



PRESIÓN DE SELECCIÓN POR DEPREDACIÓN ENTRE EL LAGARTO OCELADO Y EL CERNÍCALO VULGAR

Trabajo de Fin de Máster

Máster Universitario en Zoología

Curso 2023/2024

Autora: Eva Esteo Lozano

Dirección del TFM: Juan Antonio Fargallo (CSIC-MNCN)

Tutor académico: Emilio Civantos Calzada

INDICE

1. Resumen	2
2. Introducción	3
- Objetivos	6
3. Materiales y métodos.....	7
3.1 Especie de estudio	7
3.2 Área de estudio.....	9
3.3 Recogida de datos	9
- Provisión del alimento	9
- Consumo de lagartos	10
- Reproducción y medidas morfológicas.....	12
3.4 Análisis estadístico de datos	12
4. Resultados.....	13
5. Discusión	18
6. Conclusiones	22
7. Agradecimientos	22
8. Bibliografía	24

1. Resumen

El especialismo trófico es una de las múltiples estrategias de búsqueda de alimento que, dentro de una amplia variedad, presentan los animales. Se caracteriza por un nicho trófico estrecho y promueve la disminución de la competencia entre individuos, poblaciones o especies (IPEs) por los recursos alimenticios. A partir de numerosos estudios ecológicos, se ha constatado que muchos de los IPEs que hasta el momento se consideraban generalistas, en realidad están conformados por individuos especialistas que explotan distintos recursos alimenticios, lo que recibe el nombre de especialización ecológica individual. Esto conlleva a la evolución de distintas adaptaciones en la morfología de los consumidores relacionadas con los recursos que van a utilizar. En el presente estudio, se pretende examinar si el cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*) presenta indicios de una especialización ecológica individual asociada al consumo de dos grandes presas que suponen un importante aporte alimenticio en su dieta durante la época de reproducción, el lagarto ocelado (*Timon lepidus*) y el lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*). Para ello, se ha analizado la relación entre el consumo de estas presas y una serie de componentes de la eficacia biológica relacionados con la reproducción, como son la fecha de inicio de reproducción, la fecundidad y la fertilidad, además de la condición física de los individuos. Asimismo, se ha evaluado el posible efecto del consumo sobre su comportamiento y variables morfológicas como la longitud de los tarsos, de las alas, de las colas y la razón ala/cola. Los resultados obtenidos permitieron asociar la tasa de consumo con la fecundidad, la fertilidad y la condición física de las hembras, aunque no se observó ninguna relación con la morfología de los individuos.

Se concluye que la ingesta de estas presas favorece a la reproducción de los individuos, pero no parece estar ejerciendo una presión de selección en las variables morfológicas estudiadas y, por tanto, no existen indicios de especialización ecológica individual a través de los caracteres fenotípicos estudiados.

Palabras clave: cernícalo vulgar, *Falco tinnunculus*, lagarto ocelado, *Timon lepidus*, lagarto verdinegro, *Lacerta schreiberi*, especialización ecológica individual, eficacia biológica, morfología, reproducción.

2. Introducción

Las relaciones depredador-presa han evolucionado a través de una carrera de armamentos en la que se han perfeccionado las estrategias de búsqueda y captura de los recursos alimenticios por parte de los depredadores a medida que lo hacían las estrategias de evitación y escape de las especies presa (Begon et al., 2006). Las modelizaciones de este comportamiento animal abarcan numerosas variables, desde mediciones del propio comportamiento de forrajeo de los consumidores y de las especies presa a nivel individual, hasta la estructura de la dinámica de las poblaciones que interactúan en un mismo hábitat, entre muchas otras. La presión de selección por la obtención del alimento ha derivado en una gran diversidad de estrategias de forrajeo, siendo la amplitud del nicho trófico una de ellas. La eficiencia en la alimentación de los depredadores está condicionada tanto por las adaptaciones morfológicas y de conducta asociadas a la captura de sus presas, como por los rasgos morfológicos y ecológicos que estas últimas presentan (Stephens et al., 2008). Cabe esperar que la selección natural haya actuado sobre la asignación óptima de la inversión en tiempo y energía dedicado a cada fase de esta función vital. En tal sentido, la Teoría de Forrajeo Óptimo (Optimal Foraging Theory, OFT) pretende explicar que los individuos optimizan su comportamiento de búsqueda, obtención, captura y manipulación de alimento de manera que obtienen la máxima tasa neta de ingesta al menor coste posible (MacArthur & Pianka, 1966).

El nicho, tal y como fue definido por Charles Elton en 1927, hace referencia principalmente a las interacciones tróficas que presenta una especie en un ecosistema, es decir, al nicho trófico (Elton, 1927; Layman et al., 2007). Lo interpretó como la posición que la especie ocupa en las redes y cadenas tróficas de un ecosistema y la función que desempeña en la dinámica del mismo (Polechová & Storch, 2008). Uno de los factores que determina el nicho trófico es su amplitud, que habitualmente es medida como riqueza o diversidad de la dieta. En función de ésta, existe una gradación que posiciona a los individuos, poblaciones o especies (IPEs) en un eje que parte de generalistas, aquellos que consumen una amplia gama de recursos alimenticios (nicho trófico amplio), hasta especialistas, los que, por el contrario, consumen un reducido rango de recursos alimenticios (nicho trófico estrecho) (e.g. Stephens et al., 2008).

El especialismo parece ser una estrategia que permite reducir la competencia entre IPEs por los recursos alimenticios, por lo que suele ser más elevado en especies que ocupan posiciones más altas en la pirámide ecológica, es decir, los depredadores, pues son estos

los que mayor competencia sufren. El especialismo también es potenciado en ambientes poco cambiantes donde los recursos alimenticios fluctúan poco, siendo sin embargo más abundantes las estrategias generalistas entre IPEs que sufren un menor grado de competencia, y en ambientes poco predecibles con grandes fluctuaciones de dichos recursos (e.g. Estes et al., 2003; Levins, 1962; Syanbäck & Bolnick, 2007).

Más recientemente, se ha descubierto que muchas de las especies o poblaciones de animales consideradas generalistas, están compuestas en realidad por individuos especializados en el consumo de diferentes recursos alimenticios, lo que se denomina especialización ecológica individual (Bolnick et al., 2003). Es impulsada fundamentalmente por la competencia intraespecífica, ya que el grado de especialización individual aumenta con la densidad de población, y por la oportunidad ecológica de los recursos, es decir, cuando hay una mayor diversidad de recursos disponibles (Araújo et al., 2011). Además, implica la evolución de adaptaciones, incluidas las morfológicas, en los consumidores asociadas a los recursos que van a ser utilizados, lo que promueve la especiación a través de la selección disruptiva (Bolnick et al., 2003, Bolnick & Fitzpatrick, 2007). Numerosos estudios han demostrado que la morfología está asociada a la variabilidad en la dieta entre individuos de una misma población (Hromada et al., 2003) y que las diferencias fenotípicas pueden condicionar su grado de adecuación (Bolnick & Fitzpatrick, 2007; Cucherousset et al., 2011; Hromada et al., 2003).

En las aves rapaces, el comportamiento de alimentación ha evolucionado en paralelo a su nicho trófico y su dieta y, en consecuencia, al desarrollo de la forma del pico, a su tamaño corporal junto con el de la garganta, y a la capacidad de ingestión (Slagsvold et al., 2010). Si bien es cierto que estudios como el realizado por Slagsvold et al. (2010) consiguieron demostrar que los picos de las rapaces presentaban distintas características en función del tipo de presa de la que se alimentaban, esta relación parece estar cada vez más cuestionada. Existen discrepancias en estudios centrados en este tema, ya que los resultados muestran que existen picos anchos y picos más estrechos asociados a dietas generalistas, y que incluso el tamaño es distinto para poblaciones especialistas aisladas que pertenecen a la misma especie (MacPherson et al., 2022). Sin embargo, la morfología del cráneo parece ser muy relevante en la ecología de la alimentación de las aves rapaces (Steinfeld et al., 2024). En este ámbito de la ecomorfología en rapaces, el tamaño de las alas tiene gran importancia biológica debido a que puede revelar información sobre la selección de hábitat o las estrategias de caza, entre otros aspectos (Mendelsohn et al.,

1989). Uno de los requisitos fundamentales que determinan las adaptaciones de vuelo en estas aves, es la necesidad de localizar y garantizar el alimento. Unas alas cortas y anchas favorecen una mayor maniobrabilidad en hábitats con vegetación densa junto con una cola larga, que a su vez ayuda a la estabilidad y a ajustar la inclinación y dirección para ascender y realizar vuelos planeados, como es el caso del género *Accipiter* (Ferguson-Lees & Christie, 2001). Las alas cortas son eficaces para la captura de presas terrestres y rápidas, como los topillos, según Tornberg et al. (1999, citado en Hromada et al., 2003). Por otro lado, unas alas largas y terminadas en punta permiten un vuelo rápido (Ferguson-Lees & Christie, 2001) y una mayor aerodinámica, además de ser un rasgo especializado de las aves migratorias (MacPherson et al., 2022). Este tipo de alas acompañado de una musculatura pectoral desarrollada facilitan la captura aérea de pequeñas aves e insectos (Ferguson-Lees & Christie, 2001; Slagsvold et al., 2010).

Otro rasgo de la ecomorfología de las aves de presa corresponde a la estructura de sus patas, ya que puede ser un buen indicador de su dieta. Las que son ornitófagas, es decir, que se alimentan principalmente de aves, presentan dedos y garras más largos en relación con la longitud del tarso que las que basan su dieta en mamíferos y reptiles. De igual forma, dentro del género *Falco*, los cernícalos, que son especies más adaptadas a la captura de presas menos móviles y terrestres que las que cazan sus parientes más ornitófagos, exhiben colas más largas en relación a la longitud del ala (Bildstein, 2017; Village, 1990). Sin embargo, este patrón morfológico asociado a la ecología que presentan en las patas, no parece cumplirse en todos los grupos de aves rapaces. En el género *Falco* sí resulta ser así, pero en el género *Accipiter* este patrón se invierte completamente. La diferencia entre grupos podría explicarse por las distintas estrategias que presentan para capturar a sus presas (Ferguson-Lees & Christie, 2001).

El cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus* Linnaeus, 1758), especie objetivo del presente estudio, es una rapaz de pequeño-mediano tamaño considerada puramente consumidora de roedores en el centro y norte de Europa, mientras que en el sur se trata de una especie generalista con un amplio espectro trófico (Fargallo et al., 2009). Su comportamiento depredador se consideraba inicialmente como un patrón estereotipado. No obstante, estudios posteriores demostraron variaciones en el comportamiento de cernícalos en la captura y manipulación de las presas en función del tamaño que éstas presentaran (Csermely et al., 1998; Csermely & Bagni, 2003). Por consiguiente, el cernícalo vulgar sugiere tener una fuerte plasticidad en este comportamiento (Csermely & Bagni, 2003).

Se trata de una especie depredadora generalista con un amplio nicho trófico que consume micromamíferos, como los topillos; pequeñas aves, sobre todo paseriformes; reptiles, principalmente lagartos; y artrópodos (Aparicio, 2000; Fargallo et al., 2022; Ferguson-Lees & Christie, 2001; Village, 1990). La composición nutricional de las presas y su capturabilidad influyen considerablemente en el comportamiento de búsqueda de alimento y en la preferencia de las especies presa consumidas. Investigaciones recientes en una población española de cernícalos vulgares revelan una dieta generalista, consumiendo una gran diversidad de especies de diferentes grupos taxonómicos (Fargallo et al., 2020; Navarro-López et al., 2014). Sin embargo, a pesar de su estrategia generalista, se ha podido observar que los cernícalos tienen una especial preferencia por el consumo de topillos campesinos (*Microtus arvalis* Pallas, 1778), constituyendo éstos el 37% de la biomasa aportada (Fargallo et al., 2020), además de que los individuos que consumen más topillos tienden a tener colas más largas respecto a la longitud de sus alas. En base a esos resultados, se podría pensar en adaptaciones morfológicas en los cernícalos que favorecerían la captura de dichas presas (Sánchez, 2020). De igual forma, se observó que dos lagartos de gran tamaño, el ocelado (*Timon Lepidus* Daudin, 1802) y el verdinegro (*Lacerta schreiberi* Bedriaga, 1878) constituyen el 22% de la biomasa total consumida, (Fargallo et al., 2020), lo que supone un importante aporte de alimento durante la época reproductiva. Sin embargo, no se han analizado posibles adaptaciones morfológicas al consumo de esta importante fuente de alimentación en el contexto de la segregación de nicho. Por tal razón, este sistema de estudio parece ser un buen modelo para evaluar la potencial especialización ecológica individual asociada al consumo de grandes lagartos, si eso resultase en efectos favorables en la reproducción.

- **Objetivos**

El objetivo del presente estudio es profundizar en la interacción depredador – presa entre el cernícalo vulgar y dos lagartos de gran tamaño, el ocelado y el verdinegro, en términos de especialización ecológica individual y nicho trófico. Los datos manejados han sido recogidos de una población de cernícalos que lleva siendo objeto de estudio durante 30 años, con diversos fines de investigación. Concretamente, se pretende resolver una serie de cuestiones:

- ¿Cómo afecta el consumo de lagartos en la reproducción y, por ende, en la eficacia biológica de los cernícalos?

- ¿Qué comportamiento y morfología presentan los cernícalos a causa del consumo de lagartos?

Para ello, se analizará la relación entre el consumo de lagartos y componentes de la eficacia biológica como son, la fecha de inicio de reproducción, fecundidad (tamaño de puesta) y fertilidad (número de pollos volados). Posteriormente, se analizará la tasa de consumo de lagartos junto a variables morfológicas con el fin de descubrir posibles morfotipos que pudieran indicar especialización ecológica individual.

3. Materiales y métodos

3.1 Especie de estudio

- Taxonomía y descripción morfológica

El cernícalo vulgar es una especie de ave rapaz que pertenece al orden de los Falconiformes y a la familia Falconidae (BirdLife International, 2021).

Si bien es cierto que suele definirse como una rapaz de pequeño tamaño con alas largas y apuntadas y cola larga y redondeada (Ferguson-Lees & Christie, 2001), esta última realmente representa el 60-70% de la longitud de sus alas. Por tanto, podría decirse que tienen alas relativamente cortas con respecto a su cola, característica distintiva del grupo de los cernícalos dentro del género *Falco* (Village, 1990).

Presenta dimorfismo sexual en el tamaño, siendo la hembra alrededor de un 5% más grande y con un peso que puede llegar a superar en un 20% al del macho (Ferguson-Lees & Christie, 2001), pero este dimorfismo es mucho más evidente en la coloración de sus plumas. Las hembras presentan tonos marrones en la cabeza, en la región dorsal y en la parte superior de las alas que además exhiben un barreado negro. Este barreado también tiñe el obispillo, la parte superior de la cola y las coberteras supracaudales, que pueden ser marrones o grises (*Figura 1.A*). Por otro lado, los machos tienen la cabeza de color grisáceo mientras que la región dorsal y la parte superior de las alas son rojizas, acompañadas de motas negras. El obispillo, las coberteras supracaudales y la cola también son grises y esta última presenta una banda negra sub-terminal (*Figura 1.B, Figura 1.C*) (Fargallo et al., 2007).



Figura 1. Cernícalo vulgar. A: Hembra (Hesse, 2015). B: Macho adulto (Colenutt, 2017). C: Macho adulto en vuelo (Astbury, 2012).

Un carácter diagnóstico más de los cernícalos que les diferencia de otras especies del género *Falco* es la longitud relativa de sus dedos. Éstos representan alrededor del 60 ó 70% de la longitud del tarso, mientras que en la mayoría de halcones, que se alimentan principalmente de aves, dicha relación alcanza el 80 e incluso el 100% (Village, 1990).

- Distribución geográfica, hábitat y nicho trófico

El cernícalo vulgar es una especie relativamente común en Europa y con una amplia distribución geográfica que alcanza los continentes de Asia y África (SEO/BirdLife, 2013). Debido al drástico declive que han sufrido sus poblaciones en las últimas dos décadas, en 2021 fue catalogada como especie en peligro en El Libro Rojo de las Aves de España (Martínez-Padilla et al., 2021). Se trata de una rapaz territorial diurna que ocupa un amplio rango de hábitats (Navarro-López et al., 2014), siendo muy común en campo abierto. Su hábitat óptimo son las zonas de cultivo que incluyen barbechos, eriales e incluso pequeños parches de vegetación (SEO/BirdLife, 2013). Su ocupación en diversos ambientes prevé una gran variedad de comportamientos en la búsqueda de alimento (Navarro-López & Fargallo, 2015).

La dieta del cernícalo vulgar abarca un amplio espectro trófico en el que se incluye una variedad de taxones, alimentándose principalmente de micromamíferos, lagartos, aves e insectos (Navarro-López & Fargallo, 2015).

- Reproducción

Estudios en los que se han considerado la fecha y el tamaño de puesta como indicadores de calidad individual para esta especie, han demostrado que la diversidad de la dieta tiene una relación directa y positiva con el tamaño de puesta (Navarro-López & Fargallo, 2015). Debido a que principalmente es el macho quien se encarga del aprovisionamiento de presas durante la época reproductora, concretamente esta diversidad se asocia con la calidad de los machos. Además, esto supone unos beneficios directos en la descendencia, ya que los pollos alimentados en base a una dieta más generalista tienen una mejor condición inmunológica y corporal (Navarro-López et al., 2014). En cuanto a la fecha de puesta, la frecuencia de ocupación de un mismo nido parece ser relevante ya que se correlacionan negativamente, es decir, los individuos comienzan antes a criar en los nidos que llevan siendo ocupados por ellos durante varios años. Esta ocupación favorece también al tamaño de puesta, que suele ser mayor. Por tanto, los cernícalos de mejor calidad son los que presentan fechas de puesta más tempranas y mayores tamaños de puesta, según Aparicio (1998, citado en Navarro-López & Fargallo, 2015).

3.2 Área de estudio

El presente estudio se ha llevado a cabo en la región de Campo Azálvaro, ubicada entre las provincias de Ávila y Segovia. Se trata de un valle de montaña (1.300 metros sobre el nivel del mar) plano con escasa vegetación arbórea y dedicado principalmente a la actividad ganadera, donde cada año anidan entre 20 y 45 parejas reproductoras de cernícalo vulgar en 62 cajas nido instaladas (Fargallo et al., 2020). Los datos utilizados corresponden al marco temporal comprendido por las épocas reproductoras desde el año 2006 hasta el 2021, a excepción del 2019.

3.3 Recogida de datos

- Provisión del alimento

El alimento consumido por los cernícalos en Campo Azálvaro se determinó a través de las presas proporcionadas por los progenitores a sus polluelos en un total de 281 nidos. Para obtener dicha información, se colocaron cámaras digitales de grabación en las cajas nido cuando los polluelos alcanzaron alrededor de los 12 – 14 días de vida. La fecha más

temprana de filmación fue el 19 de mayo de 2008 y la más tardía fue el 26 de julio de 2009. Se pretendía que las grabaciones se realizaran de manera continua durante 24 horas o más, pero en algunos nidos no pudo ser posible debido a problemas técnicos (Fargallo et al., 2020). El rango de tiempo de grabación utilizado para identificar posteriormente cada presa es el que corresponde al periodo de forrajeo de los cernícalos, desde las 06:00h hasta las 23:00h (Navarro-López & Fargallo, 2015). El tiempo medio de grabación de actividad de alimentación fue de 19,1h.

La identificación de cada presa suministrada por los progenitores fue realizada a partir de la visualización de los vídeos en el software VLC Media Player (www.videolan.org). Cabe mencionar que no todas pudieron ser identificadas y éstas se catalogaron como “presa indeterminada”. Por este motivo, aquellos nidos que presentaron más de un 5% de presas indeterminadas respecto al total fueron excluidos en el análisis de los resultados.

- **Consumo de lagartos**

De entre las presas aportadas por los padres al nido, se registró la cantidad de lagartos ocelados y también de lagartos verdinegros. Ambas especies representan el 22% de la biomasa consumida en la población de estudio (Fargallo et al., 2020), como ya se ha indicado anteriormente. Aunque en realidad el lagarto ocelado es bastante más consumido que el verdinegro (18% y 4% de la biomasa, respectivamente), se trabajó con ambas especies por similitud de tamaño y ecológica. Los patrones de captura de ambas especies de lacértidos fueron muy parecidos en el marco temporal (*Figura 2*). La biomasa aportada por los lagartos se estimó en base al tamaño de los ejemplares capturados presentes en los nidos durante las visitas realizadas por los investigadores (Fargallo et al., 2020).

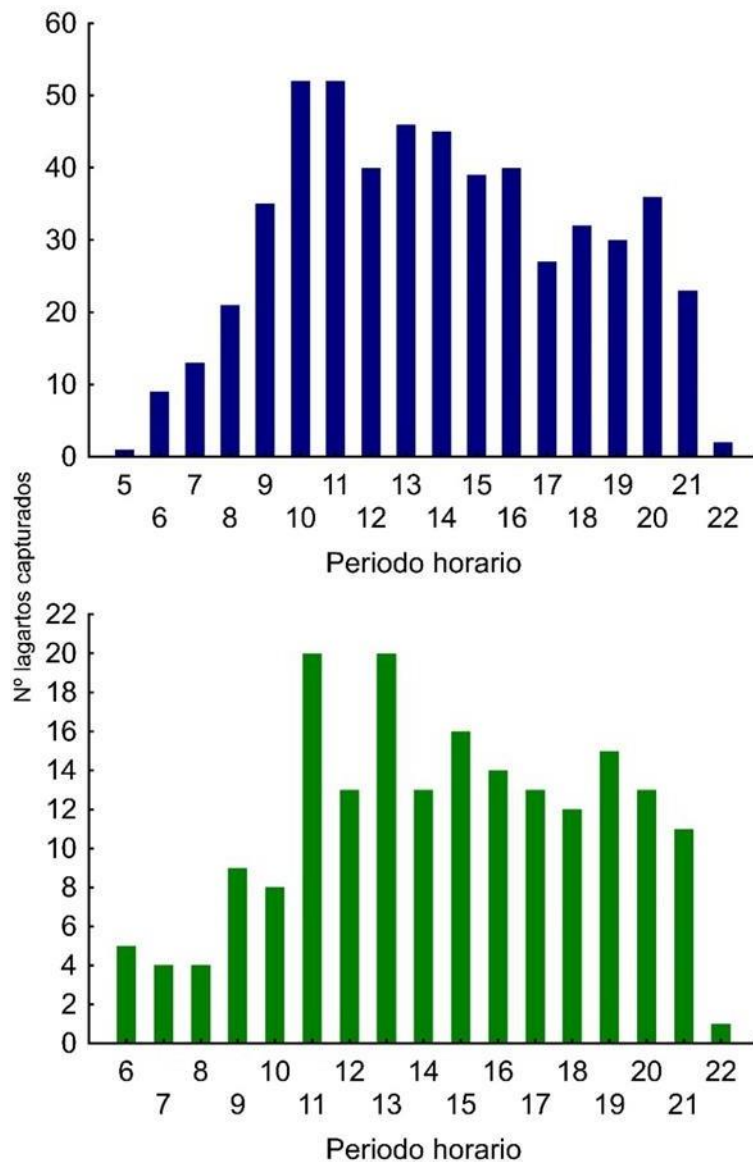


Figura 2. Patrón de captura de lagartos ocelados (azul) y de lagartos verdinegros (verde) a lo largo del día. Eje X: periodo horario. Eje Y: número de lagartos capturados por los cernicalos. Cada columna indica las capturas en 1 hora.

Para poder analizar los datos obtenidos a partir de las cámaras de grabación, se estableció inicialmente una tasa de consumo de lagartos como medida de la cantidad de lagartos capturados. En su estima se incluyeron a las dos especies ya mencionadas. En algunos casos no fue posible determinar con exactitud a cuál de las dos pertenecía la presa proporcionada por los progenitores a los nidos, pero también se tuvieron en cuenta para el análisis. Con el fin de hacer comparables los datos de nidos con diferentes tiempos totales de grabación, se calculó la tasa de consumo de lagartos (TCL) por hora. Dicha tasa, entonces, se calculó haciendo el sumatorio del número de ocelados, el número de verdinegros y el número de lagartos sin identificar dividido entre el tiempo de duración

de la grabación; de manera que: $TLC = [(n^{\circ}\text{ocelados} + n^{\circ}\text{verdinegros} + n^{\circ}\text{lagartos}) / \text{tiempo de grabación}]$.

- **Reproducción y medidas morfológicas**

Se realizaron visitas periódicas a las cajas nido para supervisar la ocupación por los cernícalos y determinar la fecha de puesta (día en que se pone el primer huevo), tamaño de puesta y número de pollos producidos o volados. También se registraron las fechas de eclosión del primer huevo de cada nido para anotar el número de pollos en su día 26 de vida, ya que a partir de esa edad apenas existe mortalidad de pollos en el nido y se considera un buen estimador de la productividad o fertilidad de los padres. Los adultos se capturaron a la edad de 10 días de los pollos mediante trampas-nido. En ese momento se midieron la longitud del ala y la cola mediante una regla metálica (± 1 mm), la longitud de los tarsos utilizando un calibre digital ($\pm 0,1$ mm) y el peso de cada individuo con una balanza de resorte (± 2 g).

También se calculó la razón ala-cola como la longitud de ala dividida entre la longitud de la cola. La condición física de los cernícalos se analizó usando el peso corregido por el tamaño del tarso en los análisis (ver más adelante). La edad de los individuos reproductores (jóvenes del año vs. adultos) pudo determinarse en base al plumaje (Fargallo et al., 2007).

3.4 Análisis estadístico de datos

Los análisis estadísticos se han llevado a cabo en el software SAS (Statistical Analysis System) en su versión 9.4, usando modelos lineales generales mixtos (Linear Mixed Models; LMMs) en los que la variable dependiente se analiza en relación a la variable explicatoria o predictora. Se incluyeron el año y la identidad del nido o individuo como factores aleatorios para controlar por la pseudoreplicación que presentan los datos, ya que existe más de un dato por año, nido e individuo. De esta manera, se ha podido controlar la varianza de dichos datos y trabajar con la varianza restante o controlada por ese efecto.

Controlando por año y nido, la TCL no estuvo afectada por variables metodológicas, como la fecha de puesta (sustituto de fecha de grabación) o el tiempo total de grabación (LMM, ambas $P > 0,66$). Para estudiar el efecto del consumo de lagartos sobre las variables reproductoras o componentes de la eficacia biológica, siendo éstas el tamaño de puesta y el número de pollos volados, se hicieron LMMs en los que la TCL se incluyó

como variable explicatoria, y el nido y año como factores aleatorios. A continuación, se analizó una serie de variables individuales de los cernícalos correspondientes a su morfología, a partir de las medidas corporales que se realizaron en el campo (longitud del tarso, longitud del ala, de la cola y razón ala/cola), además de la condición física y el peso de cada uno de ellos. Dicha condición fue medida como el peso corregido por la longitud de los tarsos, la cual es un buen indicador del tamaño corporal de las aves (Hromada et al., 2003). El análisis estadístico de todas las variables individuales mencionadas se llevó a cabo para cada sexo por separado. Se utilizaron LMMs en los que la TCL fue incluida como variable explicatoria, y el año e identidad del individuo (nº de anilla) como factores aleatorios. Todos los modelos fueron comprobados posteriormente para verificar la distribución normal de los residuos.

4. Resultados

De acuerdo con lo expuesto previamente, el patrón de captura de lagartos ocelados y de lagartos verdinegros que presentan los cernícalos de la población objetivo es muy similar durante el día (*Figura 2*). En ambas gráficas se observa un aumento progresivo en el número de capturas hasta alcanzar un primer pico de máxima actividad, alrededor de las 11:00 horas. A partir de las 13:00h, los valores comienzan a descender y oscilan hasta las 21:00h, aproximadamente. A las 22:00h las capturas de lagartos son mínimas. Además, la cantidad de ocelados que cazan supera la cantidad de verdinegros en todos los periodos horarios.

- Efecto del consumo de lagartos sobre componentes de la eficacia biológica

Tamaño de puesta

Los resultados obtenidos a partir del modelo lineal mixto mostraron una correlación positiva entre el tamaño de puesta y la tasa de consumo de lagartos. Esto es, los individuos que consumen más lagartos ponen un mayor número de huevos (*Tabla 1; Figura 3*).

Tabla 1. Resultado del modelo lineal mixto (LMM) para el tamaño de puesta y para el número de pollos volados o producidos (volantones) en relación a la tasa de consumo de lagartos (TCL) controlando por año y nido,

como factores aleatorios. $n = 281$ nidos. Se muestra el valor estimado del coeficiente de regresión (Estimado), el error estándar (S.E.), los grados de libertad (g.l.), el valor F y P del test y el 55% intervalo de confianza (I.C.).

Efecto	Estimado	S.E.	g.l.	F	P	I.C.
Tamaño de puesta	0,882	0,296	206	8,85	0,0033	0,29-1,46
Nº de pollos volados	1,505	0,406	206	13,73	< 0,001	0,70-2,31

La fecha de puesta y el tamaño de puesta se correlacionaron negativamente (LMM, *Estimado* = -0,037, $F = 79,86$, $P < 0,001$). Incluyendo la fecha de puesta en el modelo como covariable, el tamaño de puesta seguía correlacionándose positivamente con la TCL (LMM, *Estimado* = 0,867, $F = 11,04$, $P = 0,001$).

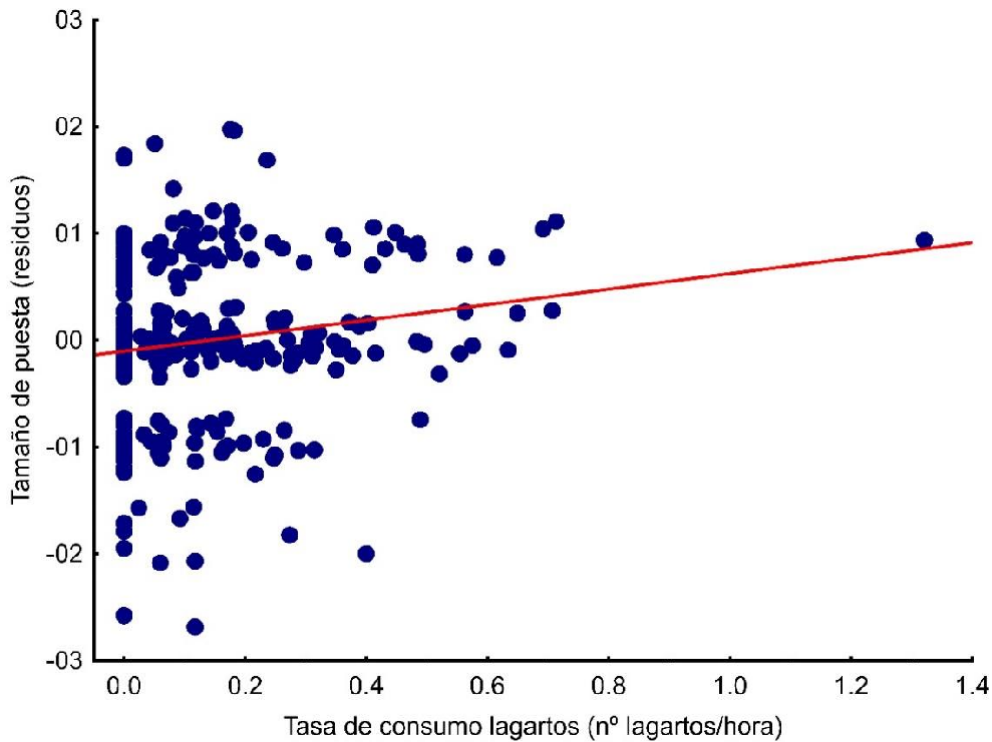


Figura 3. Relación entre el tamaño de puesta (eje Y) controlado por el año y nido (residuos) y la tasa de consumo de lagartos (eje X), medida como el número de lagartos consumidos por hora.

Número de pollos volados

Considerando esta variable como medida de la productividad o fertilidad de los cernícalos, se observó una fuerte correlación con el consumo de lagartos (Tabla 1; Figura 4).

De la misma forma que sucede con el tamaño de puesta, la productividad era menor a medida que avanza la estación reproductora (LMM, *Estimado* = -0,045, $F = 60,86$, $P < 0,001$). Incluyendo la fecha de puesta en el modelo como covariable, el número de pollos volados seguía correlacionándose positivamente con la TCL (LMM, *Estimado* = 1,528, $F = 17,30$, $P < 0,001$).

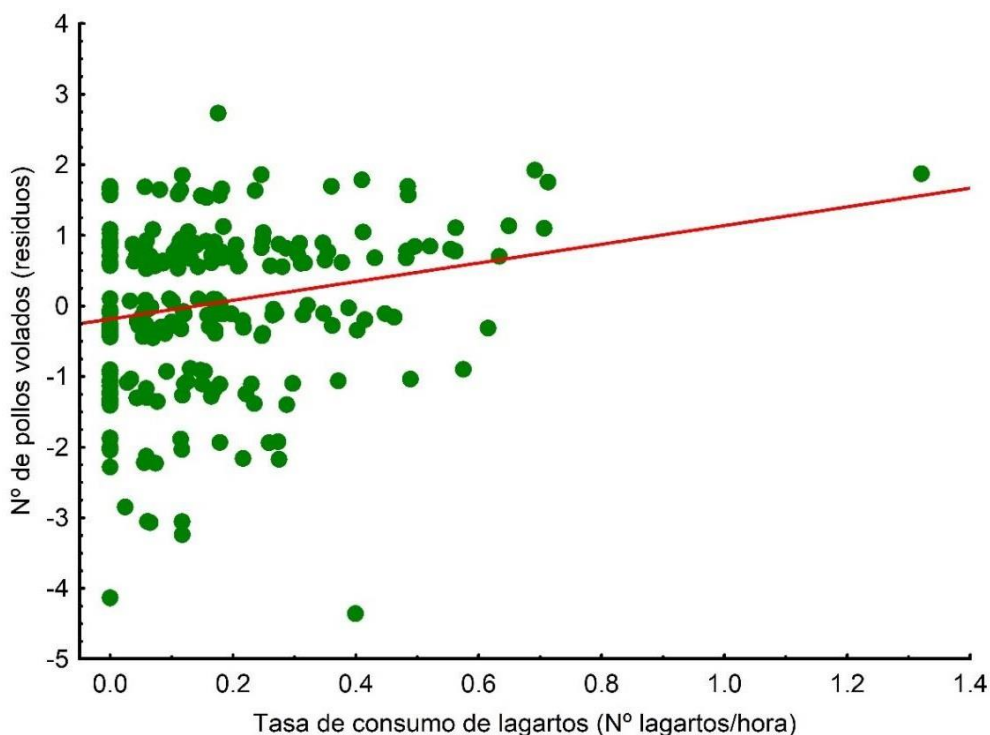


Figura 4. Relación entre el número de pollos volados o producidos (eje Y) controlado por el año y nido (residuos) y la tasa de consumo de lagartos (eje X), medida como el número de lagartos consumidos por hora.

Condición física

Controlando por la edad (adultas vs. jóvenes; *Tabla 2*), debido a que las adultas suelen tener un peso mayor, y por el tamaño esquelético (longitud del tarso; *Tabla 2*), se encontró una relación positiva entre el peso de las hembras y la TCL (*Tabla 2*; *Figura 5*), es decir, las hembras que consumen más lagartos mostraron una mejor condición física o corporal. Sin embargo, no se observó ningún efecto en la condición física de los machos (LMM, $F = 1,43$, $P = 0,24$, $n = 235$).

Tabla 2. Resultado del modelo lineal mixto (LMM) para la condición física de las hembras (peso como variable dependiente y longitud del tarso como covariable) en relación a la tasa de consumo de lagartos (TCL), longitud del tarso y edad de la hembra (1 año: joven, 2 años o más: adulta). n = 255 hembras. Se muestra el valor

estimado del coeficiente de regresión (Estimado), el error estándar (S.E.), los grados de libertad (g.l.), el valor F y P del test y el 55% intervalo de confianza (I.C.).

Efecto	Estimado	S.E.	g.l.	F	P	I.C.
TCL	13,089	4,768	74	7,54	0,0076	3,58-22,59
Longitud tarso	1,726	0,682	74	6,40	0,0136	0,36-3,08
Edad hembra	14,741	1,855	74	63,16	<0,0001	18,43-11,04

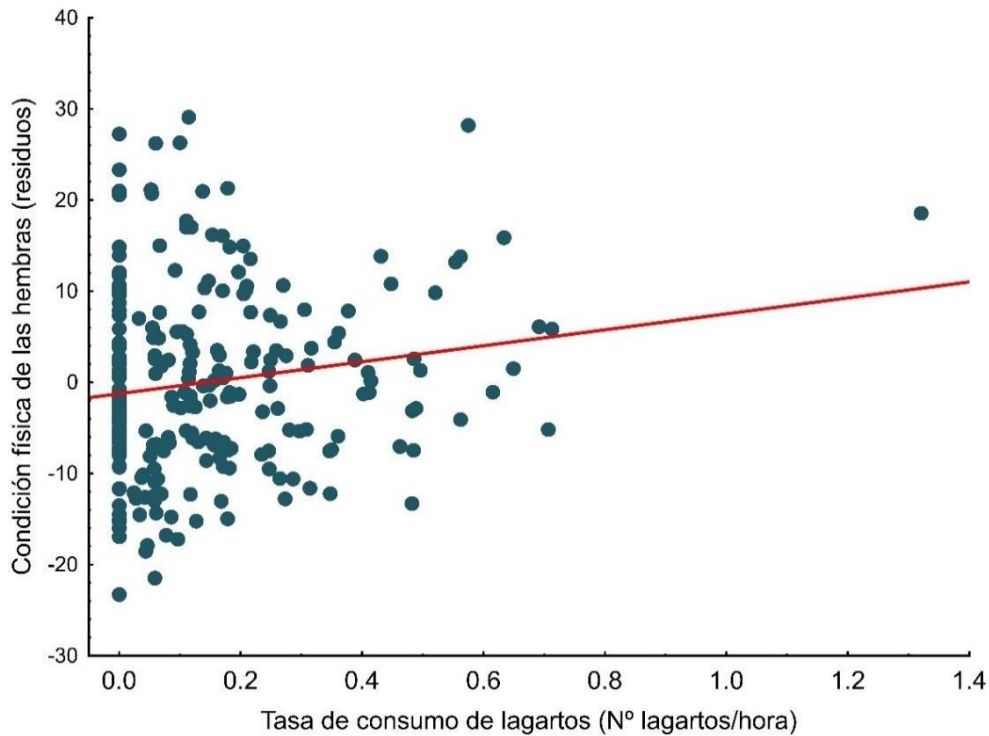


Figura 5. Relación entre la condición física de las hembras reproductoras (peso corregido por la longitud del tarso. Eje Y) controlada por edad, el año y nido (residuos) y la tasa de consumo de lagartos (eje X), medida como el número de lagartos consumidos por hora.

- Efectos del consumo de lagartos sobre rasgos morfológicos

Longitud del tarso

En el análisis de esta primera medida morfológica para las hembras, la edad no fue incluida porque no presentaba ningún efecto sobre ésta (LMM, $F = 1,9$, $P = 0,169$, $n = 280$). Los resultados del modelo estadístico indicaron que no había una asociación de la longitud del tarso con la tasa de consumo de lagartos (LMM, $F = 0,41$, $P = 0,521$, $n = 280$). En el caso de los machos, esta medida difería ligeramente entre individuos jóvenes y adultos, obteniendo longitudes mayores en los jóvenes (LMM, $F = 3,89$, $P = 0,053$, $n = 239$). Por este motivo, la edad fue un factor a considerar en el modelo. Tal y como sucedía

con las hembras, en los machos tampoco se observó una relación entre esta medida morfológica y el consumo de lagartos (LMM, $F = 0,01$, $P = 0,934$, $n = 239$).

Longitud del ala

No se encontró ningún efecto estadístico del consumo sobre la longitud del ala de las hembras al considerarla como una medida del tamaño corporal, es decir, las hembras más grandes no consumían una mayor cantidad de lagartos (LMM, $F = 1,66$, $P = 0,201$, $n = 280$). En este caso la edad sí era relevante, debido a que las jóvenes presentaban alas más cortas (LMM, $F = 8,08$, $P = 0,0056$, $n = 280$). En la segunda parte del análisis en la que esta medida morfológica fue controlada por el tamaño a partir de la longitud del tarso, los resultados también mostraron que la longitud del ala en sí misma no se relacionaba con el consumo de estas presas (LMM, $F = 2,26$, $P = 0,136$, $n = 280$).

Al examinar este efecto para los cernícalos macho, se obtuvieron resultados similares. Los individuos jóvenes también tenían alas más cortas (LMM, $F = 21,88$, $P < 0,001$, $n = 239$) pero no había ninguna asociación de este rasgo morfológico con el consumo de lagartos (LMM, $F = 2,39$, $P = 0,127$, $n = 239$), ni siquiera ajustando por el tamaño (longitud del tarso) (LMM, $F = 2,37$, $P = 0,129$, $n = 237$).

Longitud de la cola

Respecto a esta tercera medida corporal, los resultados obtenidos revelaban que la edad sí era determinante puesto que las hembras adultas tenían colas más largas (LMM, $F = 49,91$, $P < 0,001$, $n = 277$), además de que el consumo de lagartos no tenía ningún efecto sobre la longitud de dicho rasgo morfológico (LMM, $F = 0,50$, $P = 0,48$, $n = 277$).

En la evaluación del efecto de la ingesta de la presa objetivo en los machos, se observaron resultados muy similares: la edad de los individuos parecía influir en las longitudes de la cola, siendo más largas en los adultos (LMM, $F = 13,71$, $P = 0,0005$, $n = 235$), y no existía una asociación entre el consumo y este rasgo de la morfología de los cernícalos (LMM, $F = 0,01$, $P = 0,937$, $n = 235$).

En ambos casos la longitud de la cola fue corregida por el tamaño a partir de la longitud del tarso, tal y como se realizó en el análisis anterior.

Razón ala/cola

En este último análisis, tampoco se observó una correlación entre el consumo de lagartos y la razón ala/cola, tanto para las hembras (LMM, $F = 0$, $P = 0,988$, $n = 277$) como para los machos (LMM, $F = 1,19$, $P = 0,281$, $n = 235$). La edad parecía influir en esta razón únicamente en las hembras, ya que los resultados indicaban que las jóvenes tenían colas más cortas en relación a sus alas (LMM, $F = 40,70$, $P < 0,001$, $n = 277$). En los machos este efecto no era significativo (LMM, $F = 0,81$, $P = 0,372$, $n = 235$).

5. Discusión

Ambas especies de lacértidos con las que se ha llevado a cabo el presente estudio son estrictamente diurnas. Durante el verano evitan las temperaturas extremas del mediodía presentando un característico patrón bimodal, ya que concentran su actividad cuando la mañana empieza a ser cálida y en las últimas horas de la tarde, cuando las temperaturas de los días de verano (junio-julio) comienzan a descender antes del anochecer. Por el contrario, en la primavera no evitan las horas centrales del día (Busack & Visnaw, 1989; Marco & Salvador Milla, 2017). El patrón de actividad resultante en este estudio que explica el comportamiento de los cernícalos en su captura, se ajusta a los patrones de actividad descritos para ambos reptiles observándose dicha bimodalidad. Por otro lado, el hecho de que haya menos capturas de verdinegros que de ocelados podría explicarse por la menor abundancia de los primeros y, sobre todo, por su ubicuidad o localización, dado que se encuentran en zonas muy concretas (Fargallo et al., 2020). Habitan en bosques húmedos, en piornales, en las orillas de ríos o arroyos, aunque también pueden verse en muros de piedra cercanos a prados de siega (Marco & Salvador Milla, 2017). Ambos factores mencionados, por tanto, podrían estar afectando a la dificultad de captura (Fargallo et al., 2020).

Los resultados obtenidos muestran que los cernícalos que consumen más lagartos aumentan la eficacia biológica observada a través de un incremento de la fecundidad, medida como el tamaño de puesta, y de la fertilidad, medida como el número de hijos. Además, las hembras de nidos con un mayor consumo de lagartos también están en mejor condición física debido a que presentan un mayor peso en relación al tamaño corporal, lo que se traduce en individuos mejor alimentados y con mayores reservas energéticas durante la reproducción. De forma general, esto incrementa la supervivencia mediante la disminución de los costes de la reproducción (Daan et al., 1996; Dijkstra et al., 1990).

Si un consumo elevado de lagartos proporciona beneficios en términos de eficacia biológica, sería esperable encontrar adaptaciones en la morfología de los cernícalos que favorecieran esta estrategia de alimentación dentro de la población, permitiéndoles ser más eficientes en dicho consumo. Nuestra propuesta fue la de analizar si algunas de las características descritas para el consumo de presas terrestres, como colas más largas y colas más largas en relación a la longitud del ala (Bildstein, 2017; Sánchez, 2020, Village, 1990), estaban asociadas al consumo de lagartos, principalmente al ocelado, en la población de estudio. No se encontró ninguna relación entre el consumo de lagartos y las medidas morfológicas tomadas, incluidas la longitud de la cola y la razón ala/cola, al igual que sucedía con el peso de los cernícalos. Se desconocen qué características podrían estar asociadas al consumo de lagartos; de hecho, en una revisión sobre las aves consumidoras de lagarto ocelado, se observa que las principales especies de rapaces que lo consumen son de hábitos y morfología muy variados (Martín & López, 1996). Por ejemplo, las cuatro especies que capturan más lagartos (> 10% de las presas) y en orden de mayor a menor consumo son el águila calzada (*Hieraaetus pennatus* Gmelin, 1788), la culebrera europea (*Circaetus gallicus* Gmelin, 1788), el águila perdicera (*Aquila fasciata* Vieillot, 1822) y el azor común (*Accipiter gentilis* Linnaeus, 1758). Son especies de cola larga y alas cortas y anchas, como el azor, especies de alas más alargadas y colas más cortas, como el águila perdicera y el águila calzada, o especies con alas más anchas y colas también relativamente largas, como la culebrera (Agostini et al., 2015; Bildstein, 2017).

Sería la culebrera europea, una de las aves con mayor especialización en su dieta constituida mayoritariamente por serpientes, aunque también consume lagartos como el ocelado, pequeños mamíferos y aves (Martín & López, 1996; Ontiveros, 2014), la especie que pudiera dar ciertas claves en la morfología esperada. Así, los cernícalos, que suelen consumir presas terrestres, tienden a tener alas menos puntiagudas y colas más largas que los halcones, sus parientes más próximos dentro del género *Falco*. Probablemente sea esta característica la que permita a las culebreras realizar el cernido como técnica de caza, que además comparte con los cernícalos vulgares, para localizar con gran precisión y capturar a los reptiles de los que se alimenta. Cabría esperar, por tanto, que presentaran rasgos morfológicos asociados a su dieta especializada y que al menos algunos de ellos estuvieran presentes en la especie de estudio. Ambas tienen colas largas, dedos cortos y unas garras fuertes, pero de escasa longitud; estos dos últimos rasgos se relacionan con la captura de presas pequeñas y escurridizas, como los reptiles (Ontiveros, 2014; Village

1990). Además, las culebreras tienen un pico corto y robusto. En este sentido, Slagsvold et al. (2010) corroboraron que las rapaces que consumen principalmente presas terrestres de pequeño tamaño (reptiles, topillos, ratones, etc.), han desarrollado un pico ancho y corto, que les permite ingerir las presas enteras. Por tanto, este rasgo se trata de otra adaptación a la dieta.

Entre otras especies de rapaces que al igual que el cernícalo común cazan presas terrestres en campo abierto se encuentra, por ejemplo, el busardo ratonero (*Buteo buteo* Linnaeus, 1758). Distintos estudios han revelado valores muy altos de solapamiento de nicho y de dieta entre ambas especies, siendo de especial importancia el consumo de topillos (Gryz & Krauze-Gryz, 2021). Algunos de los rasgos morfológicos de esta especie como son alas relativamente largas, cola corta, pico delgado y tarsos cortos (Ferguson-Lees & Christie, 2001; Tapia, 2016) no son compartidos con el cernícalo a pesar de su alta superposición en la dieta. Esto podría explicarse por la baja especialización en la dieta de los ratoneros, que a su vez hace que no presente adaptaciones morfológicas asociadas. Por otro lado, el elanio común (*Elanus caeruleus* Desfontaines, 1789) se considera un predador especializado en el consumo de micromamíferos que captura, en general, mediante vuelo cernido y en hábitats abiertos (Cantisán & Onrubia, 2004), características que comparte con el cernícalo además de su similitud en tamaño (Ferguson-Lees & Christie, 2001). Su alta especialización en la dieta debería tener una morfología asociada. Presenta alas largas y anchas, cola corta, una amplia apertura del pico, tarsos gruesos y fuertes garras (Rivera et al., 2019). Estas dos últimas son características propias de rapaces que se alimentan de micromamíferos terrestres (Ferguson-Lees & Christie, 2001), es decir, adaptaciones morfológicas asociadas al consumo de dichas presas.

Adicionalmente, especies de rapaces que se alimentan en gran medida de lagartos, presentan una gran variedad en la longitud y forma de las alas y la cola, así como en la longitud de las patas, pero la gran mayoría de las especies revisadas tienen en común un tamaño pequeño o mediano; un pico corto y robusto, como el gavilán bidentado (*Harpagus bidentatus* Latham, 1790); dedos cortos y fuertes garras, como la culebrera pechinegra (*Circaetus pectoralis* Smith, 1829); y en menor grado, un cuello grueso o bien desarrollado, por ejemplo la culebrera coliblanca (*Circaetus cinerascens* JW von Muller, 1851) (Ferguson-Lees & Christie, 2001).

En consecuencia, parece que las adaptaciones morfológicas asociadas a una dieta basada en pequeños mamíferos terrestres y las asociadas al consumo de lagartos solapan en cierta

medida, como los dedos cortos con garras cortas, y picos cortos pero robustos. Estos rasgos no han sido medidos en la población de estudio, pero al menos la escasa longitud de los dedos sí es un rasgo distintivo del cernícalo vulgar (Village, 1990). Si bien es cierto que la longitud de las alas y la cola, las cuales sí han sido medidas en la población, parecen ser relevantes en el consumo de micromamíferos terrestres (Sánchez, 2020), no parecen serlo tanto en la captura de estos reptiles. La longitud de los tarsos tampoco parece ser de importancia en la dieta basada en estas presas, aunque su grosor sí podría asociarse a la caza de micromamíferos, como sucede en el elanio común.

Csermely & Bagni (2003) demostraron los distintos comportamientos que exhiben los cernícalos sobre todo al considerar la técnica de agarre en función del tamaño de la presa. Por ejemplo, al capturar una lagartija (*Podarcis* sp.) la presionaban con firmeza contra el suelo utilizando una sola pata hasta que comenzaban a ingerirla. Además, otras investigaciones puntualizan que los cernícalos, a diferencia de otras muchas rapaces, no parecen utilizar las garras para manipular e incluso matar a sus presas. Por tanto, esta característica morfológica que es común en dietas basadas en micromamíferos terrestres y en reptiles como los lagartos, parece no tener especial relevancia en la especie de estudio, es decir, a priori no se consideraría una adaptación morfológica asociada a su dieta. De hecho, se sugiere que tal vez éstas evolucionasen en el cernícalo vulgar simplemente para aumentar la superficie de contacto con la presa, ya que tras su captura la rodean con sus dedos y aprietan hasta provocarles la muerte por asfixia (Csermely et al., 1998).

Es probable que en la población de estudio se esté ejerciendo una presión de selección en medidas o características morfológicas como las anteriormente citadas, siendo estas la escasa longitud de los dedos o el pequeño tamaño y la robustez del pico, o incluso en otras medidas que no han sido contempladas en el estudio. De ser así, estarían optimizando la eficiencia en el consumo de lagartos, siendo su análisis de especial interés para futuras investigaciones en el estudio de la especialización ecológica del cernícalo vulgar.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en los análisis permiten concluir lo siguiente:

El consumo de lagartos favorece a la reproducción de los cernícalos, tal y como indica su asociación con las componentes biológicas o de adecuación evaluadas. Contribuye a una mejora de la calidad individual de los progenitores, de su fecundidad y de su fertilidad. En virtud de estas razones, los lagartos ocelados y verdinegros son una buena fuente de alimento en términos de composición nutricional y energía, lo que hace que resulte beneficioso incorporarlos en su dieta.

Las variables fenotípicas utilizadas en el presente estudio no se explican por el consumo de estas especies presa. Por tanto, no se han podido determinar indicios de estrategias evolutivas asociadas a una especialización ecológica individual en esta población de depredadores generalistas, siendo éste el principal objetivo del análisis. Es posible que las adaptaciones a un consumo alto de lagartos coincidan con aquellas derivadas de un consumo en general de presas terrestres que definen fenotípicamente al cernícalo vulgar, solapándose, por tanto, con el consumo de otras especies presa, como los topillos. Por otra parte, podrían existir adaptaciones morfológicas al consumo de lagartos que no han sido medidas en este estudio.

El patrón de búsqueda de las presas que define el comportamiento de caza de los cernícalos coincide con los periodos de actividad de éstas. El menor consumo de lagartos verdinegros que de ocelados se debe a su menor abundancia y a su ocupación en hábitats muy concretos, haciendo que su captura sea más puntual.

No obstante, sería relevante examinar otras variables morfológicas de los cernícalos en futuras investigaciones o incluso estudiar posibles asociaciones de estas mismas componentes con otras especies-presa incluidas en su dieta.

7. Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores por brindarme la oportunidad de formar parte de este estudio.

A Juanto, por su esfuerzo y dedicación constantes, por dejarme aprender a su lado y por haberme guiado durante todo el proceso con tanta paciencia. Ha sido un gusto compartir contigo todo el tiempo dedicado al TFM.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por la confianza infinita que depositan en mí, repitiéndome cada día que puedo lograr todos mis objetivos. Gracias por haber tenido siempre las palabras correctas.

Y gracias también a mis compañeras de máster, que se han convertido en amigas esenciales en mi día a día. Sin su motivación, el curso no habría sido tan bonito.

8. Bibliografía

- Agostini, N., Panuccio, M., & Pasquaretta, C. (2015). Morphology, flight performance, and water crossing tendencies of Afro-Palearctic raptors during migration. *Current Zoology*, *61*(6), 951 – 958. <https://doi.org/10.1093/czoolo/61.6.951>
- Aparicio, J. M. (2000). Differences in the diets of resident and non-resident Kestrels in Spain. *Ornis Fennica*, *77*(4), 169 – 175.
- Araújo, M.S., Bolnick, D.I., & Layman, C.A. (2011). The ecological causes of individual specialisation. *Ecology Letters*, *14*(9), 948 – 958. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01662.x>
- Astbury, A. (2012). *Common Kestrel (Falco tinnunculus)* [Photograph]. SEO/BirdLife. https://seo.org/wp-content/uploads/2017/01/Cernicalo_vulgar-%C2%A9Andrew-Astbury-shutterstock_105013418.jpg
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4a ed.). Blackwell Publishing.
- Bildstein, K. L. (2017). *Raptors: the curious nature of diurnal birds of prey*. Cornell University Press.
- BirdLife International (BirdLife International). (2021). IUCN Red List of Threatened Species: *Falco tinnunculus*. *IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/species/22696362/206316110>
- Bolnick, D. I., Svanbäck, R., Fordyce, J. A., Yang, L. H., Davis, J. M., Hulsey, C. D., & Forister, M. L. (2003). The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *The American Naturalist*, *161*(1), 1 – 28. <https://doi.org/10.1086/343878>
- Bolnick, D. I., & Fitzpatrick, B. M. (2007). Sympatric speciation: models and empirical evidence. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *38*(1), 459 – 487. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095804>
- Busack, S. D., & Visnaw, J. A. (1989). Observations on the natural history of *Lacerta lepida* in Cádiz province, Spain. *Amphibia-Reptilia*, *10*(3), 201 – 213. <https://doi.org/10.1163/156853889x00386>

- Cantisán, J.J.F., & Onrubia, A. (2004). Elanio común *Elanus caeruleus*. En: Madroño, A., González, C., & Atienza, J.C. (Eds.), *Libro Rojo de las Aves de España*. SEO/BirdLife.
- Colenutt, S. (2017). *Macho adulto*. [Photograph]. eBird. <https://ebird.org/species/eurkes>
- Csermely, D., Bertè, L., & Camoni, R. (1998). Prey killing by Eurasian kestrels: the role of the foot and the significance of bill and talons. *Journal of Avian Biology*, 29(1), 10 – 16. <https://doi.org/10.2307/3677335>
- Csermely, D., & Bagni, L. (2003). The predatory behaviour of common kestrels facing various types of prey. *Journal of Ethology*, 21(2), 107 – 110. <https://doi.org/10.1007/s10164-002-0083-6>
- Cucherousset, J., Acou, A., Blanchet, S., Britton, J. R., Beaumont, W. R., & Gozlan, R. E. (2011). Fitness consequences of individual specialisation in resource use and trophic morphology in European eels. *Oecologia*, 167(1), 75 – 84. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1974-4>
- Daan, S., Deerenberg, C., & Dijkstra, C. (1996). Increased daily work precipitates natural death in the kestrel. *Journal of Animal Ecology*, 65(5), 539 – 544. <https://doi.org/10.2307/5734>
- Dijkstra, C., Bult, A., Bijlsma, S., Daan, S., Meijer, T., & Zijlstra, M. (1990). Brood size manipulations in the kestrel (*Falco tinnunculus*): effects on offspring and parent survival. *The Journal of Animal Ecology*, 59(1), 269 – 285. <https://doi.org/10.2307/5172>
- Elton, C. (1927). *Animal Ecology*. The Macmillan Company, New York, USA.
- Estes, J. A., Riedman, M. L., Staedler, M. M., Tinker, M. T., & Lyon, B. E. (2003). Individual variation in prey selection by sea otters: patterns, causes and implications. *Journal of Animal Ecology*, 72(1), 144 – 155.
- Fargallo, J. A., Laaksonen, T., Korpimäki, E., & Wakamatsu, K. (2007). A melanin-based trait reflects environmental growth conditions of nestling male Eurasian kestrels. *Evolutionary Ecology*, 21, 157 – 171. <https://doi.org/10.1007/s10682-006-0020-1>

- Fargallo, J. A., Martínez-Padilla, J., Viñuela, J., Blanco, G., Torre, I., Vergara, P., & De Neve, L. (2009). Kestrel-prey dynamic in a Mediterranean region: the effect of generalist predation and climatic factors. *PLoS One*, 4(2), e4311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004311>
- Fargallo, J. A., Navarro-López, J., Palma-Granados, P., & Nieto, R. M. (2020). Foraging strategy of a carnivorous-insectivorous raptor species based on prey size, capturability and nutritional components. *Scientific Reports*, 10(1), 7583. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64504-4>
- Fargallo, J. A., Navarro-López, J., Cantalapiedra, J. L., Pelegrin, J. S., & Hernández Fernández, M. (2022). Trophic niche breadth of Falconidae species predicts biomic specialisation but not range size. *Biology*, 11(4), 522. <https://doi.org/10.3390/biology11040522>
- Ferguson-Lees, J., & Christie, D.A. (2001). *Raptors of the world*. Christopher Helm.
- Gryz, J., & Krauze-Gryz, D. (2021). Food niche overlap of avian predators (Falconiformes, Strigiformes) in a field and forest mosaic in Central Poland. *Animals*, 11(2), 479. <https://doi.org/10.3390/ani11020479>
- Hesse, V. (2015). *Hembra*. [Photograph]. eBird. <https://ebird.org/species/eurkes>
- Hromada, M., Kuczynski, L., Krištín, A., & Tryjanowski, P. (2003). Animals of different phenotype differentially utilise dietary niche - the case of the Great Grey Shrike *Lanius excubitor*. *Ornis Fennica*, 80(2), 71 – 78.
- Layman, C. A., Quattrochi, J. P., Peyer, C. M., & Allgeier, J. E. (2007). Niche width collapse in a resilient top predator following ecosystem fragmentation. *Ecology letters*, 10(10), 937 – 944. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01087.x>
- Levins, R. (1962). Theory of fitness in a heterogeneous environment. I. The fitness set and adaptive function. *The American Naturalist*, 96(891), 361 – 373. <https://doi.org/10.1086/282245>
- MacArthur, R.H., & Pianka, E.R. (1966). On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*, 100(916), 603 – 609.
- MacPherson, M. P., Jahn, A. E., & Mason, N. A. (2022). Morphology of migration: Associations between wing shape, bill morphology and migration in kingbirds

- (*Tyrannus*). *Biological Journal Of The Linnean Society*, 135(1), 71 – 83.
<https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab123>
- Marco, A., & Salvador Milla, A. (2017). Lagarto verdinegro – *Lacerta schreiberi* Bedriaga, 1878. Salvador Milla, Alfredo.
<http://doi.org/10.20350/DIGITALCSIC/8775>
- Martín, J., & López, P. (1996). Avian predation on a large lizard (*Lacerta lepida*) found at low population densities in Mediterranean habitats: an analysis of bird diets. *Copeia*, 1996(3), 722 – 726. <https://doi.org/10.2307/1447538>
- Martínez-Padilla, J., Fargallo, J.A., Carrillo-Hidalgo, J., López-Jiménez, N. y López-Idiáquez, D. (2021). Cernícalo vulgar *Falco tinnunculus*. En: López-Jiménez, N. (Ed.), *Libro Rojo de las Aves de España* (pp. 125 – 136). SEO/BirdLife.
- Mendelsohn, J. M., Kemp, A. C., Biggs, H. C., Biggs, R., & Brown, C. J. (1989). Wing areas, wing loadings and wing spans of 66 species of African raptors. *Ostrich*, 60(1), 35 – 42. <https://doi.org/10.1080/00306525.1989.9634503>
- Navarro-López, J., Vergara, P., & Fargallo, J. A. (2014). Trophic niche width, offspring condition and immunity in a raptor species. *Oecologia*, 174, 1215 – 1224.
<https://doi.org/10.1007/s00442-013-2855-9>
- Navarro-Lopez, J., & Fargallo, J. A. (2015). Trophic niche in a raptor species: the relationship between diet diversity, habitat diversity and territory quality. *PLoS One*, 10(6), e0128855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128855>
- Ontiveros, D. (2014). Culebrera europea – *Circaetus gallicus*. En: Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Polechová, J., & Storch, D. (2008). Ecological niche. *Encyclopedia of ecology*, 2, 1088 – 1097.
- Rivera, D., Pérez Gil, S., Casas, J. M., Balbontín, J., Negro, J. J., & Abad-Gómez, J. M. (2019). Elanio común – *Elanus caeruleus*. En: López, P., Martín, J., Zuberogoitia, I. (Eds.), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. <http://www.vertebradosibericos.org/>

- Sánchez, L. (2020). *Variación de caracteres fenotípicos asociados a la dieta en una población de cernícalo vulgar (Falco tinnunculus)*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Complutense de Madrid].
- SEO/BirdLife. (2013). *Cernícalo vulgar – SEO/BirdLife*. <https://seo.org/ave/cernicalo-vulgar/>
- Slagsvold, T., Sonerud, G. A., Grønlien, H. E., & Stige, L. C. (2010). Prey handling in raptors in relation to their morphology and feeding niches. *Journal of Avian Biology*, 41(4), 488 – 497. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05081.x>
- Steinfeld, K. R., Felice, R. N., Kirchner, M. E., & Knapp, A. (2024). Carrion converging: Skull shape predicts feeding ecology in vultures. *Journal of Zoology*, 322(2), 113 – 125. <https://doi.org/10.1111/jzo.13127>
- Stephens, D. W., Brown, J. S., & Ydenberg, R. C. (Eds.). (2008). *Foraging: behavior and ecology*. University of Chicago Press.
- Svanbäck, R., & Bolnick, D. I. (2007). Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1611), 839 – 844. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0198>
- Tapia, L. (2016). Busardo ratonero – *Buteo buteo*. En: Salvador, A., Morales, M.B. (Eds.), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Village, A. (1990). *The Kestrel*. T. & A.D. Poyser.