

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Significado funcional de la variabilidad de los patrones de moteado de los huevos del *Parus major* en Buunderkamp, Países Bajos.

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTORA:

Recalde Rodríguez, Allison Ivonne

DIRECTOR:

Espinosa Iñiguez, Carlos Iván. Ph.D.

COAUTOR:

Tomás Gutiérrez, Gustavo. Ph.D.

LOJA - ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctor.
Carlos Iván Espinoza Iñiguez.
DOCENTE DE LA TITULACIÓN
De mi consideración:
El presente trabajo de titulación: Significado funcional de la variabilidad de los patrones de
moteado de los huevos del <i>Parus major</i> en Buunderkamp, Países Bajos, realizado por
Allison Ivonne Recalde Rodríguez, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por
cuanto se aprueba la presentación del mismo.
Loja, agosto de 2016
f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

"Yo, Allison Ivonne Recalde Rodríguez, declaro ser autora del presente trabajo: Significado

funcional de la variabilidad de los patrones de moteado de los huevos del Parus major en

Buunderkamp, Países Bajos, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo Carlos Iván

Espinosa Iñiguez director y Gustavo Tomás Gutiérrez coautor del presente trabajo; y eximo

expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de

posible reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos,

procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva

responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico

vigente de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente

dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de

investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis o trabajos de titulación que se realicen

con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f......

Autora: Recalde Rodríguez Allison Ivonne

Cédula: 1104113202

iii

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación, va dedicado primeramente a Jesús, por guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome que hay mil maneras de solucionar cualquier problema.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mi bella madre, por ser luchadora a pesar de todos los problemas que se presentaron durante todo el tiempo, que siempre me ha guiado por el buen camino, ella es una verdadera madre que se preocupa por mí, gracias a ella puedo escuchar y hablar bien para para cumplir mis metas, ser un buen profesional, me han dado todo lo que soy como persona, luchadora, fuerte e inteligente capaz de demostrar mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanas, por siempre apoyarme en cualquier momento que necesitaba, por darme fuerzas para mantenerme firme la mirada hacia el horizonte del éxito.

A mi padrastro que está en el cielo, por ser un buen padre para mis hermanas, que a pesar de la enfermedad estuvo todo el tiempo con nosotros acompañándonos hasta el final.

A mis amigos, por ser amables y sinceros conmigo, que siempre me apoyaron a seguir adelante en el presente trabajo de titulación, por darme ánimos, motivación y felicidad.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja, por darme la oportunidad de estudiar la carrera de Gestión Ambiental, y al departamento de Becas Académicas, por brindarme una oportunidad para seguir continuando mis estudios académicos.

A mi director, Ph.D. Carlos Iván Espinosa, gracias a él pude seguir continuando con mi trabajo de titulación por orientarme en la realización de este trabajo, por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

A mi coautor, Ph.D Gustavo Tomás Gutiérrez, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Por siempre estar pendiente de mi trabajo a pesar de la distancia que ahora se encuentra en España.

A Magister Leonardo Ordoñez, por dedicarme su tiempo para la revisión de mi trabajo de titulación, por brindarme apoyo para seguir adelante para la realización del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	l
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	6
CAPITULO I.	7
MARCO TEÓRICO	7
1.1 Carbonero común Parus major	8
1.1.1 Distribución, alimentación y hábitat	8
1.1.2 Morfología	8
1.1.2.1 Biometría y masa corporal.	9
1.1.2.2 Dimorfismo sexual.	9
1.1.3 Status de conservación	10
1.1.4 Biología reproductiva del Parus major	10
1.1.4.1 Sitios de nidificación y tamaño de Puesta.	10
1.1.4.2 Huevos	11
1.1.4.2.1 La cáscara de huevo	11
1.1.4.2.2 Origen de la pigmentación de la cáscara de huevo	12
1.1.4.2.3 Patrón de pigmentación del huevo	13
1.1.4.3 Éxito Reproductivo	13
CAPITULO II.	15
MATERIALES Y MÉTODOS	15

2.1	Área de estudio	16
2.2	Muestreo de los nidales	16
2.2.1	Calidad de la hembra	16
2.2.2	Éxito reproductor.	17
2.3	Muestreos de Huevos.	18
2.4	Obtención de datos referentes al patrón de moteado de los huevos	19
2.5	Análisis Estadísticos.	21
CAPIT		24
RESU	LTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1 cáscai	Relación existente entre la calidad de la hembra y el patrón de moteado de ra de huevo	
3.2 reproc	Relación existente entre el patrón de moteado de la cáscara de huevo y el éxi	
3.3	Relación existente entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor	27
3.4	Discusión	29
CONC	ELUSIONES	31
RECO	MENDACIONES	32
RFFF	RENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Mapa de distribución del Carbonero común (SEO/BirdLife, 2012)	8
FIGURA 2.	Carbonero común, Derecha: Hembra; Izquierda: Macho	10
FIGURA 3.	Polluelos de Carbonero común en una caja-nido (Sanz, 2009)	11
FIGURA 4.	Área de estudio en Buunderkamp, Países Bajos	16
FIGURA 5.	Fotografía de los huevos de una puesta de carbonero común (Tomás, 2008)	19
	Variación de pigmentación de huevo: intensidad (I, valor 1-5), distribución (D, 1 tamaño de las manchas (T, 1-4)	,
	Hipótesis de la relación entre la calidad de la hembra, patrones de moteado y xito reproductor	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Datos de medidas rutinarias del carbonero común para el análisis de relación sobre los patrones de moteado de los huevos
TABLA 2. Datos reproductivos del carbonero común en la localidad de Buunderkamp para los análisis estadísticos
TABLA 3. Clases de intensidad, distribución y tamaño de las manchas del huevo20
TABLA 4. Datos de patrón de moteado de cáscara de huevo de carbonero común21
TABLA 5. Resumen de medidas estadísticas para las variables dependientes e independiente
TABLA 6. Resultados de modelos lineales (Lm) con los patrones de moteado de los huevos y calidad de la hembra
TABLA 7. Resultados de los GLMs con la Intensidad, tamaño y cantidad de manchas como variables independientes y una serie de términos (éxito de eclosión, mortalidad y éxito de vuelo) como variables dependientes
TABLA 8. Resultados de los GLMs entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor 28

ix

RESUMEN

La función de los patrones de moteado de los huevos de aves paseriformes ha sido debatida en los últimos años. En el presente estudio se evaluó como la calidad de la hembra puede definir el moteado de los huevos y si este moteado influye en el éxito reproductor del carbonero común (*Parus major*). Adicionalmente, evaluamos si existe relación directa entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor. Los resultados muestran que los patrones de moteado de huevo afectan significativamente el éxito reproductor, pero no se relacionó con la calidad de la hembra. Mientras que la calidad de la hembra tuvo una relación directa significativa con el éxito reproductor. En conclusión, los patrones de moteado tienen un efecto importante sobre medidas de éxito reproductor, este efecto no está asociado a las variables de calidad de la hembra consideradas, lo que podría implicar una relación de disposición genética para el moteado no asociado con las variables de tamaño de la hembra.

Palabras claves: calidad de la hembra; éxito reproductor; patrón de moteado; Parus major.

ABSTRACT

The function of mottled egg in passerine birds has been debated in recent years. In this study we assessed whether the quality of the female can define egg mottled and if the mottled egg have effect in the reproductive success of the great tit (*Parus major*). Additionally, we evaluated the relationship between the quality of the female and the reproductive success. The results show that the patterns of mottled egg affect significantly reproductive success, but are not related with the quality of the female. The quality of the female had a significant direct relationship with the reproductive success. In conclusion, patterns of mottled egg have an important effect on measures of reproductive success, while this effect is not associated with the measured variables of quality of the female which could imply a relationship of genetic disposition for egg spottiness not associated with the variables of size of the female.

Keywords: female quality; reproductive success; mottled egg; *Parus major*.

INTRODUCCIÓN

La coloración de huevos de aves se ha estudiado durante más de un siglo, llamando la atención de numerosos ecólogos evolutivos desde finales del siglo XIX (Sanz y García-Navas, 2009). Las aves son las únicas especies que pone huevos con cáscaras pigmentadas, aunque los científicos sospechan que el huevo ancestral era blanco y no tenía patrones de moteado como hoy en día (Parry, 2010).

Los huevos de las aves exhiben una amplia gama de colores, estos provienen de dos pigmentos, la biliverdina: azul-verde, y la protoporfirina: rojo-marrón, ambos son producto de la degradación de la hemoglobina (Parry, 2010).

Hanley (2010) plantea que las aves utilizan el color para reconocer o disfrazar sus huevos, para no ser percibidos por los depredadores o para imitar los huevos de otras aves. Por otra parte, también se ha planteado que las manchas protegen al embrión contra los efectos nocivos de la radiación ultravioleta (Lahti, 2008). La cáscara del huevo generalmente está compuesta de carbonato de calcio, un material fuerte que proporciona resistencia al huevo, lo que es resultado de una adecuada alimentación y que las aves obtienen de fuentes de calcio tales como huesos de micro-mamíferos, conchas de moluscos, granos de arena) o ceniza (Soler *et al.*, 1993).

Se han propuesto varias hipótesis para explicar el significado funcional de la coloración de la cáscara de los huevos y sus patrones de moteado (Soler *et al.*, 2005; Kilner, 2006). Varios investigadores (García *et al.*, 2010; Gosler *et al.*, 2011; Jubb *et al.*, 2006) han realizado estudios del significado funcional del moteado de los huevos relacionándolo con la calidad de las aves, éxito reproductivo, disponibilidad del calcio, capacidad de eclosión, etc. Según Gosler *et al.* (2005), el moteado del huevo es causado por pigmentos de protoporfirina, que podrían compensar la reducción de grosor del cascarón debido a la deficiencia del calcio. Los mismos autores también encontraron que la intensidad y el tamaño de las manchas son heredables por vía materna y que los huevos de aves que nidificaban en zonas con una mayor abundancia de caracoles, que es la principal fuente de calcio para estas aves, tenían manchas más pequeñas, de color menos intenso y estaban más ampliamente distribuidas por toda la cáscara.

Godfrey (1949) indicó que existe una correlación entre el color y la calidad de la cáscara de los huevos de gallina doméstica. Por ejemplo los huevos marrones oscuros tienen una mayor calidad de la cáscara que los marrones claros (Ingram *et al.*, 2008). En relación a los patrones de moteado de los cascarones hay varios factores que afectan a la calidad del

huevo, por ejemplo el estrés, la edad de las aves, los agentes quimioterapéuticos, las enfermedades y los factores ambientales, todos estos disminuyen la intensidad y pueden causar la pérdida casi total de color de la cáscara del huevo (Chou Liu *et al.*, 2010). Este proceso ha sido relativamente bien estudiado en aves, y se han encontrado relaciones entre el color de la cáscara y la calidad del huevo (Morales *et al.*, 2006).

Muchos miembros de la familia Paridae ponen huevos blancos manchados con coloraciones rojizas, las mismas que tienden a agregarse alrededor del extremo ancho del huevo (Cramp, 1998). Tal es el caso del carbonero común *Parus major*, una especie forestal que nidifica en huecos de árboles, su amplia tolerancia y carácter generalista le permite ocupar casi cualquier tipo de medio mínimamente arbolado, distribuyéndose en la mayor parte de Europa, extendiéndose hacia el este por Oriente Medio y Asia central (Purroy, 1997; Tellería *et al.*, 1999).

Los huevos de carbonero común, son de color blanquecino con manchas o puntitos de color pardo rojizo, a menudo concentradas en el polo más ancho del huevo; raramente son completamente blancos o casi sin marcas (Cramp y Perrins, 1993; Cantó, 2008). Son subelípticos, lisos, y de color mate (Makatsch, 1976). Esta especie construye un nido que está compuesto por una base principal de musgo y una parte superior que conforma la taza del nido compuesta básicamente por pelos y lana (Perrins, 1979; Alabrudziñska *et al.*, 2003), y son las hembras las que lo construyen (Gosler, 1993). Muchos investigadores han utilizado este párido como modelo de estudios del significado funcional de la pigmentación de la cáscara de huevo (Gosler *et al.*, 2000)

Actualmente la sociedad científica debate la relación de la pigmentación de la cáscara de huevo con la calidad del mismo. En conclusión lo que no sabemos es cómo se combinan estos pigmentos para la generación de estos colores en relación con la calidad del huevo (Salomón, 1997).

Este tema ha suscitado un creciente interés desde que la coloración de los huevos fue sugerida como una señal sexual de las hembras de las aves (Moreno y Osorno, 2003). Diversos estudios han explorado el significado funcional de la variabilidad en la coloración de los huevos de distintas especies (Moreno et al., 2006; Sanz y García-Navas 2009; Lópezde Hierro y De Neve, 2010). No obstante, la mayoría de estudios se han centrado en especies de aves con huevos de colores verdes y azules, cuyos pigmentos responsables son biliverdinas (Moreno y Osorno 2003), mientras que pocos estudios han investigado el significado funcional de los huevos con pigmentos rojizos. El presente estudio tiene por objeto, identificar la funcionalidad del moteado de los huevos en relación al éxito

reproductor. Adicionalmente se evaluó si existe relación entre la calidad de la hembra y el moteado del huevo.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL:

 Determinar el significado funcional de la variación de la coloración de huevos en Parus major.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el efecto de la calidad de la hembra sobre el patrón de moteado de los huevos.
- Determinar asociaciones entre intensidad y cantidad de moteado de los huevos en relación al éxito reproductor.

CAPITULO I.

MARCO TEÓRICO

1.1 Carbonero común Parus major.

El carbonero común (*Parus major*) es una especie de ave paseriforme de la familia de los páridos (Paridae), es un modelo excelente para estudiar el tema del significado funcional de los patrones de moteado de los huevos dada su facilidad para criar en cajas- nido artificiales (Álvarez, 2013). Es un ave insectívora pequeña, llamativa y conspicua por sus colores azulados y amarillentos y su canto (SEO/BirdLife 2012), y es relativamente abundante en su área de distribución.

1.1.1 Distribución, alimentación y hábitat.

Esta especie se encuentra distribuida en las regiones paleártica y oriental, ocupa toda Europa, el noroeste de África y Asia Central, Siberia al sur del paralelo 65º, y Extremo Oriente, siendo un migrador parcial (Cramp y Perrins, 1993; Blotzheim y Bauer, 1993).

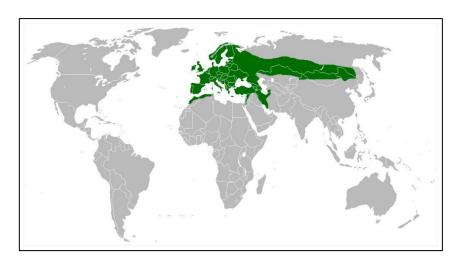


Figura 1. Mapa de distribución del Carbonero común (SEO/BirdLife, 2012).

Se alimenta principalmente de frutos, semillas e invertebrados en todas las fases de desarrollo, entre sus presas se han identificado por ejemplo especímenes de lepidóptera, araneidae, hemíptera, díptera, Hymenóptera, Coleóptera, ya sea durante su reproducción y post- reproducción (González, 1981). Consume invertebrados en la época de primavera y el periodo de cría, cuando la vegetación comienza a crecer, y la comida de frutos y semillas se utiliza menos, a pesar de su alta disponibilidad. Sin embargo, en la época de invierno, los ecosistemas que habita el carbonero común, no poseen componentes de material vegetal, razón por la cual las aves son capaces de complementar su dieta con invertebrados ricos en proteínas, aunque su disponibilidad en ese momento es baja (Velky *et al.*, 2011).

Ocupa cualquier tipo de hábitat en casi todos los tipos de bosques, como por ejemplo: bosques mixtos, bosques puros de coníferas plantaciones de árboles frutales (Gil-Delgado *et al.*, 1992), parques y jardines urbanos (Fernández-Juricic, 2000), huertos de todos los tipos y formaciones de ribera, formaciones de matorrales como coscojares y lentiscares (Gil-Delgado *et al.*, 1992).

El carbonero común visita jardines urbanos de todo tamaño, en donde acepta fácilmente los alimentos de comederos de aves (Juana y García, 2015); y nidifica en agujeros de los árboles, su amplia tolerancia y carácter generalista le permite mantener sus crías en casi cualquier tipo de medio mínimamente arbolado, desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 2100 m s.n.m. (López y Quesada, 2011).

1.1.2 Morfología.

El carbonero común es el mayor de los páridos presentes en la península ibérica, llegando a medir unos 15 cm y pesar hasta 20 gramos (Sáez-Royuela, 1990). Es un párido fácil de reconocer, tiene la cabeza de color negro con los auriculares blancos en cada lateral de la misma, el vientre de color amarillo y dividido por una mancha negra que se extiende hasta la cloaca, más marcada en los machos (Romero, 2011). El dorso es verde azulado y el obispillo, la cola y las alas de color gris azulado, los juveniles son más apagados y más pálidos que los adultos (Mullarney *et al.*, 2003).

1.1.2.1 Biometría y masa corporal.

A nivel general, el peso medio de la especie es de 18,6 g (Carrascal y Moreno, 1992). El tamaño medio del pico es de 11,68 \pm 0.08 mm en machos (Media \pm DS; n=78) y de 11,94 \pm 0,78 mm en hembras, y la longitud media del tarso está entre 19,27 \pm 0,30 mm en machos y 19,23 \pm 0,13 mm en hembras (Atiénzar *et al.*, 2009) y la condición corporal está alrededor de los 17,2 g (ICO, 2012).

1.1.2.2 Dimorfismo sexual.

Existe un ligero dimorfismo sexual en esta especie (Fig. 2), el rasgo que mejor puede diferenciarlos a simple vista es el grosor de la "corbata" negra que lucen en el vientre ya que en la hembra es algo más fina que en el macho, además los machos son más grandes que las hembras (Carrascal y Palomino, 2008).



Figura 2. Carbonero común, Izquierda: hembra (Conejero, 2013); Derecha: Macho (Atiénzar, 2012).

1.1.3 Status de conservación.

De acuerdo a la Lista Roja de la UICN, el carbonero común se encuentra en la categoría de Preocupación Menor (LC), lo que significa que "La población es muy grande y por lo tanto no debe acercarse a los umbrales para Vulnerables bajo el criterio de tamaño de la población (<10.000 individuos maduros con una continua disminución estimada en >10% en diez años o tres generaciones o con una estructura de población específica)" (UICN, 2012).

El tamaño de la población de esta especie, según los datos del año 2000 en SEO/BirdLife, en Europa estimó que hubo entre 41-180 millones de parejas, y específicamente en España, según los datos para los años 2004-2006, se estimó una población nacional media de 13,2 millones de carboneros (SEO/BirdLife, 2002).

1.1.4 Biología reproductiva del Parus major.

1.1.4.1 Sitios de nidificación y tamaño de puesta.

La reproducción comienza en Abril y continúa hasta el mes de Junio (Gosler *et al.*, 2000). Las hembras son las encargadas de construir el nido, el macho aporta alimento a la hembra mientras está incubando (Tullet, 1975). Los nidos son estructuras multifuncionales en el cual un ave pone e incuba sus huevos y con el fin de proteger los huevos de agentes externos, manteniendo la posición óptima de los huevos durante la incubación y alojar a los polluelos, mejorando así su supervivencia (Collias y Collias, 1984).

Esta especie requiere huecos ya existentes como agujeros de árboles o arbustos, o huecos en los muros y taludes, con un diámetro de la abertura de entrada del agujero en el árbol oscila entre 3 y 13 cm y la profundidad de la cavidad entre 0 y 39 cm (Gil-Delgado y Barba, 1987). Se adapta muy bien a criar en cajas nido (nidales artificiales) fabricados por el

hombre (Sanz, 2000), estas cajas nido se puede encontrar en los parques urbanos, jardines y bosques (Fernández-Juricic, 2000; Sanz, 2000; Atiénzar *et al.*, 2010). La forma del nido varía entre cacerola, esféricos; pero en el caso del carbonero común construye en forma de copa; la selección de materiales de construcción va desde el musgo, hierba muerta hasta otra materia vegetal (Hansell, 2000). A veces llevan plantas verdes al nido que pueden ser incorporadas en la capa estructural y que utilizarían como repelentes sugiriendo una función sanitaria (Banbura *et al.*, 2001)

El nido es de mucha importancia porque mantiene la temperatura adecuada de los huevos para un mejor desarrollo embrionario. Así, las aves pequeñas, con altas demandas metabólicas específicas, construyen nidos más cerrados que especies de tamaño corporal mayor (Hansell, 2000). El tamaño del nido puede verse afectado por las características de los padres y por las condiciones ambientales (temperatura ambiental, alimento disponible) (De Neve *et al.*, 2004).



Figura 3. Polluelos de Carbonero común en una caja-nido (Sanz, 2009).

1.1.4.2 Huevos.

1.1.4.2.1 La cáscara de huevo.

La cáscara del huevo está compuesta de carbonato de calcio. En un estudio realizado, el examen molecular de la cáscara del huevo de carbonero común reveló que la superficie está cubierta por una cutícula de proteínas e hidratos de carbono (Cassey *et al.*, 2010), que podría influir la resistencia de la cáscara, actuar como repelente para microbios y controlar la pérdida de agua, ya que las manchas de pigmentación podrían intervenir en cualquiera de estos factores (Solomon, 1987).

La reducción de calcio y delgadez de las cáscaras de huevos de aves se debe a la acidificación a la que se halla sometido el ambiente (Louis y Barlow, 1993), además los metales pesados se han considerado tóxicos e interfieren en la movilización del calcio en los huesos de las aves durante la puesta de huevo (Tapio *et al.*, 1995).

Por otra parte el calcio de los huevos procede de una sedimentación, no existen células en las aves que generen el calcio de la cáscara (Packard, 1994). Los huevos con cáscara más dura están más mineralizados que los de cáscara más débil o frágil (Van den Steen *et al.*, 2009).

1.1.4.2.2 Origen de la pigmentación de la cáscara del huevo.

El carbonero común pone huevos blancos manchados con pintas rojizas que se tienden a agregar en la parte final del huevo (Cramp, 1998). Es importante distinguir entre los huevos de cáscara de color y patrones de moteado, es decir el color de la cáscara tiene que ver con la pigmentación, por ejemplo en algunos huevos tienen pigmentación de color verde o azul (biliverdina), mientras que en otros huevos tienen color rojo o marrón (protoporfirina) y los patrones de moteado se basa en el tamaño, distribución e intensidad de las manchas de la cáscara del huevo (Gosler et al., 2000).

Varias hipótesis han sido propuestas para explicar el significado de la coloración de la cáscara del huevo aviar y sus patrones de pigmentación. Moreno y Osorno (2003) han propuesto que la coloración de huevos, especialmente la pigmentación azul-verdoso, (manchas azules) es una señal sexual de las hembras, mostrando su calidad fenotípica o condiciones físicas a sus compañeros a fin de inducir a una mayor asignación de cuidado parental. Esta hipótesis, se basa en el hecho de que la biliverdina es un antioxidante y por lo tanto la deposición puede ser señal de capacidad antioxidante de las hembras (Moreno y Osorno, 2003). Estos autores también sugieren que esta hipótesis podría aplicar a especies con huevos maculados, donde la protoporfirina que es el principal pigmento que se encuentra en este tipo de huevos, es un pro- oxidante que puede ser señal de la tolerancia de las hembras al estrés oxidativo.

Un estudio reciente muestra que la coloración de los huevos es un buen indicador del estado general y el estrés de la hembra de herrerillo común *Cyanistes caeruleus* (L.); las hembras poniendo más huevos moteados mostraron una peor condición corporal, mayor concentración celular de una proteína de estrés y marginalmente inferiores niveles de inmunoglobulinas en la sangre (Martínez-de la Puente *et al.*, 2007).

1.1.4.2.3 Patrón de pigmentación del huevo.

El aspecto colorido de las cáscaras del huevo de las aves ha fascinado a los biólogos desde hace mucho tiempo y el esfuerzo de investigación se ha centrado en la estructura y la bioquímica de la matriz de la cáscara del huevo aviar. La pigmentación de estos huevos se compone de rojo-marrón con motas de protoporfirina o parches (Gosler, 2011), que están distribuidos en diferentes formas, a veces de forma homogénea en todo el huevo, pero a menudo se concentran alrededor del extremo romo (Gosler *et al.*, 2005). Las manchas pueden variar en intensidad, tamaño y distribución, y aunque estos tres rasgos pueden presentar de forma independiente, la intensidad y el tamaño tienden a estar correlacionados positivamente, y una distribución más uniforme tiende a ocurrir en manchas más pequeñas y menos intensas (Gosler *et al.*, 2000, 2005).

1.1.4.3 Éxito reproductivo.

Ambos sexos (hembra y macho) comienzan la reproducción de crías al año de edad (Monros *et al.*, 2002). En diversas poblaciones ibéricas, la fecha media de puesta oscila entre el 13 y el 23 de mayo (Pimentel y Nilsson, 2007). Hay varios factores que pueden afectar a la fecha de puesta, como el tipo de hábitat: la población que cría en los naranjales muestran que tiene una fecha de puesta más temprana que las poblaciones de hábitat naturales (pinar, encinar y quejigal) de la parte Mediterránea de España (Belda *et al.*, 1998), mientras Sanz *et al.* (2010) muestran que la puesta es más temprana en un robledal que en unos pinares del centro de España.

El tamaño de la puesta puede ser de dos a tres puestas anuales o una puesta por temporada (RSPB, 2007). A inicios del primer mes (abril) ponen un huevo diario, aunque si el clima se vuelve frío se extiende el intervalo de dos días, hasta terminar la puesta completa, pero no empieza a incubarlos hasta el octavo día (Iglesias, 1996). Tienen la costumbre de enterrar los huevos entre el material del nido hasta que empiezan a incubar, este proceso lo hace la hembra y mientras es alimentada por el macho (Romero, 2011).

Atiénzar *et al.* (2012), observaron que el tamaño medio de puesta oscila entre los 5 y 9 huevos en diferentes poblaciones ibéricas, mientras que Barba y Gil Delgado (1988) determinaron el tamaño medio de la puesta gira en torno a los 7 huevos por nido en dos localidades, los naranjales valencianos y en el encinar de Monte Poblet, España.

El periodo de incubación, definido como el intervalo de días desde el comienzo de la incubación (huevos descubiertos y calientes o hembra incubando en el momento de la visita) hasta que nace el primer pollo, dura una media de 13,1 días (rango 10-15 días) (Barba, 1991).

Los huevos de esta ave eclosionan en un periodo superior a 24 horas y puede extenderse durante varios días en determinadas condiciones, a esto se denomina eclosión asincrónica (Barba, 1991). Dependiendo del periodo de eclosión, podría generar jerarquías de tamaño entre los pollos. Los pollos permanecen en el nido entre 18 y 20 días después de la eclosión (Clark y Wilson, 1985).

El número medio de pollos que vuelan por nido en primeras puestas oscila en torno a 5 en varias poblaciones (Costa *et al.*, 2012). El éxito reproductor que se define como el porcentaje de pollos que vuelan respecto a los huevos puestos oscila entre 33% y 90% dependiendo de la población y el año de estudio (Álvarez y Barba, 2008; Atiénzar *et al.*, 2010; Álvarez y Barba, 2011; Sanz *et al.*, 2010). El éxito reproductor se ve afectado por la disponibilidad de alimento, los polluelos de las primeras puestas más tempranas alcanzan un éxito reproductor más elevado (Barba *et al.*, 2004).

CAPITULO II.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio.

El muestreo en campo fue realizado en una zona de bosque denominada Buunderkamp (05° 45' E; 52° 01' N) de 47 hectáreas, se encuentra en la parte central de la región Veluwe en la provincia de Gelderland, de los Países Bajos (Fig. 4). El hábitat es un bosque mixto compuesto de parcelas de diferentes tamaños, edad y especies de árboles de *Pinus sylvestris* y *Quercus rubra*. La zona de estudio tiene una baja abundancia de huecos en los árboles, provocando que exista poca disponibilidad de sitios de nidos para la población de carbonero común (Halfwerk *et al.*, 2011).

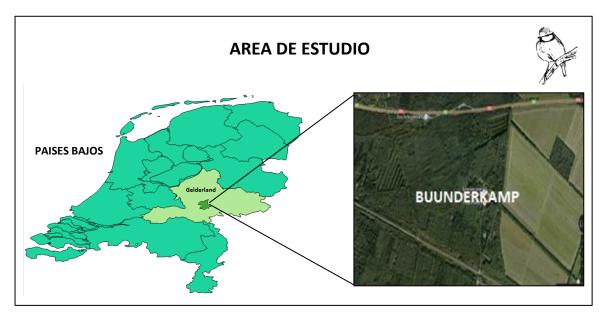


Figura 4. Área de estudio en Buunderkamp, Países Bajos.

2.2 Muestreo de los nidales.

2.2.1 Calidad de la hembra.

Se realizó desde el inicio del mes de Abril a finales de Mayo del 2008.

Cuando los polluelos contaban con 3 días de edad, la mayor parte de los adultos fueron capturados, utilizando trampas en el nido, cada ejemplar se anilló individualmente con una anilla metálica numerada, determinando su sexo y clase de edad siguiendo a Svensson (1996) para la toma de medidas biométricas rutinarias: A cada ave se le midió la longitud alar (con precisión de 0,5 mm), según el método de la cuerda máxima (Svensson, 1996), longitud del tarso con precisión 0,1 mm con un calibre digital, el peso (precisión 0,1 g) con una balanza electrónica, la edad fue basada en la coloración del plumaje, identificándose dos tipos de edad, los *Juveniles* de un año (edad EURING 5) y los adultos de dos o más años de edad (edad EURING 6).

Así, como medidas de calidad de la hembra se consideraron la longitud del tarso, longitud alar, peso, edad y condición corporal (peso/tarso).

Tabla 1. Datos de medidas rutinarias del carbonero común para el análisis de relación sobre los patrones de moteado de los huevos.

MEDIDAS RUTINARIAS DE LA HEMBRA	BUUNDERKAMP, 2008.
Longitud de tarso (cm)	1.95 ± 0.05
Longitud de ala (cm)	5.50 ± 0.67
Peso (g)	17.44 ± 0.94
Edad	5.60 ± 0.49
Condición corporal	8.8 ± 1.37

Presentan las medias ± DS (N=68).

2.2.2 Éxito reproductor.

La frecuencia de las visitas fue muy regular, a partir de las visitas a los nidales se determinaron los siguientes parámetros reproductivos: La fecha de inicio de puesta, el tamaño de puesta, número de huevos que eclosionan, la mortalidad de los polluelos y número de pollos que vuelan.

El inicio del periodo reproductor del carbonero común en Buunderkamp está comprendido entre el 10 y el 27 de abril, finalizando entre el 24 y el 31 de mayo (n=76 nidos). Por lo tanto, la estación de nidificación dura alrededor de 1 mes y medio (51 días). En la fecha de inicio de puesta se realizaron visitas diarias a los nidos desde el comienzo de su construcción, por lo que se conoce con exactitud la fecha de puesta 1= 1 de abril. En este caso, la fecha media de inicio de puesta fue el 20 de abril (n=76). El tamaño de puesta es el número de huevos de cada puesta, siendo en promedio de 7.90, y oscilando entre 2 y 12 huevos por cada nido (n=90).

Los nidos se revisaron diariamente alrededor de la fecha esperada de eclosión, contándose los pollos nacidos e identificándose los huevos que quedaban por eclosionar. En base a las puestas estudiadas, los huevos eclosionan de forma asincrónica, la fecha media de eclosión es el 10 de Mayo.

La mortalidad de los polluelos se determinó por el número de los huevos en función al número de pollos eclosionados y el número de polluelos que vuelan se definió con el tamaño de puesta menos el número de mortalidad de los polluelos.

Se han considerado dos índices principales para determinar el éxito reproductor: 1. El éxito de eclosión se definió como el número de polluelos nacidos en función del tamaño de

puesta y se expresó en porcentajes para posteriormente hacer el análisis estadístico. 2. El éxito de vuelo se calculó como el porcentaje de polluelos que vuelan respecto a los polluelos que han nacido.

Para el análisis estadístico, se utilizaron variables del éxito reproductor como el éxito de eclosión, mortalidad de los polluelos y el éxito de vuelo.

Tabla 2. Datos reproductivos del carbonero común en la localidad de Buunderkamp para los análisis estadísticos.

DATOS REPRODUCTIVOS	BUUNDERKAMP, 2008.
Éxito de eclosión	85.30 % ± 1.78 (n=77)
Mortalidad	1.21 ± 1.45 (n=76)
Éxito de vuelo	96.30 % ±1.86 (n=75)

Se muestran las medias ± SD.

2.3 Muestreos de huevos.

Las fotografías de todos los huevos fueron tomadas de forma estandarizada en un lugar con iluminación baja constante. Se utilizó una cámara réflex Canon 320D con una lente de 105 mm, con resolución de 72 dpi en condiciones de iluminación estandarizadas con una distancia estándar de 50 cm. Para las fotografías, cada huevo fue colocado en vista lateral e inferior en contra una tarjeta de color negro como un fondo estándar fotográfico junto a una carta de colores y una referencia para calcular el tamaño real del huevo. Cada imagen de cada huevo fue tomada incluyendo una etiqueta que identifica la fecha y el número de nido. Todas las imágenes fueron analizadas por la misma persona con el programa Adobe Photoshop.



Figura 5. Fotografía de los huevos de una puesta de carbonero común (Tomás, 2008).

2.4 Obtención de datos referentes al patrón de moteado de los huevos.

El patrón de moteado de la cáscara de los huevos se evaluó a partir de las fotografías digitales obtenidas durante la incubación (n=707 correspondientes a 90 nidos). A cada huevo se le asignó un valor para cada una de las siguientes categorías siguiendo el protocolo utilizado por Gosler y colaboradores (2000) (Fig. 6): intensidad (I: intervalos de 0 a 5, el valor 0 para aquellos huevos con manchas más tenues y 5 para los huevos con manchas más oscuros e intenso), distribución de las manchas (D: intervalos de 0 a 5, desde el valor 0 para aquellos huevos con las motas más concentradas en uno de los polos y 5 para los huevos con manchas más homogéneas y el tamaño de estas (T: valor 0 a los huevos con manchas de menor tamaño y 3 el otorgado a los huevos con manchas de mayor tamaño). Los valores intermedios (por ejemplo 1.5; 2.5; 3.5) también fueron interpolados, dando en total 11 clases de I y D y 7 clases para el tamaño (Tabla 3). Los huevos fueron analizados por un mismo observador (AR).

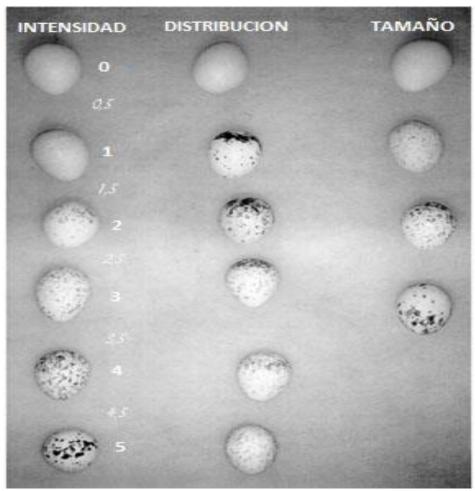


Figura 6. Variación de pigmentación de huevo: intensidad (I, valor 1-5), distribución (D, 1-5) y tamaño de las manchas (T, 1-4). (Gosler *et al.*, 2000).

Tabla 3. Clases de intensidad, distribución y tamaño de las manchas del huevo.

CLASES INTENSI		AD	DISTRIBUCION			10	
CLASES	(1)		(D)	(Т)		
1	0		0	ı	0	<u> </u>	
2	0,5	-	0,5	l.,	0,5	Tamaño de las manchas	
3	1	intensidad	1	Manchas concentradas	1	las manchas	
4	1,5		1,5	en uno de los polos	1,5	+	
5	2		2		2	Tamaño de	
6	2,5		2,5		2,5	las manchas	
7	3		3		3	•	
8	3,5		3,5	Manchas			
9	4	+	4	homogéneamente distribuidas			
10	4,5	Intensidad	4,5	J GISTING GOAS			
11	5		5	•			

Hay que tomar en cuenta en el caso del valor 0 es un huevo de color blanco puro, esto significa que una puntuación de cero solo es verdaderamente continua con el resto de la escala de intensidad de pigmento (indica que no hay pigmento), ya que un huevo blanco puro no puede ser calificado de manchas de distribución y tamaño.

Se ingresaron las fotografías digitales en el software adobe Photoshop 5CS, cada huevo individual (n=707) se midió el área total en cm², el área de las manchas en cm² y finalmente se identificó el color de las manchas basando en la tableta de referencia de colores para la pigmentación de los huevos (Fig.5).

Para calcular la cantidad de las manchas, se calculó el número de pixeles contenidos dentro del área cubierta por las manchas se comparó con el número de píxeles que representan el total de la superficie de cada huevo, esto nos permite estimar el porcentaje de cáscara de huevo cubiertos por manchas en vista lateral (tabla 4).

Este proceso fue realizado para cada fotografía de puestas completas, para un total de 707 huevos de 90 nidos, el proceso se repite para cada nido y se calculó el promedio de variables por nido. Se registraron todos los valores y se realizó una base de datos con el programa Excel para luego proceder al análisis estadístico con cada una de las variables descritas anteriormente.

Para el análisis estadístico, se utilizaron variables de los patrones de moteado de la cáscara de los huevos, de la siguiente manera: Intensidad y cantidad de moteados.

Tabla 4. Datos de patrón de moteado de cáscara de huevo de carbonero común.

PATRÓN DE MOTEADO	BUUDERKAMP, 2008.
Intensidad de manchas	I: 3.74 ± 0.59
Cantidad de manchas (%)	C: 13.30 ± 7.44

Media ± SD. I: intensidad, C: cantidad de manchas. (n=90).

2.5 Análisis estadísticos.

Para el análisis estadístico, se utilizaron las variables de calidad de la hembra y el éxito reproductor en relación a los patrones de moteado de los huevos.

Se han propuesto dos hipótesis:

- H1. La calidad de la madre determina los patrones de moteado de los huevos.
- H2. El patrón de moteado de los huevos influye en el éxito reproductor de la madre.

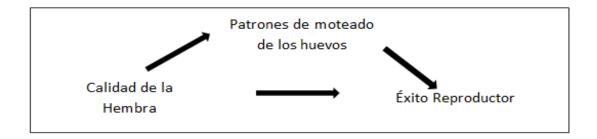


Figura 7. Hipótesis de la relación entre la calidad de la hembra, patrones de moteado y el éxito reproductor.

Calidad de la Hembra.

Para las variables que determina la calidad de la hembra se han considerado las siguientes variables; longitud del tarso (cm), longitud alar (cm), peso, edad y condición corporal (peso/tarso).

Éxito reproductor.

El éxito reproductor será evaluado basado en dos variables la eclosión y el vuelo de pinchones.

- Como variables de eclosión tenemos: éxito de eclosión y mortalidad.
- Como variables de vuelo tenemos: éxito de vuelo.
- Patrones de moteado de la cáscara de los huevos.

Se han determinado algunas variables que permite describir el patrón de moteado de los huevos, entre estas están: la intensidad media, el rango de Intensidad (rango es la diferencia del mínimo y máximo de cada factor) y cantidad de manchas, es decir el porcentaje ocupado por las manchas del huevo por el área de la superficie de la misma. Estas variables sirven para describir el patrón de moteado de los huevos.

Mediante Statsoft (1999) el programa Statistica versión 6.0 fue utilizado para obtener medidas descriptivas (media, desviación estándar y error estándar). Se analizaron las diferencias significativas entre las distintas variables de calidad de la hembra, patrones de moteado de los huevos y el éxito reproductor. Se empleó los valores medios de intensidad y cantidad de manchas, variables de la calidad de la hembra y él éxito reproductor obtenidos para cada nido (n=90), para realizar una aproximación de las relaciones entre las variables descritas anteriormente.

Para el análisis de las variables de éxito reproductor: el éxito de eclosión y el éxito de vuelo se hicieron un análisis binomial de proporciones que permite medir el número de éxitos y

fracaso, dicho análisis permite determinar un fenómeno aleatorio que ocurre una sola vez y observar si cierto suceso ocurre o no, siento *p* la probabilidad de que ocurra (éxito) y q=1-p de que no ocurra (fracaso), por lo que la variable sólo puede tomar dos posibles valores, el 1 si ocurre y el 0 sino sucede (Solá *et al.*, 2009). Para la variable de mortalidad se realizó un análisis de distribución Poisson, que permite modelar valores enteros no negativos, en los cuales la variable independiente fue los patrones de moteado de los huevos y la variable dependiente fue la mortalidad.

Para determinar si el patrón de moteado de la cáscara de huevo (Intensidad y cantidad) influye en el éxito reproductor (éxito de eclosión, mortalidad y el éxito de vuelo) se emplearon Modelos Lineales Generales (GLM) se construyeron con los patrones de moteado de huevo como la variable independiente y las variables anteriores como dependientes, este análisis se calculó una matriz de correlaciones paramétricas, con pruebas de significación estadísticas (p_value), estiman la probabilidad de que la relación pueda ser debida al azar (Ayala, 2009).

Para determinar si la calidad de la hembra influye en los patrones de moteado de los huevos, se utilizó modelos lineales (LM), que permite describir la relación entre variables, este análisis permite evaluar el efecto de estas variables sobre los datos de patrón de moteado de los huevos. Luego se analizó si las características de calidad de la hembra influyen en el éxito reproductor, mediante un análisis binomial y Poisson a través de Modelos Lineales Generalizados (GLM).

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 90 nidos de carbonero común en la localidad de Buunderkamp con un total de 707 huevos. El carbonero común, presenta huevos con manchas rojizas siendo más dominante que las manchas menos tenues. En promedio, las manchas cubren el 13.30 % de la superficie de la cáscara de los huevos. El éxito de eclosión en promedio fue de 85.30% mientras que el éxito de vuelo promedio fue de 99.00 %. La condición corporal de las hembras en promedio fue de 8.8 g.

Tabla 5. Resumen de medidas estadísticas para las variables dependientes e independientes.

Categoría	Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típico	Varianza
N DE ADO	Intensidad	90	1.7	4.8	3.74	0.59	0.35
PATRÓN DE MOTEADO	Cantidad (%)	90	0.06	1.58	13.30	7.40	55.35
OR	Eclosión (%)	77	14	100	85.30	17.80	313.96
ÉXITO REPRODUCTOR	Mortalidad	76	0.00	8.00	1.20	1.45	2.11
É	Vuelo (%)	75	0	100	99.00	6.50	42.43
3RA	Ala (cm)	69	5.20	5.75	5.42	0.67	0.45
HEME	Tarso (cm)	69	1.72	2.05	1.95	0.05	0.003
E LA	Peso (g)	68	14.1	20.3	17.43	0.94	0.35
AD D	Edad	68	5	6	5.6	0.49	0.24
CALIDAD DE LA HEMBRA	Condición Corporal (g)	69	7.2	9.9	8.8	1.17	1.37

Nuestros resultados muestran que los patrones de moteados de los huevos, tanto la intensidad como la cantidad de manchas, no tuvo una relación significativa (Pearson, I-C: r=0.08, $r^2=0.06$, p=0.084).

3.1 Relación existente entre la calidad de la hembra y el patrón de moteado de la cáscara del huevo.

La calidad de la hembra no influyó en ninguna de las medidas de los patrones de moteado de los huevos (tabla 6).

Tabla 6. Resultados de modelos lineales (Lm) con los patrones de moteado de los huevos y calidad de la hembra.

		PAII	CON DE IVI	JIEADO	DE LA CÁ	SCARA D	Cantidad	,
			Intensidad Media	p_value	Intensidad Rango	p_value	manchas (%)	p_value
	0	Intercepto	2.99	0.28	2.03	0.45	69.98	0.04 *
	TARSO	Variable	0.39	0.77	-0.40	0.77	-28.65	0.11
		r ²	0.01		0.01		0.02	
_		Intercepto	3.50	0.003	0.72	0.20	12.80	0.08
3RA	ALA	variable	0.05	0.63	0.09	0.37	0.20	0.87
M		r ²	0.01		0.03		0.01	
A HE	0	Intercepto	3.26	0.01	1.65	0.21	30.74	0.07
CALIDAD DE LA HEMBRA	PESO	Variable	0.02	0.71	-0.02	0.75	-0.95	0.33
		r^2	0.01		0.02		0.01	
		Intercepto	2.49	0.003	1.60	0.05	11.05	0.30
	EDAD	Variable	0.22	0.12	-0.06	0.65	0.52	0.78
	ш	r²	0.003		0.02		0.01	
	آ آ —	Intercepto	3.33	0.01	1.51	0.26	17.64	0.32
	DICIO	Variable	0.04	0.75	-0.03	0.84	-0.40	0.83
	CONDICION CORPORAL	r ²	0.01		0.01		0.01	

3.2 Relación existente entre el patrón de moteado de la cáscara de huevo y el éxito reproductor.

Los resultados muestran que los patrones de moteado de los huevos afectan significativamente el éxito reproductor. El rango de la intensidad y la cantidad de manchas tuvieron un efecto significativo negativo en el éxito de eclosión, las puestas con un rango de intensidad mayor tienen un menor éxito de eclosión. Por otro lado, la intensidad media de las manchas tuvo una relación positiva significativa con el éxito de eclosión, los huevos con manchas de color más intenso tienen un mayor éxito de eclosión (tabla 7).

La mortalidad de los polluelos fue afectada significativamente por todas las variables de los patrones de moteado (tabla 7). El rango de intensidad de moteado tuvo una relación positiva significativa, la mortalidad de polluelos aumenta en puestas con mayor rango de intensidad y

mayor cantidad de manchas; sin embargo disminuye el nivel de mortalidad de los polluelos cuando presentan los huevos con manchas más oscuras.

Finalmente, el éxito de vuelo tuvo relación muy significativa con todas las variables de los patrones de moteado; los pollos nacidos de huevos con manchas más oscuras tienen mayor éxito de vuelo. Sin embargo, el éxito de vuelo disminuye cuando los huevos presentan un mayor rango en la intensidad y una mayor cantidad de manchas en la cáscara de huevo.

Tabla 7. Resultados de los GLMs con la intensidad, tamaño y cantidad de manchas como variables independientes y una serie de términos (éxito de eclosión, mortalidad y éxito de vuelo) como variables dependientes.

PATRÓN DE MOTEADO DE LA CASCARA DE HUEVO									
			Intensidad media	p_value	Intensidad Rango	p_value	Cantidad manchas (%)	p_value	
ÉXITO REPRODUCTOR	ECLOSION	Intercepto	-0.74	0.32	2.55	0.001	2.31	0001	
		Variable	0.678	0.001	-0.56	0.001	-0.03	0.004	
		r ²	0.08		0.08		0.06		
	MORTALIDAD	Intercepto	2.10	0.001	-0.50	0.03	-0.24	0.20	
		Variable	-0.51	0.002	0.51	0.001	0.02	0.002	
		r ²	0.07		0.09		0.06		
	VUELO	Intercepto	0.009	0.99	2.18	0.001	1.98	0.001	
		Variable	0.42	0.03	-0.44	0.007	-0.02	0.02	
		r ²	r ² 0.03		0.04		0.03		

En negrita se muestran los resultados significativos (p< 0.05 *; p< 0.01 ***; p<0.001 ***). r^2 : coeficiente de determinación; p_value: nivel de significancia.

3.3 Relación existente entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor.

La calidad de la hembra influye en el éxito reproductor: éxito de eclosión, mortalidad y éxito de vuelo. Encontramos una relación positiva significativa entre el tamaño del ala y del tarso con el éxito de eclosión. Las hembras de mayor tamaño del ala y mayor tamaño del tarso, tiene un mayor éxito de eclosión. Esto significa que el éxito de eclosión depende de la calidad de la madre.

La mortalidad de los polluelos también se muestra una relación negativa significativa con el tamaño del ala y tarso de las hembras (tabla 8). Las hembras con mayor tamaño del ala y tarso sufrieron menor mortalidad de los polluelos en el nido.

De igual modo, las hembras con mayor tamaño del ala y tarso mostraron un mayor éxito de vuelo en sus nidos.

Tabla 8. Resultados de los GLMs entre la calidad de la hembra y el éxito reproductor.

			CALIDAD DE LA HEMBRA									
	VA	ARIABLES	TARSO	p_value	ALA	p_value	PESO	p_value	EDAD	p_value	C. Corporal	p_value
ÉXITO REPRODUCTOR	N O	Intercepto	-8.57	0.03	-9.3	0.04	-1.71	0.41	0.95	0.48	0.68	0.75
	ECLOSION	Variable	5.3	0.01 *	2.01	0.01 *	0.2	0.09	0.14	0.54	0.12	0.86
	ЕС	r ²	0.05		0.05		0.03		0.01		0.01	
	MORTALIDAD	Intercepto	8.55	0.01	9.91	0.01	0.77	0.05	0.53	0.67	1.6	0.42
		Variable	-4.27	0.01	1.76	0.02	-0.2	0.06	-0.06	0.78	-0.15	0.49
		r ²	0.05		0.05		0.03		0.01		0.01	
	VUELO	Intercepto	-6.64	0.1	- 11.8	0.008	-1.47	0.47	0.56	0.67	0.4	0.84
		Variable	4.27	0.04	2.46	0.002	0.18	0.12	0.2	0.3	0.14	0.54
		r ²	0.03		0.07		0.02		0.01		0.01	

Se muestran en negrita los resultados significativos (p<0.05 *, p<0.01 **, p<0.001***).

3.4 Discusión.

En este estudio hemos encontrado que la variabilidad en los patrones de moteado de los huevos del carbonero común no se asoció significativamente con las variables biométricas de las hembras. Sin embargo, si encontramos relaciones entre los patrones de moteado y el éxito reproductor. Las variables biométricas de las hembras se asociaron con las variables de éxito reproductor.

Encontramos que la calidad de la hembra, estimada en base a sus medidas biométricas, no influyó en los patrones de moteado de los huevos en el carbonero común. No podemos descartar que el patrón de moteado de los huevos se relacione con otras medidas de calidad de la hembra a nivel fisiológico, y que el patrón de moteado de los huevos se pueda considerar como un indicador de la calidad de la hembra y esto ser utilizado por los machos como señal honesta a la hora de involucrarse en mayor o menor medida en el cuidado de la descendencia (Moreno y Osorno, 2003). Sin embargo, otro estudio llevado a cabo con el carbonero común Gosler et al. (2000) mostraron que la intensidad y el tamaño de manchas son heredables por medio de vía materna, sugiriendo que parte de la variación observada en el patrón de moteado de los huevos en una población es debida al factor hereditario. Además Martínez-de la Puente et al. (2007) determinó que la condición de la hembra está asociada con el porcentaje de manchas de la cáscara de huevo en el herrerillo común, esto podría explicar que las hembras que pusieron huevos con más manchas mostraron una peor condición corporal y unos mayores niveles de proteína de estrés (Martínez-de la Puente et al., 2007). Sanz y García-Navas (2009) encontraron una relación positiva entre la longitud del tarso de la hembra y la intensidad de moteado de los huevos.

En apoyo de la hipótesis "patrón de moteado de los huevos influye en el éxito reproductor de la madre", en nuestro estudio se muestra que los patrones de moteado de los huevos tuvieron una fuerte asociación con todas las variables de éxito reproductor evaluadas. Encontramos que los patrones de moteado de los huevos tuvieron una relación significativa sobre el éxito de eclosión, en los huevos con manchas más oscuras se incrementó el éxito de eclosión, al contrario los huevos que presentan mayor cantidad de moteado disminuye el éxito de eclosión. Nuestros resultados apoyan el estudio previo de García-Navas y Sanz (2010) realizado con el herrerillo común, en donde muestran que la probabilidad de eclosionar es más elevada para aquellos huevos que presentan manchas de color intenso y distribución homogénea a lo largo de la superficie de la cáscara. Sin embargo, Sanz y García-Navas (2009) encontraron que la intensidad de moteado se correlaciona

negativamente con el éxito de eclosión, en los huevos con color más intenso disminuye el éxito de eclosión, mientras que aquellos huevos que presentan manchas más ampliamente distribuidas a lo largo de la superficie de la cáscara, muestran una cáscara más gruesa y un éxito de eclosión más elevado.

Encontramos también que los patrones de moteado de los huevos se relacionaron con el éxito de vuelo, se observó que aquellos huevos con manchas de color intenso tuvieron una mayor probabilidad de que los polluelos puedan volar exitosamente, sin embargo disminuye el número de volanderos producidos cuando los huevos presentan mayor cantidad de moteado distribuidas por toda la superficie de la cáscara de los huevos, esta relación no coincide con un trabajo realizado por García-Navas y Sanz (2010), donde encontraron que el éxito de vuelo no se relacionó con ninguno de los patrones de moteado de los huevos de herrerillos, pero sí difirió entre bosques, encontrándose en el Arroyo de Valdeyerno una tasa de éxito de vuelo más elevada en relación al bosque de Barranco de Gil García, se presume que estos resultados pueden estar influenciados por las condiciones ambientales que presentan los hábitats de estudio.

Por otro lado, encontramos que la mortalidad de los polluelos del carbonero común tuvo una relación con los patrones de moteado de los huevos: la mortalidad fue menor en los huevos con manchas más oscuras, por lo tanto tienen mayor supervivencia de los polluelos, mientras que aquellos huevos con mayor cantidad de moteado tuvieron mayor nivel de mortalidad, esto se podría explicar debido a que las manchas más oscuras presentan una cáscara más gruesa en comparación con los huevos con mayor cantidad de moteado que poseen una cáscara más frágil.

El tamaño del ala y del tarso de la hembra influyó sobre el éxito reproductor; a su vez se encontró que las hembras que presentaban mayor tamaño de tarso tienden a mostrar mayor éxito de vuelo. Sin embargo, en otro estudio con carboneros comunes (Álvarez y Barba 2011), se mostró que el éxito de vuelo es mayor en nidos atendidos por machos con menor longitud de tarso.

CONCLUSIONES

La calidad de la hembra, estimada en base a sus medidas biométricas, no influyó en los patrones de moteado de los huevos, sin embargo los patrones de moteado si tuvieron una fuerte relación con el éxito reproductor.

Los patrones de moteado de los huevos si se relacionaron con el éxito reproductor, observamos que las hembras que ponen huevos con manchas más oscuras, aumenta el éxito de eclosión, disminuye la mortalidad e incrementa el éxito de vuelo, mientras que los huevos que presentan mayor cantidad de manchas cubierto por toda la superficie de la cáscara de huevo, tienden a disminuir el éxito de eclosión, aumenta el nivel de mortalidad de los polluelos y disminuye el número de los polluelos volanderos producidos.

Por otro lado, la calidad de la hembra afecta significativamente en el éxito reproductor; las hembras de mayor tamaño del ala y tarso presentaron un mayor éxito de eclosión, baja mortalidad de los polluelos y mayor éxito de vuelo. Sin embargo no encontramos relación entre el peso, edad e Índice de masa corporal de las hembras sobre el éxito reproductor.

RECOMENDACIONES

La apariencia externa de los huevos del carbonero común, nos dice mucho acerca de la viabilidad de los mismos y dicha característica debería ser aprovechada al máximo por gestores e investigadores.

Los investigadores científicos ecuatorianos pueden utilizar como referencia la metodología que hemos planteado para el desarrollo de la presente investigación, sobre la funcionalidad de los patrones de moteado de los huevos en las especies de aves ecuatorianas.

Es necesario que en nuestro país se desarrollen investigaciones en aves, específicamente en la relación que existe entre el éxito reproductor y la calidad de los hembra, utilizando la amplia gama de variables que pueden ser correlacionadas gracias a los datos que pueden ser obtenidos de los huevos.

Sería interesante analizar la relación entre los patrones de moteado de los huevos y la calidad de la hembra del carbonero común en diferentes zonas, debido a que la información de esta relación todavía es escasa.

Finalmente, se recomienda analizar otras variables indicadores de la calidad de la hembra que podrían influir en los patrones de moteado de los huevos, en otras especies de aves, de modo que podamos comprender mejor el significado funcional de la variabilidad en la coloración de los huevos de las aves.

BIBLIOGRAFÍA

- Alabrudzińska, J., Kaliński, A., Slomczy nski, R., Wawrzyniak, J., Zieliński P. & Bañbura, J. (2003). Effects of nest characteristics on breeding success of Great Tits Parus major. Acta Ornithol. 38: 151–154.
- Álvarez, E. & Barba, E. (2008). Nest quality in relation to adult bird condition and its impact on reproduction in Great Tits Parus major. Acta Ornithol. 43: 3–9
- Álvarez, E. (2013). Patrones de incubación y eclosión del Carbonero Común Parus major en un ambiente mediterráneo: causas y consecuencias. Universidad de Valencia. Unidad de Vertebrados Terrestres. Valencia, España.
- Álvarez, E., Barba, E. (2011). Nest characteristics and reproductive performance in Great tits Parus major. Ardeola, 58: 125-136.
- Atiénzar, F., Álvarez, E., Barba, E. (2012). Carbonero Común Parus major.
 Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva (ICBiBE). Departamento de Vertebrados Terrestres, Universidad de Valencia.
- Atiénzar, F., Andreu, J., Álvarez, E., Barba, E. (2009). An improved type of wire cage for the study of parental feeding behaviour in hole-nesting passerines. Catalan Journal of Ornithology, 25: 26-31.
- Atiénzar, F., Belda, E. J. Greño, J. L. (2010), Comparación en los materiales utilizados en la construcción del nido y de los parámetros reproductores en el chochín Troglodytes troglodytes en la Font Roja y en la Sierra de Mariola. Iberis, 8: 17-22.
- Ayala, G. (2009). Modelos Lineales generalizados. Universidad de Valencia.
- Bańbura 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: 517–526
- Barba, E. (1991). Ecology reproduction Tit Parus major in the Valencian orange grove. PhD Thesis, University of Valencia. Valencia
- Barba, E., Gil-Delgado, J. A., López, G. (1988). El tamaño de la puesta del Carbonero común (Parus major) en los naranjales valencianos y en el encinar de Monte Poblet (Tarragona). Mediterránea Serie Biológica, 10: 5-11
- Barba, E., Gil-Delgado, J.A. & Monrós, J.S. (2004). Relationship between nestling diet and breeding performance of Great Tits in a caterpillar-poor environment. In Van Emden, H.F. & Rothschild, M. (eds) Insect and Bird Interactions: 233–238. Intercept, Cambridge.

- Belda, E. J., Barba, E., Gil-Delgado, J. A., Iglesias, D. J., López, G. M., Monrós, J. S. (1998). Laying date and clutch size of Great tits *Parus major* in the Mediterranean region: a comparison of four habitat types. *Journal of Ornithology*,139: 269-276.
- Cantó, J.L. (2008). Noticiario de fauna vertebrada del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja. Iberis, 6:81 – 108.
- Carrascal, L. M., Moreno, E. (1992). Proximal costs and benefits of heterospecific social foraging in Great tit Parus major. Canadian Journal of Zoology, 70: 1947-1952.
- Carrascal, L. M., Palomino, D. (2008). Tamaño de población de las aves comunes reproductoras en España en 2004-2006. SEO/BirdLife. Madrid.
- Cassey, P., Maurer, G., Duval, C., Ewen, J. and Hauber, M. (2010). Impact of time since collection on avian eggshell color: a comparison of museum and fresh egg specimens. Behav. Ecol. Sociobiol. 64: 1711–1720.
- Clark, A., Sloan Wilson (1985). The American Naturalist Vol. 125, No. 4 pp. 603-611
- Collias, N., Collias, E. (1984). Nest Building and Bird Behavior. Pricenton Legacy Libraary. Biological Sciences. ISBN 9780691612294
- Costa, R. A., Eeva, T., Eira, C., Vaqueiro, J., Vingada, J. V. (2012). Assessing heavy metal pollution using Great tits (*Parus major*): feathers and excrements from nestlings and adults. *Environmental Monitoring and Assessment*. DOI 10.1007/s10661-012-2949-6
- Cramp, S. (1998). The complete birds of the Western Palearctic. University Press Oxford
- Cramp, S., Perrins, C. M. (1993). Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. The Birds of the western Palearctic. Volume VII. Flycatchers to Shrikes. Oxford University Press, Oxford.
- Chou, H., Kuei, T. (2010). Eggshell pigmentation: a review. Anim. Sci 39(2):75-85
- De la Puente, J., Yanes, M. (1995). Tasas de depredación en nido de paseriformes ibéricos nidificantes por encima del suelo. Ardeola, 42: 139-146.
- De Neve L, Soler JJ, Soler M. Perez-Contreras T. (2004). Nest size predicts the
 effect of food supplementation to magpie nestlings on their immunocompetence: an
 experimental test of nest size indicating parental ability. Behav. Ecol. 15:1031–103
- Fernández-Juricic, E. (2000). Efectos de la fragmentación forestal sobre poblaciones y comunidades de aves en un ambiente urbano. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Madrid
- García-Navas Corrales (2008). Importancia del calcio como recurso limitante para la reproducción de pequeñas aves forestales en el entorno de los Montes de Toledo.

- García-Navas, V. y Sanz, J.J. (2010). El patrón de pigmentación en los huevos del Herrerillo Común (Cyanistes caeruleus L.) en relación con su éxito reproductor. In: Actas II Congreso de Naturaleza de la Provincia de Toledo. Pp. 221-231, Diputación de Toledo, Toledo.
- Gil-Delgado, J. A., Barba, E. (1987). Aves nidificantes en huecos de los naranjos. Mediterránea Serie Biológica, 9: 29-40.
- Gil-Delgado, J. A., López, G., Barba, E. (1992). Breeding ecology of the Blue tit Parus caeruleus in eastern Spain: a comparison with other localities with special reference to Corsica. Ornis Scandinavica, 23: 444-450.
- Gil-delgado, J. A. y Barba, E. (1987). Aves nidificantes en huecos de los naranjos. Mediterránea serie biológica 9: 29-40.
- Blotzheim, V. N., Bauer, K. M. (1993). Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 13/I. Passeriformes (4. teil). Muscicapidae-Paridae. Aula Verlag, Wiesbaden
- Godfrey, G. (1949). Shell color as a measure of eggshell quality. Poult. Sci. 28:150-151.
- González Cano, J. M. (1981). Depredación de 'Procesionaria del pino' por vertebrados en la zona de Mora de Rubielos (Teruel). Boletín de la Estación Central de Ecología, 10: 53-77
- Gosler, A. G., Barnett, P. R., Reynolds, S. J. (2000). Inheritance and variation in eggshell patterning in the great tit Parus major. Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 267: 2469-2473.
- Gosler, A. G., Higham, J. P., Reynolds, S. J. (2005). Why are birds'eggs speckled? Ecology Letters, 8: 1105-1113.
- Gosler, A. G., Higham, J. P., Reynolds, S. J. (2011). Protoporphyrin and eggshell strength: preliminary findings from a passerine bird Avian Biology research. Vol.4
- Gosler, A.G. (1993). The Great Tit. London: Paul Hamlyn.
- Hanley D, Doucet SM, Dearborn DC (2010). A blackmail hypothesis for the evolution of conspicuous egg coloration in birds. Auk 127:453–459
- Hansell, M. (2000). Bird Nests and Construction Behaviour. Cambridge University Press, Cambridge pp. 280. (ISBN 0-521-460387)
- Higham, J.P. & Gosler, A.G. (2006). Speckled eggs: water-loss and incubation behaviour in the great tit Parus major. Oecologia 149: 561-570.
- ICO. (2012). SIOC: servidor de información ornitològica de Catalunya. ICO, Barcelona.
- Iglesias, D. J. (1996). Efecto de la abundancia de alimento sobre los parámetros reproductores de los páridos en un encinar valenciano. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. Valencia.

- Ingram, D. M., L. F. Hatten III, and K. D. Homan. (2008). A Study on the relationship between eggshell color and eggshell quality in commercial broiler breeders. Int. J. Poult. Sci. 7:700-703
- Juana, E., García, E. (2015). The birds of the Iberian Peninsula. London. pp 354.
- Jubb, M., Gosler, A. G., Wilkin, T. A. (2006). Eggshell-pigmentation, soil calcium and the local abundance, distribution and diversity of woodland snails (Mollusca). Ardea 94: 1-12.
- Kilner, R. (2006). The evolution of egg colour and patterning in birds. Biol Rev 81:383–406
- Lahti, D. (2008). Population differentiation and rapid evolution of egg color in accordance with solar radiation. Auk 125:796–802
- López de Hierro MDG, De Neve L. (2010). Pigment limitation and female reproductive characteristics influence egg shell spottiness and ground colour variation in the house sparrow (Passer domesticus). J Ornithol. pp. 833–840.
- López-Iborra, G., Quesada, J. (2011). Mallerenga carbonera Parus major. En:
 Herrando, S., Brotons, L., Estrada, J., Guallar, S., Anton, M. (Eds.). Atles dels ocells de Catalunya a l'Hivern 2006-2009. Institut Català d'Ornitologia (ICO). Lynx Edicions, Barcelona.
- Louis, V. L., and J. C. Barlow. (1993). The reproductive success of tree swallows nesting near experimentally acidified lakes in northwestern Ontario. Canadian Journal of Zoology 71:1090-1097.
- Makatsch, W. (1976). The eggs of the birds of Europe, vol. 2. Neuman Verlag, Leipzig
- Martínez-de la Puente et al. (2007). Are eggshell spottiness and colour indicators of health and condition in blue tits Cyanistes caeruleus? Journal of avian biology. 38: 377-384
- Monrós, J. S., Belda, E. J., Barba, E. (2002). Post-fledging survival of individual Great tits: the effect of hatching date and fledging mass. Oikos, 99: 481-488.
- Morales, J., Sanz, J., Moreno J. (2006). Egg color reflects the amount of yolk maternal antibodies and fledging success in a songbird.
- Moreno, J., Osorno, J. (2003). Avian egg color and sexual selection: does eggshell pigmentation reflect female condition and genetic quality? Ecol Lett 6:803–6.
- Mullarney, K., Svensson, L., Zetteström, D., Grant, P. (2003). Guía de aves. La guía de campo de aves de España y de Europa más completa. Ediciones Omega, Barcelona.
- Packard, M. J. (1994). Mobilization of shell calcium by the chick chorioallantoic membrane in vitro. J. Exp. Biol. 190: 141-150.

- Parry, Wynne. (2010). Eggshells Look More Colorful Through the Eyes of Birds. Livescience
- Perrins, C. M. (1979). British tits. Collins, London.
- Pimentel, C., Nilsson, J. A. (2007). Breeding patterns of Great tits (*Parus major*) in pine forests along the Portuguese west coast. *Journal of Ornithology*, 148: 59-68.
- Pimentel, C., Nilsson, J-A. (2009). Response of passerine birds to an irruption of Pine Processionary Moth Thaumetopoea pityocampa population with a shifted phenology. Ardeola, 56: 189-203.
- Purroy, F. J. (1997). Atlas de las aves de España (1975-1995). SEO/BirdLife-Lynx Edicions, Barcelona.
- Romero, Pedro (2011). Carbonero Común. Animalandia. EducaMadrid. España.
- RSP. (2007). Great Tit. The Royal Society for the Protection of Birds. BirdLife International.
- Sáez-Royuela, R. (1990). La guía de las aves de la península ibérica y Baleares.
 Incafo, Madrid
- Sanz, J. & García-Navas, V. (2009). Eggshell pigmentation pattern in relation to breeding performance of blue tits Cyanistes caeruleus. Journal of Animal Ecology, 78: 31-41.
- Sanz, J. J. (2000). Cajas-nido para aves insectívoras forestales. Colección Naturaleza y Medio Ambiente. Caja Segovia.
- Sanz, J. J., García-Navas, V., Ruiz-Peinado, J. V. (2010). Effect of habitat type and nest-site characteristics on the breeding performance of Great and Blue tits (*Parus major* and *P. caeruleus*) in a Mediterranean landscape. *Ornis Fennica*, 87: 41-51
- SEO/BirdLife. (2002). Tendencias de las poblaciones de aves comunes en España (1996- 2001). Programa SACRE. Informe 2001. Sociedad Española de Ornitología.Madrid
- Solá, F. et al. (2009). Probabilidades y Estadística. Nivel secundario para adultos módulo de educación semipresencial. Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- Soler, R., Bezemer T., Van der Putten, W., Vet LEM., Harvey, J. (2005). Root herbivore effects on above-ground herbivore, parasitoid and hyperparasitoid performance via changes in plant quality. J Anim Ecol 74: 1121–1130
- Solomon, S.E. (1987). Egg shell pigmentation. Egg Quality: Current Problems and Recent Advances (eds R.G. Wells & C.G. Belyarin), pp. 147–157. Butterworths, London.
- Svensson, L. (1996). Guía para la identificación de los Passeriformes europeos.
 SEO/BirdLife. Madrid.

- Tapio, E., Lehikoinen, E. (1995). Egg Shell quality, clutch size and hatching success of the great tit and the pied flycatcher (Ficedula hypoleuca) in an air pollution gradient. Oecologia 102:312-323
- Tellería, J. L., Asensio, B., Díaz, M. (1999). Aves Ibéricas. II Paseriformes. J. M. Reyero Ed., Madrid.
- Tullett, S.G. (1975). Regulation of avian eggshell porosity. Journal of Zoology, 177, 339–348.
- UICN. (2012). Carbonero Común, Parus major. Lista roja de la UICN.
- Van den Steen, E., Pinxten, R., Jaspers, V. L. B., Covaci, A., Barba, E., Carere, C., Cichoń, M., Dubiec, A., Eeva, T., Heeb, P., Kempenaers, B., Lifjeld, J. T., Lubjuhn, T., Mänd, R., Massa, B., Nilsson, J.-Å., Norte, A. C., Orell, M., Podzemny, P., Sanz, J. J., Senar, J. C., Soler, J. J., Sorace, A., Török, J., Visser, M. E., Winkel, W., Eens, M. (2009). Brominated flame retardants and organochlorines in the European environment using Great tit eggs as a biomonitoring tool. Environment International, 35: 310-317
- Velky. M., Kañuch. P. and Kristin. A. (2011). Food composition of wintering great tits (Parus major): Habitat and seasonal aspects. Institute of Forest Exology, Slovak Academy of Sciencies, Slovakia.