



FACULTAD DE CIENCIAS

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**“Proyecto de conservación del Cernícalo primilla (*Falco naumanni*, *Fleischer*, 1818). Análisis en el proceso de incubación artificial”**

Autora: Irene Farias Huesca  
Tutor/es: Susana Martínez Alós  
Pablo Izquierdo Cezón

2020

## AGRADECIMIENTOS

A mi tutora y cotutor Susana Martínez Alós y Pablo Izquierdo Cezón, por su tiempo y dedicación en la realización de este TFG.

A GREFA, y en especial atención al Departamento de Cría en Cautividad por permitir y enseñarme a hacer uso de las instalaciones de cría, y a mis compañeros por ayudarme en la toma de datos.

A Beatriz Rodríguez por supervisar mi trabajo y ayudarme con la estadística, y a Rebeca García por enseñarme todos los aspectos de la incubación artificial.

Al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, por financiar el programa de Cría en cautividad a través de los fondos destinados a entidades de utilidad pública y hacer posibles dichos proyectos.

Por último, a mi madre, por leer incontables veces mi trabajo y haber sido mi mayor apoyo durante estos meses.

## RESUMEN

El cernícalo primilla (*Falco naumanni*, *Fleischer*, 1818) se ha enfrentado en los últimos años a varias amenazas que han producido un descenso en sus poblaciones. Su dependencia a entornos y actividades humanas ha generado un impacto negativo en su conservación. Esta especie ha sido protagonista en muchos proyectos de reintroducción donde la cría en cautividad ha sido clave para el éxito de estos. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es el de evaluar la metodología actual de cría en cautividad del cernícalo primilla en el Hospital de Fauna Silvestre de GREFA para discernir entre aquellos aspectos que pueden estar afectando en los abortos de los huevos. Los resultados que hemos obtenido en este estudio muestran que el número de abortos no depende del tipo de incubación que reciben, ni del tiempo que permanecen en las incubadoras. Asimismo, el número de abortos no está relacionado con las primeras o segundas puestas, siendo los huevos menos voluminosos aquellos que tienen mayores probabilidades de no eclosionar con éxito. Este estudio valora de forma positiva la actual metodología de incubación artificial que se lleva a cabo para el cernícalo primilla, recomendando enfocar las futuras líneas de investigación en aspectos como el estado físico de los reproductores o las dietas que se les suministra.

**PALABRAS CLAVE:** Cernícalo primilla, *falco naumanni*, cría en cautividad, incubación artificial, eclosión, aborto.

## ABSTRACT

The lesser kestrel (*Falco naumanni*, Fleischer, 1818) has faced several threats in recent years that have had a negative impact on its population. Its dependence on changing human environments and activities has generated a negative impact on its status. This species has been the target of many reintroduction projects where captive breeding has been the key to success. The main objective of this work is to evaluate the current methodology of captive breeding of the lesser kestrel in the Captive breeding center of GREFA to discern among those aspects that may be affecting hatching rates. The results we have obtained in this study show that the number of embryo deaths does not depend on the artificial incubation procedures, nor the time they stay in incubators. In addition, the number of embryonic deaths is not related to eggs being part of the first or second clutch, with the less voluminous eggs being those that are more unlikely to hatch successfully. This study rates positively the current methodology of artificial incubation carried out for the species, recommending to focus future research on aspects such as the physical condition of the breeders and/or the diet provided.

**KEYWORDS:** Lesser kestrel, *falco naumanni*, captive breeding, artificial incubation, hatching, embryo death.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
2.1) <i>Instalaciones del stock reproductor.....</i>	6
2.2) <i>Instalaciones de incubación artificial y cuidados neonatales.....</i>	6
2.3) <i>Metodología de la cría en cautividad.....</i>	7
2.4) <i>Obtención y análisis de datos .....</i>	8
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
3.1) <i>Incubación artificial y natural .....</i>	11
3.2) <i>Grupos de incubación artificial .....</i>	12
3.3) <i>Grupos de puestas .....</i>	13
3.4) <i>Tamaño de los huevos.....</i>	14
<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>20</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El paisaje agrícola ha ido cambiando desde mediados del siglo XX, los monocultivos y la intensificación agraria han dejado de lado los sistemas cerealistas tradicionales. Como consecuencia, el número de presas ha ido en disminución provocando una pérdida de la calidad de hábitat y con ello, las aves esteparias se han visto obligadas a realizar un mayor esfuerzo en la búsqueda de alimento. La disponibilidad de presas también se ha visto influida por el uso de pesticidas y un auge urbanístico de los últimos años (Tella, 2004; Atienza et al. 2004; Ortego, 2016).

El cernícalo primilla (*Falco naumanni*, Fleischer, 1818) es una rapaz de pequeño tamaño que sufre las consecuencias de la intensificación del medio agrario. Pertenece al orden de los Falconiformes. Presenta dimorfismo sexual en relación con el plumaje; generalmente las hembras presentan un color pardo barredado mientras que los machos poseen un color gris azulado en cabeza, obispillo, cola y plumas secundarias (de Frutos, 2009; Ortego, 2016). Sus hábitos son diurnos y suelen vivir en colonias cercanas a núcleos urbanos próximos a estepas cerealistas (Serrano et al., 2005; Ortego, 2016), donde abundan sus principales presas como los ortópteros y coleópteros (Negro, 1991; Ortego, 2016).

La época de cría comienza a finales de febrero o mediados de marzo y termina a finales de julio o principios de agosto, dependiendo de las condiciones climáticas del año y de dónde se encuentre la colonia (cuánto más al norte se sitúe, más tarde terminará) (Ortego, 2016). Habitualmente ponen entre 3 y 5 huevos de color pardo moteado, aunque puede variar la intensidad del color (Serrano et al., 2005; Carbonell et al., 2013; Ortego, 2016; observación propia); lo mismo ocurre con el tamaño de puesta, que puede variar según las características de los progenitores, por ejemplo, su tamaño (Aparicio, 1997; Ortego 2016) o el tamaño de los huevos que, generalmente, disminuye con el orden de puesta (Ortego, 2016). El patrón general de puesta es de un huevo cada dos días (Martínez-Padilla, 2016) y son incubados durante 26-28 días para el último huevo, por parte de ambos progenitores (Negro, 1991; Aparicio, 1997; Serrano et al., 2005; Carbonell et al., 2013). Como en la gran mayoría de las

aves, el cernícalo primilla comienza la incubación antes de acabar la puesta produciendo una asincronía en los nacimientos (Negro, 1991; Martínez-Padilla, 2016).

Después de la época de cría seleccionan otras áreas dentro de la península, llamadas áreas premigratorias. En septiembre comienza la migración hacia los cuarteles de invernada en África (Serrano et al., 2005; de Frutos, 2009; Ortego, 2016; GREFA, n.d.).

A nivel mundial, está catalogado como “Preocupación menor” (*Least Concern, LC*) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (BirdLife International, 2018). A nivel europeo esta especie está incluida en el Anexo I de la Directiva Aves; en el Libro Rojo de las Aves de España (2004) se le considera Vulnerable y, aunque forma parte del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (R.D. 139/2011), no está incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. En la Comunidad de Madrid según el Decreto 18/1992, de 26 de marzo por el que se aprueba el Catálogo Regional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres, ésta especie está catalogada como “En Peligro de Extinción”.

El cernícalo primilla se ha enfrentado en los últimos años a varias amenazas que han producido un descenso en sus poblaciones. Su fuerte dependencia a entornos y actividades humanas ha generado un impacto negativo en cuanto a su conservación. Las consecuencias de las prácticas ligadas a la intensificación agraria, como el uso de pesticidas, ha generado una pérdida de la calidad de hábitat traduciéndose en la disminución del número de presas. Sin presas disponibles, el éxito reproductivo disminuye provocando un declive en las poblaciones (Tella, 2004; Atienza et al. 2004; Ortego, 2016). Otro problema de conservación, relacionado también con los cambios en el medio rural, es la pérdida de lugares de nidificación asociada a la ruina de edificaciones o a las obras de restauración (Atienza et al., 2004; Carbonell et al., 2013) que ha producido la reducción e incluso pérdida de muchas de sus colonias de cría.

Como consecuencia de estas amenazas, la población de cernícalo primilla se vio gravemente reducida a partir de la segunda mitad del siglo XX, aunque a lo largo

de los años tuvo una ligera recuperación pudiendo llegar a estabilizarse ligeramente en algunas áreas de su distribución, incluida Europa (Escandell, 2008; BirdLife International, 2018). Las poblaciones de la península Ibérica parecen mantener también una relativa estabilidad en los últimos años, aunque localmente se experimentan aumentos e importantes disminuciones. No existe un consenso a la hora de estimar poblaciones anteriores puesto que los datos obtenidos a través de los primeros censos no son fiables debido a la poca precisión de estimaciones anteriores y a la escasa cobertura espacial y temporal de dichos censos (Tella, 2004; Seo-BirdLife, 2008). Actualmente la población europea se estima en un máximo de 33.000 parejas (Atienza et al. 2004; Seo-BirdLife, 2008; BirdLife International, 2018) caracterizándose España como uno de los países que más poblaciones alberga (Tella, 2004; Atienza, 2004; Polo, 2009) con 14.000 parejas estimadas en nuestro territorio (De Juana y García, 2015; Ortego, 2016). En la Comunidad de Madrid actualmente se han censado unas 140-144 parejas reproductoras (Garcés et al., 2019).

Debido al desconocimiento del tamaño y evolución real de muchas poblaciones se está llevando a cabo desde el año 2016 un censo nacional para estimar el número actual de individuos.

En los últimos años la especie ha sido protagonista en muchos proyectos de reintroducción, tanto a nivel nacional como internacional, normalmente con resultados satisfactorios, que han ayudado a ralentizar el declive y estabilizar algunas poblaciones. Se han llevado a cabo proyectos LIFE financiados por la Unión Europea como por ejemplo LIFE «*tranfert*» en Francia (Pilard, 2008) y LIFE «*Rapaci lucani*» en Italia (Ceccolini et al., 2008). A nivel nacional se ha estado trabajando en regiones como Aragón, La Rioja, Cataluña, Madrid o Jaén (Carbonell et al. 2008; Polo, 2009). Dentro de los proyectos de reintroducción, destaca la cría en cautividad. Es una técnica bastante eficaz a la hora de recuperar determinadas especies susceptibles de desaparecer (GREFA, nd; Álvarez et al., 2008) ya que permite obtener un elevado número de individuos que serán puestos en libertad para reforzar las poblaciones. Esta técnica sólo debe ser utilizada en determinados casos y como medida complementaria a otras medidas de conservación. El cernícalo primilla cuenta con la ventaja de



formar parte del género *Falco* a la hora de la cría en cautividad. Su pequeño tamaño facilita su manejo frente a otras rapaces de mayor envergadura, y sumado a su carácter colonial pueden mantenerse un mayor número de ejemplares por instalación. También su mayor tamaño de puesta junto a un menor número de días de incubación genera grandes ventajas a la hora de la cría en cautividad, siendo su media modal de 4 huevos por puesta y 28 días de incubación frente a otras grandes rapaces con tan sólo 1 o 2 huevos por puesta y alrededor de 50 días de incubación como el águila perdicera (*Aquila fasciata*) (Ontiveros, 2016), el águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) (García, 2016) o el buitre negro (*Aegypius monachus*) (Del Moral, 2017). Además, dentro del género *Falco*, varias de sus especies han formado parte en gran cantidad de proyectos, como el caso del halcón peregrino (*Falco peregrinus*) en Suecia (Lindberg y Sjöberg, 2009) y Gran Bretaña (Fleming et al., 2011); pudiendo aplicarse técnicas y metodologías similares que ya se han visto efectivas en ellos (Weaver y Cade, 1991).

En España existen 4 principales centros en los que se ha realizado la cría en cautividad localizados en Barcelona, Madrid, Badajoz y Valencia (Carbonell et al., 2008; Pilard, 2008; Ortego, 2016; GREFA, nd). En la Comunidad de Madrid se lleva a cabo el proyecto “Red de Primillares” por el Grupo de Rehabilitación de la Fauna Autóctona y su Hábitat (GREFA). Uno de los principales objetivos de este proyecto, en el cual se enmarca el presente Trabajo Fin de Grado, consiste en aumentar la población de cernícalo primilla generando nuevos núcleos reproductores a través del reforzamiento mediante la cría en cautividad (GREFA, n.d.).

En cuanto a la efectividad de la metodología utilizada en los diferentes centros de cría en cautividad, encontramos que en muchos de ellos no se ha evaluado. Generalmente la metodología utilizada es similar en todos los centros, ya que está basada en el manual de cría en cautividad de Weaver y Cade (1991); aunque la mayoría de ellos cuenta con un menor número de parejas y cómo consecuencia tener que forzar en mayor medida a las hembras para conseguir mejores resultados (Carbonell et al., 2008). Con los años se ha ido incrementando la tasa de eclosión obteniendo generalmente cifras en torno al

80%, sin embargo, aún no se igualan a las de las poblaciones silvestres que se encuentran alrededor del 90% (Ortego, 2016; Pomarol, 1993). Para mejorar el rendimiento se ha visto necesario valorar que factores podrían incidir en los abortos (Martín et al., 2008), y analizar si existe una mejora en el proceso de incubación artificial para conseguir un mayor reclutamiento de individuos a liberar.

GREFA es uno de los centros de cría cuya evaluación de la metodología de incubación del cernícalo primilla está siendo revisada, por ello el objetivo principal de este trabajo es el de determinar si la tasa de aborto entra dentro de los valores estándar. Para ello, hemos definido las siguientes hipótesis al respecto:

- 1) Los huevos incubados artificialmente presentarán un menor número de abortos que aquellos incubados de manera natural.
- 2) Los huevos que permanecen más tiempo en las incubadoras presentarán un menor número de abortos que aquellos que permanecen menos tiempo.
- 3) Los huevos que pertenecen a segundas puestas presentaran un mayor número de abortos que aquellos que pertenecen a las primeras puestas, debido al desgaste fisiológico de las hembras.
- 4) El tamaño de los huevos variará en función de la viabilidad de los mismos: los huevos fértiles deberán ser de mayor tamaño que los huevos abortados.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

Este trabajo se ha llevado a cabo mientras realizaba mis Prácticas de Empresa en el Departamento de Cría en Cautividad en las instalaciones de GREFA situado en la localidad de Majadahonda, durante el periodo de cría del año 2019.

Actualmente, el Departamento de Cría en Cautividad cuenta con 64 parejas de cernícalo primilla, incluyendo jóvenes que todavía no se han reproducido. Aunque prefiere la cría en colonias, es una especie colonial facultativa por lo que

puede criar tanto en instalaciones individuales como colectivas (Carbonell et al., 2008; Ortego 2016; GREFA, nd).

### 2.1) Instalaciones del stock reproductor

En las instalaciones de GREFA (Anexo 1), los individuos viven en grupos separados por sexos durante la época de invernada (agosto-enero), y después, para la cría, pasan a vivir conjuntamente machos y hembras ya sea en instalaciones individuales como comunitarias. Las medidas para las instalaciones individuales son 2m x 3m x 2m; en cada una de ellas se aloja una pareja, en este caso se puede identificar la pareja a la que pertenecen los huevos a través de su anilla metálica. Por otro lado, en las instalaciones comunes las medidas pueden variar de unas a otras, teniendo medidas de 4m x 4m x 3m, 5m x 3m x 2m y 10m x 4m x 2m (la más grande); en ellas conviven hasta 7 parejas, la capacidad de las instalaciones comunales está determinada por el número de nidales. En este caso es imposible detectar a que pareja pertenecen los huevos debido a su carácter promiscuo. Ambos tipos de instalaciones están equipadas con posaderos de cuerda trenzada y de madera con césped artificial, mirillas, cristales de control y nidos numerados para su posible identificación. El aporte de agua y comida se realiza desde el exterior sin interferir en la época de cría (Anexo 4).

### 2.2) Instalaciones de incubación artificial y cuidados neonatales

En las instalaciones de GREFA se cuenta con una sala de incubación, dedicada a la incubación artificial de las puestas (Anexo 2); y una sala de cuidados neonatales, dónde son trasladados los pollos recién nacidos. Tanto las incubadoras como las nacedoras utilizadas son de la marca Grumbach (ProCon automatic systems GmbH & Co.KG, n.d), automáticas y de aire circulante. Esto significa que además del foco de calor, tienen unos ventiladores que hacen circular el aire por toda la incubadora, consiguiendo incubar los huevos con una temperatura lo más homogénea posible, no existiendo gradiente de temperatura en la bandeja donde están depositados los huevos, para que todos tengan el mismo desarrollo y los mismos parámetros. Los parámetros como la temperatura

y la humedad son comprobados diariamente para asegurar su correcto funcionamiento. Las incubadoras y nacedoras se desinfectaron al inicio y finalización de la época de cría con F10 (marca registrada), un desinfectante de uso veterinario no tóxico y biodegradable.

### 2.3) Metodología de la cría en cautividad

#### Emparejamiento y cópulas

En el mes de enero se trasladan los individuos adultos a las instalaciones para que se produzca el emparejamiento y den lugar las cópulas. La fecundación se produce de forma natural. Las cópulas se observaron desde finales del mes de febrero, éstas primeras cópulas no fueron efectivas ya que la producción de semen por parte de los machos durante esos meses probablemente fuese baja o nula. No es hasta finales de marzo cuando se producen las cópulas efectivas.

#### Incubación y Manejo de las puestas

El periodo de incubación se compuso de dos fases: una primera fase de incubación natural donde se permitía a los progenitores incubar los huevos; y una segunda fase de incubación artificial donde se retiraron los huevos y se incubaron en las instalaciones pertinentes. Para incrementar la productividad y aumentar el número de huevos se forzó la segunda puesta retirando la primera. Las primeras puestas ocurrieron aproximadamente a los 15 días de iniciarse las cópulas efectivas, durante el mes de abril y se retiraron entre los 5 y 7 días de haberse puesto el último huevo. Las segundas puestas tuvieron lugar a principios del mes de mayo. Todos los huevos tuvieron mínimo 5 días de incubación por parte de los progenitores. El tamaño de puesta fue de 4 o 5 huevos, aunque excepcionalmente se encontraron 7 u 8, desconociendo si pertenecen a la misma hembra o es el resultado de dos puestas de diferentes hembras.

Una vez retirados de las instalaciones de los progenitores, los huevos completaron su desarrollo en las incubadoras. El traslado de los huevos a la sala de incubación fue realizado por un técnico especialista, que lo realizó de manera inmediata para evitar cambios bruscos de temperatura. En la sala de incubación, se identificó el estado de los huevos dejando los fértiles en las incubadoras. La

temperatura interior osciló entre 37.3 y 37.4 C°, con una humedad relativa entre 40-50%. El volteo de los huevos fue mecánico, girando 180° cada hora, y la duración de dicho volteo fue de 30 minutos, pudiendo considerarse un giro lento. Con el objeto de que las últimas puestas no fueran desfasadas con respecto a la fenología de la especie, las puestas producidas a partir de mediados del mes de mayo no fueron trasladadas a la sala de incubación.

Los huevos fueron incubados durante una media de 27-28 días. Una vez comenzado el “pipping” o picaje de la cáscara, se trasladaron a una nacedora donde ya no se produce el volteo de los huevos para evitar la posibilidad de descolocar al embrión de su posición fisiológica para eclosionar (Anexo 5, figura 15). La temperatura en la nacedora se baja 1°C respecto a la incubadora ya que el embrión al moverse para salir genera temperatura, y se sube la humedad relativa (60-65%) para que no se sequen las membranas y facilitar así el movimiento del embrión dentro del huevo favoreciendo la eclosión. Los pollos recién nacidos fueron pesados mediante una báscula digital.

#### 2.4) Obtención y análisis de datos

Una vez en la sala de incubadoras, se procedió a la identificación de cada huevo marcando con lápiz, el número de nido y el número de huevo dentro de la puesta.

#### VARIABLES INDEPENDIENTES

Como variables independientes se definieron:

- Tipo de incubación: natural o artificial. La incubación natural se produce por parte de los progenitores en el nido mientras que la artificial en el interior de incubadoras artificiales con parámetros controlados como la temperatura o la humedad.
- Tiempo de incubación: se compone de cuatro categorías en función de los días de incubación artificial:
  - Grupo 1, de 0 a 5 días en el nido: la puesta se retira al 5 día.
  - Grupo 2, de 0 a 8 días en el nido: la puesta se retira al 8 día.
  - Grupo 3, de 0 a 12 días en el nido: la puesta se retira al 12 día.

- Tipo de puesta: primera o segunda. Una vez se tiene la primera puesta completa, ésta es retirada del nido para así forzar una segunda puesta.
- Tamaño del huevo: para calcular el volumen de cada huevo se midió con un calibre el ancho y el largo en centímetros y mediante la fórmula:  $Volumen = 0.51 * L * B^2$ , donde L es la longitud, B es la anchura, y 0.51 el coeficiente de volumen (Kv) (Hoyt, 1979; Serrano et al., 2005) se obtuvieron los datos (Anexo 3).

Variables dependientes:

Como variables dependientes se definieron:

- Estado del huevo: con el uso de un ovoscopio (Figura 1) se identificó el estado del huevo, clasificándolo en función del desarrollo embrionario en:

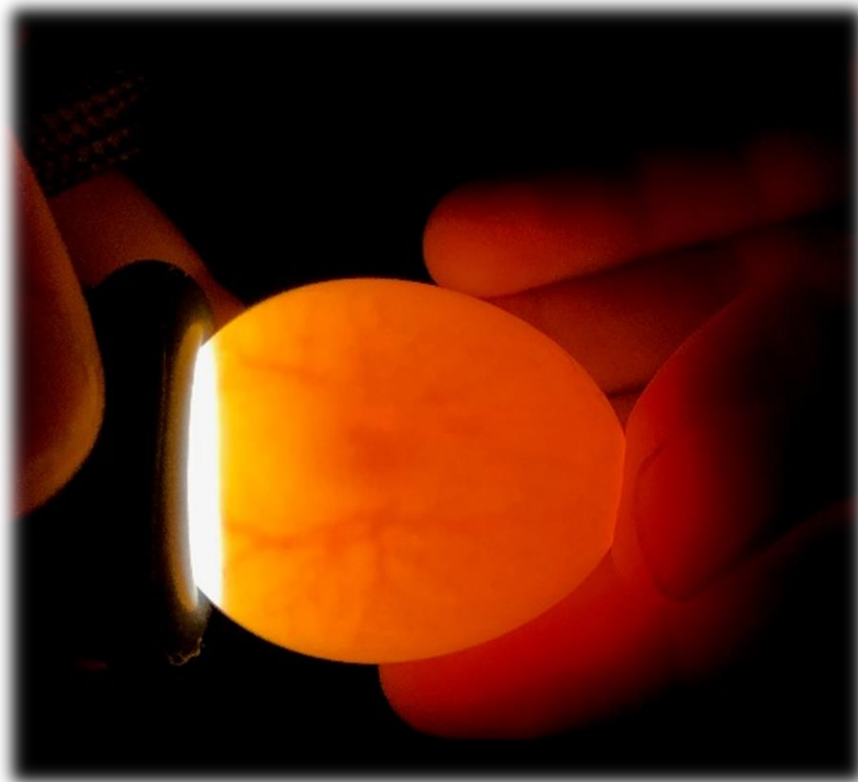


Figura 1: Observación de un huevo fértil mediante ovoscopio.

-Abortado: huevo que ha sido fecundado, pero cuyo embrión en desarrollo ha muerto. En los casos más dudosos, se utilizó el monitor *Buddy*<sup>®</sup>, con el cual se midió la frecuencia cardíaca del embrión para evitar el descarte de un huevo viable. Según el grado de desarrollo del embrión se pudo determinar si el aborto se produjo en el primer, segundo o tercer tercio.

-Fértil: huevo fecundado con embrión vivo en desarrollo; se puede observar el embrión en distinto nivel de desarrollo, desde un blastocito incipiente hasta el embrión maduro (Carbajo, 1996).

-Infértil: huevo que no ha sido fecundado. Los huevos infértiles fueron descartados del estudio.

### Análisis de los datos

En un paso previo se realizó una comparativa entre los tipos de incubación (natural y artificial) y el estado de los huevos. Para ello, se utilizó la  $X^2$  Pearson con el objeto de detectar diferencias significativas entre la viabilidad de los huevos y los dos tipos diferentes de incubación utilizados en el programa de cría en cautividad.

Posteriormente, se compararon el número de huevos abortados y no abortados de cada periodo de incubación artificial con el fin de determinar cuál era el periodo idóneo que han de permanecer los huevos dentro de las incubadoras. En este análisis también se utilizó la prueba  $X^2$  Pearson.

Para evaluar la viabilidad de los huevos entre las primeras y segundas puestas se utilizó de igual manera el test  $X^2$  Pearson.

Finalmente, para determinar si existe relación entre el volumen del huevo y el estado del mismo, se tomaron como variable independiente el estado del huevo y como variable dependiente el volumen del mismo. Para ello se utilizó la U de Mann Whitney.

## **3. RESULTADOS**

Durante el periodo de cría, se manejaron un total de 418 huevos. De este total se eliminaron aquellos que fueron imposible discernir si eran infértiles o abortados ( $n = 3$ ).

Del total de los huevos ( $n = 415$ ), se calculó una **tasa de fertilidad del 63%**. El 37% restante fueron infértiles siendo éstos descartados para nuestro estudio de incubación.

Asimismo, se eliminaron aquellos huevos pertenecientes a terceras puestas dada su baja representación ( $n = 3$ ). Por lo tanto, se tuvieron en cuenta en los análisis un total de **256 huevos** provenientes de 64 puestas repartidas en 52 nidos (Anexo 4), que dieron lugar al nacimiento de **202 pollos** de cernícalo primilla, siendo nuestra **tasa de eclosión del 78.91%**.

### 3.1) Incubación artificial y natural

Del total de los huevos analizados ( $n = 256$ ) durante el periodo de cría, el número de huevos abortados observados tanto en la incubación natural ( $n = 9$ ) como en la artificial ( $n = 45$ ) no presentaron diferencias significativas con los valores esperados (natural  $n = 14$ ; artificial  $n = 40$ ). De igual manera, el número de huevos fértiles observados en la incubación natural ( $n = 59$ ) y artificial ( $n = 146$ ) no fue significativamente diferente de los valores esperados (natural  $n = 54$ ; artificial  $n = 151$ ;  $X^2 = 2.1968$ ;  $df = 1$ ;  $p$ -valor = 0,1383; Tabla 1), (Anexo 5).

Tabla 1. Tabla de contingencia en la que se indica el número de huevos abortados (1) y fértiles (0) observados y esperados en función del tipo de incubación.

			Tipo de incubación		
			<i>Natural</i>	<i>Artificial</i>	<b>Total</b>
<b>Aborto</b>	<i>Observados</i>	1	9	45	<b>54</b>
		0	56	146	<b>202</b>
		<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>191</b>	<b>256</b>
	<i>Esperados</i>	1	14	40	<b>54</b>
		0	51	151	<b>202</b>
		<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>191</b>	<b>256</b>



### 3.2) Grupos de incubación artificial

Partiendo de un total de huevos ( $n=112$ ), el número de huevos abortados observados en el grupo 1 ( $n=4$ ), grupo 2 ( $n=8$ ) y grupo 3 ( $n=18$ ) no mostraron diferencias significativas con los valores esperados del grupo 1 ( $n=4$ ), grupo 2 ( $n=7$ ) y grupo 3 ( $n=19$ ).

Comparando en este caso el número de huevos fértiles observados en el grupo 1 ( $n=10$ ), grupo 2 ( $n=18$ ) y grupo 3 ( $n=54$ ) con los valores esperados en los grupos 1 ( $n=10$ ), grupo 2 ( $n=19$ ) y grupo 3 ( $n=53$ ) no se observaron diferencias significativas;  $\chi^2 = 2.644$ ;  $df = 1$ ;  $p$ -valor = 0,1039 (Tabla 2). (Anexo 5).

Tabla 2: Tabla de contingencia en la que se indica el número de huevos abortados (1) y fértiles (0) observados y esperados en función de los distintos grupos de incubación artificial.

			Tiempo de incubación				
			1	2	3	Total	
<b>Aborto</b>	<i>Observados</i>	1	4	8	18	<b>30</b>	
		0	10	18	54	<b>82</b>	
		<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>72</b>	<b>112</b>	
	<i>Esperados</i>	1	4	7	19	<b>30</b>	
		0	10	19	53	<b>82</b>	
<b>Total</b>		<b>14</b>	<b>26</b>	<b>72</b>	<b>112</b>		

### 3.3) Grupos de puestas

Del total de los huevos ( $n = 256$ ) comparando el número de abortos observados en las primeras ( $n = 44$ ) y segundas puestas ( $n = 1$ ) con los valores esperados en primeras ( $n = 41$ ) y segundas puestas ( $n = 5$ ) respectivamente, no fueron significativamente diferentes. Así mismo el número de huevos fértiles observados en primeras ( $n = 132$ ) y segundas puestas ( $n = 14$ ) no mostraron diferencias significativas con los valores esperados en las primeras ( $n = 134$ ) y segundas puestas ( $n = 11$ ;  $\chi^2=1.3863$ ,  $df= 1$ ,  $p$ -valor= 0.239; Tabla 3) (Anexo 5).

Tabla 3: Tabla referente a la diferencia entre grupos de puestas con valores observados y esperados, donde 0 son "huevos fértiles" y 1 "huevos abortados".

			Tipo de puesta		
			Primera	Segunda	Total
<b>Aborto</b>	<i>Observados</i>	1	47	7	<b>54</b>
		0	159	43	<b>202</b>
		<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>50</b>	<b>256</b>
	<i>Esperados</i>	1	43	11	<b>54</b>
		0	163	39	<b>202</b>
<b>Total</b>		<b>206</b>	<b>50</b>	<b>256</b>	

### 3.4) Tamaño de los huevos

En cuanto al volumen de los huevos, encontramos que los huevos fértiles que acabaron eclosionando fueron significativamente más voluminosos que aquellos que abortaron (fértiles =  $13,87 \pm 1,33 \text{ cm}^3$  frente a los abortos =  $13,19 \pm 1,23 \text{ cm}^3$ ; *U de Mann Whitney*,  $W = 4393,5$ ; *p-valor* = 0.0006322; Figura 2).

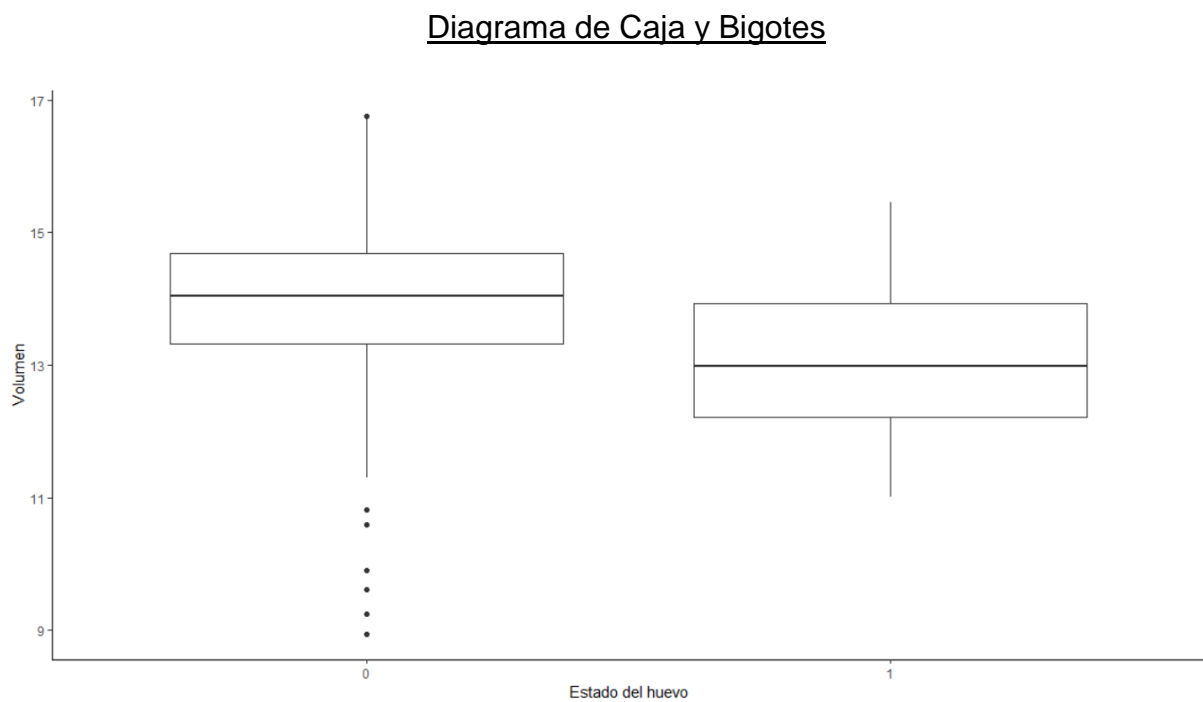


Figura 2: Distribución de los datos correspondientes al volumen de los huevos y sus respectivos abortos mediante el diagrama de Cajas y bigotes, donde 0 corresponde a “huevos fértiles” y 1 “huevos abortados”.

## 4. DISCUSIÓN

Los resultados que hemos obtenido en este estudio muestran que el número de abortos no depende del tipo de incubación que reciben, ni del tiempo que permanecen en las incubadoras. De igual modo, el número de abortos que se produce no está relacionado con las primeras o segundas puestas, siendo los huevos menos voluminosos aquellos que tienen mayores probabilidades de no eclosionar con éxito.

La primera hipótesis de la cual partíamos era que los huevos incubados artificialmente fuesen los que menos número de abortos presentasen. Nuestros resultados muestran que no existen diferencias entre el número de abortos y el tipo de incubación que reciben los huevos. Estudios como el de Bird y Laguë (1982.b) con el cernícalo americano (*Falco sparverius*) tampoco pudieron afirmar la existencia de diferencias entre ambos tipos de incubación. La ausencia de diferencias entre ambos tipos de incubación puede verse influenciada por varios aspectos: en primer lugar, al buen aislamiento que reciben las parejas, es decir, las instalaciones podrían considerarse óptimas ya que las parejas no reciben molestias durante el proceso de incubación; en segundo lugar, a que todos los individuos reciben la misma alimentación, por tanto, no existen diferencias en el aporte de nutrientes. En el centro de cría de Torreferrussa observaron grandes diferencias entre huevos de individuos salvajes y los puestos por las parejas reproductoras del centro, ambos incubados artificialmente, teniendo los primeros, tasas de eclosión más elevadas (Carbonell et al., 2008). Este hecho fue corroborado por Burnham (1983) para halcones en general, obteniendo resultados similares. Por tanto, la ausencia de diferencias del número de abortos entre los diferentes tipos de incubación podría no depender tanto de la metodología de incubación sino del estado nutricional de los progenitores.

Respecto a la diferencia entre grupos de huevos que han recibido distinto número de días de incubación artificial, partíamos de la hipótesis de que los huevos que permanecen más tiempo en las incubadoras presentasen un menor

número de abortos que aquellos que permanecen menos tiempo. Hemos encontrado que no existen diferencias entre los grupos de huevos que han permanecido de 5 a 12 días de incubación natural. Bird y Laguë (1982.b) afirmaron que los huevos de halcón sometidos a incubación artificial desde el día 1, presentaban un menor éxito de eclosión, y comprobaron que eliminando las primeras puestas después de varios días de incubación natural se logró una mayor incubabilidad. Burnham (1983) también determinó que el éxito de la eclosión aumenta alrededor de un 20% si los huevos reciben aproximadamente 5 días de incubación natural. Ese momento coincide con el inicio de la transferencia del oxígeno desde el exterior del huevo hacia el embrión en el interior, en este momento existe una mayor mortalidad en todas las especies avícolas (Muriel y Serrano, n.d.; observación propia), tratándose de uno de los momentos más determinantes para la viabilidad del huevo. Dado que la retirada de los huevos se realiza al 5º día de la incubación y que el número de abortos no difiere en si se dejan más días en el nido, cabe pensar que la metodología utilizada en el programa de cría de GREFA asegura la viabilidad de los embriones en los primeros días críticos.

En cuanto a las diferencias entre distintos grupos de puestas, la hipótesis de la que se parte indica que la tasa de abortos en las segundas puestas será superior a la de las primeras. Este hecho está basado en que las hembras realizan un gran esfuerzo reproductor cuando realizan las segundas puestas, y aunque la disponibilidad de abundante alimento no pone en riesgo la supervivencia de los progenitores (Weaver y Cade, 1991; Carbonell et al., 2008; GREFA, nd), si pudiera afectar a la calidad de los huevos. Nuestros resultados muestran que el número de abortos no difiere entre las primeras y segundas puestas. En el centro de cría de Torreferrussa se analizaron las diferencias entre primeras y segundas puestas, dando como resultado una reducción de la tasa de eclosión del 20% en las segundas puestas respecto a las primeras (Carbonell et al., 2008). Si comparamos nuestra metodología con la del centro de Torreferrussa encontramos una clara diferencia: éstos aplican dos técnicas combinadas con el fin de incrementar la producción (la retirada secuencial de los primeros huevos

(dejando siempre uno en el nido) y la retirada de la primera puesta para provocar una segunda de reposición), y aunque intentan compensar el esfuerzo reproductor con el suministro de complementos vitamínicos, no consiguen paliar las carencias nutritivas. En nuestro caso, al utilizar exclusivamente una técnica para incrementar el número de huevos no se ve reflejado en la calidad de estos. Otros centros de cría como el de Almendralejo, gestionado por DEMA, tan sólo fuerzan la mitad de las parejas (Martín et al., 2008), pudiendo rotar cada año y ofrecer un respiro a las hembras. Asimismo, la retirada de las primeras puestas para forzar las segundas se realiza de manera que éstas últimas no sean desfasadas con respecto a la fenología de la especie, sufriendo el efecto estacional (Bird y Laguë, 1982. a, b), ya que por esta razón la tasa de abortos en segundas puestas podría aumentar. Por ello, podemos pensar que la obtención de este resultado es un indicador de que las hembras de nuestro stock reproductivo se encuentran en buen estado físico y que además se fuerzan en el momento justo para que la tasa de aborto no se dispare.

Por último, nuestros resultados confirman la hipótesis de que los huevos más grandes tendrán una menor tasa de aborto, siendo los de menor tamaño los huevos abortados. Serrano et al. 2005 comprobó que existe una relación positiva entre el tamaño del huevo y la probabilidad de eclosión; es decir, los huevos de mayor tamaño tienen una mayor probabilidad de eclosión (Ortego, 2016). Esta relación puede deberse a que los huevos de mayor tamaño tendrán una relación superficie-volumen más baja, lo que aporta ventajas termorreguladoras a los embriones al ser menos susceptibles a las fluctuaciones de temperatura. Además, los huevos grandes también pueden tener una mayor calidad de nutrientes, lo que aumenta la capacidad de recuperación embrionaria. También podría contemplarse la posibilidad de que los progenitores de mala calidad tienden a poner huevos más pequeños (Serrano et al. 2005).

Nuestra metodología de incubación artificial es muy similar o igual a otros centros de cría ya sea de cernícalo primilla u otros tipos de halcones, como el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) (Carbonell et al., 2008; Martín et al., 2008; Lindberg

y Sjöberg, 2009). No obstante, la tasa de eclosión que hemos obtenido es del 78.91% siendo superior a la obtenida por Carbonell et al. (2008), que muestra en sus resultados de la cría en cautividad de *Torreferrussa* una tasa de incubabilidad del 65.19%. En el estudio realizado por Pomarol y Heredia (2001) se consigue sin embargo un 76%; en Almendralejo un 81% (Martín et al., 2008) y en la cría del halcón peregrino en Suecia un 73.4% (Lindberg y Sjöber (2009). Esto podría deberse a que muchas de las parejas aún son jóvenes, además tampoco se han descartado ejemplares con edades que exceden el óptimo en lo que a fertilidad se refiere, teniendo incluso ejemplares de más de 12 años que suelen reproducirse mal; por lo que no deberían considerarse resultados alarmantes.

La cría en cautividad es una de las acciones imprescindibles dentro de los programas de conservación de especies amenazadas. La evaluación de los métodos utilizados con el objetivo de detectar puntos fuertes o débiles dentro de estos programas es de vital importancia a la hora de reforzar las poblaciones en el medio natural y con ello mitigar el declive que está sufriendo en general las especies de aves esteparias. Nuestro trabajo se centra en aspectos metodológicos sin posibilidad de abarcar algunos factores que están influyendo en los resultados, como pueda ser el buen estado fisiológico de los individuos reproductores o la dieta que se les suministra. Por ello, las posibles líneas de investigación relacionadas con la cría en cautividad deberían estar enfocadas en este tipo de aspectos.

## 5. CONCLUSIONES

- Este estudio es importante para el programa de cría en cautividad de GREFA, ya que evalúa la metodología utilizada, y trata de detectar puntos fuertes o débiles en el proceso de incubación artificial.
- La actual metodología de incubación artificial para el cernícalo primilla puede considerarse bastante favorable para la especie.
- El éxito de eclosión parece no estar determinado por el número de días de incubación artificial que reciben los huevos, para aquellos que han recibido una incubación natural en sus primeros 5 días.
- A la hora de forzar segundas puestas se recomienda tener en cuenta el sobreesfuerzo reproductivo ejercido por las hembras para no comprometer el estado físico de estas y como consecuencia la calidad de los huevos. También se debe tener en cuenta el efecto estacional para que las segundas puestas no sean desfasadas con respecto a la fenología de la especie.
- Los huevos más voluminosos tienen mayores probabilidades de eclosionar con éxito debido a sus ventajas fisiológicas y termoreguladoras.
- Se recomienda enfocar las futuras líneas de investigación en aspectos como el estado físico de los reproductores o las dietas que se les suministra.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, E., Garcés, F., Galán, M. (2008). Corredores para el Primilla. *Actas del VII Congreso Internacional sobre el Cernícalo Primilla*, pp. 88-92. Almendralejo, Spain. ISBN 978-2-917791-05-9
- Aparicio, J. M (1997). Costs and benefits of surplus offspring in the lesser kestrel (*Falco naumanni*). *Behavioral Ecology Sociobiology* 41: 129-137.
- Atienza, J. C., Tella, J. L. (2004). Cernícalo primilla. *Falco naumanni*. Pp. 161-163. En: *Libro Rojo de las Aves de España*. Madroño, A., González, C., Atienza, J.C. (Eds). Dirección General para la Biodiversidad-SEO Birdlife, Madrid.
- Bird, D. M., and Laguë, P. C. (1982a). Influence of forced reneating, seasonal date of laying, and female characteristics on clutch size and egg traits in captive American Kestrels. *Canadian Journal of Zoology*, 60(1): 71–79.
- Bird, D. M., and Laguë P. C. (1982b). Fertility, egg weight loss, hatchability, and fledging success in replacement clutches of captive American Kestrels. *Canadian Journal of Zoology* 60 (1): 80-88.
- BirdLife International. 2018. *Falco naumanni*. *The IUCN Red List of Threatened Species* Doi: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22696357A131938109.en>. Downloaded on 15 September 2019.

- Blanco, J. C. y González, J. L. (Eds.), (1992). Libro Rojo de los Vertebrados de España, Pp:161-163. ICONA. Madrid.
- Burnham, W. (1983). Artificial Incubation of Falcon Eggs. *The Journal of Wildlife Management*, 47(1), 158. doi:10.2307/3808062
- Carbonell, F., Pomarol, M., Mas, G., Petit, A. (2013). Recuperació del xoriguer petit (*Falco naumanni*) a l'Alt Empordà. *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, 44: 273-295.
- Carbonell, F., Valbuena, E., Alonso, M., Obón, E., Pomarol, M. (2008). Cría en cautividad del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) en catalunya. *Actas del VII Congreso Internacional sobre el Cernícalo Primilla*, pp. 116-122. Almendralejo, Spain. ISBN 978-2-917791-05-9
- Ceccolini, G., Cenerini, A., Francione, M., Visceglia, M. (2008). Las acciones del Proyecto LIFE Naturaleza «Rapaci lucani» para la conservación del Cernícalo primilla (*Falco naumanni*) en la provincia de Matera- Italia. *Actas del VII Congreso Internacional sobre el Cernícalo primilla*, pp 69-73. Almendralejo, Spain. ISBN 978-2-917791-05-9
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (ed). (1992) Decreto 18/1992, de 26 de marzo por el que se aprueba el Catálogo Regional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres y se crea la categoría de árboles singulares. Comunidad de Madrid. Pág. 47
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. Anexo I. Ref: DOUE-L-2010-80052

- De Frutos Tena, A. (2009). Ecología y conservación del Cernícalo Primilla durante el periodo premigratorio. Tesis Doctoral. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Universidad de León, España
- De Juana, E., Garcia, E. (2015). *The Birds of the Iberian Peninsula*. Christopher Helm, London. Pp-688
- Del Moral, J. C., De la Puente, J. (2017). Buitre negro – *Aegypius monachus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Escandell, V (2008). Programa SACRE: Seguimiento de Aves Comunes Reproductoras en España en el año 2006. Pp. 4-9. En: Del Moral, J. et al. (Eds.). Programas de seguimiento de SEO/BirdLife en 2006. SEO/BirdLife. Madrid.
- Fleming V., Douse A. F., Williams N. P. (2011). Captive breeding in peregrine and other falcons in Great Britain and implications of conservation of wild populations. *Endangered species research* 14: 243-257. Doi: 10.3354/esr00352
- Garcés et al. (2019). Informe técnico “Proyecto para la recuperación de la población del cernícalo primilla en la Comunidad de Madrid en el marco de las medidas compensatorias derivadas de la M-50 (Tramo N-II, N-IV) realizado por GREFA para SEITT. *En comunicación interna*.
- García Dios, I. S. (2016). Aguililla Calzada – *Hieraaetus pennatus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>

- GREFA (n.d).Cernícalo primilla. Proyecto “Red de Primillares”. [online]. Disponible en: <<https://www.grefa.org/proyectosgrefa/23-proyectos/cernicalo-primilla/red-de-primillares/2893-cernicalo-primilla-proyecto-gred-de-primillaresq>> [3 octubre 2019]
- Hoyt, D. F. (1979) Practical methods of estimating volume and fresh weight of birds eggs. *Auk* 96: 73-77.
- Lindberg, P. and Sjöberg, U. (2009) Captive breeding and restocking of the Peregrine Falcon in Sweden. *Peregrine Falcon populations – status and perspectives in the 21st century*. J. Sielicki and T. Mizera (editors) European Peregrine Falcon Working Group, Society for the Protection of Wild Animals "Falcon". Pp 677 – 694
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2011). Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. «BOE» núm. 46, de 23 de febrero de 2011. Ref: BOE-A-2011-3582.
- Martín, M., López, J. A., Guerrero, M., Mendoza, P. (2008). Resultados del centro de cría de Cernícalo Primilla de DEMA. Almendralejo (España). *Actas del VII Congreso Internacional sobre el Cernícalo Primilla*, pp. 116-122. Almendralejo, Spain. ISBN 978-2-917791-05-9
- Martínez Dalmau, J. (2010). Proyecto de creación de una red de primillares: un ejemplo de participación e implicación de los municipios en la conservación de especies amenazadas. *Congreso Nacional del Medio Ambiente*. Disponible en: <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/41276.pdf> [8 diciembre 2019]

- Martínez-Padilla, J. (2016). Cernícalo vulgar – *Falco tinnunculus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Muriel, A., Serrano, A. (n. d.) Análisis de la fertilidad y determinación de la mortalidad embrionaria en huevos de gallinas de guinea. Centro de Investigación La Orden-Valdesequera. Junta de Extremadura
- Negro, J. (1991) Ecología de poblaciones del cernícalo primilla (*Falco naumanni*). Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla, España.
- Ontiveros, D. (2016). Águila perdicera – *Hieraaetus fasciatus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Ortiz H. H., y Cumpa M. E. (2015). Causas de mortalidad embrionaria en la incubación natural y artificial de huevos de Pata Criolla (*Cairina moschata doméstica* L.) *Canales Científicos*, 77 (1), 69-76. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i1.547>
- Ortego, J. (2016) Cernícalo primilla – *Falco naumanni*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Pilard, P. (2008). Le programme LIFE Tranfert et le Plan Français de Restauration du Faucon crécerellette. *Actas del VII Congreso Internacional sobre el Cernícalo Primilla*, pp. 74-79. Almendralejo, Spain. ISBN 978-2-917791-05-9

- Polo, M. (2009). Reintroducción del Cernícalo primilla (*Falco naumanni*) en la provincia de Valencia. *El Serenet*, 7: 1-16.
- Pomarol, M. (1993). Lesser kestrel (*Falco naumanni*) recovery Project in Catalonia. En M. Nicholls & R. Clarke (Eds.). *Biology and conservation of small falcons*, pp. 24-28. Hawkand Owl Trust. UK.
- Pomarol M., y Heredia G. (2001). Recuperación del cernícalo primilla (*Falco naumanni*) en Cataluña: Cría en cautividad, reintroducción y seguimiento de la población. *Biología y conservación del cernícalo primilla*. Actas del IV Congreso Nacional sobre el cernícalo primilla. Garcés J. F. y Corroto M. (Eds). Madrid.
- ProCon automatic systems GmbH & Co.KG (n.d). Disponible en: <http://www.grumbach-brutgeraete.de/english/> [ 2 marzo 2020]
- Serrano, D., Tella, J. L. and Ursúa, E. (2005) Proximate causes and fitness consequences of hatching failure in lesser kestrels *Falco naumanni*. *Journal Avian Biology* 36: 242-250.
- SEO/BirdLife y Fundación BBVA. Enciclopedia de las Aves de España (2008). Disponible en: <https://www.seo.org/listado-aves-2/>. [15 noviembre 2019].
- Tella J.L. (2004). Situación de las poblaciones de Cernícalo Primilla: pasado, presente y necesidades para el futuro. *Actas del IV Congreso Nacional sobre el Cernícalo Primilla*, pp. 28-34. Consejería de Medio Ambiente. Madrid, Spain.
- Weaver, D., Cade, T (1991). Falcon propagation: a manual on Captive Breeding. The peregrine Fundation, World Center for Birds of Prey. Idaho.



## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: Fotos de las instalaciones del stock reproductor.



Figura 1: Ejemplo de instalación comunitaria. En el margen izquierdo se observan dos nidos artificiales, en la parte inferior una bañera provista de agua potable y a lo largo de la instalación posaderos utilizados por los individuos. Fuente: Propia



Figura 2: Ejemplo de instalación comunitaria. En las paredes se observan posaderos de madera y césped artificial, algunos de ellos poseen en su parte superior orificios de acceso a los nidos. Al margen izquierdo se observa el tubo de aporte de alimento. En la parte inferior encontramos dos bañeras, a la izquierda una con agua potable y a la derecha otra destinada a los baños de arena. Fuente: Propia





Figura 3: Ejemplo de instalación individual. En el margen izquierdo se observan posaderos de madera y césped artificial. Fuente: Propia





Figura 4: Ejemplo de pasillo para acceder a las instalaciones. De arriba abajo, pueden observarse los accesos a los nidos para el control de las puestas, las ventanas con cristales espía, los tubos para el aporte de alimento desde el exterior, las puertas de acceso y las tuberías para el aporte de agua. Fuente: Propia



Figura 5: Ejemplo de pasillo para acceder a las instalaciones. En la parte superior se pueden observar los nidos artificiales con pequeñas puertas para la retirada de huevos, y una mirilla para la observación, más abajo encontramos el tubo de aporte de alimento. Fuente: Propia



**ANEXO 2: Fotos de las instalaciones de incubación artificial y cuidados neonatales.**



Figura 1: Sala de incubación artificial. Se observan 3 incubadoras de la marca Grumbach. Fuente: Propia



Figura 2: Detalle de una incubadora de la marca Grumbach. Fuente: Propia



Figura 3: Detalle de una nacedora de la marca Grumbach. Fuente: Propia



Figura 4: Detalle de un huevo de cernícalo primilla. Fuente: Propia





Figura 5: Detalle de un huevo de cernícalo primilla en el momento de la eclosión.  
Fuente: GREFA



### ANEXO 3: Datos referentes al tamaño de los huevos.

Para obtener el volumen de los huevos en  $\text{cm}^3$  a partir de la longitud y ancho de cada huevo nos basamos en la metodología de Hoyt (1979) y Serrano et al. (2005). Hoyt (1979) y distintos autores han demostrado que el volumen de un huevo puede estimarse con una precisión razonable a partir de sus dimensiones lineales mediante la fórmula:  $\text{Volumen} = 0.51 \cdot L \cdot B^2$ , donde L es la longitud, B es la anchura, y 0.51 el coeficiente de volumen ( $K_v$ ). Este coeficiente de volumen sólo es aplicable para huevos simétricos y no puntiagudos, como es el caso de los huevos de cernícalo primilla.

Una vez determinado el volumen para cada huevo, encontramos que la mayoría rondan entre los 13-15  $\text{cm}^3$  (Tabla 1), obteniendo una media = 13.71  $\text{cm}^3$ , un tamaño modal = 15.176 y una desviación típica = 1.342. El huevo fértil de menor volumen que se obtuvo fue de 8.94  $\text{cm}^3$ , y el mayor de 16.75  $\text{cm}^3$ , eclosionando ambos con éxito.

Tabla 1: Proporción de huevos según su volumen en  $\text{cm}^3$ .

<b><math>\text{cm}^3</math> huevo</b>	<b>8-10 <math>\text{cm}^3</math></b>	<b>10-11 <math>\text{cm}^3</math></b>	<b>12-13 <math>\text{cm}^3</math></b>	<b>13-14 <math>\text{cm}^3</math></b>	<b>14-15 <math>\text{cm}^3</math></b>	<b>15-17 <math>\text{cm}^3</math></b>
<b>Nº huevos</b>	6	11	34	55	57	28
<b>% huevos</b>	3.14%	5.76%	17.80%	28.80%	29.84%	14.66%

**ANEXO 4: Resumen de los resultados obtenidos por nido.**

<b>NIDO</b>	<b>Nº HUEVOS</b>	<b>Nº PUESTAS</b>	<b>POLLOS NACIDOS</b>	<b>% ÉXITO EN LA PUESTA</b>	<b>DÍAS MEDIOS DE INCUBACIÓN</b>
7	8	2	8	100%	27.75
8	8	2	5	62,50%	27.2
9	3	1	3	100%	28.33
12	6	2	1	16,67%	28
14	3	1	2	66,67%	28
15	4	1	4	100%	28
21B	5	1	3	60%	27.33
21F	7	2	4	57,14%	27.5
22A	7	2	5	71,43%	27.2
22B	8	2	5	62,50%	28.8
22C	3	1	2	66,67%	28
22E	5	1	5	100%	26.6
22F	4	1	3	75%	27
23B	5	1	3	60%	28
23E	4	1	4	100%	28
23F	11	2	7	63,64%	27.57
24B	10	2	8	80%	26.62
24C	5	1	4	80%	26.25
24D	8	2	7	87,50%	26.29
24F	2	1	1	50%	28
25B	8	2	6	75%	27.33
25D	7	2	5	71,43%	27.8
25E	7	3	7	100%	26.86
25F	1	1	1	100%	28
N1.1	4	1	3	75%	28.67
N1-10	5	1	5	100%	26.8

N1-2	3	1	3	100%	28
N1-5	4	1	2	50%	27.5
N1-9	5	1	3	60%	29.3
N2.2	3	1	3	100%	25.67
N2.9	3	1	3	100%	25.67
N2-1	5	1	5	100%	27.6
N2-10	3	1	-	-	-
N2-3	4	1	4	100%	27.5
N2-5	4	1	3	75%	28.67
N3.10	3	1	3	100%	29
N3.13	5	1	3	60%	28
N3.3	5	1	3	60%	28
N3-12	4	1	4	100%	25.25
N3-5	4	1	4	100%	28
N3-7	5	1	5	100%	27.2
N4-5	3	1	3	100%	27.67
N4-7	3	1	3	100%	26.67
P16	3	1	3	100%	27.67
P18	8	2	8	100%	26.5
P2	8	2	8	100%	27
P21	6	1	6	100%	27.17
P23	6	1	6	100%	27.67
P3	5	1	4	80%	27.5
P6	3	1	2	66,67%	27.5
P8	4	1	-	-	-
P9	3	2	3	100%	28.3
Promedio	5 huevos/nido	-	4 pollos/nido		28 días

## ANEXO 5: Gráficas referentes a los resultados.

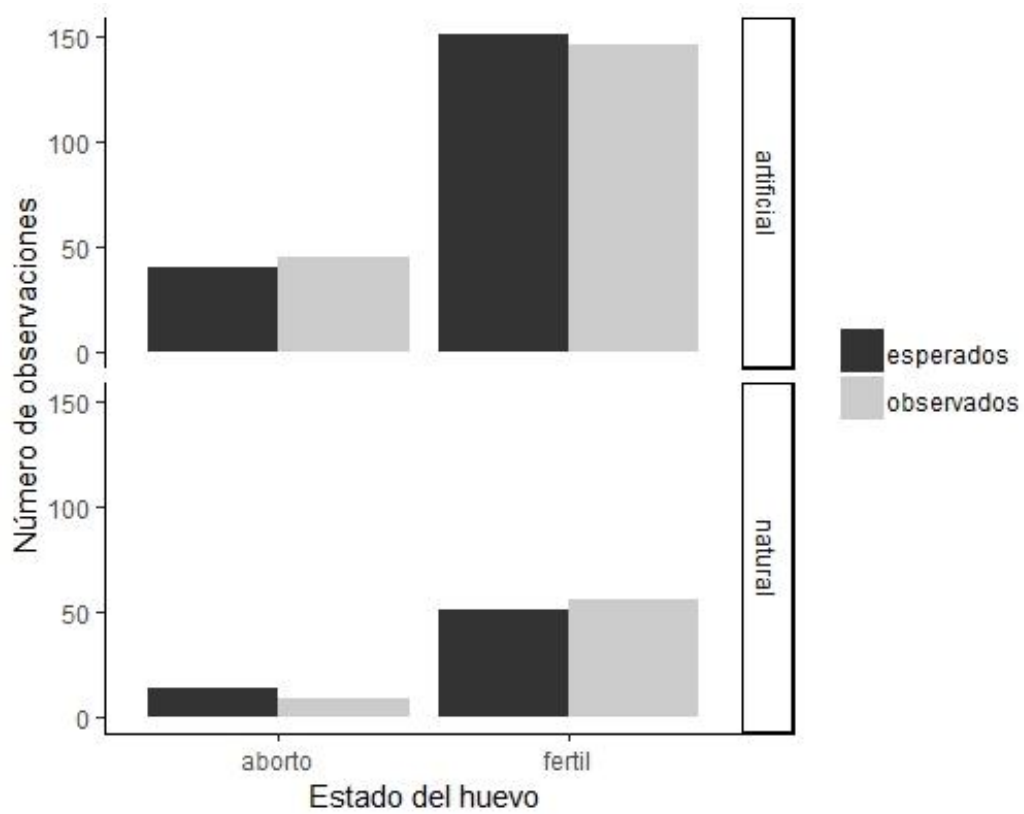


Figura 1: Gráfico donde se observa el número de huevos abortados y fértiles observados y esperados en función del tipo de incubación.

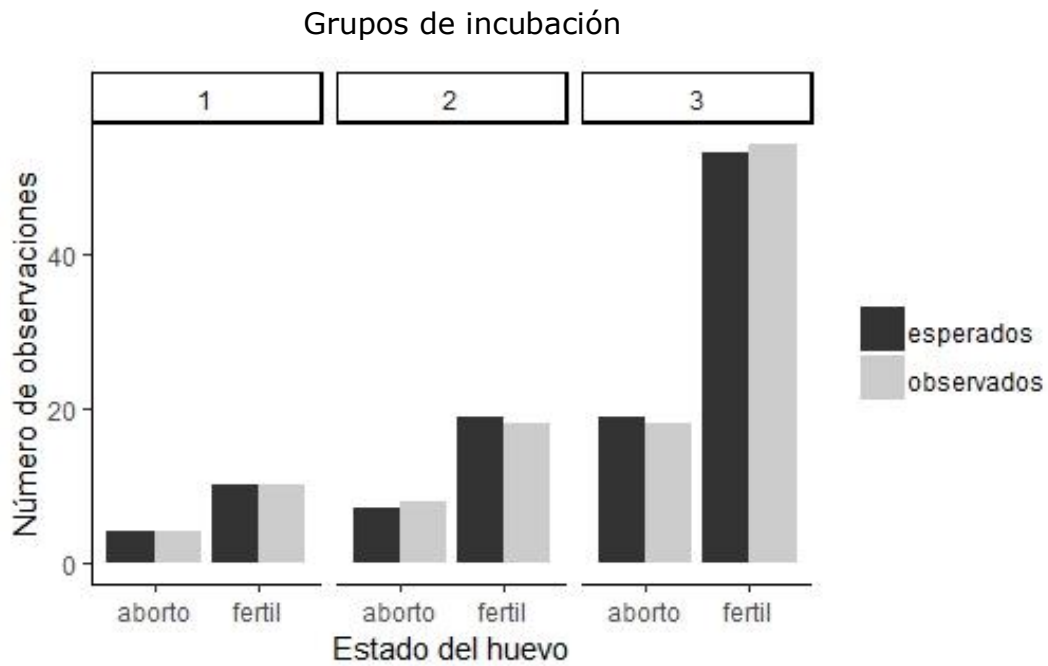


Figura 2: Gráfico en el cual se observa el número de huevos abortados y fértiles observados y esperados en función de los distintos grupos de incubación artificial.

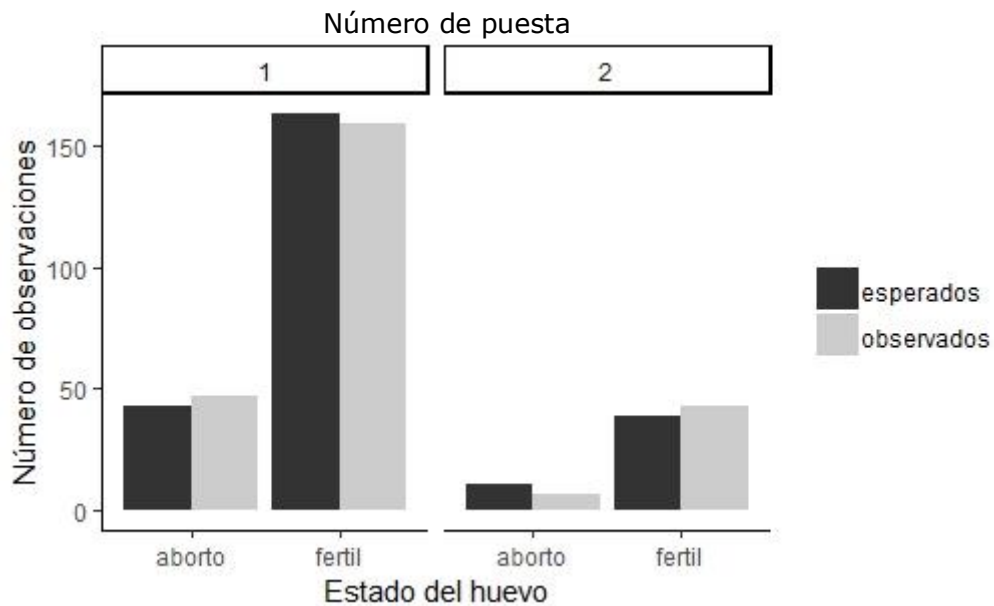


Figura 3: Gráfico donde se observa la diferencia entre grupos de puestas con valores observados y esperados.