

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física
(Zoología)



**DIFERENCIAS EN LA CONDICIÓN FÍSICA ENTRE
INDIVIDUOS REPRODUCTORES Y NO
REPRODUCTORES DE GORRIÓN MOLINERO
*PASSER MONTANUS L.***

**MEMORIA FIN DE GRADO MENCIÓN AMBIENTAL
PRESENTADA POR**

Marta Hidalgo Peral

Bajo la dirección del Doctor
José Ignacio Aguirre de Miguel

Madrid, 2013

CONTENIDOS

1. Introducción	2
2. Material y métodos	4
Diseño experimental	4
Análisis estadísticos	9
3. Resultados	10
Masa corporal y estado reproductor	10
Grasa acumulada y estado reproductor	11
Musculatura y estado reproductor	13
Condición física a lo largo del año	14
Condición física y tamaño de puesta	16
4. Discusión	16
5. Conclusiones	18
6. Referencias	19

Diferencias en la condición física entre individuos reproductores y no reproductores de Gorrión molinero (*Passer montanus* L.)

Marta Hidalgo Peral

RESUMEN.—La reproducción es un proceso largo y costoso durante el cual la condición física del ave se ve afectada por el gasto de la gran cantidad de energía que requieren todas sus actividades. En este estudio se han tomado una serie de medidas biométricas de varios individuos de Gorrión molinero (*Passer montanus*) con la finalidad de conocer la relación entre la condición física y la capacidad reproductora. Se comprobó que los individuos reproductores tienen diferente condición física durante la reproducción que fuera de este período. El coste del período reproductivo afecta directamente a la masa corporal y a los depósitos de grasa, pero no a la musculatura desarrollada. Por otro lado, se estudió si la competencia entre hermanos condiciona la condición física y por ende la eficacia biológica de los futuros adultos. Los resultados indicaron que no era un parámetro determinante, posiblemente por carecer de datos de muchas de las medidas que afectan al desarrollo de los pollos en el nido.

Palabras clave: Gorrión molinero, *Passer montanus*, eficacia biológica, reproducción, condición física, masa corporal, grasa, músculo, tamaño de puesta, placa incubatriz, protuberancia cloacal, caja-nido.

ABSTRACT.—Reproduction is a long and expensive process during which the physical condition of the birds is affected by the consume of a large amount of energy required by all its activities. Along this study a series of biometric measurements of Tree Sparrow (*Passer montanus*) were taken in order to analyze the relationship between physical condition and fitness. It was found that reproductive individuals have a different body condition during the breeding season than outside of this period. The cost of the reproductive period affects the body mass and fat stores, but not developed musculature. Furthermore, we studied whether sibling competition affects the body condition and long-term fitness of adults. The results indicated that it was not a determining parameter, possibly due to lack of data of many of the measures that affect the development of the nestlings.

Key words: Tree Sparrow, *Passer montanus*, fitness, breeding, body condition, body mass, fat store, muscle size, brood size, brooding patch, cloacal protuberance, nest box.

INTRODUCCIÓN

En términos de evolución, la eficacia biológica de los organismos se mide según su éxito reproductivo, es decir, según la probabilidad de supervivencia y transmisión de genes propios a la siguiente generación. Esto es así porque la supervivencia y la reproducción, se regulan por las mismas variables: condición física, experiencia y habilidad para interactuar con el medio (Wheelwright y Schultz, 1994). Acorde con la selección intersexual, los individuos que posean alguna ventaja sobre otros de su mismo sexo y especie son los que conseguirán tener éxito reproductivo (Darwin, 1859). En consecuencia, los ejemplares con mejor condición física deberían ser los que tengan una mayor eficacia reproductiva.

La condición física puede definirse como la magnitud relativa de las reservas de energía en comparación con los componentes estructurales del cuerpo (Green, 2001). En las aves está determinada en base a la masa corporal en función del tamaño del individuo, la acumulación de grasa (Domènech & Senar, 1997b) y la musculatura desarrollada. Estos parámetros condicionan la vida del ave, ya que de ellos dependen aspectos tan importantes como el éxito reproductivo o la supervivencia de los individuos (Brown, 1996). Es posible que la eficacia reproductiva esté determinada desde etapas muy tempranas por la inversión parental sobre la descendencia (Bernardo, 1996a), además de por la competencia entre hermanos, uno de los factores más poderosos que explican la variación intra-nidada en la condición y la supervivencia de muchas especies (ver comentarios en Mock y Parker, 1998; Fargallo *et al.*, 2006).

Siguiendo la premisa de que la reproducción es fisiológicamente costosa, se han realizado estudios que han comprobado la relación entre la fecundidad y la posterior supervivencia de los individuos (Lessells, 1991; Moreno, 1993). Los ejemplares con una mejor condición física serán los candidatos a poder permitirse los costes a corto y largo plazo que exige la reproducción.

La especie elegida para llevar a cabo este estudio ha sido el Gorrión molinero (*Passer montanus*), un passeriforme de pequeñas dimensiones, con una amplia distribución y un población sedentaria en buen estatus en la provincia de Madrid. A pesar de lo que su nombre científico parece indicar, este ave tiende a evitar las montañas y los terrenos extensamente cubiertos de bosque denso, pastos o matorrales (De Juana, 1980), prefiriendo zonas rurales,

áreas cultivadas, sotos, márgenes de bosque, jardines y afueras de los pueblos (Tellería *et al.*, 1999) donde encuentra oquedades de origen natural y antrópico para criar. No suele adentrarse en los núcleos poblacionales, pero se ha observado una progresiva colonización de las grandes ciudades como Madrid para criar en parques extensos (Alonso y Purroy, 1979). El uso de cajas-nido artificiales incrementa el número de oquedades disponibles para la nidificación (González y de Eulate, 1974; García-Navas *et al.*, 2008) de esta especie cavernícola y además facilita las labores de seguimiento de los parámetros reproductivos. El Gorrión molinero abandona la vida en bandada a principios de marzo para dispersarse y conseguir los mejores puntos de nidificación. En Madrid la nidificación tiene lugar en toda la Comunidad, excepto en las zonas de alta montaña (Díaz *et al.*, 1994). La mayor parte de la población inicia la reproducción a principios de mayo, pero en algunos casos han empezado este período en abril y lo han prolongado hasta agosto. La cópula tiene lugar 6-8 días antes del comienzo de la puesta (Cramps y Perrins, 1998). Los ejemplares de Madrid realizan hasta tres puestas entre abril y agosto, aunque en promedio tienen 1,8 puestas/año, con un tamaño medio de puesta de 5,86 huevos (rango = 2-7, N = 594; Sánchez Aguado, 1984).

Además de por su óptima distribución y ecología para este estudio, se ha seleccionado esta especie por la facilidad que supone su captura y toma de datos a través de las sesiones de anillamiento científico, práctica realizada a escala global que consiste en la colocación de una anilla metálica en la pata de un ave silvestre viva. La anilla lleva grabado un remite que indica la estación donde se anilló (y por tanto dónde están archivados sus datos iniciales), uno o varios dígitos referentes al tamaño de la anilla y un número que identifica e individualiza al ejemplar y que por tanto es diferente para todas las anillas del mismo modelo y estación.

Gracias a este protocolo es posible realizar el seguimiento de las aves e investigar las variaciones que experimenta la condición física de cada individuo en distintos momentos de su ciclo biológico, como es el caso de este estudio, cuya finalidad es la de evaluar si la condición física de los ejemplares reproductores de Gorrión molinero es diferente a la de los ejemplares no reproductores. Para ello se han propuesto las siguientes hipótesis y predicciones: (1) Los ejemplares reproductores durante la época de reproducción tendrán peor condición física que los individuos que estén inactivos sexualmente. (2) Los individuos reproductores serán ejemplares de mayor calidad que los no reproductores. (3) La condición física de los individuos adultos puede estar determinada de manera indirecta por las

condiciones de desarrollo en las que se criaron (número de hermanos presentes en la nidada de origen).

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Área de estudio

Se han utilizado un total de 1303 observaciones en este estudio, 804 provienen de la Estación de Anillamiento Parque del Oeste y 499 de la Estación de Anillamiento Campus de Moncloa-UCM, ambas situadas en la provincia de Madrid. La primera se localiza dentro de las 63,8 ha del parque urbano, concretamente en el Centro de Avifauna del Parque del Oeste de Madrid (Madrid, España: 40°26'03'' N, 3°43'46'' O). La segunda de 4,5 ha (Madrid, España: 40°26'47'' N, 3°43'33'' O) está ubicada en el Real Jardín Botánico Alfonso XII. Las observaciones del Parque del Oeste se recopilaron desde el año 2009 hasta el 2013 y las del Campus de Moncloa-UCM del año 2010 al 2012.

Muestreo

Las estaciones de anillamiento mencionadas en el apartado anterior se caracterizan por ser estaciones de esfuerzo constante (Constant Effort Site o CES), lo que significa que en ellas se anillan aves con un régimen de trampeo regular durante un periodo de tiempo prolongado y donde el número, la ubicación de las redes empleadas para la captura y marcado, así como las características técnicas, son constantes. El muestreo mediante esta técnica tiene ventajas frente a otros métodos, pues el número de individuos que se capturan no depende del anillador y puede ser desarrollado exactamente igual por diferentes anilladores, lo que facilita estudios a muy largo plazo. Además los datos obtenidos en cualquier momento del año pueden ser comparados con los de otros años u otros periodos del mismo año.

En la estación Parque del Oeste se colocaron separadas entre sí dos redes japonesas con una longitud de 24 metros cada una y en la estación Campus de Moncloa-UCM se dispusieron un total de 3 redes japonesas de 30 de longitud en lugares distanciados dentro del Jardín Botánico. Teniendo en cuenta el tamaño de las aves que podían caer en las redes, la luz

de malla fue cuidadosamente elegida para disminuir lo máximo posible el riesgo de deterioro de las plumas de las aves atrapadas. Una vez colocadas las redes al amanecer, se examinaron todas cada hora, sumando un total de 5 revisiones por cada red a lo largo de la sesión de anillamiento. En cada revisión, las aves que cayeron en la red fueron recogidas en colectores (bolsas de tela individuales con un cordón pasante a modo de cierre) para evitar que los ejemplares se estresaran durante su transporte hasta el lugar de anillamiento. Una vez allí, se extrajo del colector el ave que iba a ser examinada y sujetándola firme pero delicadamente se procedió a la colocación de la anilla y al estudio del ave en mano siguiendo las directrices propuestas por Svensson (1998) y Pinilla (2000). Anotadas todas las observaciones, se liberó el ave simplemente abriendo la mano y esperando a que emprendiera el vuelo. El mismo proceso se repitió con cada uno de los ejemplares capturados en las redes japonesas. Las variables más relevantes para estudio fueron: especie, anilla metálica, fecha, masa corporal, grasa, músculo, tarso, placa incubatriz y protuberancia cloacal.

Con el fin de identificar a distancia los ejemplares capturados sin tener que volver a recapturarlos, se les colocaron tres anillas de colores que junto con la anilla de metal dotaban al ejemplar de un código único.

La medición de la masa corporal de los ejemplares (N = 1245) se realizó mediante una balanza digital ± 0.1 g de precisión (*Giros* PG-300). Con el objetivo de comparar más adelante la condición física representada como Masa corporal/Tarso con respecto al tipo de individuo y a la época del año en la que se encontraba el ejemplar capturado o recapturado se establecieron tres períodos distintos correspondientes al período pre-reproductor, reproductor y post-reproductor: Trimestre 1 (abarca los meses enero, febrero y marzo), Trimestre 2-3 (desde abril hasta septiembre, ambos incluidos) y Trimestre 4 (que consta de los meses de octubre, noviembre y diciembre).

La grasa se deposita en distintas partes del cuerpo y se observa como acumulaciones de color amarillento, blanquizco o rosáceo que contrastan con el color rojo del músculo. Se cuantificó la grasa subcutánea (N = 310) visible en la región interclavicular y abdominal en base al criterio de Kaiser (1993) (Figura 1).

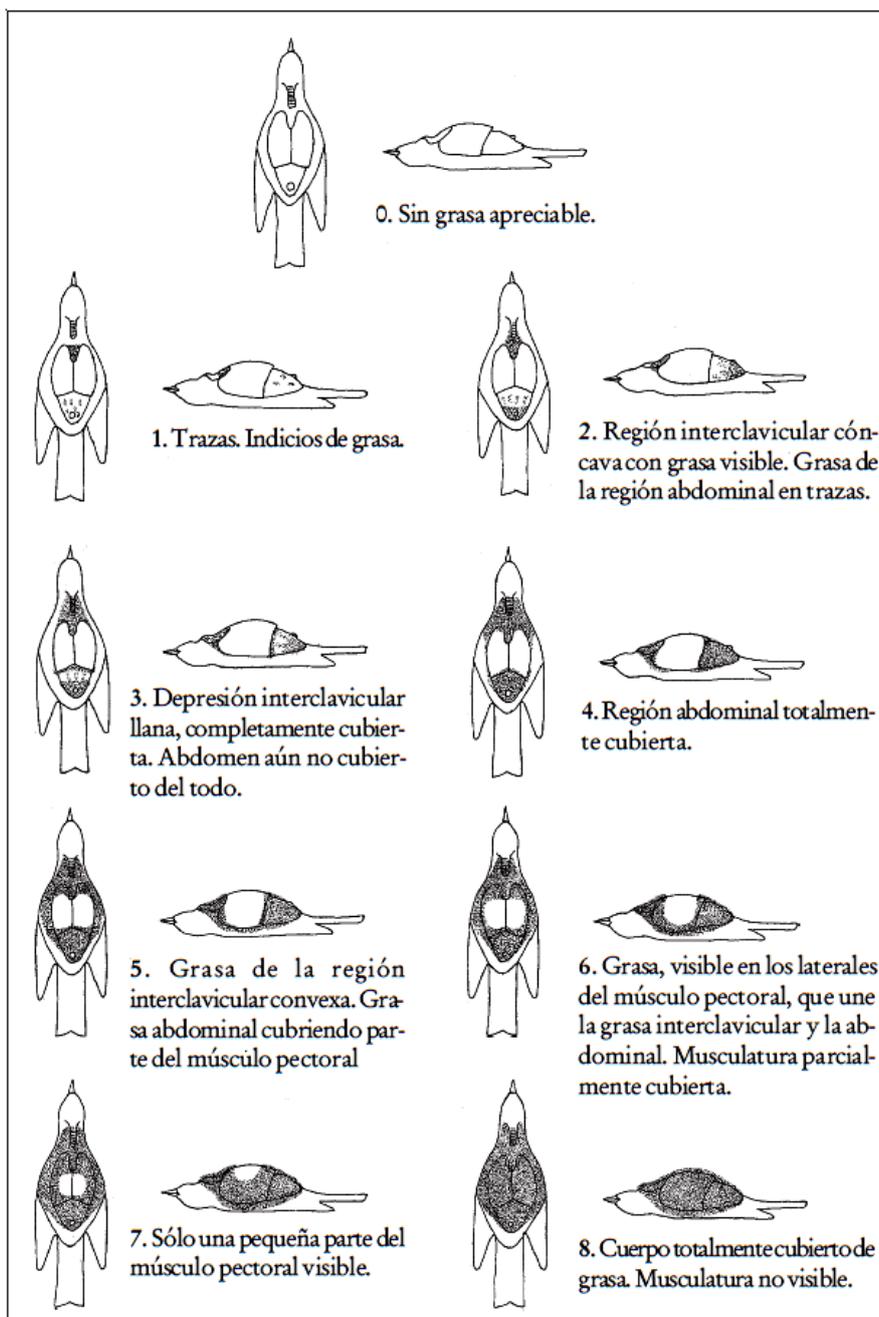


Figura 1. Descripción de la escala de clasificación de la grasa (Pinilla, 2000) modificado a partir de Kaiser (1993).

En el músculo pectoral se acumulan grandes cantidades de proteínas que el ave puede usar como fuente de energía a medio o largo plazo, lo que sucede cuando el pájaro ha consumido todas sus reservas grasas. La medición se realizó palpando la zona de la quilla (N = 420). Los valores de clasificación (Pinilla, 2000) que se siguieron se representan en la Figura 2.

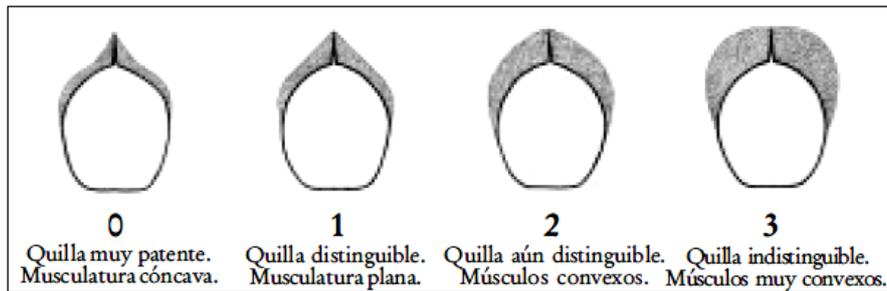


Figura 2. Código de clasificación del músculo pectoral (Pinilla, 2000).

El tarso es un hueso próximo al pie que se denomina genéricamente tarsometatarso. Su medición (N = 401) se realizó mediante un calibre digital con ± 0.01 mm de precisión (*Powerfix Profi+*). Se doblaron cuidadosamente los dedos del ave hacia atrás, alrededor de 90° con respecto al tarso, midiendo desde la muesca de la parte posterior de la articulación intertarsal hasta el borde de la última escama anterior a donde los dedos divergen (Figura 3).

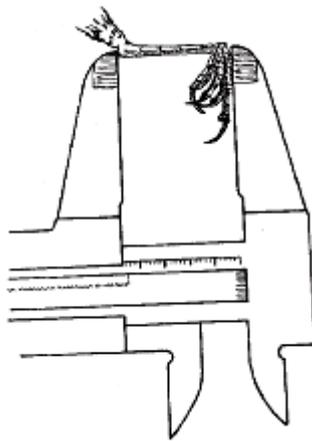


Figura 3. Medición del tarso con un calibre (Pinilla, 2000).

La placa incubatriz -o placa de puesta- es desarrollada por la mayoría de hembras passeriformes antes de iniciar el período de incubación. Para formarla, generan cambios fisiológicos que desembocan en la pérdida de plumas de parte de la superficie ventral y en un aumento considerable de irrigación sanguínea en esa zona, de manera que la piel se enrojece, engrosa y arruga. Una vez eclosionados los huevos, la placa incubatriz comienza retraerse gradualmente. Durante el período de regresión, la piel de la placa pierde irrigación y aparece finamente arrugada, escamosa y menos transparente (N = 38).

Para determinar el estado de desarrollo de la placa incubatriz se tuvo en cuenta el código numérico propuesto por Pinilla (2000) (Tabla 1).

-
- 0 No la presenta.
 - 1 Sin plumas en la zona ventral, con la piel lisa y de color rojo oscuro.
 - 2 Irrigación evidente. Algunas arrugas gruesas y un poco de fluido bajo la piel. Color rosa pálido.
 - 3 Irrigación máxima. Muchas arrugas gruesas y fluido visible. Color rosa pálido.
 - 4 En regresión. Sin fluido y poca irrigación. De aspecto seco, con arrugas finas y reseca.
 - 5 Plumas de la parte ventral en crecimiento.
 - 9 Desconocido.
-

Tabla 1. Código de desarrollo de la placa incubatriz (Pinilla, 2000).

La cloaca es una estructura que sirve tanto para funciones excretoras como reproductoras. Durante el período de reproducción la cloaca se presenta en los machos con forma de protuberancia bulbosa y en las hembras aparece como un orificio dilatado (Mason, 1938). Para observarla (N = 14) se retiró el plumaje mediante un ligero soplido, ya que es una de las zonas más vulnerables de un ave.

Durante el estudio se examinó la condición física, medida en base a los parámetros explicados anteriormente, de varios ejemplares reproductores (N = 77) en dos momentos distintos de su ciclo biológico: durante el período de reproducción (activos sexualmente, N = 49) y fuera del período de reproducción (inactivos sexualmente, N = 28). Para diferenciar los individuos durante la época reproductora se emplearon dos métodos diferentes:

Presencia de placa incubatriz o forma de la protuberancia cloacal anotados durante las sesiones de anillamiento en el caso de los ejemplares capturados y recapturados durante 2009-2012.

Avistamiento de anillas de colores de los gorriones molinero marcados en las dos estaciones de anillamiento muestreadas y que se reprodujeron en las cajas nido. En este estudio se asumió que los individuos presentes en las cajas-nido estaban reproduciéndose, lo que se comprobó posteriormente con la revisión de las cajas. Este método de muestreo se aplicó durante los meses de abril y mayo, obteniendo un total de 7 ejemplares válidos para el estudio.

Por otro lado se seleccionaron un conjunto de individuos al azar (N = 118) de los que no se conocía su condición reproductora, ya que se capturaron en épocas del año durante las cuales no expresaban ni placa incubatriz ni protuberancia cloacal.

Otra de las variables contempladas durante este estudio fue el tamaño de la puesta de la que formaban parte los ejemplares capturados meses después como reproductores. Se definió como el conjunto de huevos presentes por cada puesta en un nido. Estos datos se obtuvieron revisando las cajas-nido durante la temporada de puestas entre 2009 y 2012 (N = 725).

Análisis estadísticos

Todas las observaciones utilizadas para la realización del estudio fueron extraídas de la base de datos de los anillamientos y con ellas se construyó una matriz con los datos de las variables año de anillamiento, mes y día de anillamiento, código de la anilla metálica, período de captura o recaptura, placa incubatriz, capacidad de cría, masa corporal, tarso, residuo masa corporal-tarso, grasa, músculo, período del año y tamaño de puesta de los individuos que componen nuestra muestra.

El objetivo principal del uso de los residuos de la masa corregida por el tarso es separar los matices de la masa corporal que son debidos al tamaño estructural del ave de los que reflejan las grasas y otras reservas de energía (Green, 2001). Mediante numerosos estudios se ha argumentado que este tipo de residuos logran separar de la mejor manera los efectos de la condición física de los efectos del tamaño corporal (Reist, 1985; Krebs y Singleton, 1993; Jakob *et al.*, 1996).

Como primer paso, se comprobó la normalidad de las variables residuo masa corporal-tarso, tamaño de puesta, músculo y grasa, posteriormente las dos últimas se normalizaron mediante las transformaciones convenientes.

Se realizaron modelos lineales generalizados (GLM) con las variables dependientes (residuo masa corporal-tarso, grasa normalizada, músculo normalizado y tamaño de la puesta) y las variables independientes (período del año y tipo de individuo: sexualmente activo, inactivo o al azar) para observar el grado de relación que albergaban entre sí. Siempre que fue necesario se introdujeron como factores aleatorios el individuo, para evitar errores de pseudorreplicación (utilización de unidades experimentales que no son independientes entre

sí), y el año, dado que pueden existir variaciones interanuales en las condiciones ambientales que repercutan en la condición física de los ejemplares a analizar.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa STATISTICA, concretamente con la versión Portable Statistica 8.

RESULTADOS

Masa corporal y estado reproductor

La mejor condición física reflejada en la Masa corporal/Tarso es significativamente menor en los individuos reproductores que están activos sexualmente que en los que se encuentran inactivos ($F_{1,65} = 6.2173$, $P = 0.01521$; Figura 4), pero por el contrario, no se observa relación entre una mejor condición física de los reproductores fuera de la época de reproducción y los ejemplares seleccionados al azar ($F_{1,82} = 3.8239$, $P = 0.05393$; Figura 5). En la Tabla 2 se pueden observar el número de ejemplares utilizados para el análisis así como la media y la desviación típica de los resultados.

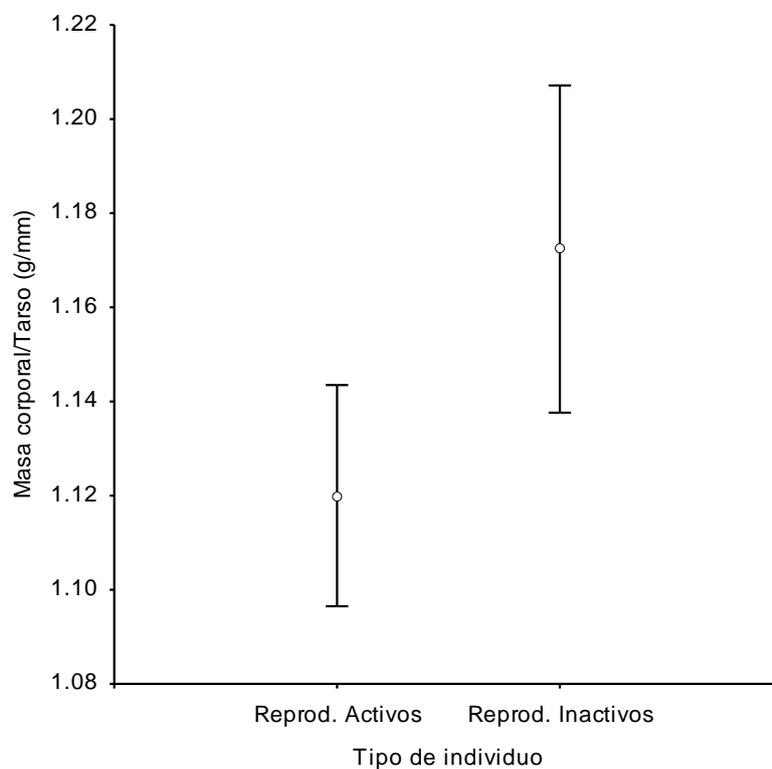


Figura 4. Condición física medida como masa corporal/tarso en individuos reproductores activos e inactivos sexualmente.

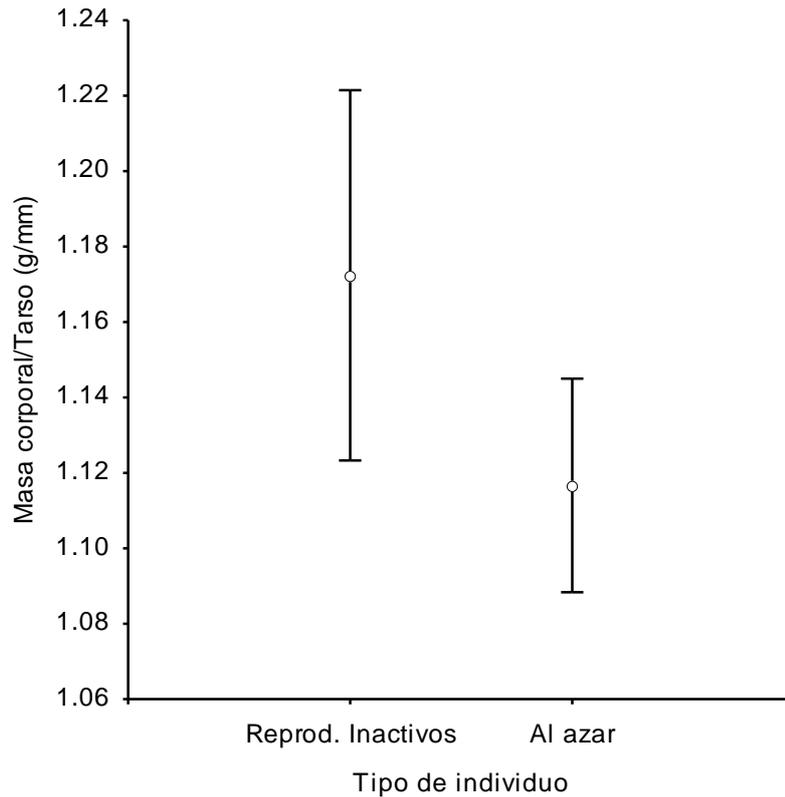


Figura 5. Condición física medida como masa corporal/tarso en individuos reproductores fuera de la época de reproducción y ejemplares aleatorios.

Grasa acumulada y estado reproductor

Se comprobó que los individuos reproductores en época de actividad sexual tienen significativamente menos grasa que aquellos individuos reproductores que no se están reproduciendo ($F_{1,75} = 10.901$, $P = 0.00147$; Figura 6). Además, se aprecia también una relación significativa entre unos valores de grasa superiores y los individuos seleccionados al azar frente a los ejemplares reproductores inactivos sexualmente ($F_{1,137} = 6.9718$, $P = 0.00924$; Figura 7). En la Tabla 2 se pueden observar el número de ejemplares utilizados para el análisis así como la media y la desviación típica de los resultados.

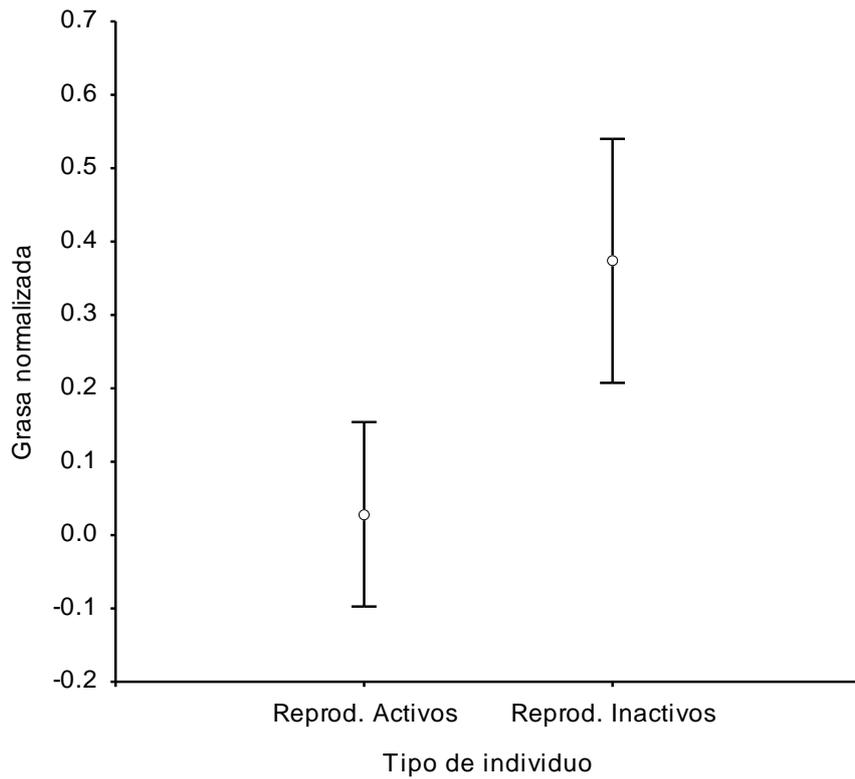


Figura 6. Condición física medida como grasa acumulada en los individuos reproductores durante y fuera de la época de reproducción.

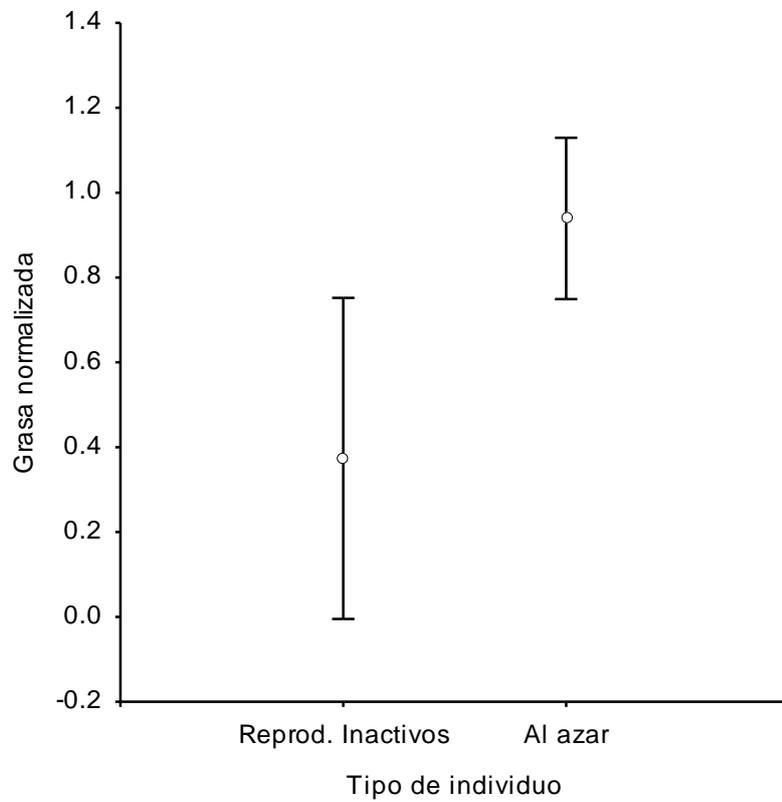


Figura 7. Condición física medida como grasa acumulada en los ejemplares reproductores inactivos sexualmente y en los individuos seleccionados al azar.

Musculatura y estado reproductor

Se observó que no hay una relación significativa entre la musculatura y los individuos reproductores tanto en actividad sexual como en inactividad ($F_{1,71} = 0.63644$, $P = 0.42766$; Figura 8) al igual que tampoco la hay entre los ejemplares fuera del período de reproducción y los seleccionados al azar ($F_{1,88} = 1.2984$, $P = 0.25759$; Figura 9). En la Tabla 2 se pueden observar el número de ejemplares utilizados para el análisis así como la media y la desviación típica de los resultados.

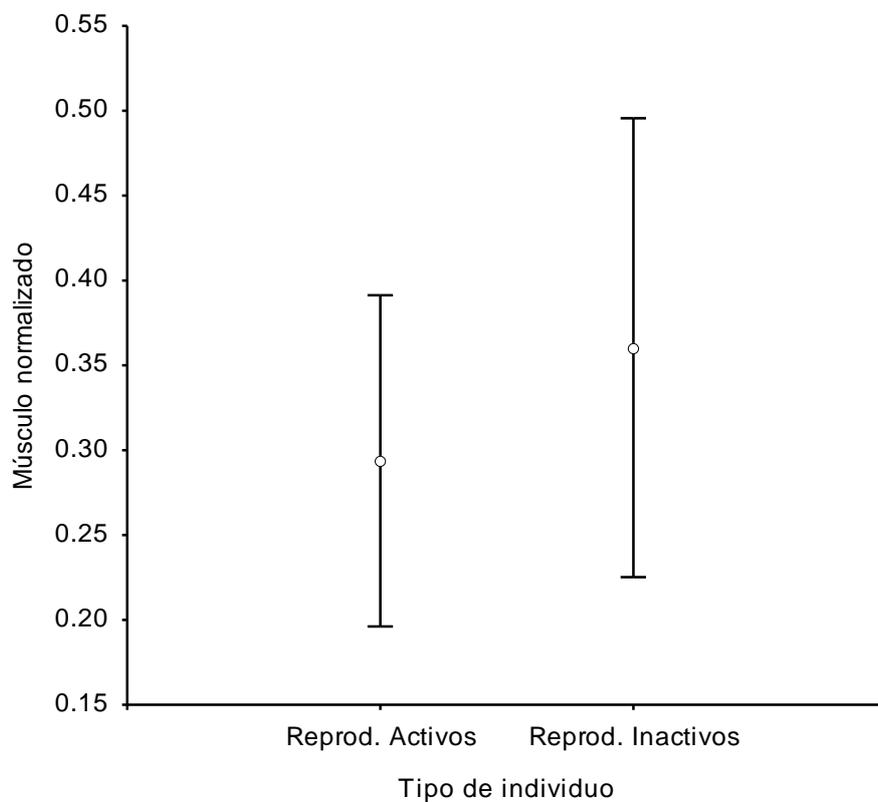


Figura 8. Condición física medida como musculatura presente en los individuos reproductores activos e inactivos sexualmente.

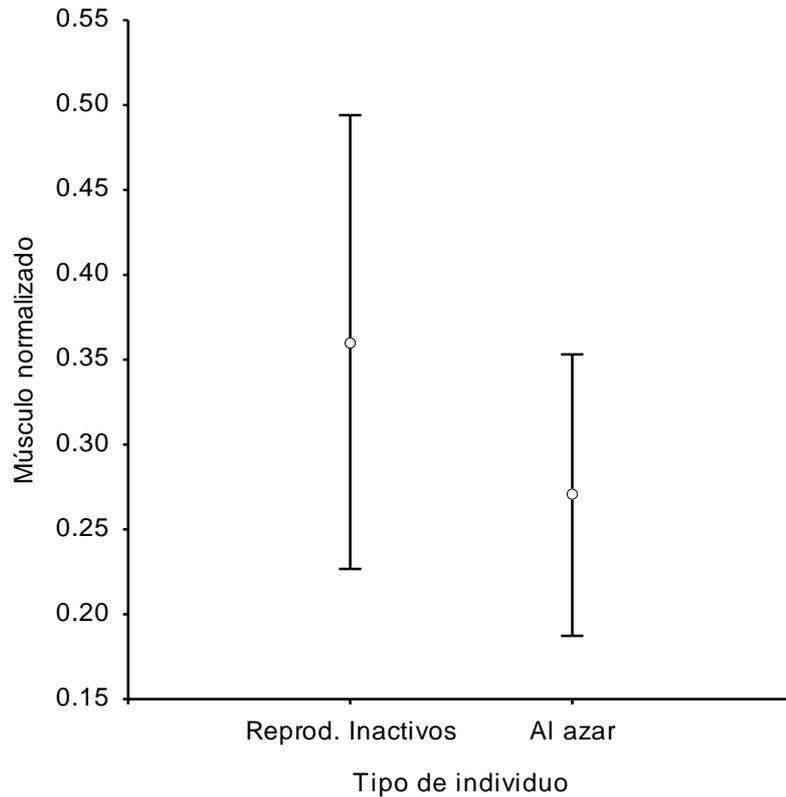


Figura 9. Condición física medida como musculatura presente en los individuos reproductores inactivos sexualmente y en los ejemplares seleccionados aleatoriamente.

Análisis de la condición física y el estado reproductor			
	Reproductores Activos	Reproductores Inactivos	Individuos al azar
Masa corporal	N = 46 1.12±0.012	N = 21 1.17±0.02	N = 63 1.12±0.01
Grasa	N = 49 0.03±0.06	N = 28 0.37±0.19	N = 111 0.94±0.10
Músculo	N = 48 0.29±0.05	N = 25 0.36±0.07	N = 65 0.27±0.04

Tabla 2. Número de ejemplares utilizados y valor medio±desviación típica de los resultados para los análisis de condición física y estado reproductor.

Condición física a lo largo del año

Realizado el análisis se comprobó que la relación entre las variables era significativa ($F_{2,78} = 7.2969$, $P = 0.00124$; Figura 10), los individuos reproductores inactivos tienen mejor condición física a lo largo de todo el año que los ejemplares seleccionados al azar. En este

caso no se tuvieron en cuenta los individuos reproductores activos sexualmente porque sus muestras sólo aparecerían representadas en el Trimestre 2-3 y no a lo largo de todo el año. En la Tabla 3 se pueden observar el número de ejemplares utilizados para el análisis así como la media y la desviación típica de los resultados.

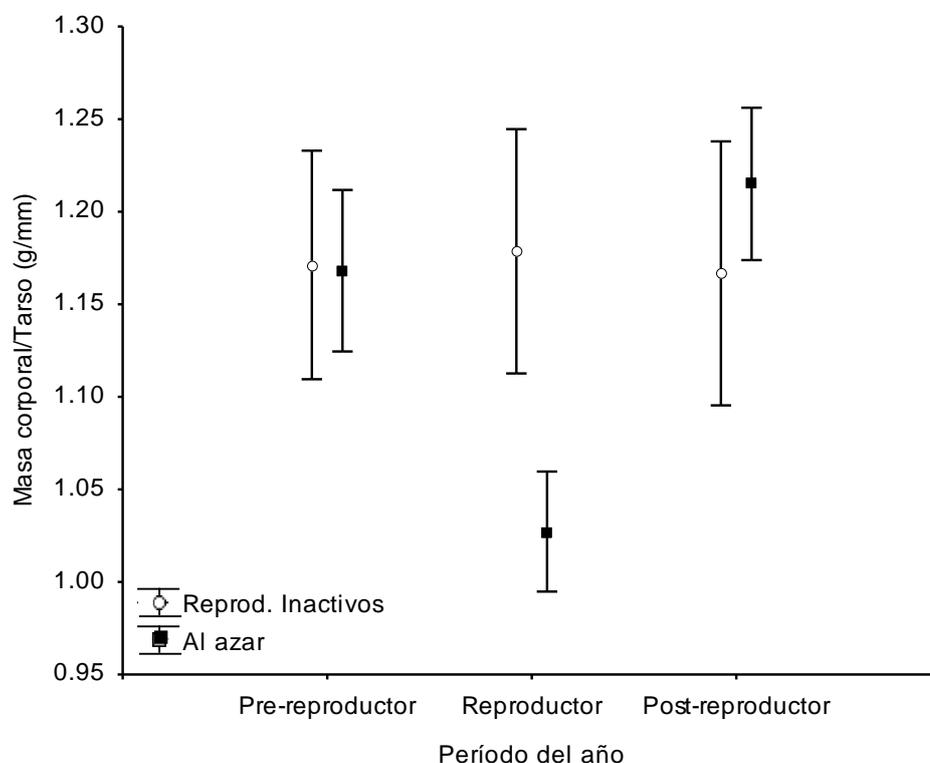


Figura 10. Condición física medida como masa corporal/tarso con respecto al tipo de individuo y a la época del año.

Análisis de la condición física a lo largo del año		
	Reproductores Inactivos	Individuos al azar
Pre-reproductor	N = 8 1.17±0.03	N = 16 1.17±0.02
Reproductor	N = 7 1.18±0.03	N = 29 1.03±0.02
Post-reproductor	N = 6 1.17±0.04	N = 18 1.22±0.02

Tabla 3. Número de ejemplares utilizados, valor medio±desviación típica de los resultados del análisis de la condición física durante todo el año.

Condición física y tamaño de puesta

Se estudió la relación presente entre la condición física de los individuos (representada como Masa corporal/Tarso) y el tamaño de puesta de los individuos, pero no se observaron resultados significativos ($F_{2,10} = 1.4116$, $P = 0.28842$).

DISCUSIÓN

La reproducción es un proceso largo y costoso durante el cual la condición física del ave se ve afectada por el gasto de gran cantidad de energía que supone establecer un territorio, encontrar pareja, construir el nido y criar a los pollos. Los resultados obtenidos demostraron que los individuos tienen menor masa corporal y menos grasa acumulada cuando son reproductores activos que cuando estos mismos no están reproduciéndose.

Las presiones de la selección natural provocan sobre las poblaciones la adaptación de los caracteres que mejoran la acomodación de los organismos al ambiente que los rodea. El argumento central de Darwin (1859) para formular la teoría de evolución por selección natural parte de la limitación de recursos y de la variabilidad existente en la naturaleza entre individuos de la misma especie o población. En una población en la que los organismos existentes explotan los mismos recursos, los ejemplares con mejores características propias para extraer bienes del medio en el que habitan tendrán una probabilidad más alta de obtener una mayor cantidad de recursos. En base a esta teoría, sería justificable que los ejemplares reproductores de *buena calidad* tengan una condición física superior porque son capaces de gestionar mejor las actividades esenciales que compiten por los recursos disponibles comprometiendo unas a otras. Un aumento en la inversión de recursos en una función determinada suele implicar la reducción del presupuesto disponible para otras (Roff, 1992; Stearns, 1992). El descenso tan notorio de masa corporal expresado en el trimestre 2-3 puede deberse a que es en este período donde realmente se encuentran bien diferenciados los individuos reproductores de los no reproductores, mientras que en el trimestre 1 (pre-reproductor) y en el 4 (post-reproductor) probablemente haya ejemplares de ambos tipos que condicionen los resultados.

La pérdida de masa corporal en los individuos activos sexualmente puede estar asociada con el stress reproductivo. Frecuentemente se ha registrado en las aves disminuciones en peso asociadas al ciclo reproductivo (Moreno, 1989a). Por otro lado, hay autores que consideran que esta pérdida de se produce en respuesta a las presiones selectivas durante la reproducción (Freed, 1981; Norberg, 1981; Ricklefs y Hussell, 1984).

Los depósitos de grasa son reservas de energía de rápido consumo, altamente energéticas, con una elevada plasticidad y sujetas a variaciones estacionales, temporales e incluso circadianas. Las especies sedentarias no acumulan reservas durante la reproducción debido al conocimiento de la delimitada área en la que habitan y a su facilidad de explotación tanto por la previsibilidad de encontrar alimento como por la abundancia de recursos durante esta época. Desde este punto de vista, la acumulación de reservas supondría un peso innecesario y costoso de transportar, sintetizar y movilizar.

Sin embargo, que la comparación de la grasa acumulada en los reproductores inactivos y los individuos al azar resultara ser significativamente superior para los ejemplares aleatorios no concuerda con la teoría de la selección natural comentada anteriormente, pero es posiblemente justificable porque entre los ejemplares seleccionados al azar seguramente haya algunos individuos reproductores de los que no se supo su condición porque fueron capturados en una época del año durante la cual no expresaban caracteres morfológicos sexuales.

La musculatura es un recurso a medio-largo plazo que se modifica para prolongados períodos de ejercicio (Swaddle y Biewener, 2000). La proporción de musculatura corporal se regula de forma adaptativa para satisfacer demandas específicas como el rendimiento del vuelo (Piersma *et al.*, 1999) especialmente en aves migratorias. Siendo el Gorrión molinero una especie sedentaria las variaciones en la masa muscular están sometidas a menores presiones y en consecuencia no se observa relación significativa entre el estado reproductor y la musculatura desarrollada.

Tras analizar si la condición física de los gorriónes molinero está relacionada con el tamaño de la puesta, se obtuvieron resultados no significativos. Por el contrario, son numerosos los estudios que justifican que sí existe relación significativa (Ricklefs, 1983, O'Connor, 1984). Por otro lado, hay más factores que determinan la condición física de las

aves, como es el caso de la abundancia y/o calidad de alimento (Boag, 1987; Van Noordwijk *et al.*, 1988; Geist, 1987; Baker, 1992) y del tamaño de los huevos, que influye en las dimensiones de los individuos de la pollada no sólo en los primeros días tras la eclosión, sino también durante el período de desarrollo de la termorregulación y el crecimiento de las plumas, lo que aumenta la posibilidad de desarrollar más masa corporal y tamaño estructural (longitud del tarso), incrementando así su eficacia biológica (Pinowska *et al.*, 2004). En nuestro estudio no se han podido medir muchos de los parámetros mencionados, pero posiblemente hayan influido en los resultados obtenidos. También hay que considerar que el número de ejemplares fuera de la época de reproducción para este último análisis era bastante bajo como para confirmar con certeza los resultados obtenidos.

La determinación de parámetros fácilmente medibles como los relacionados con la condición física puede ser una herramienta muy útil para la evolución tanto de la calidad individual como de la eficacia biológica de los organismos y las poblaciones. Las investigaciones futuras deberían abordar estudios que analicen el mayor número posible de ejemplares y variables durante las fases iniciales del desarrollo para conseguir datos lo suficientemente relevantes como para hacer una afirmación de peso sobre la última cuestión abordada en este estudio.

CONCLUSIONES

La reproducción es un proceso altamente costoso que afecta de un modo plenamente directo a la condición física de los individuos tanto a corto como a largo plazo. Los ejemplares reproductores tienen cualidades que difieren de las de los no reproductores, siendo los primeros de mejor calidad ya que tienen que hacer frente a un enorme gasto durante toda la vida. A pesar de que no se corroboren en este trabajo los resultados obtenidos en otros estudios, es muy posible que esta calidad esté determinada desde las etapas más tempranas del desarrollo de los individuos.

REFERENCIAS

- Alonso, J.A., y Purroy, F.J. 1979. *Avifauna de los parques de Madrid*. 109 págs. Naturalia Hispanica nº18. Icona. Madrid.
- Baker, A. J. 1992. Genetic and morphometric divergence in ancestral European and descendent New Zealand populations of Chaifinches (*Fringilla coelebs*). *Evolution*, 46: 1784-1800.
- Bernardo, J. 1996a. Maternal effect in animal ecology. *American Zoologist*, 36: 83-105.
- Boag, P. T. 1987. Effects of nestling diet on growth and adult size on Zebra Finches *Poephila guttata*. *The Auk*, 104: 155-166.
- Brown, M.E. 1996. Assessing body condition in birds. *Current Ornithology*, 13: 67-121.
- Cramp, S., Perrins, C. M. 1998. *The Birds of the Western Palearctic. Vol. VIII*. 912 págs. Oxford University Press. Oxford.
- Darwin, C.R. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. 626 págs. John Murray. London.
- De Juana, E. 1980. *Atlas ornitológico de La Rioja*. 658 págs. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño.
- Díaz, M., Martí R., Gómez-Manzaneque, Á. y Sánchez, A. (Eds). 1994. *Atlas de las Aves Nidificantes en Madrid*. 733 págs. Agencia de Medio Ambiente y SEO/Birdlife. Madrid.
- Domènech, J. & Senar, J.C. 1997b. Medición de la condición física de las aves a través de la Ptilocronología. *Etologuía*, 15: 37-44.
- Fargallo, J.A., Polo, V., de Neve, L., Martín, J., Dávila, J. y Soler, M. 2006. Hatching order and size-dependent mortality in relation to brood sex ratio composition in chinstrap penguins. *Behavioral Ecology*, 17: 772-778.
- Freed, L.A. 1981. Loss of mass in breeding Wrens: stress or adaptation?. *Ecology*, 62: 1179-1186.
- García-Navas, V., Arroyo, L., Sanz, J. J., Díaz, M. 2008. Effect of nestbox type on occupancy and breeding biology of Tree Sparrows (*Passer montanus*) in central Spain. *Ibis*, 150: 356-364.
- Geist, V. 1987. Bergmann's rule is invalid. *Canadian Journal of Zoology*, 65: 11035-1038.

- González, E., de Eulate, J. A. 1974. Avance sobre resultados obtenidos en nidales artificiales en el Valle de Jaizubia. *Munibe*, 26: 79-92.
- Green, A.J. 2001. Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results?. *Ecology*, 82: 1473–1483.
- Jakob, E. M., S. D. Marshall, and G. W. Uetz. 1996. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos*, 77: 61–67.
- Kaiser, A. 1993. A new multi-category classification of subcutaneous fat deposits of songbirds. *Journal of Field Ornithology*, 64: 246-255.
- Krebs, C. J., and G. R. Singleton. 1993. Indexes of Condition for Small Mammals. *Australian Journal Of Zoology*, 41: 317–323.
- Lessells, C.M. 1991. The evolution of life histories. En: *Behavioural ecology, an evolutionary approach*. Krebs, J.R. y Davies, N.B. (eds.). 32-36 págs. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Mason, E.A. 1938. Determining sex in living bird. *Bird-Banding*, 9: 46-48.
- Mock, D.W. y Parker, G.A. 1998. Siblicide, family conflict and the evolutionary limits of selfishness. *Animal Behaviour*, 56: 1–10.
- Moreno, J. 1989a. *Strategies of mass change in breeding birds*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37: 297-310.
- Moreno, J. 1993. Physiological mechanisms underlying reproductive trade-offs. *Etología*, 3: 41-56.
- Norberg, R.A. 1981. Temporary weight decrease in breeding birds may result in more fledged young. *American Naturalist*, 118: 838-850.
- O'Connor, R. J. 1984. *The growth and development of birds*. 326 págs. John Wiley and Sons. Chichester.
- Piersma, T., Gudmundsson, G. A. y Lilliendahl, K. 1999. Rapid changes in the size of different functional organ and muscle groups during refueling in a long-distance migrating shorebird. *Physiological and Biochemical Zoology*, 72: 405-415.
- Pinilla, J. (Coord.) 2000. *Manual para el anillamiento científico de aves*. 163 págs. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM. Madrid.
- Pinowska, B., Barkowska, M., Pinowski, J., Bartha A., Hahm, K-H., Lebedeva, N. 2004. The effect of egg size on growth and survival of the Tree Sparrow *Passer montanus* nestlings. *Acta Ornithologica*, 39: 121-135.
- Reist, J. D. 1985. An empirical evaluation of several univariate methods that adjust for size variation in morphometric data. *Canadian Journal of Zoology*, 63: 1429–1439.

- Ricklefs, R. E. 1983. Avian postnatal development. *Avian Biology*, 7: 1-83.
- Ricklefs, R.E. y Hussell, D.J.T. 1984. Changes in adult mass associated with the nestling cycle in the European Starling. *Ornis Scandinavica*, 15: 155-161.
- Roff, D.A. 1992. *The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis*. 548 págs. Chapman & Hall. Nueva York.
- Sánchez-Aguado, F. 1984. Fenología de la reproducción y tamaño de la puesta en el gorrión molinero, *Passer montanus* L. *Ardeola*, 31: 33-45.
- Stearns, S.C. 1992. *The evolution of Life Histories*. 262 págs. Oxford University Press. Oxford.
- Svensson, L. 1998. *Guía para la identificación de los Passeriformes Europeos*. 404 págs. SEO/BirdLife. Madrid.
- Swaddle, J. P. y Biewener, A. A. 2000. Exercise and reduced muscle mass instarlings. *Nature*, 406: 585-586.
- Tellería, J. L., Asensio, B., Díaz, M. 1999. *Aves Ibéricas. II Paseriformes*. 232 págs. J. M. Reyero (Ed.). Madrid.
- Van Noordwijk, A. J., Van Balen, J. H. & Scharloo, W. 1988. Heritability of body size in a natural population of the Great Tit (*Parus major*) and its relation to age and environmental conditions during growth. *Genetical Research Cambridge*, 51: 149-162.
- Wheelwright, N.T. & Schultz, C.B. 1994. Age and reproduction in Savannah sparrows and tree swallows. *Journal of Animal Ecology*, 63: 686-702.