

ANÁLISIS COMPARADO DEL PATRÓN DE MOVIMIENTO DE LA CERCETA PARDILLA (*Marmaronetta angustirostris*) EN HUMEDALES DEL SUR DE ALICANTE

Manuel García Salas



Tutores:

Francisco Botella Robles
Irene Pacheco Guardiola

Departamento de
Biología Aplicada. Área
de Ecología
Grado en Ciencias
Ambientales
Facultad de Ciencias
Experimentales

Curso académico
2024/2025

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	5
MÉTODOS Y MODELOS	6
Área de estudio:	6
Especie de estudio.....	8
Datos GPS.....	11
Reforzamientos poblacionales.....	12
Filtrado y limpieza de datos.....	13
Cálculo de distancias y análisis estadístico	14
RESULTADOS	15
Actividad Diaria	15
Diferencias de movimiento según marcaje.....	17
Diferencias de movimiento según el Sexo	17
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA	20
REFERENCIAS	23
ANEXO.....	27

RESUMEN

La ecología del movimiento es esencial para comprender cómo las especies se desplazan en su entorno y cómo estos movimientos, afectan su comportamiento y supervivencia, siendo crucial para la conservación de especies amenazadas. A pesar de aun enfrentar desafíos, el uso tecnologías como GPS y Argos nos permite aumentar el conocimiento en este aspecto. Además, los humedales son ecosistemas que han sufrido especial degradación, lo que ha impactado negativamente en especies como la cerceta pardilla y los comportamientos como el movimiento asociado a este ecosistema. Los esfuerzos de conservación, como los refuerzos poblacionales mediante cría en cautividad, se ven afectados por la complejidad de replicar el comportamiento natural en ambientes controlados y su posterior adaptación en libertad, y en el caso de la cerceta pardilla, se muestra relevante en cuanto a la conservación debido a la actual dependencia de la especie a esos programas. El estudio del movimiento de la cerceta pardilla en la provincia de Alicante, revela diferencias en el comportamiento entre individuos criados en cautividad y salvajes y sus diferentes marcajes en los patrones diarios y en el uso del espacio, así como entre sexos, destacando la importancia de abordar múltiples factores para su protección y desarrollar estrategias de conservación efectivas y adaptadas a las amenazas que enfrenta la especie.

Palabras clave: Cerceta pardilla, cría en cautividad, ecología del movimiento, tecnologías GPS

The ecology of movement is essential for understanding how species navigate their environment and how these movements affect their behavior and survival, being crucial for the conservation of threatened species. Despite still facing challenges, the use of technologies such as GPS and Argos allows us to increase knowledge in this aspect. Additionally, wetlands are ecosystems that have suffered particular degradation, negatively impacting species such as the Marbled Teal and behaviors associated with this ecosystem. Conservation efforts, such as population reinforcement through captive breeding, are affected by the complexity of replicating natural behavior in controlled environments and their subsequent adaptation in the wild, with the Marbled Teal being relevant to conservation due to the species' current dependence on these programs. The study of Marbled Teal movement in the province of Alicante reveals differences in behavior between individuals raised in captivity and wild ones, including their different markings, daily patterns, and space use, as well as differences between sexes, highlighting the importance of addressing multiple factors for their protection and developing effective conservation strategies adapted to the threats facing the species.

Keywords: Marbled teal, captive breeding, movement ecology, GPS technologies.

INTRODUCCIÓN

El movimiento, entendido como el cambio de localización espacial, se revela como una de las características principales de la vida, y sus implicaciones trascienden a todos los niveles de organización biológica, determinando la organización de individuos, poblaciones y comunidades (Turchin, 1998; Hooten et al., 2017). Por eso, el estudio de los patrones espaciotemporales de movimiento es un punto fundamental para entender la ecología de las especies y las interacciones de estas con otros organismos (Bauer and Hoye, 2014).

La ecología del movimiento es un campo que enfrenta desafíos para su avance y consolidación, pero su objetivo es comprender y predecir los patrones de movimiento y sus causas en sus diferentes escalas tanto espaciales, como temporales y ecológicas. Se basa en la interacción entre los factores externos e internos, estos últimos fundamentados en por qué moverse, a dónde moverse y como moverse. En este contexto, Nathan et al. (2008) propuso una serie de componentes fundamentales que contribuyen a mejorar nuestra comprensión de las causas, patrones y consecuencias de los fenómenos de movimiento. Estos componentes, como se comenta anteriormente, incluyen el estado interno del individuo, es decir, las sensaciones propias del individuo como el hambre o la temperatura corporal, su capacidad de movimiento y sus habilidades de navegación, es decir, las capacidades de cognición, orientación, facilidad de vuelo, tamaño, etc. Además de los factores externos, que influyen en su desplazamiento, como podrían ser los factores climáticos, humanos, paisajísticos, etc. Con el uso de este campo podemos entonces, estudiar desde el nivel individual hasta las interacciones entre organismos en una población, comunidad o ecosistema completo que expliquen el comportamiento animal en base a su movimiento (Miller et al., 2019), y abordar por ejemplo, preguntas más complejas como el papel de una especie, población o individuo en efectos ecosistémicos como la transmisión de enfermedades. Sin embargo, un mayor nivel biológico se traduce en mayores dificultades para su estudio.

A pesar de ser un campo aún en aumento, la ecología del movimiento ha evolucionado junto con el desarrollo de tecnologías como Argos o GPS que sirven para rastrear y registrar movimientos de organismos (Williams et al., 2020). Tecnologías que permiten un recopilado de datos extenso de seguimiento de organismos a tiempo real (López-López, 2016) y que se transforman en datos detallados sobre rutas de migración, velocidad de desplazamiento, paradas de descanso, etc. Estos datos nos permiten, a pesar de poder suponer cierta carga en la efectividad biológica del individuo por su manipulación y carga de dichos rastreadores, mayores beneficios al profundizar en el estudio de las razones y causas de los movimientos en los organismos.

El movimiento desempeña además, un papel crucial en la supervivencia y recuperación de especies en peligro de extinción, y conocer los desplazamientos con ayudas de tecnologías para el seguimiento, y cuando un organismo los realiza por causas como condiciones climáticas desfavorables, para buscar mejores zonas de alimentación, la reproducción, o movimientos puramente migratorios entre otras posibles razones (Delfino et al., 2021), permite avanzar en las medidas de conservación orientándolas de manera más específica y fundamentada, al conocer que áreas del hábitat tienen mayor influencia y para que razones. Esto cobra importancia al considerar los desafíos inherentes a la cría en cautividad, una estrategia de conservación mediante el reforzamiento poblacional, es decir, la liberación de animales tras la reproducción controlada de individuos para fortalecer o incluso restablecer una población local.

Sin embargo, resulta relevante considerar la enorme complejidad de esta estrategia, ya que a pesar de los esfuerzos, estas medidas pueden no obtener los resultados esperados si no se tienen en cuenta factores como la eliminación de las amenazas que causan el declive, o los propios problemas asociados a la cría en cautividad, como la falta de interacciones sociales y la estabilidad del entorno. Estos factores, afectan a la adaptación de las aves liberadas y la variedad en el rendimiento cognitivo entre individuos salvajes y criados, e influyen en la integración exitosa en las poblaciones silvestres (Vardi et al., 2020). Además, los impactos a largo plazo en términos de adaptación y supervivencia son significativos, ya que las diferencias en comportamiento y presiones de selección entre entornos silvestres y de cautiverio, pueden alterar a efectos como el movimiento de un organismo. La simplificación de estos comportamientos en cautividad puede generar entonces, desventajas entre los individuos liberados y sus congéneres salvajes, incluso llevando a cambios o pérdida de movimientos desarrollados mediante aprendizaje adquirido (Frankham, 2008; Crates et al., 2023).

Las especies acuáticas, en particular las aves que encuentran su hábitat en los humedales son actores fundamentales en la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Estos humedales, definidos como “áreas que comprenden una amplia gama de ecosistemas acuáticos y terrestres interdependientes, tales como pantanos, turberas, praderas húmedas o acuáticas, ya sean de naturaleza permanente o temporal, estancada o corriente, con aguas dulces, salobres o saladas, incluyendo extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros” (Convención sobre los Humedales, 1971), representan espacios vitales para la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Las aves acuáticas, en específico, desempeñan un papel crucial en estos ecosistemas participando activamente en procesos biológicos esenciales, como la dispersión de semillas, la regulación de poblaciones de invertebrados, la transferencia de nutrientes y la propagación de patógenos y especies invasoras (Green et al., 2014, Brochet et al., 2009, Coughlan et al., 2015). Estos hábitats acuáticos a su vez, cumplen un papel muy relevante en el ecosistema y la diversidad y ejercen una fuerte influencia en los

movimientos individuales de las aves acuáticas, relacionados con la capacidad de movimiento de estas aves y la estructura general del paisaje circundante. Kleyheeg et al. (2017) mostró patrones de vuelo específicos, con movimientos más intensos al amanecer y al anochecer, revelando que la disponibilidad de agua influye en la selección del hábitat y la movilidad de estas aves. En paisajes con menor disponibilidad de agua, evidenció una menor movilidad de las aves acuáticas, destacando la significativa relación entre la disponibilidad de recursos acuáticos y la movilidad de estas especies en los entornos de los humedales.

La cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris* Menetries, 1832), es una especie estrechamente asociada a los humedales, habitando principalmente aguas someras y seleccionando hábitats con abundante vegetación acuática (Green, 1993). Esta ave se ve especialmente afectada por la degradación de los ecosistemas acuáticos. Ha experimentado una notable reducción de sus poblaciones desde su relativa abundancia durante las primeras décadas del siglo XX, llegando a cifras preocupantes, como las 74 parejas registradas en el año 2020 o incluso las 22 parejas registradas en España en el año 2009, lo que la ha llevado a estar clasificada como especie en peligro de extinción en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en el Catálogo Español de Especies Amenazadas según la ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y como especie en peligro de extinción en el Anexo IV del catálogo valenciano de especies de fauna amenazadas. Debido a estos declives poblacionales, se han establecido varios proyectos para su protección y recuperación, como el proyecto LIFE cerceta pardilla de la Unión Europea y programas de reforzamiento poblacional a nivel regional, que se han llevado a cabo de manera continua desde 2013 hasta la actualidad. A pesar de que este programa de refuerzo poblacional ha contribuido a un ligero aumento en la población de cría de la cerceta pardilla en los últimos años, su éxito futuro es incierto debido a la mortalidad post-liberación y su dependencia continua de la liberación de individuos criados, lo que podría afectar a su comportamiento a largo plazo debido a la pérdida de los comportamientos naturales anti-depredadores o la habituación a los humanos (Bubac et al., 2019; Pérez-García et al., 2023). Entre los factores responsables de la disminución de la población se encuentran la pérdida y degradación de hábitat debido a la conversión de humedales en tierras agrícolas y urbanización, la contaminación del agua por sustancias químicas y pesticidas, el cambio climático que altera los niveles de agua; así como las perturbaciones humanas como la caza ilegal y el turismo no regulado (Martínez-Haro, 2010; Martínez-villalta et al., 2017).

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La comprensión de la ecología del movimiento y comportamiento de una especie se revela como un factor crítico para guiar estrategias de conservación, especialmente en el caso de especies en peligro de extinción (Frankham, 2008).

En el contexto de la situación crítica de la cerceta Pardilla, en España se han implementado diversas acciones para su conservación. Destacan la Ley 42/2007, del 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, y el artículo 11 del Real Decreto 139/2011 de febrero, que orientan los Planes de Recuperación oficiales de las comunidades autónomas.

Como medida de conservación específica, se han llevado a cabo liberaciones continuas desde 2013 hasta la actualidad de individuos mediante el método de liberación suave en localizaciones concretas como en El Hondo, uno de los núcleos poblacionales más destacados de la especie. Estas liberaciones se realizan a partir de individuos criados en cautividad en el Centro de Recuperación de Fauna de El Saler (Valencia) por la Generalitat Valenciana.

Para evaluar la efectividad de estas acciones y avanzar en el conocimiento de la especie, se ha procedido a la colocación de emisores satelitales desde el año 2018 hasta la actualidad. Estos dispositivos han permitido un seguimiento detallado de los movimientos de la Cerceta Pardilla, así como la evaluación del éxito del programa de reintroducción en la Comunidad Valenciana.

El presente trabajo de fin de grado mediante el uso de los marcajes GPS, tiene como objetivo pues, profundizar en el estudio y descripción de los movimientos de la Cerceta Pardilla en el periodo de abril a septiembre a una escala local (Alicante), abordando los siguientes objetivos secundarios:

- Realizar una evaluación de la actividad diaria: analizar y registrar los patrones de actividad diaria de la cerceta pardilla en el entorno local.
- Evaluar el programa de cría en cautividad sobre el comportamiento de la especie a partir del movimiento: comparar y contrastar los movimientos de las cercetas pardillas, diferenciando entre los individuos salvajes y procedentes de cría en cautividad, para estudiar sus comportamientos.
- Diferenciar el movimiento entre sexos: investigar y comparar las pautas de movimiento entre machos y hembras de cercetas pardillas.

MÉTODOS Y MODELOS

Área de estudio:

El área de estudio se centra en las masas de agua de la Comunidad Valenciana, especialmente en el Parque Natural de El Hondo, ubicado en Elche y Crevillente, que forma parte de la antigua albufera de Elche, adscrita a la cordillera Bética. Este parque, creado por la desembocadura del río Vinalopó en el siglo XVIII, es reconocido como uno de los núcleos poblacionales más significativos de la especie en España (Green et al., 2003).

El Parque Natural de El Hondo, un humedal seminatural que abarca 2387 hectáreas en total, está dividido en dos embalses principales: el de levante, con 450 hectáreas, y el de poniente, con 650 hectáreas, además de charcas y lagunas periféricas (Viñals et al., 2001). Estos embalses, creados en los años veinte del siglo XX, cuyo objetivo era la recogida y distribución de agua a los agricultores, intercambian agua entre sí. Generalmente, se utilizan las aguas del embalse de Levante para riego y las de Poniente para usos medioambientales. A lo largo de los años, los niveles de agua han experimentado variaciones significativas debido a factores como las precipitaciones, la época del año y el agua destinada al riego, descendiendo notablemente los niveles de agua por año. Además, el Parque cuenta con medidas de protección, como la designación RAMSAR, y ha sido declarado zona de especial protección para las aves a nivel europeo, según el BOE número 110 del 8 de mayo de 1990 y el DOCV número 6031 del 9 de junio de 2009 (Figura 1).



Figura 1: Mapa de limitación humedal Ramsar de el Hondo. Fuente: RSIS, 2019.

En la región levantina, donde se ubica el Parque, está arraigada una cultura de caza de aves acuáticas, particularmente notable en el Parque El Hondo, donde existen cotos de caza que operan dentro del propio parque, perpetuando esta actividad. Esto ha llevado a una alta incidencia de plumbismo en las Cercetas Pardillas, debido a la elevada concentración de perdigones de plomo en los sedimentos del humedal (Svanberg et al., 2006). Además, lleva al abatimiento de esta especie debido a la confusión con otras especies de patos cinegéticos cada año, e incluso en algunas temporadas de caza, se ha llegado a diezmar la mayoría de los individuos presentes en el humedal (Green, 2016).

En cuanto a las características termopluviométricas del clima semiárido de la zona, se observa un periodo seco de 5-6 meses con escasez de lluvias. La precipitación anual es de aproximadamente 280 mm, distribuida a lo largo de 37 días al año, principalmente en forma de chaparrones de alta intensidad horaria. La temperatura media anual ronda los 19°C, y el balance hídrico muestra un déficit pronunciado. Debido a este déficit, la existencia de El Hondo depende de las contribuciones de excedentes del río Segura y de los azarbes de la Vega Baja, obtenidos mediante elevaciones artificiales. Desde 1991, el Canal Principal se abastece principalmente de los azarbes, que también tienen caudales reducidos. El desagüe del humedal ocurre a través de la evapotranspiración (alrededor del 20%) y mediante bombeos y canalizaciones hacia áreas más elevadas de regadío. La duración y frecuencia de la inundación no siguen un patrón natural, dependiendo de los excedentes disponibles y las necesidades de riego (Viñals et al., 2001).

En relación con la calidad del agua, esta no es óptima para riego ni consumo humano debido a su elevada salinidad. Además, la zona recibe aportes de nutrientes, especialmente nitratos, desde canales de drenaje agrícola. La salinidad ha oscilado entre 3000 y 21000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre los años 1997 y 2017, y en cuanto a la clorofila, en esa misma serie de años ha oscilado entre 15 y 220 $\mu\text{g}/\text{l}$.

La mala calidad de agua ha provocado algunos años el contagio masivo de enfermedades como el botulismo, intoxicación por organofosforados, salmonelosis y otras enfermedades, causando mortandades masivas de la especie como en el año 1997 y 1999 cuando se recogieron 100 y 136 individuos muertos respectivamente (Green, 2000c).

Además del Parque Natural de El Hondo, la presencia de la especie se registra en otras masas de agua, como el Clot de Galvany, con 366,31 hectáreas, calificado como ZEPA y LIC. Sin embargo, la presencia de la especie en estas masas no es tan relevante como lo es en el Hondo.

Especie de estudio

La cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), es una especie de ave acuática que habita principalmente en humedales salobres con abundante vegetación acuática. Con una longitud de entre 32 y 42 cm de longitud, se considera el ave más primitiva dentro de los porrones o patos buceadores según su morfología (Livezey, 1996). Su plumaje se caracteriza por tonos pardogrisáceos claros con motas de color crema pálido en el centro y tonos gris parduzco en los bordes de las plumas. Las pardillas presentan colores más oscuros generalmente por encima, presentando una franja que nace desde delante de los ojos y se extiende hasta la nuca. Las plumas entre el píleo y la nuca se encuentran ligeramente abultadas, y es lo que llamamos cresta, más desarrollada en los machos. Las mejillas son más claras que en el resto del cuerpo y la cola es puntiaguda con la punta más clara, prácticamente blanca, y la base más oscura. Las patas y pies tienen colores entre verdes y amarillos (Figura 2).



Figura 2: Ejemplar cerceta pardilla. Fuente: SEO Birdlife.

En cuanto a los juveniles, presentan un plumaje más apagado y grisáceo, sin las motas crema en la espalda que caracterizan a los adultos, siendo casi uniformemente de color crema por debajo con un pico negruzco mate. Además, es más delgado que un adulto con un perfil más bajo en el agua, pero presenta un desarrollo temprano en el que, en menos de 18 días después del vuelo, adquiere prácticamente el plumaje del adulto y en menos de cinco meses, el dimorfismo sexual se hace notable. En términos de dimorfismo sexual, resulta difícil su distinción debido a los parecidos entre sexos, sin embargo, generalmente se observa que las hembras suelen ser más pequeñas que los machos, con el pico más corto y su perfil de cabeza es más redondeado y menos cuadrado debido al menor desarrollo de las plumas de la cresta. Tienen también la mancha ocular menos marcada y las plumas escapulares y de la espalda son más pálidas que en el macho (Green, A. J. 2007) (Figura 3).

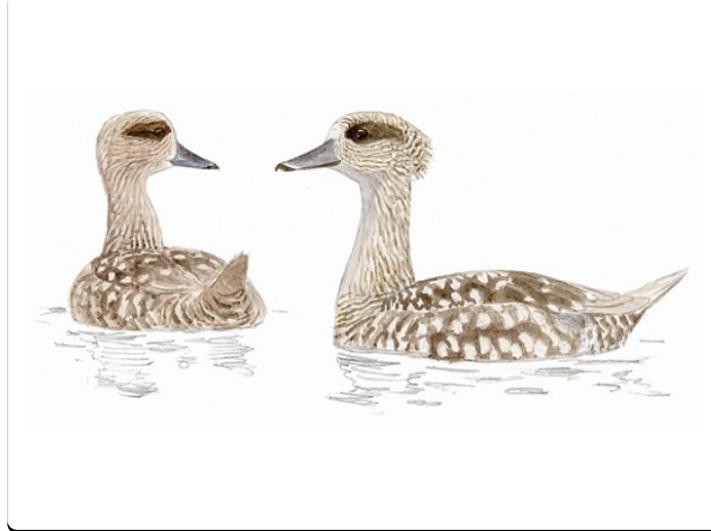


Figura 3: Dibujo de ejemplar hembra y macho de cerceta pardilla.
Fuente: SEO Birdlife.

Debido a la fluctuación en la disponibilidad de hábitats en humedales mediterráneos, la cerceta pardilla lleva a cabo movimientos semi-nómadas, siendo migratoria hacia el sur durante el invierno en tendencia, con movimientos generalmente entre España y el norte de África, pero dependiente de la disponibilidad de hábitats inundados, por lo que pueden ocurrir estos movimientos durante cualquier momento del año y por lo que aparecen localidades en las que la especie nidifica esporádicamente de forma oportunista (Green et al., 2003). Esta especie posee una puesta de gran tamaño que conlleva una inversión altísima, por eso es la anátida que más tarde nidifica en su área. Esta forma de nidificación es una adaptación para maximizar la reproducción en hábitats mediterráneos temporales y variables, sujetos a condiciones ambientales cambiantes (Green et al., 1999). La edad de cría empieza después de cumplir el año de edad y las sequías presentan el factor más limitante en cuanto a la distribución y éxito de la cría. Presentan un cortejo principalmente realizado por los machos con cuatro tipos principales de exhibiciones y en cuanto al nido, es construido por la hembra y está forrado con plumón y vegetación seca sobre plantas por encima del agua y tierra.

Presenta una dieta omnívora, con una alimentación mayoritariamente herbívora en la edad adulta y con mayor dependencia de invertebrados acuáticos en las primeras etapas de su desarrollo, aunque presentan grandes diferencias de alimentación entre localidades y estaciones. En el Hondo, se destaca la importancia de semillas pequeñas en adultos entre junio y septiembre como las de *Scirpus* y sin embargo, en época de puesta, las hembras se alimentan más de invertebrados (Fuentes et al., 2004).

Esta especie se encuentra fragmentada mundialmente en poblaciones reproductoras paleárticas, específicamente en cuatro subpoblaciones: Mediterráneo occidental, oriental, Asia suroccidental y central, con la población española siendo parte de la región mediterránea occidental. En esta región, nidifica principalmente en España, Marruecos, Argelia y Túnez. En España hay principalmente dos núcleos muy marcados de nidificación: las Marismas del Guadalquivir y en humedales del sur de Alicante (especialmente El Hondo y las Salinas de Santa Pola). En la invernada, muchas de las aves migran al Magreb, aunque se mantienen concentraciones invernantes en las Marismas del Guadalquivir, en El Hondo y lagunas endorreicas andaluzas (Scott y Rose, 1996) (Figura 4).

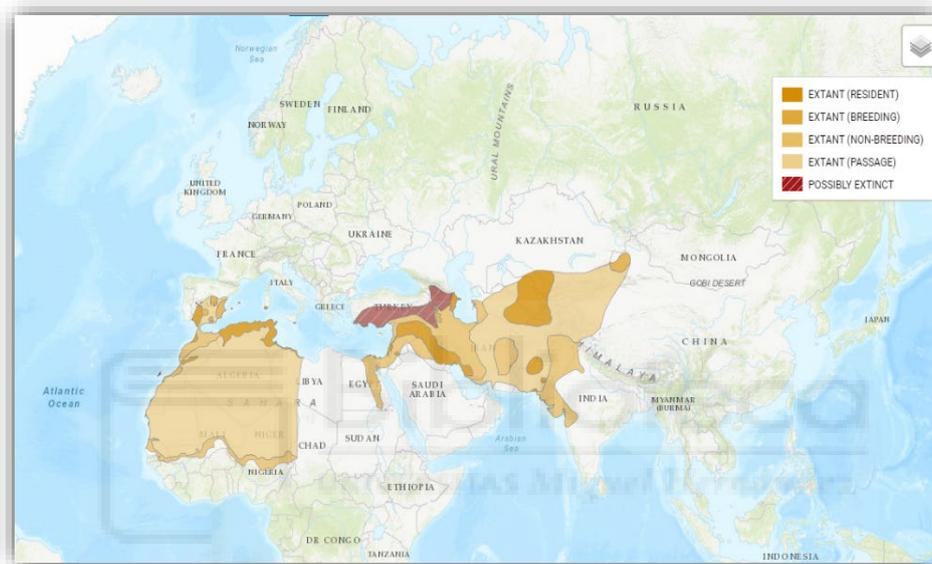


Figura 4: Área de distribución mundial de la cerceta pardilla. Fuente: iucnredlist.org.

La cerceta enfrenta diversas amenazas que han llevado a su situación actual. La destrucción de hábitats, la mala calidad del agua, la caza furtiva, el plumbismo por perdigones de caza, accidentes en infraestructuras artificiales, capturas en redes de pesca y la competencia con especies invasoras representan riesgos significativos para su supervivencia (MAGRAMA, 2014). En el caso de las poblaciones sudalicanas, destacan como amenazas principales la caza furtiva o por confusión con especies cinegéticas y el plumbismo debido a los perdigones de plomo, y la calidad del agua, generalmente contaminada por origen agrícola (Green, 2016).

Las amenazas a las que se enfrenta la cerceta pardilla han provocado su catalogación a nivel global como especie casi amenazada (BirdLife International, 2022) y, a nivel nacional, se encuentra en peligro crítico (Orden TEC/1078/2018, de 28 de septiembre, de la Ley 42/2007 – BOE nº251 del 17/10/2018). Desde 1994, ha experimentado un declive poblacional, con estimaciones entre 30 y 200 parejas, mucho menores que en épocas anteriores (Valverde, 1960). A pesar de ello, se han observado concentraciones

fuera de la época de cría, indicando una invernada con cifras variables, usualmente entre 50 y 500 aves, dependiendo de las condiciones. En la Comunidad Valenciana, fundamentalmente en el Hondo y las Salinas de Santa Pola, donde se suele alcanzar el pico de individuos entre agosto y octubre, ha habido una variación significativa en el número de parejas. Tras las 200 parejas estimadas en los años sesenta, entre 1985 y 1994 llegó a haber número de entre 10 a 30 parejas reproductoras, posteriormente, entre el 1995 y 1997 aumentaron entre 31 y 133 para luego descender en el 2000 a 28-33 parejas (Madrño, González, & Atienza, 2004). En el año 2022 además, el Grupo de Trabajo de la cerceta pardilla, bajo la coordinación del Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, reportó resultados gracias a medidas como la restauración de humedales o programas de cría en cautividad, con la que se liberaron 839 cercetas pardillas entre los centros de cría de Andalucía y Comunidad Valenciana y se alcanzaron 115 parejas, que criaron 740 pollos durante ese año, distribuyéndose cerca de la mitad, en humedales de la comunidad valenciana (Mtimon, 2022).

Las estrategias de conservación para la cerceta pardilla involucran un Plan de Acción Internacional, planes específicos de recuperación a nivel regional, así como el proyecto LIFE-Cerceta Pardilla, financiado por la Unión Europea. Estas iniciativas están enfocadas en la preservación de hábitats vitales, como en el caso específico de El Hondo, junto con la implementación de prohibiciones para prácticas perjudiciales como la caza ilegal y ciertos diseños de nasa cangrejera (Green et al., 2002) y programas de cría en cautividad en centros de referencia gestionados a nivel regional, como el caso del centro de cría en cautividad de El Saler.

Datos GPS

Desde 2018, España cuenta con un programa de monitoreo mediante dispositivos de rastreo GPS/GSM y desde 2020 con un proyecto LIFE (LIFE-cerceta pardilla, 2020), que financia dicho programa de seguimiento. El programa cuenta con un de 176 individuos hasta 2022, que incluyen aves marcadas en Andalucía, Castilla la Mancha, Madrid, Región de Murcia y Comunidad Valenciana repartidos de tal forma que hay: 8 individuos en Madrid; 10 en castilla la mancha, 76 en Andalucía y 82 en la Comunidad Valenciana. En esta última, los individuos se distribuyeron en el Parque Natural de El Hondo (68), en el Clot de Galvany (11), Almenara (1) y en la Marjal del Moro (2).

Los ejemplares fueron marcados con emisores GPS/GSM, bien previo a su liberación, o a partir de capturas de individuos empleando para ello jaulas de liberación cebadas con pienso. Se determina el sexo mediante características externas (figura 1 y 2), como el tamaño del pico y la forma y tamaño de la cabeza (Green, 2000). Para estudiar el efecto del programa de cría en cautividad sobre el

comportamiento de la especie, asimismo, se clasificaron los individuos en función de si procedían del programa de cría en cautividad o eran individuos salvajes (marcaje trampeado). A su vez, entre los individuos procedentes del programa de reforzamiento poblacional se diferencian entre aquellos que se marcan en el mismo momento de su liberación o capturados y marcados en el mismo año en el que fueron liberados (marcaje directo) y aquellos individuos capturados y marcados al menos al año siguiente de su liberación (marcaje recapturado). De los 65 individuos analizados (ver tabla 1), 28 fueron marcados directamente, 15 fueron recapturados, y 22 fueron marcados como trampeados. En cuanto al sexo, 34 fueron identificados como machos, 19 como hembras, y los 12 restantes representan individuos cuyo sexo no pudo determinarse debido a su estado juvenil.

En cuanto a los dispositivos, se utilizaron dos marcas diferentes de dispositivo: Ecotone (<http://ecotone-telemetry.com/>, Polonia) y Ornitela (<https://www.ornitela.com/>, Lituania). Estos dispositivos son alimentados y mantenidos con energía solar y proporcionan, a ciertos intervalos de tiempo previamente programados, en nuestro caso para recopilar una posición posición GPS cada 5-120 minutos, dependiendo de la carga de la batería, información sobre parámetros como la temperatura externa, radiación solar, fecha y hora de toma de datos, carga de batería, velocidad instantánea, dispersión de la precisión horizontal del GPS (HDOP) y datos sobre la localización horizontal y vertical. Los dispositivos de Ornitela cuentan también con un acelerómetro para los movimientos tridimensionales.

Los transmisores pesan entre 9,5 y 10 gramos, es decir, entre un 2 y un 2,6% del peso de las aves de tal forma que no se supera el 3% del peso del ave establecido como el límite superior para evitar efectos relevantes en la movilidad y supervivencia de los individuos (Murray y Fuller, 2000; Phillips, Xavier, & Croxall, 2003), y se colocaron utilizando un arnés de teflón de 4 mm de ancho sobre la espalda del ave similar a una mochila. Las correas se colocaron cruzándose en el pecho y atándose en la parte trasera del dispositivo para evitar el movimiento de este. (Pérez-García et al, 2023)

Reforzamientos poblacionales

Desde 2013, de forma sistemática y continuada, se ha realizado una estrategia de conservación de la especie mediante refuerzo poblacional de la cerceta pardilla por parte de las Administraciones Regionales, o lo que es lo mismo, se ha realizado la liberación de animales criados en cautividad para fortalecer o restablecer una población local de cría (Hodder & Bullock, 1997). Esta cría en cautividad se ha realizado en el Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de El Saler (Valencia, España) a partir de aves silvestres capturadas. En cuanto a la liberación, se realizó mediante el método conocido como

liberación suave, que mantiene a las aves a soltar en una jaula ubicada en la orilla de una de las lagunas protegidas durante 3-5 días, tiempo en el que se familiarizan con la zona y mientras se les va proporcionando alimento. La jaula permanece abierta entre liberaciones, y estas liberaciones no suelen superar máximos de 20 aves por suelta, que son realizadas entre febrero y abril (Pérez-García et al, 2023).

Filtrado y limpieza de datos

Se emplearon los datos GPS de individuos de cerceta pardilla marcados con emisor entre 2018-2022. De estos, se seleccionaron aquellos individuos con más de 5 días de seguimiento y se homogenizaron las trayectorias considerando una posición cada 30 minutos.

Para delimitar los datos a escala espacial y temporal, se seleccionaron aquellos movimientos que tuviesen lugar en la provincia de Alicante durante las estaciones de primavera y verano (abril-septiembre). A continuación, se re proyectaron las posiciones a ETRS89, Huso 30 con el fin de poder calcular las distancias en metros. Para ello se emplearon programas de sistemas de información geográfica como QGIS (QGIS Development Team, 2018). Por último, se excluyeron los días con menos de 11 posiciones, correspondiente al primer cuartil o el 25% de los datos. Este umbral se estableció puesto que números más bajos de observaciones diarias implicaría una pérdida de información sobre el movimiento, dado que un intervalo excesivo entre observaciones puede limitar la comprensión del comportamiento entre estas. (Figura 5).

Los análisis fueron realizados con el *software R 4.3.2* (R Core Team, 2023).

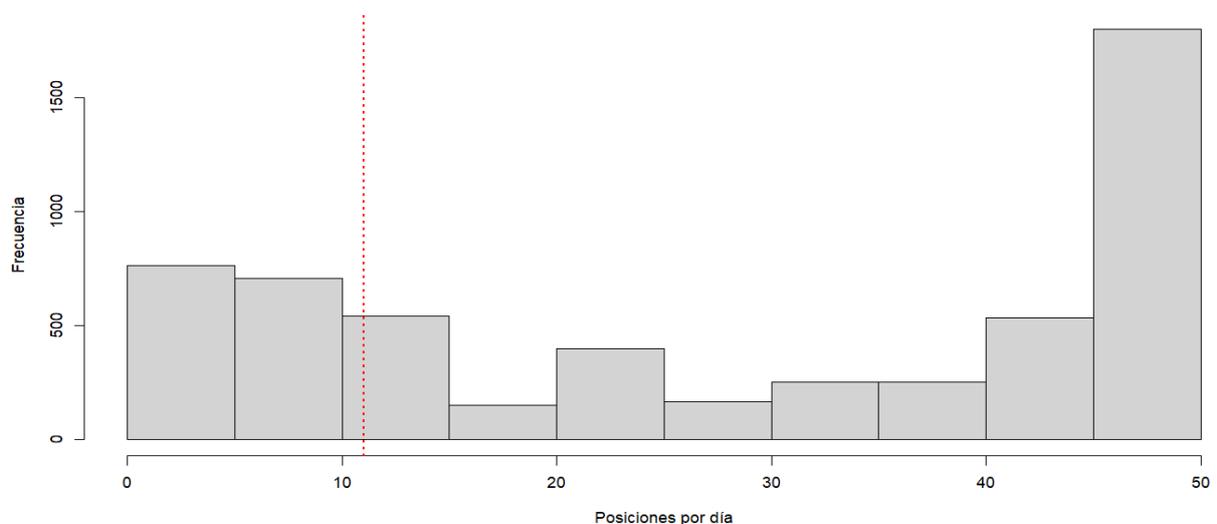


Figura 5: Histograma de posiciones por día frente a las frecuencias. Línea discontinua vertical: Primer cuartil del total de datos.

Tras esta limpieza y filtrado, consideramos en el análisis final 55543 observaciones correspondiente a 65 individuos y 2644 días descritos de acuerdo con el sexo y tipo de marcaje en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen del total de los datos e individuos según su marcaje, sexo y tamaños muestra en número de días y la media de días de seguimiento

Marcaje	Sexo	Individuos	Días de seguimiento	Medias de día de seguimiento
Directo		28	1130	40,4
	Hembra	5	142	28,4
	Macho	14	931	66,5
	Na	9	57	6,3
Recaptura		15	659	43,9
	Hembra	5	255	51
	Macho	10	404	40,4
	Na	0	0	0
Trampeado		22	955	43,5
	Hembra	9	536	59,6
	Macho	10	377	37,7
	Na	3	42	14
Total		65	2644	40,67

Cálculo de distancias y análisis estadístico

Las distancias entre las posiciones, fueron calculadas mediante la resta de los ejes de localizaciones consecutivas, y la posterior aplicación del Teorema de Pitágoras con Excel (Microsoft Excel, 2023).

La actividad diaria, definida como las distancias recorridas por hora del día, se calculó considerando la distancia entre dos posiciones consecutivas teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre estas. Estos cálculos se realizaron para cada hora del día e individuo y se promediaron las distancias. Para analizar las diferencias entre las horas del día, así como los efectos del marcaje y del sexo, se promediaron las distancias según las categorías correspondientes y se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA). Además, en el caso del marcaje, se aplicó la prueba post-hoc de Tukey para analizar las diferencias entre las categorías de marcaje.

Para los análisis de distancias diarias acumuladas, se calculó la media de las sumas de distancias entre posiciones diarias por individuo, clasificándolos en función del sexo, el tipo marcaje, y el origen. Para

estudiar si existen diferencias entre las categorías, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y, a continuación, se empleó la prueba *post-hoc* de Tukey para examinar las diferencias entre los diversos grupos de marcaje.

Estos análisis fueron realizados mediante el software *R* 4.3.2 (R Core Team, 2023).

RESULTADOS

Se evaluaron los datos entre 2018 y 2022 de un total de 65 individuos marcados mediante emisores GPS en la provincia de Alicante que fueron cedidos por el Área de Ecología del Departamento de Biología Aplicada de la Universidad Miguel Hernández, y se analizaron diferentes hipótesis sobre el movimiento de la cerceta pardilla.

Actividad Diaria

Las distancias recorridas más altas se registran entre las 4-6 AM y las 18-20 PM y son menos activas en las horas cercanas tanto al mediodía como a medianoche (*Tabla 1, del Anexo 1*). Se observó pues, que las cercetas muestran patrones distintivos de actividad a lo largo del día, con picos de movimiento durante las horas crepusculares. Estos hallazgos muestran diferencias de actividad en función de la hora del día (p -valor < 0.05). Además, se observan diferencias de actividad entre los individuos de distintos marcajes (p -valor < 0.05), siendo los marcados directos los que menor actividad presentan en general (Ver Figura 6). También se observaron diferencias en cuanto al sexo de los individuos (p -valor < 0.05), donde la hembra recorre menores distancias que el macho, sobre todo en los momentos de mayor actividad, coincidentes, de acuerdo con lo comentado anteriormente, con las horas crepusculares (ver figura 7).

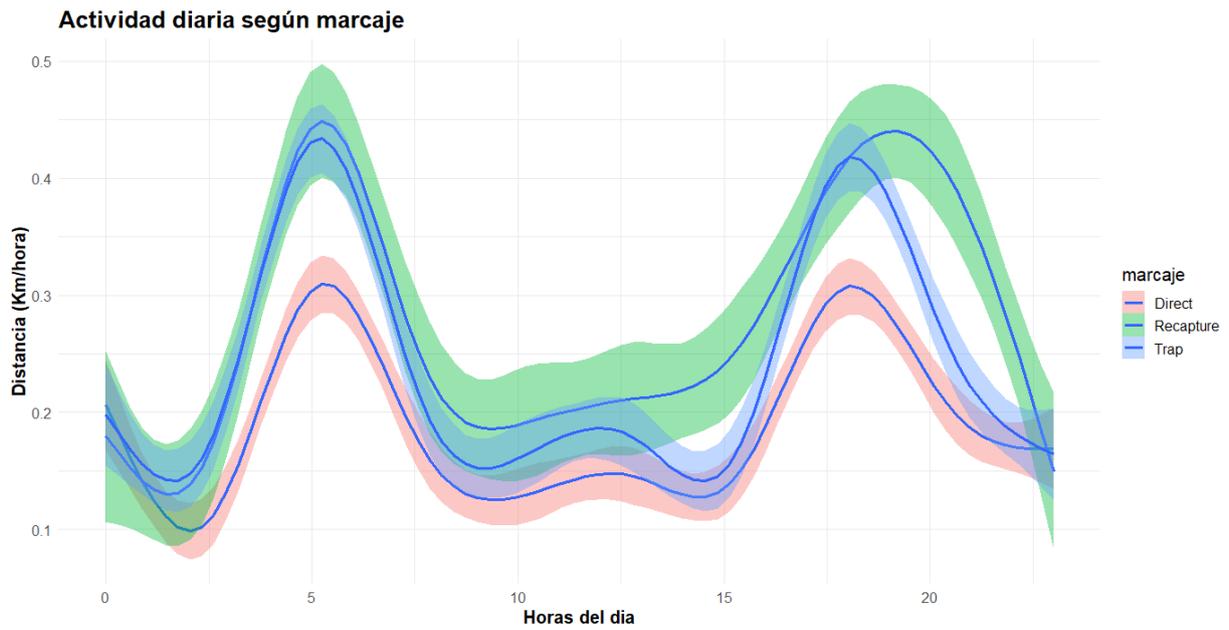


Figura 6: Distancia recorrida en función de la hora del día según marcaje en los meses entre abril y septiembre en la provincia de Alicante empleando un modelo de suavizado GAM.

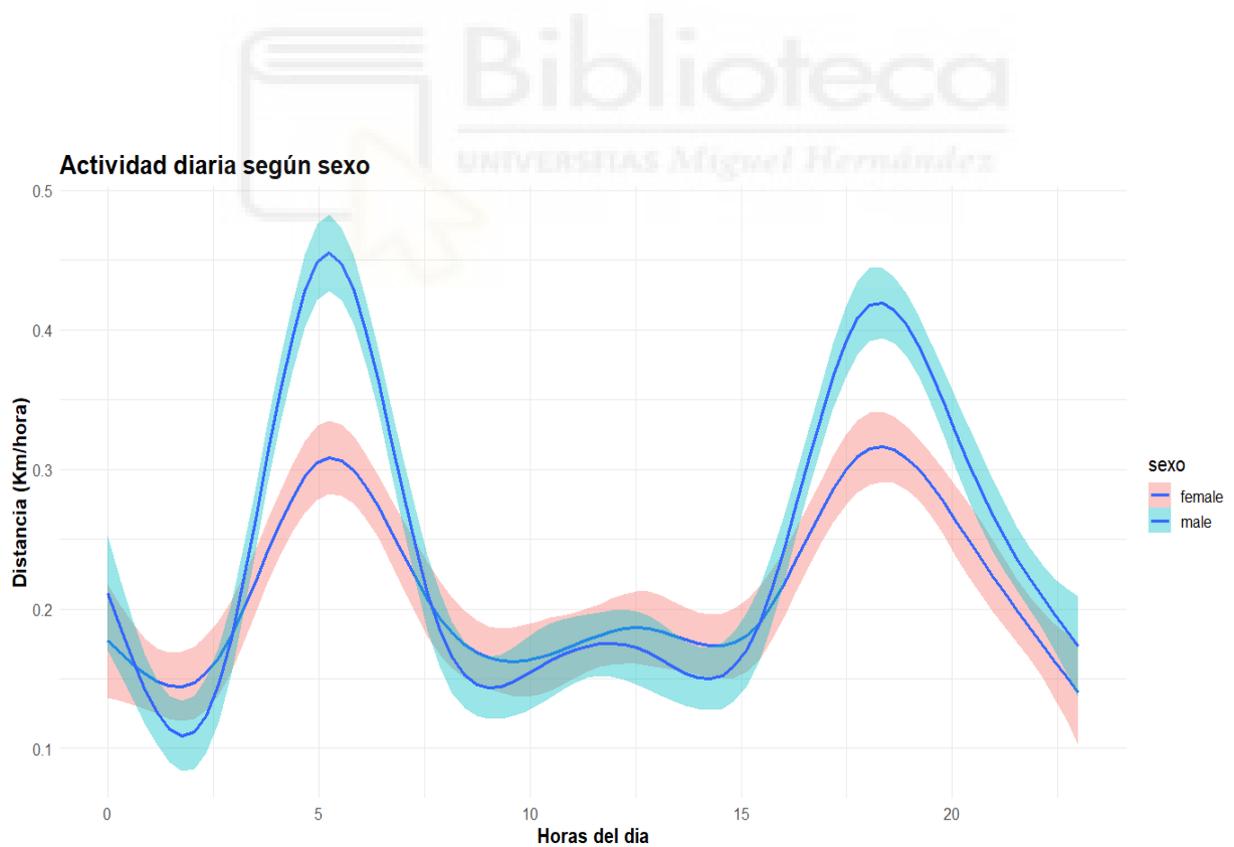


Figura 7: Distancia recorrida en función de la hora del día según el sexo en los meses entre abril y septiembre en la provincia de Alicante empleando un modelo de suavizado GAM.

Diferencias de movimiento según marcaje

Para las distancias acumuladas diarias, se observan diferencias significativas en el movimiento de las diferentes categorías. De acuerdo con el marcaje, los recapturados y los trampeados no muestran diferencias significativas entre sí (p -valor = 0.097), sin embargo, si se observan entre los recapturados y directos (p -valor < 0.05) y salvajes y directos (p -valor < 0.05) (Tabla 3; Figura 8).

Tabla 3: Resumen de las distancias diarias acumuladas en km según el marcaje de los individuos, expresados con media, desviación típica (sd), mínima, máxima y tamaño de la muestra (n° individuos).

Marcaje	Media (km)	Sd (km)	Mínima (km)	Máxima (km)	Nº individuos
Directa	4.03	3.68	0.226	50.5	28
Recaptura	6.10	6.67	0.229	52.6	15
Trampeado	5.46	4.9	0.536	42.9	22

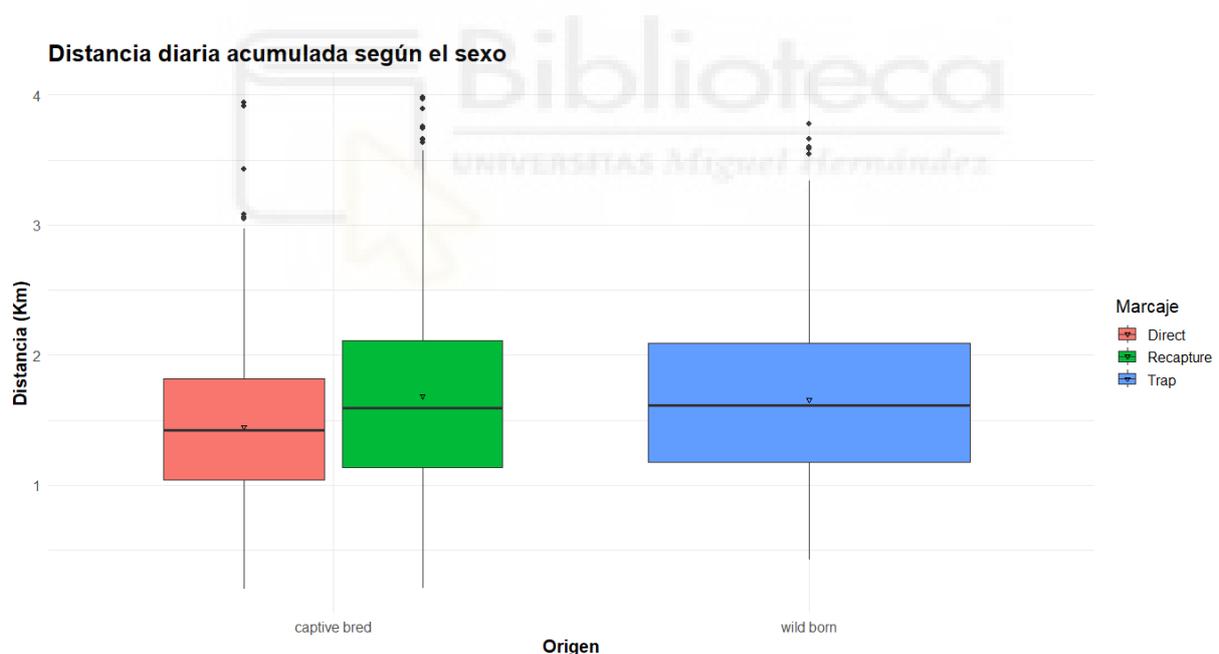


Figura 8: Distancia diaria acumulada según su origen y su marcaje, representado mediante un gráfico de cajas (boxplot). Los triángulos indican el valor de la media.

Diferencias de movimiento según el Sexo

De acuerdo con el sexo, se observa que los machos recorren más distancias que las hembras (Tabla 5), siendo estas diferencias significativas (p -valor < 0.05) para los meses entre abril y septiembre en la

provincia de Alicante (Figura 9). Este hallazgo sugiere posibles diferencias en el comportamiento relacionados con los usos durante la reproducción.

Tabla 5: Resumen de la media, desviación estándar (sd), mínima y máxima distancia diaria acumulada y tamaño de la muestra (nº individuos).

Marcaje	Media (km)	Sd (km)	Mínima(km)	Máxima (km)	Nº individuos
Hembra	5.17	4.63	42.9	0.26	19
Macho	5.70	5.82	66.3	0.18	34

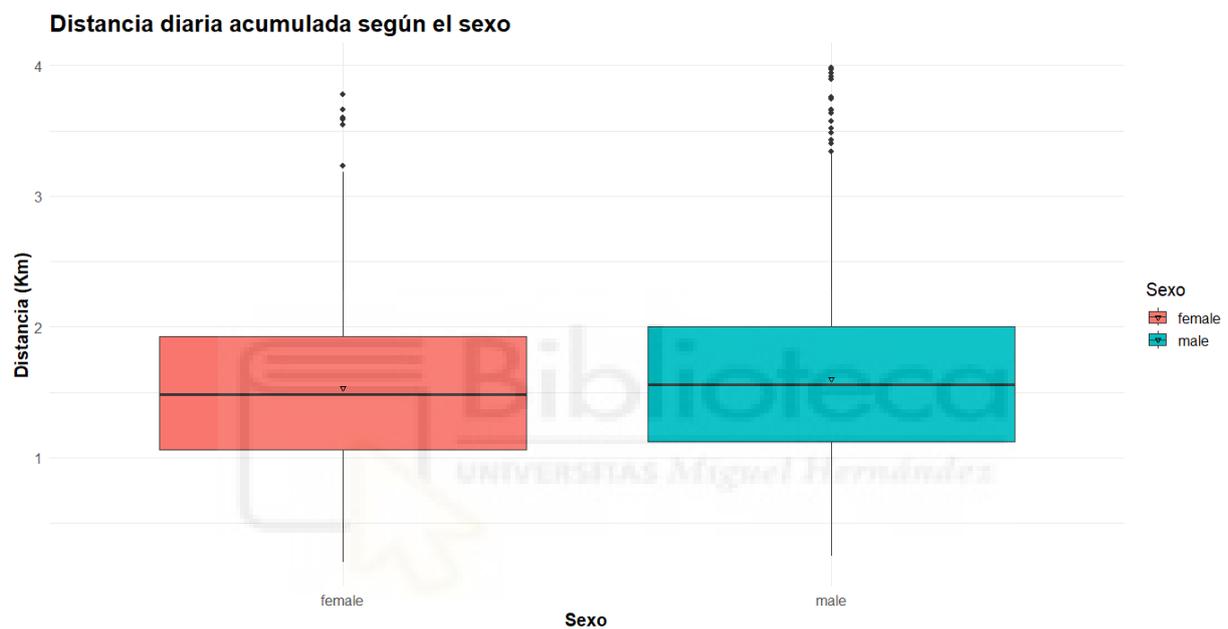


Figura 9: Distancia diaria acumulada según el sexo, representado mediante gráfico de cajas (boxplot). Los triángulos indican el valor de la media.

DISCUSIÓN

El uso de las tecnologías de seguimiento GPS nos ha permitido obtener datos sobre el movimiento de la especie durante los meses comprendidos entre abril y septiembre en la comunidad valenciana. Estos datos han contribuido a la comprensión de los patrones de comportamiento a nivel local, así como a la evaluación de la eficacia de los programas de conservación y reproducción.

La cerceta pardilla es un ave que no presenta una elevada actividad y que pasa la mayor parte del tiempo estática descansando (Aberkane et al., 2014), a pesar de eso, en nuestro análisis exhibe variaciones en su movimiento a lo largo del día, medido en kilómetros por hora. Las horas crepusculares

presentan la mayor actividad, mientras que en las horas intermedias de la noche y el día se registran una disminución considerable de su actividad, sugiriendo una posible mayor dedicación a la alimentación durante esas franjas horarias, además de una posible diferenciación en los usos del espacio, usando unas zonas principalmente para el descanso y otras para la alimentación, lo que hace coincidir el aumento del movimiento con las horas de mayor actividad. Este hecho tiene sentido al compararlo con estudios como el de Green (2016), en el que coinciden los picos de movimiento obtenidos con la actividad de la cerceta a la hora de la alimentación, escondiéndose en islas de vegetación durante las horas medias del día con más calor, y volando al atardecer hasta zonas más someras para la alimentación. Además, tal y como se muestra en la Figura 5, encontramos diferencias visibles en cuanto al movimiento diario según su marcaje, lo que puede indicar a priori, cambios en el comportamiento y en el uso del espacio según el origen del individuo, y que concuerda con estudios como el de Vardi et al. (2020).

Al examinar el estudio del movimiento diario medio acumulado según su origen, se obtuvieron diferencias de comportamiento entre los criados en cautividad y los salvajes, lo que coincide con las diferencias analizadas por Crates et al. (2023) en cuanto a las diferencias de comportamiento y elementos biológicos de los individuos criados en cautividad frente a los salvajes.

Además, al hacer el análisis mediante los marcajes, los individuos marcados como "directos" fueron los responsables de las diferencias más significativas entre los criados en cautividad y los salvajes en la escala local y temporal seleccionada. En contraste, los marcados como "trampeados" y los "recapturados" no mostraron diferencias significativas entre ellos (p -valor = 0,097). Esta similitud entre trampeados y recapturados podrían explicarse de tal manera que solo a nivel local y durante el periodo de estudio, los individuos criados en cautividad, tras convivir en libertad con sus contrapartes salvajes, desarrollan patrones de movimiento más similares a los de la especie en estado salvaje, mientras que los directos, mantienen la mayoría de sus comportamientos relacionados a la cautividad en los primeros momentos de la suelta. De hecho, encontramos que los recapturados (criados) realizan incluso mayores distancias que los trampeados (salvajes). Este comportamiento se podría explicar de tal manera que la diferencia entre los marcados como trampeados y recapturados, a pesar de no ser significativas, tendría sus diferencias en que los salvajes, tienen aprendidas las zonas que mejores y más abundantes recursos ofrecen, frente a los recapturados, que podrían estar invirtiendo más energía, referida al movimiento, en la búsqueda de recursos. Sin embargo, es importante destacar que esta diferencia podría limitarse a la escala espacial y temporal estudiada, ya que los movimientos de larga distancia migratorios y espontáneos, además de otros movimientos eliminados durante el filtrado de datos, podrían no haberse aprendido completamente en el caso de individuos criados en cautividad o no verse representados en nuestro análisis.

En cuanto al sexo, se observó que los machos exhibieron un movimiento diario acumulado hasta 0,53 kilómetros mayor que las hembras durante el periodo de estudio, que abarcó desde abril hasta septiembre en la localización investigada, lo que se traduce en un efecto significativo del sexo en cuanto a la distancia recorrida (p -valor $< 0,05$). Esta diferencia en el movimiento podría atribuirse al hecho de que el periodo de estudio coincidió parcialmente con la temporada de reproducción y cría de la especie, como lo respalda Green (2016), quien reporta datos de nidificación desde mediados de abril a finales de junio, con una eclosión media de los huevos en nuestra latitud hacia mediados de junio. Esta circunstancia podría influir en mayores movimientos del macho durante el cortejo o que las hembras modifiquen su comportamiento en función de la cría puesto que, por ejemplo, después de la eclosión de los huevos, los machos suelen abandonar a las hembras y adoptar movimientos más individualizados, mientras que las hembras tienden a agruparse en pequeños bandos, según lo indican Cramp y Simmons (1977).

No obstante, es esencial tener en cuenta el tamaño muestral en el análisis (ver tabla 5), donde las hembras representan aproximadamente el 36% del total de individuos sexados estudiados, con 19 hembras en comparación con los 34 machos incluidos en el análisis. Estas disparidades en el tamaño muestral podrían sesgar los resultados del análisis en cuanto al sexo, lo que subraya la necesidad de profundizar en el estudio de estos patrones para una comprensión más precisa de la dinámica de movimiento en relación con el sexo.

Este estudio, junto a los resultados obtenidos, resultan tener especial relevancia a la hora de la protección de la especie, conocer cómo y cuándo se desplazan los individuos ayuda a generar conocimiento de la biología de la especie y los diferentes usos del espacio para su protección (Rutz y Hays, 2009). Además, comprobar las diferencias de comportamiento entre los individuos criados en cautividad frente a los individuos salvajes y sus movimientos, puede asociarse al éxito o fracaso del programa de cría en cautividad de tal manera que ayude a centrar los objetivos de protección para la especie en los problemas causantes de la disminución poblacional.

CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

En conclusión, se observaron diferencias significativas en la actividad de las aves muestreadas según la hora del día durante el período espacial y temporal estudiado. Estas variaciones podrían atribuirse a las diversas actividades realizadas en el entorno durante distintos momentos del día. Además, se evidenció una disparidad en la actividad diaria en función del tipo de marcaje, lo que sugiere distintos patrones de uso del espacio y comportamiento según su origen y el tiempo pasado en estado salvaje.

Estos hallazgos revelan la importancia del espacio y la preservación de este para la protección de la especie, especialmente en términos de manejo del hábitat para otros usos y para las estrategias de cría en cautividad.

También se detectaron diferencias significativas en el movimiento diario acumulado de las aves en función del método de marcaje utilizado. Estas discrepancias indican que, en nuestra escala espacial (Comunidad Valenciana) y temporal (de abril a septiembre), hay variaciones en el comportamiento entre los individuos liberados directamente después de su cría en cautividad (marcados como "directos") frente a los capturados en estado salvaje (marcados como "trampeados") y aquellos criados en cautividad que fueron recapturados después de un período en libertad (marcados como "recapturados"). Estas diferencias sugieren que los individuos criados en cautividad muestran inicialmente comportamientos asociados a la cría que disminuyen con el tiempo en estado salvaje, posiblemente debido al contacto con individuos salvajes (marcados como "trampeados"). Sin embargo, dado el estado actual de la especie y de los esfuerzos de cría en cautividad, este fenómeno se debe seguir investigando y profundizando, por ejemplo, a una escala global. Se necesitan estudios adicionales para determinar si existen diferencias entre individuos capturados y recapturados, lo que no se observó en este estudio específico y que podrían tener un impacto en el éxito del refuerzo poblacional de la especie. Además, es crucial abordar otros posibles factores que podrían estar afectando la supervivencia y el comportamiento de la especie, así como el propio éxito de la cría en cautividad como la caza y la degradación y cambios en el hábitat.

El efecto del sexo también se mostró relevante en los resultados en cuanto a la distancia diaria acumulada para el periodo de meses y localización seleccionada, posiblemente debido a los diferentes comportamientos entre ambos en base a su reproducción. Aunque resulta importante tener en cuenta efectos como las diferencias en el tamaño muestral, por lo que, de igual forma, se debería seguir profundizando sobre estas diferencias para la correcta protección de la especie y el espacio.

Como proyecciones futuras de este trabajo:

Se propone continuar con la presente línea de investigación ampliando el estudio geográficamente, con el fin de obtener una visión más completa sobre los patrones de movimiento y evaluar la eficacia de las estrategias de conservación en diferentes contextos. Asimismo, se sugiere ampliar la investigación a largo plazo de los individuos para observar cómo cambian sus patrones de movimiento con el tiempo, especialmente aquellos criados en cautividad y posteriormente liberados en estado salvaje, con el objetivo de determinar su adaptación a los patrones de movimiento de la población salvaje (Figura 10).

Además, se propone profundizar en el estudio del comportamiento reproductivo de la especie y su efecto en los patrones de movimiento, incluyendo la selección de sitios de anidación, los desplazamientos durante la temporada de cría y los efectos del éxito reproductivo en el comportamiento migratorio. Se sugiere continuar utilizando tecnologías avanzadas, como el seguimiento por satélite, para seguir ampliando el conocimiento sobre los movimientos de la especie en diferentes escalas espaciales y temporales.

Sin embargo, una de las proyecciones futuras más importantes sería abordar la reducción y el estudio de los impactos de otros factores, como la caza o la degradación del hábitat, que afectan tanto al comportamiento como a los números poblacionales, actualmente dependientes de la cría en cautividad constante. Una vez que se aborden estos factores, será posible desarrollar estrategias de conservación más efectivas y adaptadas a las amenazas que enfrenta la especie.

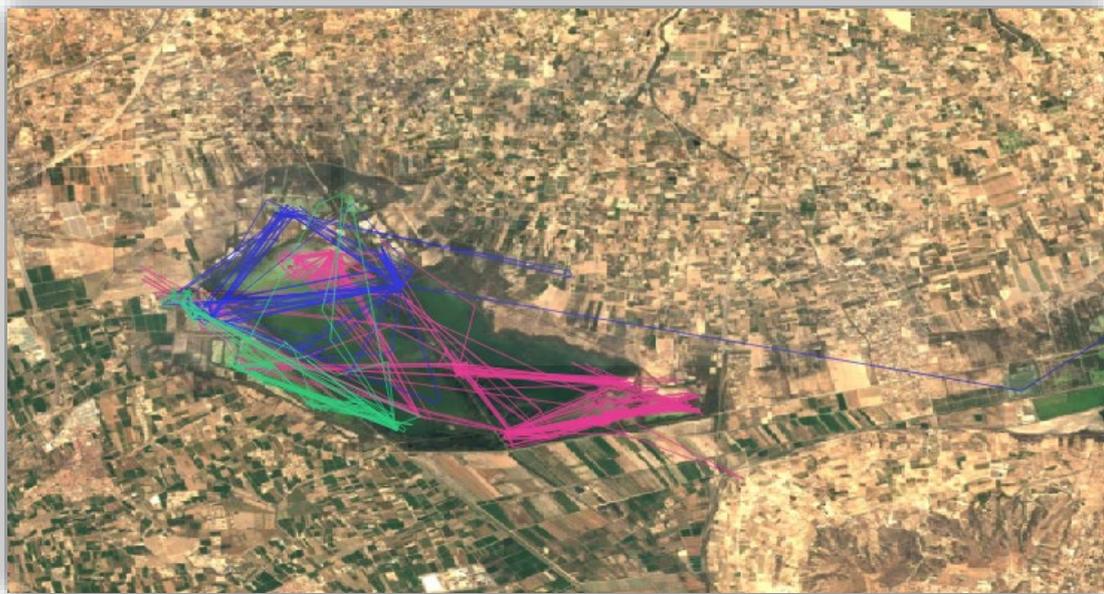


Figura 10: Representación de rutas en El Hondo realizadas con Qgis (QGIS Development Team, 2018), según 3 individuos con diferentes marcajes: Recapturado en verde, con datos entre 28/08/2018 - 11/10/2018; Directo en azul, con datos entre 17/09/2022 - 1/11/2022; Trampeado en rosa, con datos entre 16/04/2019 - 27/09/2019.

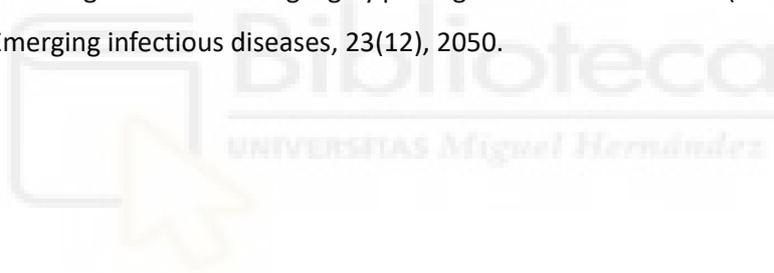
REFERENCIAS

- Aberkane, M., Maazi, M. C., Chettibi, F., Guergueb, E. Y., Bouslama, Z., y Houhamdi, M. (2014). Diurnal wintering behaviour of the Marbled Teal (*Marmaronetta angustirostris*) in north-east Algeria. *Zoology and Ecology*, 1–6.
- Bauer, S., & Hoyer, B. J. (2014). Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science*, 344, 1242552.
- BirdLife International (2023). *Marmaronetta angustirostris* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T22680339A205917761. Recuperado de: <https://www.iucnredlist.org/species/22680339/205917761#geographic-range>
- BirdLife International (2000). *Threatened birds of the world*. Lynx Edicions and BirdLife International, Barcelona, Spain, and Cambridge, UK.
- Blanco, G., Cuevas, J.A., Frías, O. & González del Barrio, J.L. (2019). A shot in the dark: sport hunting of declining corvids promotes the inadvertent shooting of threatened redbilled choughs. *J. Nat. Conserv.* 52,
- Brochet, A. L., Guillemain, M., Herve, F., Gauthier-Clerc, M., & Green, A. J. (2009). The role of migratory ducks in the long-distance dispersal of native plants and the spread of exotic plants in Europe. *Ecography*, 32, 919–928.
- Bubac, C.M., Johnson, A.C., Fox, J.A. & Cullingham, C.I. (2019). Conservation translocations and post-release monitoring: identifying trends in failures, biases, and challenges from around the world. *Biol. Conserv.* 238, 108239.
- Bullock, J. M., Kenward, R. E., & Hails, R. (2002). *Dispersal Ecology*. Blackwell, Malden, MA.
- Cramp, S., Simmons, K. E. L. (Eds.) (1977). *Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Volume I. Ostrich to Ducks*. Oxford University Press.
- Crates, R., Stojanovic, D., & Heinsohn, R. (2023). The phenotypic costs of captivity. *Biological Reviews*, 98(2), 434-449.
- Coughlan, N. E., Kelly, T. C., & Jansen, M. A. K. (2015). Mallard duck (*Anas platyrhynchos*)-mediated dispersal of Lemnaceae: a contributing factor in the spread of invasive *Lemna minuta*? *Plant Biology*, 17, 108–114.

- Delfino, H. C., & Carlos, C. J. (2021). To be or not to be a migrant: the different movement behaviours of birds and insights into the migratory status of flamingos (Phoenicopteridae). *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 141(4), 418-427.
- Fuentes, C., Sánchez, M. I., Selva, N., Green, A. J. (2004). Seasonal and age variation in the diet of the Marbled Teal *Marmaronetta angustirostris* in southern Alicante, eastern Spain. *Rev. Ecol. Terre et Vie.*, 59: 475-490.
- Frankham, R., Ballou, J. D., Eldridge, M. D., Lacy, R. C., Ralls, K., Dudash, M. R., & Fenster, C. B. (2011). Predicting the probability of outbreeding depression. *Conservation Biology*, 25(3), 465-475.
- Green, A. J. (2000). The scaling and selection of sexually dimorphic characters: an example using the Marbled Teal. *J. Avian Biol.* 31, 345–350.
- Green, A. J. (2000c). Marbled Teal in the Western Mediterranean. *Threatened Waterfowl Specialist Group News*, 12: 14-15.
- Green, A.J., Echevarría, J. L. & Ferrández, M. (2003). Cerceta Pardilla (*Marmaronetta angustirostris*). Páginas 144-145. En: Martí, R., del Moral, J. C. (Eds.). *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Green, A. J. (2016). Cerceta pardilla – *Marmaronetta angustirostris*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>.
- Green, A. J., & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biology Reviews*, 89, 105–122.
- Hooten, M. B., Johnson, D. S., McClintock, B. T., & Morales, J. M. (2017). *Animal movement: statistical models for telemetry data*. CRC press.
- LIFE-Cerceta Pardilla. (2020). Recuperado de <https://www.cerceta-pardilla.es/>.
- Livezey, B. C. (1996). A phylogenetic analysis of geese and swans (Anseriformes: Anserinae), including selected fossil species. *Systematic Biology*, 45(4), 415-450.
- Madroño, A., Gonzalez, C., & Atienza, J.C. (Eds.). (2004). *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid.
- MAGRAMA. (2014). Estrategia para la conservación de la cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), focha moruna (*Fulica cristata*) y malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*) en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

- Martínez Haro, M. (2010). Contaminación por perdigones de plomo en humedales y evaluación de los aportes de grit como medida para reducir el plumbismo en aves acuáticas. Tesis doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Martínez-Vilalta, A., López-Arévalo, H., & Calvo, J. F. (2017). Habitat and landscape factors affecting the presence of the Marbled Teal (*Marmaronetta angustirostris*) in Spain: implications for its conservation. *European Journal of Wildlife Research*, 63(6), 92. doi:10.1007/s10344-017-1151-8
- Miller, H. J., Dodge, S., Miller, J., & Bohrer, G. (2019). Towards an integrated science of movement: converging research on animal movement ecology and human mobility science. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(5), 855-876.
- Murray, D.L. y M.R. Fuller. (2000). A critical review of the effects of markings on the biology of vertebrates. Pp. 15– 64 in: *Research Techniques in Animal Ecology: Controversies and Consequences* (L. Boitani & T.K. Fuller, Eds.). Columbia University Press, New York.
- Nathan, R., Getz, W. M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D., & Smouse, P. E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19052-19059.
- Phillips, R.A., Xavier, J.C. & Croxall, J.P. (2003). Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120, 1082–1090.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rutz, C., Hays, G. C. (2009). New frontiers in biologging science. *Biol Lett* 5:289–92.
- RSIS. (2019). Sitio Ramsar ES455 (HONDO). Recuperado de <https://rsis.ramsar.org/ris/455>.
- SEO/Birdlife. (2023). SEO/Birdlife. [https://seo.org/ave/cercetapardilla/#Lightbox\[image_carousel_1/4](https://seo.org/ave/cercetapardilla/#Lightbox[image_carousel_1/4)
- Svanberg, F., Mateo, R., Hillström, L., Green, A.J., Taggart, M., Raab, A., Meharg, A.A. (2006). Lead isotopes and Pb shot ingestion in the globally threatened Marbled Teal (*Marmaronetta angustirostris*) and White-headed Duck (*Oxyura leucocephala*). *Science of the Total Environment*, 370: 416-424.
- Tollefson, J. (2019). One million species face extinction. *Nature*, 569, 171.
- Turchin, P. (1998). Quantitative analysis of movement: measuring and modeling population redistribution in animals and plants.

- Viñals, M. J., Colom, W., Rodrigo, T., Dasi, M. J., Armengol, J., Oltra, R., & Miracle, R. (2001). Rasgos característicos de un humedal mediterráneo artificial y su problemática ambiental: El Hondo de Elche (Alicante, España). *Humedales Mediterráneos*, 1, 147-154.
- Vardi, R., Goulet, C. T., Matthews, G., Berger-Tal, O., Wong, B. B., & Chapple, D. G. (2020). Spatial learning in captive and wild-born lizards: heritability and environmental effects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 74, 1-10.
- Watts, H. E., Cornelius, J. M., Fudickar, A. M., Pérez, J., & Ramenofsky, M. (2018). Understanding variation in migratory movements: a mechanistic approach. *General and Comparative Endocrinology*, 256, 112-122.
- Williams, H. J., Taylor, L. A., Benhamou, S., Bijleveld, A. I., Clay, T. A., de Grissac, S., et al. (2020). Optimizing the use of biologgers for movement ecology research. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 186-206.
- Kleyheeg, E., Slaterus, R., Bodewes, R., Rijks, J. M., Spierenburg, M. A., Beerens, N., ... & van der Jeugd, H. P. (2017). Deaths among wild birds during highly pathogenic avian influenza A (H5N8) virus outbreak, the Netherlands. *Emerging infectious diseases*, 23(12), 2050.



ANEXO

Tabla 1: Distancias máximas, mínimas, medias y la desviación estándar según las distintas horas del día.

HORA	Máxima (km/hora)	Mínima (km/hora)	Media (km/hora)	Desviación estándar
0	18.388	0	0.185	0.912
1	12.745	0	0.154	0.624
2	11.948	0	0.138	0.642
3	19.751	0	0.118	0.609
4	9.169	0	0.316	0.812
5	17.979	0.001	0.544	1.065
6	10.971	0.001	0.263	0.639
7	11.383	0.	0.221	0.655
8	6.475	0.001	0.219	0.513
9	7.507	0	0.184	0.457
10	7.578	0	0.162	0.411
11	5.696	0	0.145	0.388
12	5.159	0	0.136	0.321
13	6.521	0	0.184	0.482
14	8.643	0	0.192	0.447
15	6.403	0	0.216	0.523
16	7.088	0.001	0.195	0.455
17	6.592	0.001	0.223	0.450
18	12.031	0	0.435	0.968
19	15.516	0	0.443	1.026
20	41.693	0	0.303	1.348
21	21.592	0	0.191	0.944
22	17.322	0	0.198	0.751
23	8.426	0	0.183	0.638