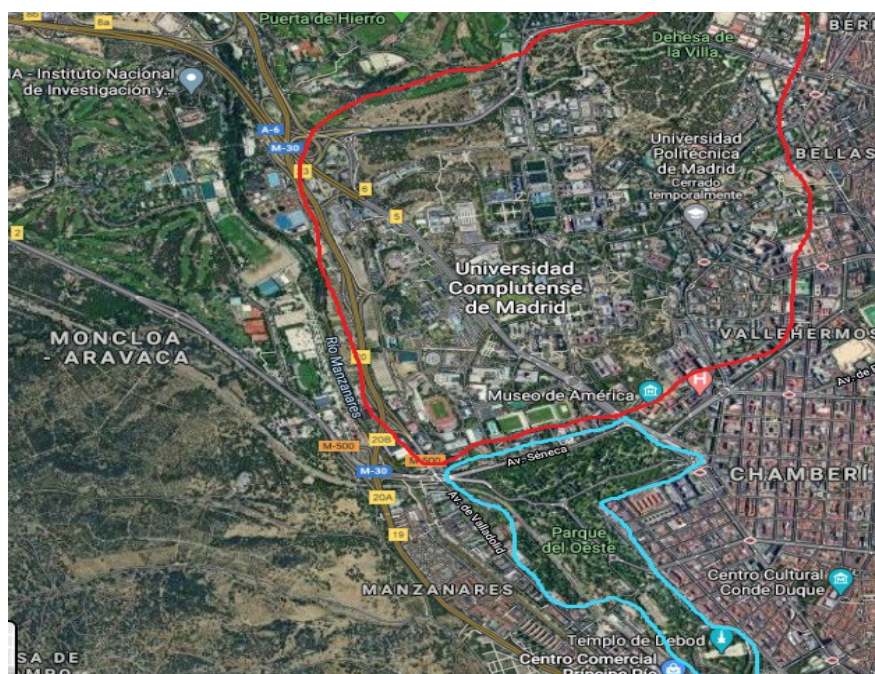


Imagen 1. Situación de las localidades de estudio: Ciudad Universitaria en rojo; Parque del Oeste en azul (Fotografía: Google Earth).

Toma de datos

La recogida de datos ha sido posible gracias a la existencia de cajas-nido distribuidas en ambas localidades, que han facilitado el acceso a los nidos durante los años de estudio (Tabla 1). Las cajas, al ser todas de las mismas dimensiones, son un importante elemento que estandariza el volumen de material que las aves pueden meter y usar para construir su nido.

Año	Cajas totales (CIU, PW)
2010	110
2011	101
2012	233
2015	225
2016	222
2018	252
2019	257

Tabla 1. Número total de cajas-nido por año.

De esta manera, se ha realizado un seguimiento semanal durante el periodo reproductivo de esta especie, comenzando a mediados de marzo con la construcción de los nidos, y en el que se ha recopilado información sobre diversos aspectos de su reproducción. En total, se han llevado a cabo 310 observaciones y anotado datos para 32 variables, de entre las que se han utilizado (Tabla 2):

Año	Nº total puestas	Nº total huevos	Nº total pollos nacidos	Nº total pollos volados
2010	47	211	121	117
2011	43	198	106	104
2012	84	385	212	189
2015	134	639	485	426
2016	146	680	492	405
2018	162	778	532	509
2019	199	933	737	605

Tabla 2. Algunos parámetros totales recopilados según el año.

Además del número de huevos en la primera, en la segunda y en la tercera puesta de cada nido, así como el número de pollos nacidos y volados en la primera puesta,

también de cada nido. Solo se ha tenido en cuenta este número de pollos en la primera puesta, para aumentar el tamaño muestral y así no sesgar los resultados hacia parejas que creemos mejores, es decir, aquellas que ponen 2 y 3 puestas.

Pasada la época de cría, sobre el mes de noviembre, se recogen los nidos donde se han producido las puestas de ese año, anotando su peso y el número de la caja-nido a la que pertenecen; después se introducen en bolsas y se secan en una estufa (MMM Group, EcoCell) durante 24 horas a 40 °C, para que la humedad no influya en el peso final del nido, que es uno de los datos clave de nuestro trabajo, así como para estandarizar todos los pesos.

Análisis estadísticos

Para comprobar si las variables respuesta están correlacionadas entre sí, realizamos el test de Pearson, introduciendo como factor el año y la localidad. De esta manera, podremos relacionar si hay diferencias significativas de dichas variables entre años, y elegir las que mejor expliquen las predicciones del presente trabajo.

Con el fin de determinar si el tamaño de puesta está determinado por el año, la localidad o el peso del nido, se han construido Modelos Lineales Generalizados (GLM), con los tamaños de puesta como variable dependiente y el año, la localidad y la calidad de la pareja (medida de manera indirecta por el peso del nido) como covariables.

Se han realizado, por otra parte, una serie de análisis a posteriori mediante el test de Tukey para identificar los años en los que el tamaño de puesta en las diferentes eventos reproductivos difieren entre sí.

Posteriormente, se han construido otros GLM, para determinar si el número de puestas totales o el número de pollos volados (variables respuesta) difiere en función del año y el peso del nido.

Todos los análisis se han realizado con el programa R-Studio 4.0.0.

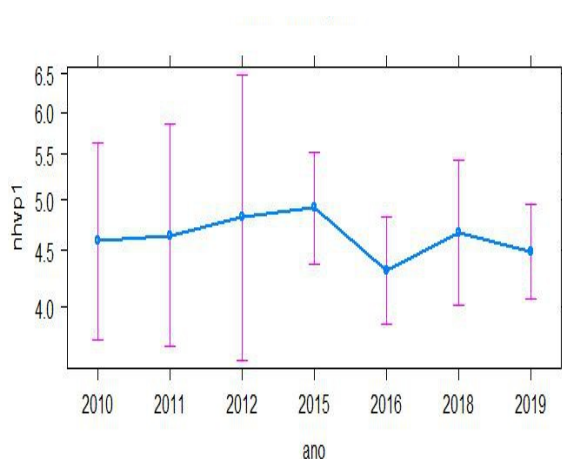
RESULTADOS

Los resultados del coeficiente de correlación de Pearson indican que todas las variables, comparadas dos a dos, están correlacionadas entre sí ($p < 0.05$). Además, se observa una correlación negativa entre algunas de ellas (Tabla 3). De esta manera, se han elegido las variables que incluiremos por separado en cada modelo para evitar el efecto de correlación.

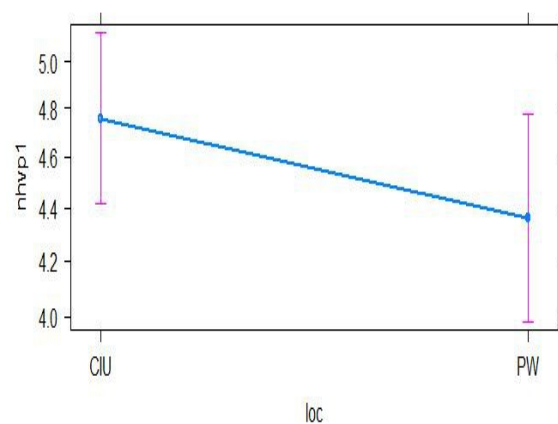
	nhvp1	npullnacp1	npullvolp1
	r	r	r
nhvp2	-0.0497	-0.0022	-0.0298
nhvp3	-0.1181	-0.0907	-0.1230

Tabla 3. Se indican en negrita las correlaciones negativas con $p < 0.05$, entre el número de huevos en la primera puesta (nhvp1), la segunda (nhvp2) y la tercera (nhvp3), y entre el número de pollos nacidos (npullnacp1) y volados (npullvolp1) en la primera puesta con respecto al número de huevos de la segunda y tercera.

Se ha encontrado un efecto sobre el *tamaño de la primera puesta* del año de cría ($F=4.527$, $p=0.0002$) y de la localidad ($F=10.930$, $p=0.0010$), pero no del peso del nido ($F=0.303$, $p=0.5824$) (Gráficas 1 y 2).



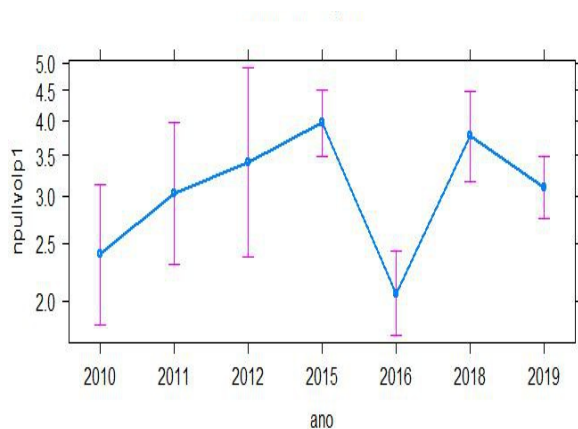
Gráfica 1. Tamaño de la primera puesta en función del año. Se indica el valor medio y la desviación estándar.



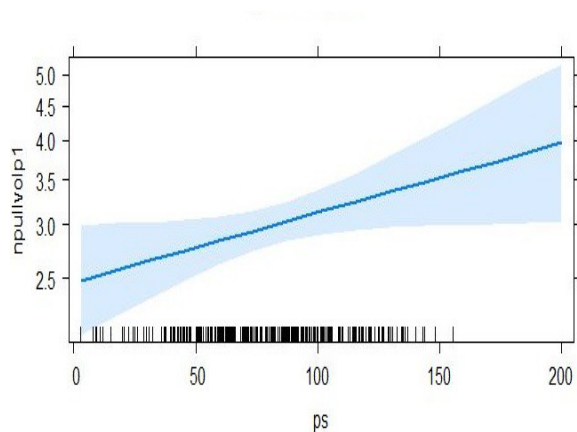
Gráfica 2. Tamaño de la primera puesta en función de la localidad. Se indica el valor medio y la desviación estándar.

Por otro lado, también se ha encontrado un efecto sobre el *número de pollos volados*, nacidos de esta *primera puesta*, del año de cría ($F=10.502$, $p=0.0000$), pero no de la localidad ($F=0.507$, $p=0.4770$), y sin embargo sí del peso del nido ($F=6.375$, $p=0.0121$) (Gráficas 3 y 4).

Se han encontrado diferencias significativas ($p<0.01$) en los años 2010, 2015 y 2016 respecto al resto (Tabla 1 del Anexo 1).



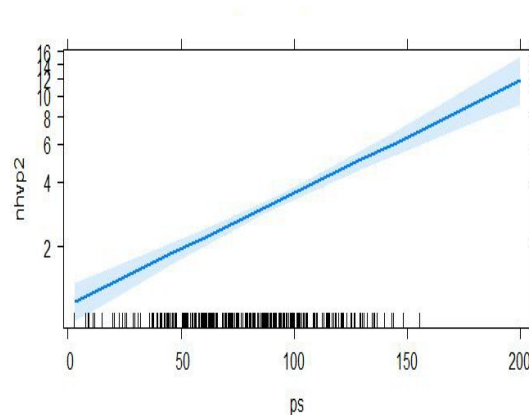
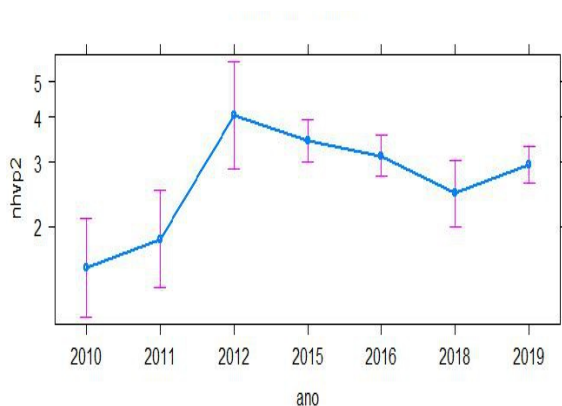
Gráfica 3. Número de pollos volados (primera puesta) en función del año. Se indica el valor medio y la desviación estándar.



Gráfica 4. Número de pollos volados (primera puesta) en función del peso del nido. Se indica el valor medio y la desviación estándar.

En el *tamaño de la segunda puesta*, se observa un efecto del año de cría ($F=2.831$, $p=0.0107$) y del peso del nido ($F=71.751$, $p=0.0000$), pero no parece variar en función de la localidad ($F=2.780$, $p=0.0965$) (Gráficas 5 y 6).

Se han encontrado diferencias significativas ($p<0.01$) en el tamaño de la segunda puesta en los años 2010 y 2011 respecto al resto (Tabla 2 del Anexo 1).



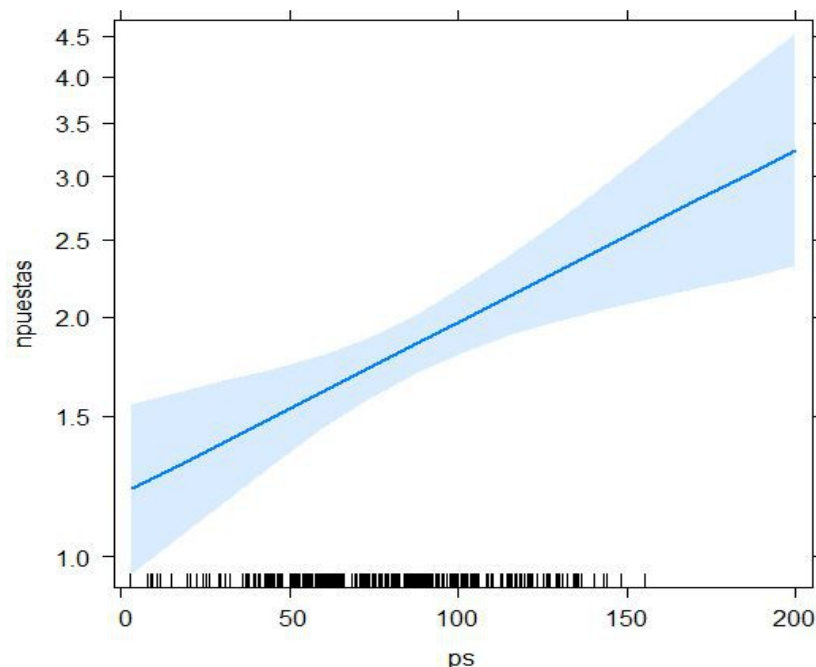
Gráfica 5. Tamaño de la segunda puesta en función del año. Se indica el valor medio y la desviación estándar.

Gráfica 6. Tamaño de la segunda puesta en función del peso del nido. Se indica el valor medio y la desviación estándar.

En el caso del *tamaño de la tercera puesta*, existe un efecto tanto del año ($F=3.894$, $p=0.0009$), de la localidad ($F=9.190$, $p=0.0026$) y del peso del nido ($F=11.590$, $p=0.0007$).

Se han encontrado diferencias significativas ($p<0.01$) en el tamaño de la tercera puesta en los años 2010, 2016 y 2018 respecto al resto (Tabla 3 del Anexo 1).

Se ha observado además que el *número de puestas totales* ha variado significativamente con respecto al año ($F=5.142$, $p=0.0000$), a la localidad ($F=4.957$, $p=0.0267$) y al peso del nido ($F=62.042$, $p=0.0000$), y como esta última variable respuesta es clave en este trabajo, se ha querido confirmar que, efectivamente, el peso del nido, en representación de la calidad parental, influye por sí sola ($F=49.15$, $p=0.0000$) en el número de puestas totales que una pareja de gorriones molineros puede llegar a realizar (Gráfica 7):



Gráfica 7. Número de puestas totales en función del peso del nido (calidad parental). Se indica el valor medio y la desviación estándar.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el número de huevos disminuye gradualmente con cada puesta, es decir, que el tamaño de la tercera nidada, si la hay, será menor que el de la segunda, y éste menor que el de la primera. De la misma forma sucede con el número de pollos que nacen de la primera puesta y terminan volando, que será mayor al tamaño de la segunda y tercera puesta. Esto tiene sentido, ya que el esfuerzo reproductivo de los padres va a ser cada vez menor. Por lo tanto, existe una influencia de la calidad parental en la productividad de huevos y pollos, especialmente en las segundas y terceras puestas, así como en el número de puestas totales.

Se ha demostrado que el tamaño de la puesta está relacionado con el entorno donde está instalado el nido y con la condición física de los padres (Korpimaki, 1985). Los adultos reproductores, al inicio de la temporada de cría, tienen un porcentaje elevado de masa muscular y depósitos de grasa, así como una mejor condición física, que van disminuyendo a lo largo de la temporada (Erikstad *et al.*, 1997), por lo que, con cada puesta, la energía que invierten los padres en sacar adelante a los pollos y en seguir realizando puestas, va siendo cada vez menor. De esta manera, la proporción de parejas que realizan una, dos y tres puestas va disminuyendo en función de éstas (Cordero & Salaet, 1990; Meléndez, 2006; García-Navas, 2012). Solo las parejas de mejor calidad van a poder llevar a cabo dos o más nidadas.

Los resultados obtenidos de comparar el *breeding outcome* (resultado de la cría), medido en forma de tamaño de cada puesta, número de pollos volados y total de puestas realizadas, entre años, indican que, a pesar de la calidad de las parejas, las condiciones ambientales también son determinantes para los resultados de la cría. Así lo demuestran Cordero & Salaet (1990), observando que la productividad de las parejas también se ve muy afectada por la depredación y las condiciones meteorológicas adversas, siendo la temperatura un factor importante a la hora de

sincronizar las primeras puestas (Sánchez-Aguado, 1984) o determinar el tamaño de las nidadas y el desarrollo de los pollos (Pendlebury, 2004), de manera que si la temperatura es muy fría, provoca la disminución de la energía del adulto para mantener su metabolismo (García-Navas *et al.*, 2008), en cambio, si es muy alta, puede causar hipertermia en los pollos (Van Balen & Cavé, 1969).

Por otro lado, la competencia intraespecífica entre las parejas reproductoras también puede afectar negativamente al tamaño de la puesta (Sánchez-Aguado, 1984; Cordero & Salaet, 1990), ya que según aumente la densidad de aves, disminuirán los mejores lugares para anidar, aumentará el gasto energético en la defensa frente a potenciales ocupantes y habrá una menor disponibilidad de alimento para los pollos (Sánchez-Aguado, 1984; Lack, 1954).

En los resultados para el número de pollos que llegaron a volar en la primera puesta, podemos observar como la variación existente entre los diferentes años es más notable entre 2015, 2016 y 2018, donde el número de pollos disminuyó drásticamente (aproximadamente se perdieron dos pollos de media). Es probable, por tanto, que esta fluctuación se deba al efecto de otras variables ambientales que escapen al análisis realizado, como puede ser la temperatura o las precipitaciones. De la misma forma sucede en el tamaño de la primera, la segunda y la tercera puesta, así como en el número de puestas totales.

Por otro lado, se ha observado que el peso del nido no influye en el tamaño de la primera puesta, pero sí que lo hace en el número de pollos nacidos de ésta y que llegan a volar, así como en el tamaño de segundas y terceras puestas, y en el número de puestas totales, lo que informa de la importancia que finalmente tiene el peso del nido, medido como la calidad de los padres, sobre estas variables, ya que construir nidos más elaborados, compactos y cerrados (Collias, 1964), lleva a un aumento del calor y la seguridad sobre los huevos y los pollos (Witschi, 1956; Dawson & Evans, 1960). De esta manera, si las parejas construyen nidos de mayor peso consiguen un mayor éxito reproductivo y una mejor calidad de la cría, por lo que el peso del nido sí que sería un buen indicador de la calidad parental, debido a que las parejas que logran construirlos tienden a una mejor condición física y mayor

experiencia, que determinarán su capacidad para sobrevivir y buscar alimento para los pollos (Mainwaring & Hartley, 2009).

En Madrid, la cifra de huevos que llega a eclosionar ronda el 60,5% y se estima que el éxito reproductor del gorrión molinero es de un 44,5% (Veiga, 1990). Hay que tener en cuenta que dicho éxito reproductor es menor en nidos que acumulen restos de material de nidificaciones anteriores, como han observado García-Navas *et al.* (2008), por lo que, para estandarizar este efecto, se vacían las cajas después de cada año.

Que el peso del nido no influya en el tamaño de la primera puesta, tiene sentido si partimos de que todas las parejas se van a reproducir, por lo menos en una ocasión, confirmando la premisa de que la proporción de parejas que llevan a cabo una primera nidada es más elevada que la de aquellas que hacen dos o más puestas (Cordero & Salaet, 1990; Meléndez, 2006; García-Navas & Arroyo, 2008), pero que nazca un determinado número de pollos en esa primera puesta y sobrevivan, ya sí que va a depender de las características del nido y la calidad de los padres, como se ha explicado.

En esta primera puesta existe una ligera variación en el número de huevos según la localidad, observándose que en las cajas-nido distribuidas por CIU ha habido mayores tamaños, lo que podría deberse a que, a pesar de ser un entorno generalmente transitado por personas, hay una alta disponibilidad de alimentos de origen antrópico, lugares de cría y temperaturas menos extremas (Salmón *et al.*, 2016).

En el caso de las terceras puestas también influyó la localidad, lo que podría atribuirse a la disponibilidad de alimento, como observaron Field & Guy (2004) en su estudio sobre la distribución del gorrión molinero según su reproducción, donde los recursos alimentarios en forma de invertebrados son el principal factor que condiciona esta distribución. En relación con ello, el valor del éxito reproductivo total entre las primeras y las segundas puestas no varía mucho, en cambio, sí existe un importante descenso del éxito en las terceras puestas, probablemente por la disminución de los recursos alimenticios (García-Navas, 2012), especialmente en un entorno mediterráneo con veranos de elevadas temperaturas. Dicha disminución de

alimento se da a partir del mes de mayo, donde tiene lugar un pico máximo de la disponibilidad de invertebrados (Barba *et al.*, 1994).

El número de puestas totales varía en función de las tres variables explicativas. La productividad estacional de *Passer montanus* no solo depende de la productividad de cada intento de reproducción, sino también del número de pollos que los padres pueden criar (Crick *et al.*, 1993), lo que relaciona la influencia de las condiciones ambientales según el año, con la calidad de los padres medida de manera indirecta como el peso del material que introducen en el nido, que finalmente es una de las variables que condiciona y afecta al éxito reproductivo del gorrión molinero. Esto se confirma en el resultado significativo del número de puestas totales en función del peso del nido, por lo que, la calidad de las parejas influye en su éxito reproductivo.

CONCLUSIONES

Gracias a este estudio, se ha demostrado que los nidos de mayor peso, construidos con un mayor aporte de material, son indicadores de una buena calidad parental, ya que demuestran una mayor inversión en el cuidado de las crías. Según aumenta el peso del nido, lo hace también la calidad de la puesta, medida en número de huevos y número de pollos.

Se ha comprobado que todas las parejas van a hacer, de base, una primera puesta, independientemente del peso del nido, ya que la primera puesta va ligada al hecho de dejar un mínimo de descendencia, en cambio, que una pareja lleve a cabo una segunda puesta e, incluso, una tercera, va a depender mucho de la calidad de los padres, es decir, de su condición física, de su capacidad para sobrevivir, de encontrar mejores lugares de anidamiento, de la búsqueda de alimento, así como de su capacidad de dejar más descendencia y poder sacarla adelante.

Las parejas de mayor calidad, por tanto, son aquellas que invierten más tiempo y energía en la construcción de los nidos y en el cuidado de las crías, lo que da como resultado que dichas parejas produzcan un número mayor de puestas; y cuantas más puestas hacen, la calidad de los padres aumenta.

Los factores ambientales y la localidad también influyen significativamente en el éxito reproductivo de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a José Ignacio Aguirre, Chechu, toda su paciencia, amabilidad y ánimos, sin olvidarme de la confianza que ha depositado en mi desde un principio y la independencia que me ha cedido durante todo este tiempo. Gracias por tu claridad en la orientación e infinita disposición, así como por las facilidades que me has dado durante estos meses coincidentes con el confinamiento por la COVID-19. Ojalá no sea mi último trabajo tutelado por ti.

Gracias a todo el equipo de “Seguimiento de Biodiversidad UCM”, así como a las personas que participan eventualmente, por la gran labor que llevan a cabo, de cuyo esfuerzo nacen trabajos tan interesantes como el presente.

Gracias a mi madre y a mi padre por su apoyo incondicional, por su paciencia cuando les leo una y otra vez este y cualquier otro trabajo. Gracias, porque sin vuestro ánimo dudo mucho que hubiera podido llegar hasta aquí.

Agradecerle al resto de mi familia y a todos esos amigos que se han interesado por todos mis avances, el cariño, el apoyo y el ánimo que me han dado en los momentos de más agobio.

A todos y todas: gracias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J. A. & Purroy, F. J. 1979. Avifauna de los parques de Madrid. *Naturalia Hispanica*, 18. ICONA. Madrid.

Armstrong, E. A. 1942. *Bird display and behaviour*. Lindsay Drummond, London.

Ayala, R. de. 2009. *Esfuerzo reproductivo en aves con cuidado biparental. Inversión de apareamiento y cuidado parental*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, España.

Barba, E., García, D. M., Gil-Delgado, J. A. & López G. M. 1994. Moth abundance and breeding success in a Great Tit population where moths are the main nestling food. *Ardea*, 82: 329-334.

Baucells, J., Camprodon, J., Cerdeira, J. & Vila, P. 2003. Guía de cajas-nido y comederos para aves y otros vertebrados. *Lynx Edicions*. Barcelona.

Burley, N. 1986. Sexual selection for aesthetic traits in species with biparental care. *Am. Nat*, 127: 415–445.

Capilla, P & Aguirre, J.I. *A balanced increase of total nest size explains investment in reproduction in an urban bird population*. In prep.

Carranza, J. 2000. *Etología: Introducción a la ciencia del comportamiento*. 590 págs. Universidad de Extremadura. Cáceres.

Collias, N. 1964. The evolution of nests and nest-building in birds. *Am. Zoologist*, 4: 175-190.

Collias, N. E. & Collias, E. C. 1984. *Nest building and bird behaviour*. Princeton University Press.

Cordero, P. J. & Salaet, M. 1990. Breeding season, population and reproduction rate of the tree sparrow (*Passer montanus*, L.) in Barcelona, NE Spain. Pp. 169-177. En: Pinowski, J., Summers-Smith, J.D. (Eds.) *Granivorous birds in the agricultural landscape*. Polish Scientific Publishers. Varsovia.

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.

Cramp, S. & Perrins, C. M. (Eds.) 1994. *Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic*. Volume VIII. Crows to Finches. Oxford University Press, Oxford.

Crick, H.Q.P., Gibbons, D.W. & Magrath, R.D. 1993. Seasonal variation in clutch size in British Birds. *J. Anim. Ecol.*, 62: 263-273.

Dawson, W.R. & Evans, F.C. 1960. Relation of growth and development to temperature regulation in nestling Vesper sparrows. *Condor*, 62: 329-340.

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.

Deckert, G. 1962. Zur ethologie des Feldsperlings (*Passer m. montanus* L.). *Journal für Ornithologie*, 103: 428-486.

Erikstad, K., Asheim, M., Fauchald, P., Dahlhaug, L., Tveraa, T. & Dahlhaug, P. 1997. Adjustment of parental effort in the puffin; the roles of adult body condition and chick size. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 40: 95-100.

Field, R. & Guy, A. 2004. Habitat use by breeding Tree Sparrows *Passer montanus*. *Ibis*, 146 (s2): 60-68.

García-Navas, V., Arroyo, L. & Sanz, J. J. 2008. Nestbox use and reproductive parameters of Tree Sparrows *Passer montanus*: Are they affected by the presence of old nests? *Acta Ornithologica*, 43 (1): 32-42.

García-Navas, V. 2012. *Gorrión molinero - Passer montanus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/aves/pasmon.html>. [Consulta: 11-06-2020].

Hansell, M. 2000. *Bird nests and construction behaviour*. Cambridge University Press. Chapter 5.

Johnsen, I., Erikstad, K., Sæther, B. & Saether, B. 1994. Regulation of parental investment in a long-lived seabird, the puffin *Fratercula arctica*: An experiment. *Oikos*, 71: 273-278.

Korpimäki, E. 1985. Clutch size and breeding success in relation to nest-box size in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Ecography*, 8: 80-83.

Lack, D. 1954. *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Oxford University Press.

Mainwaring, M. C. & Hartley, I. R. 2008. Seasonal Adjustments in Nest Cup Lining in Blue Tits *Cyanistes caeruleus*. *Ardea*, 96 (2): 278-282.

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.

Meléndez, L. 2006. Estudio comparativo de las puestas de Gorrión Molinero (*Passer*

montanus) en cajas-nido; (El Escorial, Madrid). XVIII Congreso Nacional y III Ibérico de Ornitología. SEO/BirdLife-SPEA. Elche (España). Póster.

Møller, A. P. 1994. *Sexual Selection and the Barn Swallow*. Oxford: Oxford University Press.

Møller, A. P., Lindén, M., Soler, J. J., Soler, M. & Moreno, J. 1995. Morphological adaptations to an extreme sexual display, stone-carrying in the black wheatear *Oenanthe leucura*. *Behavioral Ecology*, 6, 368–375.

Moreno, G. 2006. *Reparto del alimento entre los pollos de las aves nidícolas por los padres: análisis de las estrategias involucradas*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España.

Pendlebury, C. 2004. Variation in temperature increases the cost of living in birds. *Journal of Experimental Biology*, 207: 2065-2070.

Salmón, P., Nilsson, J., Nord, A., Bensch, S. & Isaksson, C. 2016. Urban environment shortens telomere length in nestling great tits, *Parus major*. *Biology Letters*, 12: 1-4.

Sánchez-Aguado, F. J. 1984. Fenología de la reproducción y tamaño de la puesta en el Gorrión Molinero (*Passer montanus* L.). *Ardeola*, 31: 33-45.

Sánchez-Aguado, F. J. 1986. Sobre la alimentación de los Gorriones Molinero y Común (*Passer montanus* L. y *Passer domesticus* L.) en invierno y primavera. *Ardeola*, 33: 17-33.

Sánchez-Aguado, F. J. 1995. Gorrión Molinero *Passer montanus*. pp. 500-501. En: Purroy, F. J. (Ed.). *Atlas de las aves de España (1975-1995)*. Lynx Edicions, Barcelona.

Sanz, J.J. & García-Navas, V. 2011. Nest ornamentation in blue tits: is feather

carrying ability a male status signal? *Behavioral Ecology*, 22 (2): 240-247.

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.

Soler J.J., Cuervo J.J., Møller, A.P. & de Lope, F. 1998a. Nest building is a sexually selected behaviour in the barn swallow. *Animal Behaviour*, 56, 6: 1435-1442.

Soler, J. J., Møller A. P. & Soler, M. 1998b. Nest building, sexual selection and parental investment. *Evolutionary Ecology*, 12: 427–441.

Tellería, J. L., Asensio, B. & Díaz, M. 1996. *Aves Ibéricas II. Paseriformes*. J. M. Reyero Editor, Madrid.

Van Balen, J. & Cavé, A. 1969. Survival and weight loss of nestling great tits, *Parus major*, in relation to brood-size and air temperature. *Netherlands Journal of Zoology*, 20: 464-474.

Veiga, J. P. 1990. A comparative study of reproductive adaptations in house and tree sparrows. *The Auk*, 107: 45-59.

Witschi, E. 1956. *Development of vertebrate*. W. B. Saunders Co., Phila.

ANEXO 1

Pares de años	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
2015-2010	0.49662	0.14622	3.397	0.0108
2016-2015	-0.65342	0.10589	-6.171	< 0.001
2018-2016	0.59598	0.11686	5.100	< 0.001
2019-2016	0.40835	0.10276	3.974	0.0013

Tabla 1. Análisis Post-hoc (test de Tukey) donde se muestra como varía el número de pollos volados en la primera puesta entre pares de años.

Pares de años	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
2012-2010	0.96993	0.24275	3.996	0.0011
2015-2010	0.80954	0.17447	4.640	< 0.001
2016-2010	0.71349	0.17308	4.122	< 0.001
2019-2010	0.65533	0.16967	3.862	0.0018
2012-2011	0.78558	0.24060	3.265	0.0163
2015-2011	0.62519	0.17054	3.666	0.0041

Tabla 2. Análisis Post-hoc (test de Tukey) donde se muestra como varía el tamaño de la segunda puesta entre pares de años.

Pares de años	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z)
2015-2010	1.75737	0.47336	3.713	0.0024
2019-2010	2.17310	0.45942	4.730	< 0.001
2019-2016	0.69036	0.17628	3.916	0.0011
2019-2018	0.98710	0.29539	3.342	0.0094

Tabla 3. Análisis Post-hoc (test de Tukey) donde se muestra como varía el tamaño de la tercera puesta entre pares de años.