

MOVIMIENTOS ESPACIALES Y TEMPORALES DE LA GARCILLA BUEYERA (*BUBULCUS IBIS*)



Ilustración de Juan Varela

Autor: Mario Marcos Pérez

Tutor: Juan Manuel Pérez García

Cotutores: Irene Pacheco Guardiola y Francisco Botella Robles

Curso 2023/2024

Departamento de Biología Aplicada. Área de ecología

Facultad de Ciencias Experimentales

Grado en Ciencias Ambientales

Código de Investigación Responsable (COIR): TFG.GCA.JMPG.MMP.240423

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
La ecología del movimiento	4
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4.1. Especie de estudio.....	7
4.2. Área de Estudio	9
4.3. Captura y marcaje de las aves.....	10
4.4 Manejo de datos de movimiento	11
4.4.1. Filtrado y gestión de los datos	11
4.4.2. Estimación de parámetros de movimiento	12
RESULTADOS	14
Patrones de actividad.....	15
Distancia acumulada diaria	16
Máxima distancia diaria	17
Estimación del Home Range.....	19
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA	23
BIBLIOGRAFÍA.....	25

RESUMEN

La ecología del movimiento juega un papel crucial para entender cómo las diferentes especies se mueven e interactúan en su entorno. Ver cómo afectan estos movimientos a su comportamiento y supervivencia es crucial para la conservación de las especies. Las nuevas tecnologías GPS nos han permitido investigar aspectos antes desconocidos de la ecología animal. El conocer la ecología de una especie determinada nos puede ayudar a ver qué servicios ecosistémicos ofrece y cuan posibles efectos indirectos puede tener sobre el ecosistema. El estudio del movimiento de la garcilla bueyera mediante las nuevas tecnologías, algo antes nunca hecho, nos revela diferencias en el comportamiento de los individuos. Hasta ahora un ave muy poco estudiada en la ecología del movimiento, pero desde el reciente descubrimiento de su capacidad de transportar plásticos por medio de las egagrópilas desde los vertederos hasta los humedales, se han aumentado los esfuerzos por describirla y comprenderla. El estudio del movimiento de la garcilla bueyera en la provincia de Alicante, revela diferencias en el comportamiento entre individuos, dependiendo de si están en época de cría o no, así como entre sexos. La descripción de sus patrones de actividad, las distancias que son capaces de recorrer y sus áreas de campeo serán cruciales para saber abordar múltiples factores para su protección y así desarrollar estrategias de conservación, tanto para ella como para los humedales.

Palabras clave: Garcilla bueyera, ecología del movimiento, tecnologías GPS.

Movement ecology plays a crucial role in understanding how different species move and interact in their environment. Understanding how these movements affect their behaviour and survival is crucial for species conservation. New GPS technologies have allowed us to investigate previously unknown aspects of animal ecology. Knowing the ecology of a given species can help us to see what ecosystem services it provides and what possible indirect effects it may have on the ecosystem. Studying the movement of cattle egrets using new technologies, reveals differences in the behaviour of individuals. So far, a little-studied bird in movement ecology, but since the recent discovery of its ability to transport rubber bands via pellets from landfills to wetlands, efforts to describe and understand it have increased. The study of cattle egret movements in the province of Alicante reveals differences in behaviour between individuals, depending on whether they are breeding or not, as well as between sexes. The description of their activity patterns, the distances they are able to travel and their roosting areas will be crucial in order to address multiple factors for their protection and thus develop conservation strategies, both for them and for the wetlands.

Keywords: Cattle Egret, movement ecology, GPS technologies.

INTRODUCCIÓN

El movimiento es definido como el cambio de posición de un individuo a lo largo en el tiempo. Este movimiento puede estar determinado por diversos factores y capacidades, ya sean estímulos intrínsecos o ambientales (Nathan et al., 2008). El movimiento es fundamental para la vida y cobra gran importancia en la naturaleza al tener implicaciones en las dinámicas poblacionales, los patrones de biodiversidad y las estructuras de los ecosistemas (Joo et al., 2022). A raíz de intentar comprender el motivo de los movimientos animales nace una nueva ciencia en el campo de la ecología encargada de estudiar exclusivamente el movimiento.

Antaño era más complejo y tedioso recabar datos de movimiento, se utilizaban técnicas como la captura-marcaje-recaptura la cual necesita de muchas horas de trabajo en campo y de algo de fortuna para recapturar el individuo previamente marcado (Sarasa et al., 1992); también técnicas como la radiotelemetría en la que se colocaba un emisor que pita en una determinada frecuencia y hay que triangularlo a través de sus emisiones estando en el campo *in situ* (Páez et al., 1998), etc. En la actualidad, los avances tecnológicos permiten rastrear los individuos marcados durante largos periodos de tiempo e incluso a escalas muy finas (Aarts et al., 2008). Gracias a ella podemos obtener, además de la posición exacta, datos ambientales. Estos datos nos ayudan a comprender posibles patrones de movimiento en respuesta a estos, y así vincularlos con capacidades de movimiento y navegación o características internas (Batbayar et al., 2021). Este considerable avance nos ha permitido descubrir comportamientos que hasta ahora eran desconocidos e inalcanzables para nosotros.

La ecología del movimiento

La ecología del movimiento una ciencia que está en auge permanente y se centra en entender aquellos factores y/o procesos que impulsan el movimiento a diferentes escalas (temporales, espaciales y ecológicas) (Smith et al., 2007). Los datos de movimiento nos informan sobre el estado interno y las preferencias de hábitat de sus individuos. Para entender “¿cómo se mueve?” primero hemos de ver qué le afecta al animal, la capacidad de navegación, que es cómo se orienta; su capacidad de movimiento que viene delimitada por cuánto es capaz de moverse según su cuerpo; su estado interno que está afectado por diferentes necesidades como el comer, la reproducción o la edad; y los factores externos como el clima o competición entre otros individuos; son los motivos que condicionan o influyen el movimiento de un animal (Nathan et al., 2008). Por lo tanto, los estudios sobre el movimiento no sólo se centra en los

desplazamientos, tanto de corta como de larga distancia (Robinson et al., 2009), también en el esfuerzo del animal y su gasto energético, en la importancia de las áreas de parada en migración, de invernada o de reproducción (Trierweiler et al., 2014), en la conservación de las rutas migratorias (Kirby et al., 2008), en la influencia que pueden tener las condiciones ambientales (Jorge Verdú, 2024), así como las políticas de gestión transfronteriza y el comportamiento por la búsqueda de alimento (Wakefield et al., 2013). Por tanto, el vínculo entre la ecología del movimiento y la biodiversidad es un factor clave para entender y comprender los procesos ecológicos (Wikelski et al., 2007), y, por consiguiente, mejorar la eficacia de los esfuerzos conservacionistas (Jeltsch et al., 2013). En definitiva, incluir el estudio del movimiento de las especies es fundamental en el diseño y la mejora de la gestión y conservación de especies (Smith et al., 2007).

A pesar del aumento en el número de estudios que incluyen la perspectiva del movimiento, se observa un sesgo con relación a ciertos taxones (Holyoak et al., 2008). Este vacío de información, en especial en ciertas especies de aves, en el mundo de la ciencia se debe a que los estudios se centran en aquellas más carismáticas o llamativas (Ducarme et al., 2013). Las especies comunes tienden a ser las más abundantes en número y biomasa en comparación con otras especies menos frecuentes. Las costumbres y comportamientos de las especies comunes pueden ser determinantes para el funcionamiento de un ecosistema, ya que su gran número implica un mayor servicio ecosistémico. En el mundo de las aves, las especies comunes son a veces las menos estudiadas. Este estudio nace para tratar de rellenar esos vacíos en un ave común que despierta un menor interés como la garcilla bueyera.

Esta ave cobra gran importancia en términos ecosistémicos cuando se descubre por primera vez que a través de sus egagrópilas son capaces de transportar plásticos u otros contaminantes (Gómez-Tejedor et al., 1994). Un posible factor que ha podido afectar a su gran expansión son sus hábitos ligados al ser humano. En el pasado estaba más vinculado a las actividades agrícolas y ganaderas. En la actualidad se ha observado un aumento en el uso de las plantas de tratamiento de residuos como puntos de alimentación para la especie. Lugares en los que se produce la ingesta de materiales contaminantes (p. ej. gomas plásticas, cuerdas, cristales, etc.) por confusión con posibles lumbrícidos u otros insectos. Esto implica que luego posteriormente sean transportados a humedales aumentando la disponibilidad de estos materiales a otras especies y generando un impacto negativo sobre el hábitat donde se encuentra (Martín-Vélez et al., 2022).

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Desde el año 2009 el Área de Ecología de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) trabaja con la Cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*) y la Malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*). Durante el seguimiento en campo se comenzaron a detectar ejemplares con gomas atascadas en el pico. Debido a trabajos anteriores en otras zonas de Andalucía (Arroyo et al., 2009) se relacionó este problema con la presencia de dormideros o colonias de garcillas bueyeras. En 2022 se comenzó una investigación a través de un Trabajo Fin de Máster de María Rodríguez (María Rodríguez, 2022) dónde se estudió el contenido de las egagrópilas y su posible relación con las variaciones en la población invernante y reproductora de garcillas bueyeras. Para entender completamente este problema y cómo se producía ese transporte de plásticos hacia los humedales por parte de las garcillas bueyeras, se buscó información sobre sus movimientos, pero se observó que no había estudios detallados de la ecología del movimiento en España (Herrera, 1974) (Arendt, 1998) (Sarasa et al., 1994). En el año 2022 el Área de ecología de la UMH comenzó a marcar diferentes individuos con emisores GPS en colaboración con el grupo de anillamiento Ardea - SEO/Birdlife para así conseguir describir y entender los movimientos de esta especie.

Este estudio busca dar respuesta a diferentes hipótesis, preguntas que su respuesta nos será fundamental para entender esta especie. Las siguientes hipótesis fueron: ¿Hay diferencias en los patrones de movimiento dependiendo de la época en la que nos encontremos o por el sexo del individuo? ¿Cómo varía su comportamiento a lo largo del día? Y, por último, ¿Cambian sus áreas de alimentación dependiendo de la época del año o del sexo? La respuesta a estas preguntas nos hará capaces de realizar un análisis descriptivo de los movimientos de esta pequeña garza, algo que hasta ahora nunca se ha hecho, lo cual ayudará a comprender su papel dentro del ecosistema y mejorar posibles esfuerzos conservacionistas.

El objetivo principal es describir los patrones de movimiento de las garcillas bueyeras en el Sur de la Comunidad Valenciana. Para ello hemos determinado los siguientes objetivos específicos:

1. Describir los patrones de actividad diaria.
2. Evaluar las diferencias estacionales en las distancias totales y distancias máximas recorridas diariamente.
3. Evaluar diferencias estacionales y en la relación al sexo en las áreas de campeo.

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Especie de estudio

La garcilla bueyera (Linnaeus, 1758) es una garza de pequeño tamaño de la familia Ardeidae (Clements *et al.*, 2010), en la que se incluyen más de setenta especies distintas. Es un ave de aspecto estilizado, con un tamaño de entre 46-56 centímetros de largo, un peso que ronda los 270-510 gramos y cuenta con una envergadura alar de entre 88-96 centímetros (Blas-Zumeta *et al.*, 2014). El plumaje es blanco durante la mayor parte del año, el pico amarillo y las patas grisáceas enteras. Durante la estación reproductora los adultos realizan una muda corporal, y se observan plumas finas y estilizadas anaranjadas por la parte superior de la cabeza a modo de cresta caída, por la parte baja del cuello cubriéndoles el pecho, y algunas sobre la espalda (Figura 1). El pico y los ojos se vuelven de color naranja y las patas de un color rojizo. (Cornell Laboratory of Ornithology, 2008.).



Figura 1. Ejemplar adulto en época reproductora. Fuente: Dany Sande

De entre las garzas, la garcilla bueyera es la que tiene menores hábitos acuáticos. Suele seleccionar este tipo de hábitat para formar colonias de cría y dormideros coloniales (SEO/BirdLife, n.d.). Las colonias de cría de esta garza pueden llegar a ser relativamente grandes en España, llegando a albergar varios miles de parejas juntas (SEO/BirdLife, n.d.). Los nidos de estas garzas en nuestra zona se ubican en carrizales (*Phragmites australis*) y tarayales (*Tamarix sp.*) del Parque Natural del Hondo, en las Salinas de Santa Pola y en el Río Segura a la altura de Orihuela, con varios cientos de parejas en cada lugar. El resto del año, al ser aves gregarias, forman dormideros comunales en diferentes humedales de la región, como el Clot de Galvany, que cuenta con unas 2.500 garcillas en invierno, en el Parque Natural de El Hondo con 530

ejemplares o en el molino de Orihuela con en torno a las 820 aves (Datos propios obtenidos a través de censos realizados).

La garcilla bueyera presenta unos hábitos alimentarios muy poco exigentes y los cuales se adaptan a la disponibilidad de los recursos que haya en ese momento. Entre sus presas predominan los saltamontes (Orthoptera), escarabajos (Coleptera) y tijeretas (Dermaptera) entre otros géneros de insectos (Katzir et al., 1994). Los insectos son una base fundamental de su dieta, aunque también puede incluir pequeños reptiles como serpientes o lagartijas, anfibios o micromamíferos como topillos u otros roedores de tamaño similar (Bachir et al., 2001). Su gran variedad de presas le permite estar presente en hábitats distintos. Suelen verse alimentándose en pastizales, áreas de cultivo, zonas con ganado, dehesas, etc. Como el resto de ardeidas, la colocación de sus ojos les permite tener una visión binocular, proporcionándole una gran ventaja a la hora de cazar (Katzir et al., 1994). Esta adaptación a la caza y como especie generalista le ha permitido expandirse por todo el mundo.

Hasta la segunda mitad del siglo XIX su distribución se reducía a áreas tropicales y subtropicales de África (Blake, 1961). Sin embargo, a comienzos del pasado siglo, comenzó un sorprendente proceso colonizador que aún sigue hasta día de hoy. A una escala mundial y europea ha sufrido un proceso de expansión tanto espacial como poblacional, al que no ha sido ajena la Península Ibérica (Camacho 1989; Fernández- Alcázar y Fernández-Cruz 1991, Seoane et al., 1997) e incluyendo su introducción en América (Camacho 1989; De Juana 1993).

En nuestro país, la población total de garcilla bueyera se divide en dos núcleos principales (Figura 2): una situada en la zona occidental de la península, que incluye Andalucía Este, Extremadura, Castilla la Mancha, Castilla y León y Madrid; y otra oriental, que recoge Aragón, Navarra, País Vasco, Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia y Andalucía Oeste. (Sarasa et al. 1992).

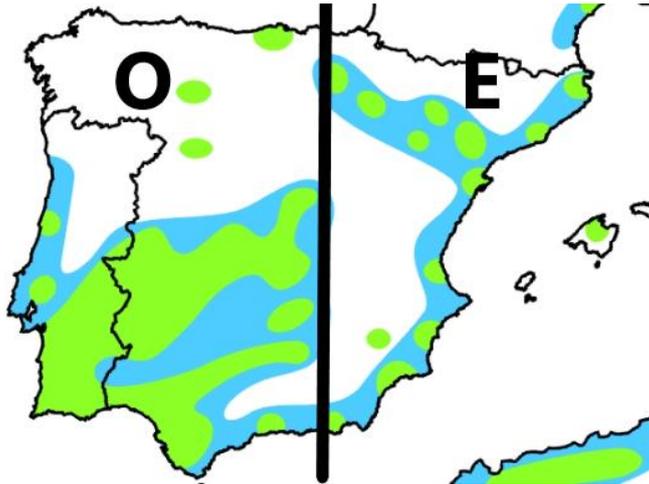


Figura 2. Distribución poblacional de garcilla bueyera en la Península Ibérica diferenciando la occidental y oriental. FUENTE: SEO/BirdLife

En términos generales, tanto la distribución como la población de garcilla bueyera está aumentando. En cambio, la situación de la población de la Península Ibérica muestra un declive demográfico. En Andalucía la población reproductora se ha reducido casi en un 30%, en la Comunidad Valenciana un 70% y en la Región de Murcia en torno al 50%, incluso desapareciendo en la Comunidad de Madrid (SEO/BirdLife, n.d.).

4.2. Área de Estudio

El área de estudio es el sur de la provincia de Alicante y en concreto está ubicada en el Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany (Figura 3) bajo la Ley 11/1994, de 27 de diciembre, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana al sur de la Comunidad Valenciana, dentro del término municipal de Elche. Este humedal está compuesto por diferentes ecosistemas como charcas de agua permanentes y temporales de aguas salobres y dulces, pequeños montes y lomas, llanuras de saladar, cordones dunares y antiguas terrazas de cultivo (Ver figura 3).

El Clot de Galvany se declaró Paraje Natural Municipal (P. N. M.) en el 21 de mayo de 2005. Además, también está catalogado como Lugar de Interés Comunitario (LIC) y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) que funciona como reservorio de especies, tanto de flora como de fauna, algunas de ellas en peligro crítico. En el paraje encontramos varias lagunas o charcas de agua salobre inundadas la mayor parte del año y cuya agua procede, principalmente, de la lluvia, de un acuífero subterráneo y de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). Cuenta con una superficie protegida de 366,6 hectáreas entre Elche y Santa Pola.

En cuanto a las características termopluviométricas del clima semiárido de la zona, se caracteriza por un periodo seco de 5-6 meses con escasas 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 del Clot depende de las contribuciones de la EDAR Los Arenales del Sol.



Figura 3. Mapa delimitación del Paraje Natural Municipal Clot de Galvany.

4.3. Captura y marcaje de las aves

Los ejemplares fueron capturados a la entrada de su zona de descanso mediante la colocación de redes de malla japonesa. Las redes y emisores se colocaron por anilladores experimentados del grupo anillamiento Ardea-SEO/Birdlife (bajo la autorización de la administración y con los permisos pertinentes). Estaban supervisadas y eran revisadas cada 45 minutos. Una vez algún individuo se quedaba atrapado en las redes, era extraído con sumo cuidado para evitar lesiones. Capturados los ejemplares, se anillaron y se tomaron medidas biométricas para valorar su estado físico, y se colocó el emisor. Los dispositivos GPS se colocaron en la espalda de los ejemplares, de tipo mochila, sujetos con un arnés de teflón (Figura 4). Los individuos fueron marcados con emisores *OrniTrack-10-solar powered transmitter* de la marca *Ornitela* (Ornitela, n.d.). Es un modelo que no tiene antenas externas con un peso de entre los 10-12 gramos y se carga gracias a su placa solar. Para tratar de no inferir negativamente en el comportamiento y la salud del animal, el peso conjunto del dispositivo, el arnés y la anilla metálica no puede superar el 3% del peso del ave (Morollón, 2023). Además de la posición de los individuos, los emisores toman medidas diferentes variables ambientales como la temperatura e incluso llevan

incorporado un acelerómetro el cual nos otorga datos de la posición del cuerpo del individuo. La frecuencia de muestreo de los emisores ha sido establecida en 10 minutos, eso significa que el emisor recoge los datos de localización cada 10 minutos y este los envía cada 24 horas. Al tratarse de una especie diurna y con el objetivo de no sobrecargar de datos el emisor y que su batería además se redujese, se estableció un temporizador. El dispositivo estaba programado para comenzar a tomar datos 10 minutos antes del amanecer, y dejaba de tomarlos 10 minutos después del atardecer.

En total necesitamos de 8 salidas al campo para colocar los emisores. En el mismo proyecto hemos realizado un total de 57 censos en zonas de gestión de residuos, diferentes dormideros y granjas, además de revisiones periódicas a diferentes balsas de riego para la búsqueda y recogida de egagrópilas.



Figura 4. Individuo marcado con dispositivo GPS de tipo mochila. Autor: Óscar Aldeguez Peral

4.4 Manejo de datos de movimiento

4.4.1. Filtrado y gestión de los datos

Para el estudio empleamos datos GPS de individuos de garcilla bueyera marcadas con emisor entre 2023-2024. Desde el inicio del programa de seguimiento se han marcado un total de ocho ejemplares. Para el análisis hemos seleccionado los individuos adultos y con más de un mes de seguimiento. En primer lugar, se homogenizan la base de datos GPS considerando una posición cada 10 minutos. A continuación, se filtran por Horizontal Dilution of Precision (HDOP) (Langley, 1999) seleccionando aquellas posiciones con un valor HDOP < 5, ya que valores mayores se asocia a una baja precisión en la triangulación (Mancuso et al., 2021). Por último, se filtra por

velocidades para eliminar aquellas superiores a 50 kilómetros por hora (eliminando posibles errores del emisor).

Una vez depurados y eliminados las posiciones con posibles errores debidos a los emisores GPS, dividimos nuestra base de datos por sexo (2 machos; 3 hembras) y por estaciones, considerando desde el 1 de abril hasta el 31 de agosto como época reproductora y desde el 1 de septiembre hasta el 31 de marzo como invernada.

4.4.2. Estimación de parámetros de movimiento

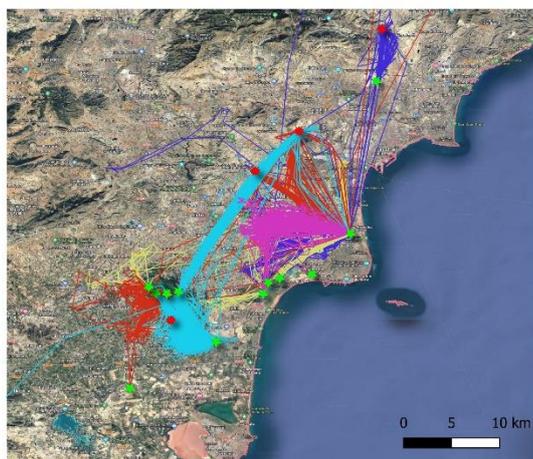
Para describir y analizar los movimientos que realizan las gacillas buayeras se calculan diferentes métricas de movimiento a diferentes escalas temporales (diarios, mensuales y anuales).

En primer lugar, se construye la trayectoria de cada uno de los individuos (Figura 5). Para ello empleamos el paquete “adehabitatLD” de la librería CRAN (Calenge et al., 2006). Con este paquete se obtienen diferentes métricas, como las distancias entre las posiciones sucesivas y, además, podemos obtener el tiempo que ha transcurrido entre una posición y la siguiente. A partir de estos datos calculamos las velocidades a las que se mueven los individuos. Una vez definidas estas métricas, se delimitan a una escala espacial, seleccionando los movimientos que han tenido lugar en la Comunidad Valenciana.

Para el cálculo de los parámetros de movimiento, primero se seleccionan aquellas posiciones con una frecuencia de emisión inferior a 30 minutos. A continuación, se calcula el número de posiciones que hay para cada día de seguimiento de cada individuo y se seleccionan aquellos con más de 20 posiciones.

Las posiciones GPS se reprojectaron a ETRS89, Huso 30N (EPSG:25830) con la finalidad de poder calcular las distancias en metros. Para ello se han empleado el sistema de información geográfica QGIS (QGIS Development Team, 2018). Para el cálculo de las variables y los análisis estadísticos se empleó software de R 4.3.2 diseñado para el análisis de datos (R Core Team, 2023).

1. Área de estudio



2. Sureste ibérico



Leyenda

- Dormideros
- Alimentación artificial
- Individual id
- Adri
- Jorge
- Josema
- Nati
- Oscar



Figura 5. Movimientos realizados por individuos de garcilla bueyera considerados en el estudio. Cada color corresponde a un individuo diferente. **Mapa 1:** se muestran los movimientos realizados dentro de la provincia de Alicante. **Mapa 2:** se muestran las trayectorias completas realizadas por los individuos.

La actividad diaria está definida como las distancias recorridas por hora del día. Se calcula considerándose la distancia entre posiciones sucesivas y teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre ambas para cada hora. Dichos cálculos se han realizado para cada hora del día y para cada individuo. Para analizar las diferencias entre las horas del día y de la temporada se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA).

Se entiende como distancia acumulada diaria como la suma de distancias que recorre un individuo en un solo día. Se calcula para cada individuo y cada día la distancia que recorre. Para analizar las diferencias entre las horas del día y de la temporada se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA).

Se considera la máxima distancia diaria como aquel punto más lejano obtenido en un día con respecto al primer punto. Se ha considerado como primer punto el dormidero ubicado en el Clot de Galvany ya que fue el lugar de captura de las aves. Para su cálculo se ha empleado una métrica de movimiento conocida como *Net Squared Displacement* (NSD). Este parámetro mide la distancia euclidiana de cada punto sucesivo respecto del primer punto. Se obtiene a partir del paquete “adehabitatLD” de la librería CRAN (Calenge et al., 2023). Posteriormente se han seleccionado los máximos para cada día y para cada individuo.

Se ha calculado para la temporada no reproductora y para el conjunto de ambas, evitando calcular solo para la temporada reproductora ya que las migraciones, los cambios de

colonia que tienden a hacer, podrían alterar los datos e interpretarse erróneamente. Para analizar las diferencias entre las horas del día y de la temporada se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA).

El home range es un término utilizado para delimitar aquella área en la que un animal realiza sus actividades, es decir, aquel espacio físico donde el animal realiza sus actividades diarias, como: la alimentación, el apareamiento, el cuidado de las crías, etc. (Andrea Vilar, 2019).

Desde un enfoque biológico, comprender el área de campeo de una especie implica obtener un entendimiento más completo de ella. Esto no solo facilita la gestión de recursos, sino que también permite anticiparse a situaciones adversas. Por lo tanto, es un concepto de gran relevancia biológica y de interés significativo para la ciencia.

Para su cálculo, hemos utilizado el paquete de R “adehabitatHR” (Calenge, 2023). Se ha utilizado el método Kernel al 95% (Worton, 1995), el cual genera una estimación que puede ser interpretada como los UD (*Utilization distribution*) (Seaman et al., 1998). Se ha comparado la precisión de las estimaciones de las áreas de distribución producidas por los puntos GPS y se han adaptado con el método de referencia (Href) (Seaman et al., 2006). Se calculó los kernels kDe 95% por mes e individuo y se sacó la media del área por estación y sexo. Se han eliminado aquellos meses en los que los individuos realizaron movimientos de larga distancia, para así evitar el sobredimensionamiento de las áreas de campeo, algo que no se correspondería con los Home Range. No se puede decir que se podrá encontrar el ave en un 95% de posibilidades en el área calculada si consideramos sus movimientos de larga distancia.

Para analizar las diferencias entre las temporadas y los sexos se ha utilizado el análisis de la varianza (ANOVA).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos están comprendidos entre la fecha 26/04/2023 y 04/04/2024 con un total de 5 individuos adultos marcados (siendo 2 de ellas machos y 3 hembras). En el análisis se consideraron un total 81531 posiciones GPS y en 501 días. Los individuos se monitorizaron de media $186 \pm 79SD$ días. Previo a la redacción de estos resultados 3 de ellos murieron, una de ellas debido a depredación por una Águila calzada (*Hieraetus pennatus*) y la tercera por causas desconocidas, y dos ellas continúan emitiendo (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Individuos marcados con dispositivo GPS incluidos dentro del estudio. Se especifica la fecha de inicio y fin del seguimiento, los días emitidos por cada individuo, la causa de fin del seguimiento, de ser así, el sexo y el número de fixes. La causa “Vive” significa que a fecha de realizarse el análisis de datos, aún continuaba con vida el individuo.

Individuo	Fecha captura	Fecha última emisión	Días emitidos	Causa	Edad	Sexo	Nº de puntos
Josema	24/04/2023	04/04/2024	315	Vive	Adulto	Hembra	18328
Adri	25/05/2023	04/04/2024	284	Vive	Adulto	Hembra	18193
Nati	16/05/2023	17/11/2023	185	Predación	Adulto	Hembra	6879
Oscar	16/05/2023	18/11/2023	186	Vive	Adulto	Macho	10674
Jorge	03/12/2023	04/04/2024	123	Estudio	Adulto	Macho	5958

Patrones de actividad

Los desplazamientos más largos se registraron entre las 4-9:00 AM y las 18-20:00 PM. Las horas comprendidas entre 9-18 las distancias recorridas por los individuos son más cortas, y paran su actividad por completo en las horas crepusculares, desde la puesta del sol en torno a las 20.00 hasta las 04.00 am. No se observan diferencias significativas (p -valor= 0,212) entre la estación de reproducción y la estación no reproductora, pero si se observa que en la reproductora hay mayores velocidades de media en torno a las horas del del medio día respecto a la temporada no reproductora (10.00 – 16.00) (Ver Figura 6).

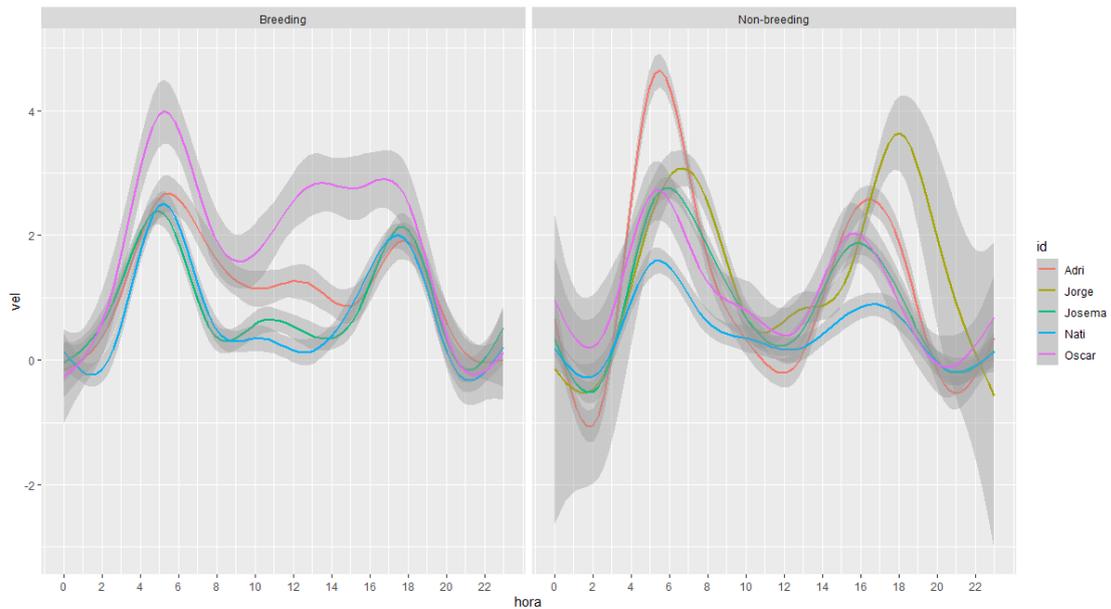


Figura 6. Patrones de actividad diaria de cada individuo diferenciando entre estaciones (reproductora e invernada). La gráfica representa los desplazamientos medios registrados por hora del día empleando un modelo GAM de suavizado.

Distancia acumulada diaria

Los individuos recorrieron de media 22.18 ± 14.79 km/día (el mínimo en un día fue de 0.36 km y el máximo de 147.51 de máximo) los individuos recorrieron significativamente distancias más largas durante la época reproductora ($24.64 \text{ km} \pm 17.84$) que durante la invernada (19.72 ± 17.87) (Fvalue =29,96; p-valor < 0.05) (Ver Figura 7). Las máximas distancias recorridas se relacionan con los movimientos dispersivos entre las zonas de reproducción o invernada. No parece haber coincidencia o relación con migraciones ya que algunos de estos movimientos no coinciden con los meses en los que ocurren las migraciones (Abril-Mayo y Agosto-Septiembre).

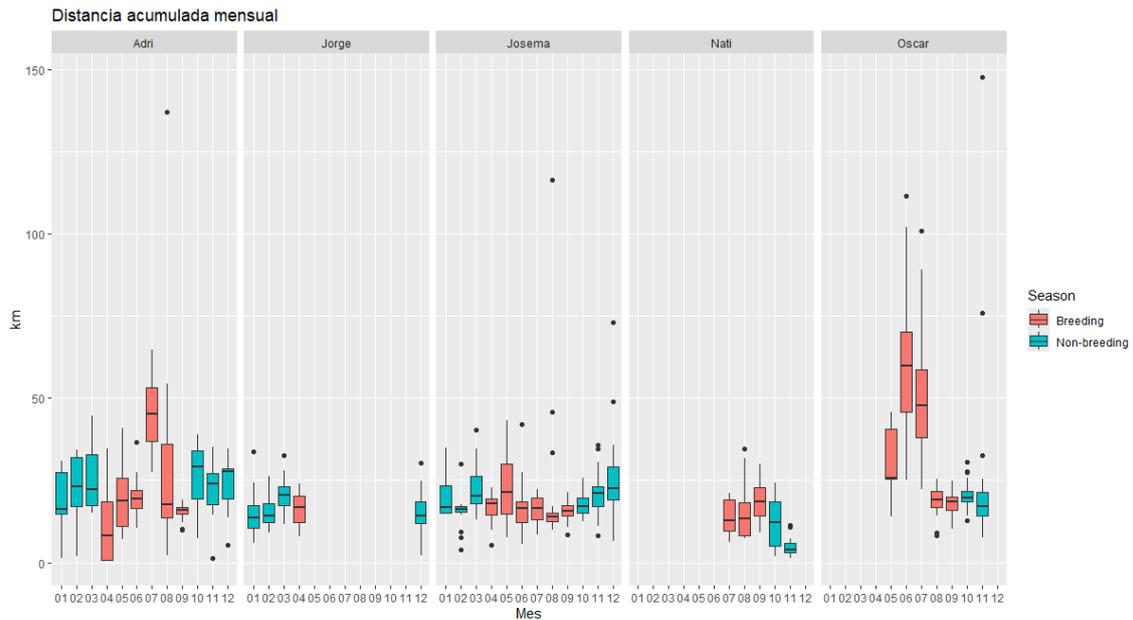


Figura 7. Distancias acumuladas por mes e individuo diferenciando en rojo los meses considerados dentro de la época reproductora y en azul los meses que corresponden a la invernada. En el gráfico se muestran las medianas el primer y tercer cuartil.

Máxima distancia diaria

Para la máxima distancia diaria respecto al dormidero de la estación no reproductora se han incluido los días comprendidos entre 01/10/2023 hasta el 31/03/2024. Las gacillas han llegado a una distancia máxima media de 17.10 ± 21.78 kilómetros de máximo al día. El registro mínimo fue de 6.0 km realizado por el ejemplar “Adri” y el máximo fue de 219.1 km realizado por el ejemplar “Óscar”. (Figura 8).

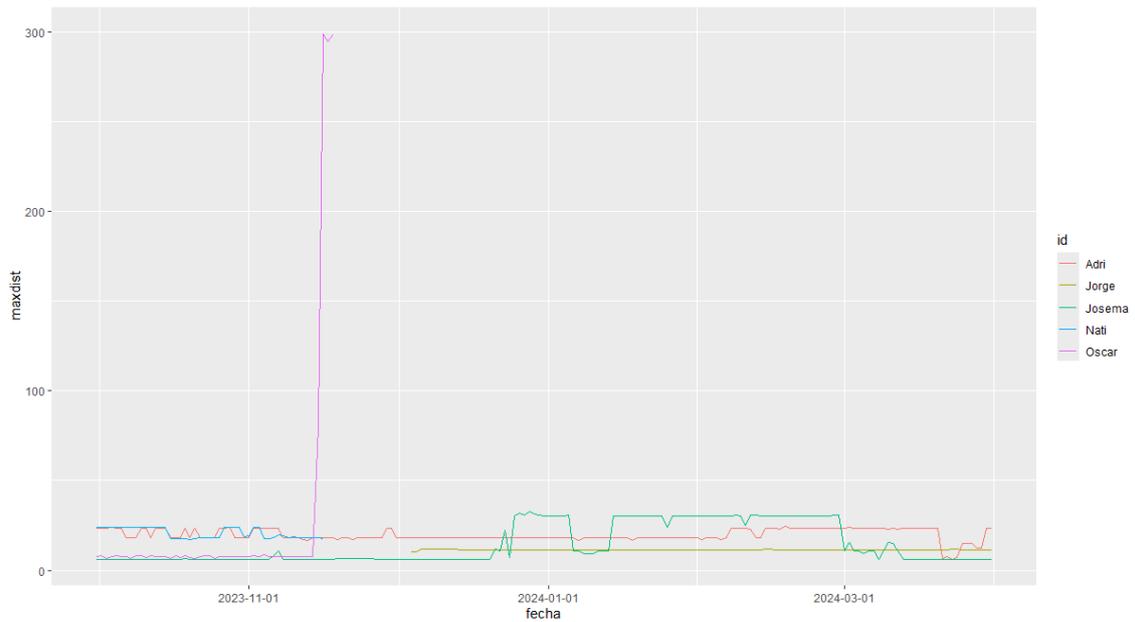


Figura 8. Máximas distancias respecto al dormitorio (ubicado en el P. N. M. del Clot de Galvany) que recorre cada ejemplar de garcilla bueyera para cada día considerando solo la época no reproductora o invernada.

A partir de los NSD, se observan tres movimientos de largas distancias: por un lado, dos ejemplares (Adri y Josema) realizaron desplazamientos norte-sur, típicamente descrito en la literatura como migración de corta distancia, hasta el Parque Natural de la Albufera de Valencia durante los meses de mayo y agosto. Por otro lado, un ejemplar (Óscar) viajó hasta Motril (Granada) en el mes de noviembre. Tras el viaje el emisor dejó de funcionar (Ver Figura 9).



Figura 9. Distancias de cada posición consecutiva de GPS con respecto al dormitorio (NSD) estandarizado en km (nsd/km) y por individuo.

Estimación del Home Range

Las áreas de campeo medias que han recorrido los individuos han sido de $114,93 \pm 116,92 \text{ km}^2$. La media entre la estación reproductora y la estación no reproductora ha sido, $107,60 \pm 100 \text{ km}^2$ y de $119,56 \pm 128,61 \text{ km}^2$, respectivamente. No habiendo diferencias significativas ($F_{\text{value}}=0,087$, $p\text{-valor}>0,05$). Realizando comparaciones entre los sexos macho y hembras, se ha obtenido que los machos utilizan un área de $129,23 \pm 132,91 \text{ km}^2$, mientras que las hembras usan $114,93 \pm 116,96 \text{ km}^2$, sin haber diferencias significativas entre sexos ($F_{\text{value}}=0,05$, $p\text{-valor}=0,824$) (Ver Figura 10).

Dentro de los sexos, hemos calculado las áreas para los machos y las hembras en cada estación. Viendo si los individuos varían su área de campeo. Los machos en periodo reproductor recorren una media de $190,91 \pm 13,23 \text{ km}^2$ mientras que en periodo no reproductor ha sido de $121,83 \pm 154,49 \text{ km}^2$. Para las hembras, durante el periodo reproductor la media ha sido de $84,90 \pm 75,81 \text{ km}^2$; y para la estación no reproductora es de $119,58 \pm 128,61 \text{ km}^2$ (Ver Figura 11).

La estación reproductora para “Jorge” y la estación no reproductora para “Oscar”, salen tan cortas debido a su tamaño muestral, ya que en ambas solo tenemos datos de un mes.

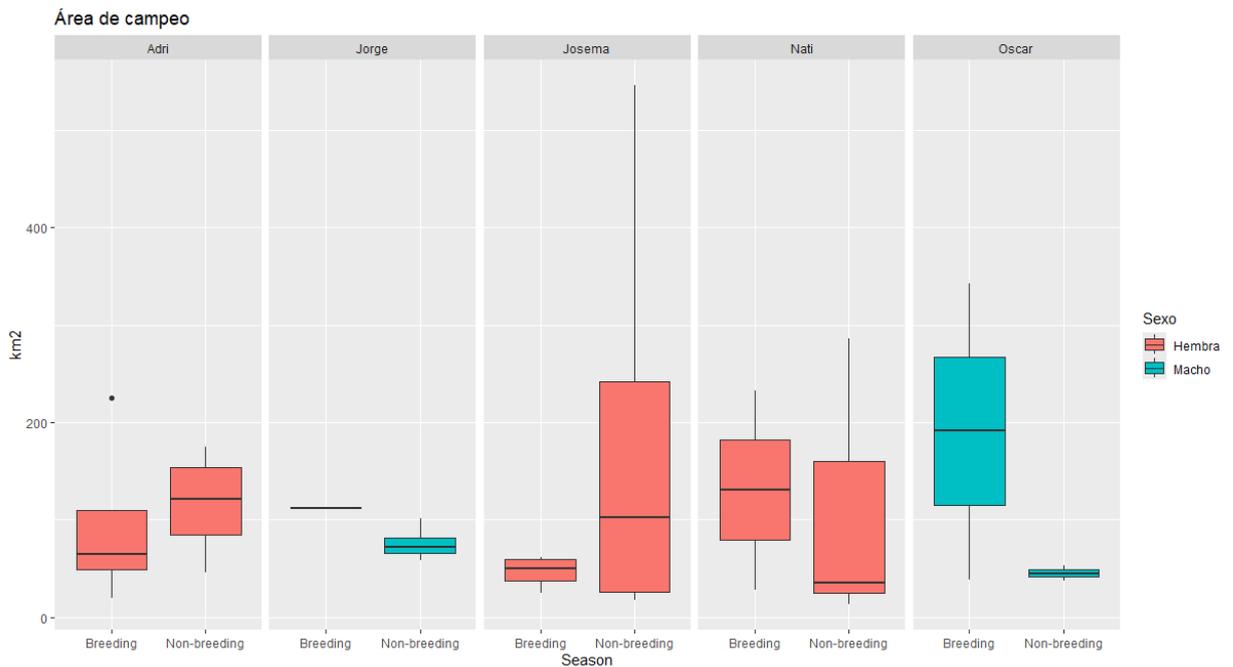


Figura 10. Representación de caja de bigotes en que se muestran los individuos junto con sus sexos, y mostrando el tamaño de las áreas de campeo KDE 95% (km²) según la estación.

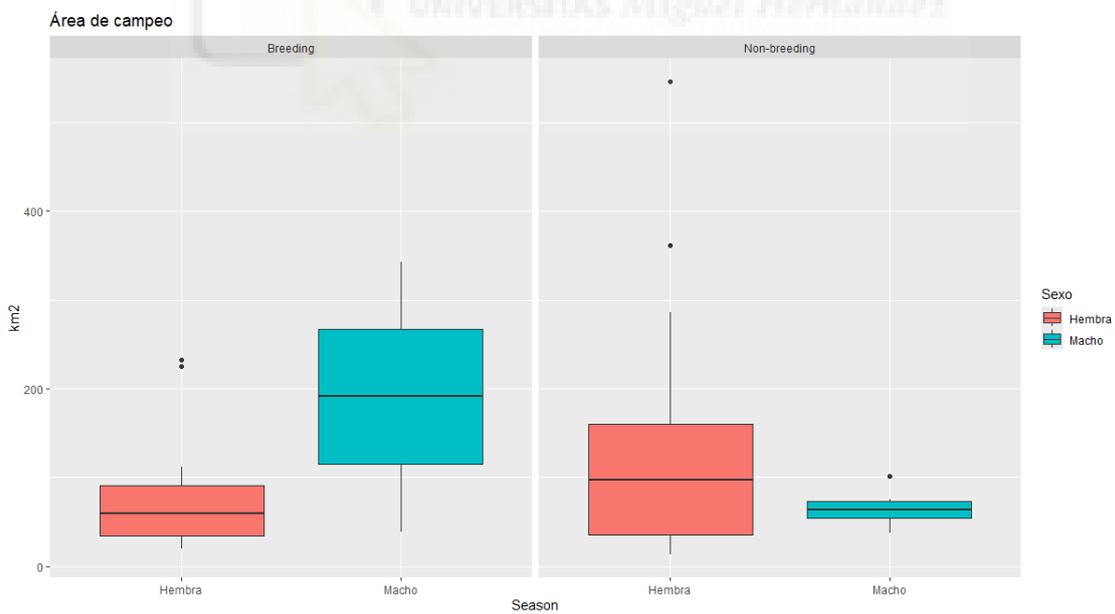


Figura 11. Representación de caja de bigotes en que se muestran la diferencias entre sus sexos, y mostrando el tamaño de las áreas de campeo KDE 95% (km²) según la estación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que las garcillas bueyeras presentan unos hábitos principalmente diurnos. Comienzan su actividad minutos antes del amanecer, horas en las que ya hay claridad y aprovechan al máximo las horas de luz en las zonas de alimentación. Durante el atardecer ya se encuentran realizando los desplazamientos hacia las zonas de dormitorio evitando el vuelo durante las horas de nocturnidad. Los desplazamientos que se realizan entre las 4-9 y las 18-20 corresponden a movimientos entre las zonas de alimentación y zonas de descanso (Oleksy et al., 2019).

La actividad diaria es muy similar en ambas estaciones. Estas aves no cambian sus patrones a lo largo del año. Esto defiende la necesidad de las masas de agua para esta especie, ya que, a pesar de no alimentarse en ellas, las necesita tanto para formar sus colonias de cría como lugar donde ubican los dormitorios. Y la cercanía de estas masas a diferentes zonas de alimentación como campos agrícolas, granjas o vertederos. Durante la estación reproductora tienen ligeramente unas mayores velocidades durante las horas del día en comparación con los meses de invierno. Durante los meses de invernada una gran parte de la población del Clot de Galvany visita los vertederos de Elche y Alicante diariamente. La visita continua a zonas de tratamiento de residuos provoca que acaben ingiriendo por error un alto número de residuos contaminantes (p. ej. profilácticos, gomas plásticas, tornillos, etc.), algo que hemos comprobado de primera mano gracias a sus egagrópilas. Durante la época reproductora las garcillas cambian sus áreas de alimentación teniendo preferencias por los campos agrícolas. Alimentarse en los campos implica un mayor movimiento y velocidad por estar buscando presas, por ellos vemos un ligero aumento de las velocidades durante el día en la estación reproductora.

Durante casi todo el año presentan una actividad casi estrictamente diurna, excepto durante sus largos desplazamientos. Las garzas son aves no planeadoras, no usan las corrientes térmicas como las rapaces (Lobera et al., 2023). Estas se forman al calentarse el aire en las cercanías del suelo, disminuye su densidad y asciende formando burbujas de aire caliente que forman esas corrientes ascendentes que aprovechan las aves rapaces para planear, volando en círculos en torno a ellas (Cano et al., 2017). Por lo que durante el día las rapaces podrían atacarlas (p. ej. Águilas calzadas (*Hieraetus pennatus*), Águilas perdiceras (*Aquila fasciata*), etc.). Esta podría ser una explicación para explicar porque aquellas garcillas que realizaron las

migraciones realizaron el desplazamiento por la noche, tanto como para la ida como para la vuelta hacia la zona de invernada.

Las distancias acumuladas también varían dependiendo de la estación en la que nos encontremos. Durante el periodo reproductivo, las gacillas cambian sus hábitos de alimentación. Hemos encontrado diferencias entre ambas estaciones. Durante la estación reproductora recorren mayores distancias a lo largo del día, ya sea porque se recorren un campo agrícola durante todo el día, o porque se van moviendo entre campos para alimentarse. Y durante la época no reproductora la mayoría de las gacillas frecuentan los centros de tratamiento de residuos, lugares en los que aparentemente abunda el alimento para ellas y están menos expuestas a depredadores. Se les observa gran parte del tiempo soleando en los tejados o montañas de basura, estando inmóviles durante incluso por horas (observaciones propias), lo que defiende que en estos lugares parece ser que abunda la comida para ellas.

La presencia de *grandes desplazamientos en algunos individuos* es muy destacable. Vemos que recorren grandes distancias en los meses típicos de migraciones, sin embargo, se detectan varias veces movimientos dispersivos de grandes distancias fuera de estos meses. El estudio de estos movimientos nos podría ayudar a entender por qué y cómo ha sido tan rápida su expansión mundial desde su origen en África.

Para entender la relación y dependencia entre las masas de agua y las áreas de alimentación, hemos calculado la distancia máxima que suelen llegar a recorrer entre el dormidero y la zona más lejana a la que puedan llegar en un día (la mayoría de las veces zonas de alimentación). De media llegan hasta una distancia de 17,1 km, mientras que la distancias en línea recta entre el dormidero del Clot y las zonas de gestión de residuos de Elche y Alicante, son de 12,74 km y 14,36 km respectivamente. Habiendo una relación directa entre los diferentes usos de las áreas.

Teniendo en cuenta ambas estaciones para las máximas distancias diarias, continuamos viendo un patrón claro para todas las gacillas, como van y vuelven en el mismo día a una zona específica de descanso durante todos los días. Parecen no ser estrictas a la hora de dormir siempre en el mismo dormidero, ya que pueden ir variándolo a lo largo del año, pero siempre repitiendo lo mismo. A través de las localizaciones dadas por el GPS hemos descubierto que en cada dormidero tienen un sitio específico para dormir, es decir, en el conjunto de tarays del Clot, tienden a dormir durante determinadas semanas en el mismo taray para luego cambiar a otro y dormir también durante bastante tiempo en otro. Lo que podría indicar una posible jerarquía dentro del grupo.

En cuanto a las áreas de campeo, algo nunca antes descrito en esta especie, se han obtenido resultados muy interesantes. Parece que hay una cierta tendencia a reducir su área de campeo durante la estación reproductora, especialmente en aquellos individuos que sabemos con certeza que fueron reproductores. Cabe recordar que, aun estando en época reproductora, no todos los individuos tienen porque haberse reproducido. Muchos factores pueden afectar a este propósito (p. ej. madurez sexual, depredación temprana de la puesta, pérdida de la pareja, etc.). Las garcillas reproductoras fueron Adri y Josema, las cuales además migraron. Esta disminución del área de campeo puede estar relacionado con el cuidado parental de las crías. Ya que, en comparación con los machos, es menor. No obstante, para los machos llama la atención la disminución del del área para la estación no reproductora siendo además muy estable y determinada. Esto se puede deber a que pueden llegar a ser más conformistas en cuanto a la alimentación, tendiendo a repetir de manera continua durante toda esta estación el mismo punto de alimentación. Para las hembras, es mayor porque hemos visto que se mueven más porque cambian de puntos de alimentación.

Aunque un mayor tamaño muestral, tanto de puntos como de individuos marcados nos podría ayudar a definir con mayor exactitud y certeza la ecología de esta común pero enigmática especie. Ayudando así a aplicar medidas de conservación, buscando frenar su decrecimiento en esta última década en España, como también para tratar de evitar los efectos negativos indirectos que puede provocar sobre los humedales.

CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

Como conclusiones generales, se ha observado que las garcillas se mueven regularmente entre zonas de alimentación y zonas de descanso. Los movimientos están restringidos a horas diurnas salvo en los desplazamientos de larga distancia. Los movimientos diarios pueden alcanzar hasta los 17 kms, y pueden utilizar como zonas de alimentación vertederos. Esto puede generar efectos indirectos, esencialmente por el transporte de residuos hasta los lugares de descanso en humedales. Esto refleja la importancia del estudiar también las especies comunes y la necesidad de comprender el movimiento de una especie, siendo crucial su entendimiento para aplicar futuras soluciones a los transportes de plásticos.

También se ha visto su plasticidad en cuanto al movimiento. Recorren unas distancias diarias muy similares durante una misma época, para luego poder aumentar la distancia diaria en busca de alimento para su prole. Este cambio se debe al cambio de alimentación que realizan,

lo que conlleva un sitio diferente de alimentación respecto a la estación no reproductora. Comentar además la gran capacidad de dispersión que se ha visto reflejada en algunos ejemplares. Estas aves son capaces de recorrer grandes distancias en tan sólo un día, e incluso durante varios días. Esto puede explicar su gran capacidad de expansión mundial.

Las garcillas presentan variaciones en cuanto a su área de campeo dependiendo de la época del año en la que se encuentran. Además de que las hembras durante la época de reproducción reducen su área de campeo y los machos lo aumentan. Mientras que en la temporada no reproductora sucede lo contrario, los machos reducen y varían muy poco sus áreas de campeo mientras que en las hembras aumenta y es más variable los puntos que visitan.

Como proyecciones futuras a este trabajo:

Se pretende continuar con dicha línea de investigación ampliando el estudio geográficamente hacia el sur, en la región de Murcia, con el fin de obtener una visión más completa sobre los patrones de movimiento y evaluar los efectos indirectos que pueda tener esta ave en los ecosistemas mediterráneos. Asimismo, se pretende ampliar la investigación a largo plazo de los individuos para observar cómo pueden llegar a cambiar sus patrones de movimiento con el tiempo.

Se buscará profundizar en la alimentación de la especie. Con el estudio de las egagrópilas se buscará calcular: cuantos kilogramos de plásticos puede llegar a transportar una garcilla desde la zona de alimentación hasta la zona de descanso a lo largo del tiempo, que cantidad ocupan la ingesta de contaminantes en su dieta, ver si hay problemas con enfermedades debido a su ingestión. Lo que conlleva, además, un estudio del uso de las zonas de alimentación.

El uso de la acelerometría puede ser más que interesante para entender que está haciendo una especie sin necesidad de verla *in situ* (Abril-Colón et al., 2023). Gracias a los datos de los acelerómetros de los emisores, se puede llegar a saber si el individuo está posado, alimentándose, incubando, etc. Dicha investigación haría mucho más fácil entender su ecología y cuánto tiempo dedica a cada actividad a lo largo del día, viendo diferencias según la zona de alimentación o época.

Por último, se tratará de marcar las crías de los adultos ya marcados. Para así tratar de ver si pudiese haber una transmisión cultural de las zonas de alimentación como se puede dar

con las Cigüeñas blancas (*Ciconia ciconia*), y los pollos criados bajo padres que visitan vertederos visitarán también vertederos (Pineda-Pampliega et al., 2021), o si no los visitan los padres la descendencia hará lo mismo o no. Aumentar este conocimiento básico de la especie podrá ayudar entender el declive actual de sus poblaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, G., MacKenzie, M., McConnell, B., Fedak, M., & Matthiopoulos, J. (2008). Estimating space-use and habitat preference from wildlife telemetry data. *Ecography*, 31(1), 140-160. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5202.x>
- Abril-Colón, I., Alonso, J. C., Uceró, A., & Palacín, C. (2023). Aplicación de tecnologías GSM/GPRS y acelerometría a la ecología espacial de la avutarda hubara. *Ecosistemas*, 32(2), 2420-2420. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2420>
- Arendt, W. J. (1988). Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the Greater Caribbean Basin. *Colonial Waterbirds*, 11(2), 252-262. <https://doi.org/10.2307/1521058>
- Arroyo, B. M., Esquivias, J. A. T., & Pozuelo, R. F. V. (2009). Influencia de las gomillas elásticas sobre la conservación de malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*): manejo y control en las lagunas del sur de Córdoba. *Oxyura: Revista sobre las zonas húmedas*, 12(1), 61-70.
- Bartolome, J., Fernandez-Cruz, M., & Campos, F. (1996). Band recoveries of Spanish little egrets, *Egretta garzetta*. *Colonial Waterbirds*, 19(2), 220-225. <https://doi.org/10.2307/1521940>
- Blake, C. H. (1961). Notes on the history of the Cattle Egret in the New World. *Chat*, 25, 24-27.

- Blasco-Zumeta, J., & Heinze, G.-M. (n.d.). *Bubulcus ibis - Garcilla bueyera*. En Guía de aves de la península ibérica y Baleares (pp. páginas). Aranzadi.
- Boitani, L. (2000). *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press.
- Calenge, C. (2006). The package "adehabitat" for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197(3-4), 516-519. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.03.017>
- Calenge, C. (2006). The package "adehabitat" for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197(3-4), 516-519. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.03.017>
- Calenge, C. (2006). The package "adehabitatLT": Analysis of animal movements using R. *R News*, 6(2), 19-24.
- Cano Barbacil, C., & Cano Sánchez, J. (2017). Cómo afectan las condiciones meteorológicas al comportamiento de las aves.
- Carrascal, L. M., Palomino, D., & Seoane, J. (2006). Fundamentos ecológicos y biogeográficos de la rareza de la avifauna madrileña: una propuesta de modificación del catálogo regional de especies amenazadas. *Graellsia*, 62(Extra), 483-507. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2006.v62.199>
- Castro Lobera, M. P. (2023). *Volar como las águilas: el apoyo meteorológico al vuelo en parapente*.
- Clements, J. F., Schulenberg, T. S., Iliff, M. J., Sullivan, B. L., & Wood, C. L. (2010). *The Clements checklist of birds of the world: Version 6.5*. Cornell University Press. Disponible en Cornell Lab of Ornithology.

- Cornell Laboratory of Ornithology. (2008). Cattle Egret. *All about birds*.
Consultado el 28 de febrero de 2008, de
https://www.allaboutbirds.org/guide/Cattle_Egret/
- Ducarme, F., Luque, G. M., & Courchamp, F. (2013). What are “charismatic species” for conservation biologists? *BioSciences Master Reviews*, 10(2013), 1-8.
- Holyoak, M., Casagrandi, R., Nathan, R., Revilla, E., & Spiegel, O. (2008). Trends and missing parts in the study of movement ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19060-19065.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Holyoak, M., Casagrandi, R., Nathan, R., Revilla, E., & Spiegel, O. (2008). Trends and missing parts in the study of movement ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19060-19065.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Jeltsch, F., et al. (2013). Integrating movement ecology with biodiversity research-exploring new avenues to address spatiotemporal biodiversity dynamics. *Movement Ecology*, 1(6). <https://doi.org/10.1186/2051-3933-1-6>
- Joo, R., Picardi, S., Boone, M. E., et al. (2022). Tendencias recientes en ecología del movimiento de animales y movilidad humana. *Movement Ecology*, 10(26).
<https://doi.org/10.1186/s40462-022-00322-9>
- Kirby, J. S., et al. (2008). Key conservation issues for migratory land-and waterbird species on the world’s major flyways. *Bird Conservation International*, 18(S49). <https://doi.org/10.1017/S0959270908000349>
- Langley, R. B. (1999). Dilution of precision. *GPS World*, 10(5), 52-59.

- Mancuso, K. A., Fylling, M. A., Bishop, C. A., Hodges, K. E., Lancaster, M. B., & Stone, K. R. (2021). Migration ecology of western gray catbirds. *Movement Ecology*, 9(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40462-021-00246-0>
- Martin, G. R., & Katzir, G. (1994). Visual fields and eye movements in herons (Ardeidae). *Brain Behavior and Evolution*, 44(2), 74-85.
<https://doi.org/10.1159/000113575>
- Martín-Vélez, V., Sánchez, M. I., Cañuelo Jurado, M. B., Céspedes, V., Cózar, A., Ros, M., ... & Green, A. J. (2022). Gulls as vectors for plastics and nutrient transport across natural aquatic environments. *Science of the Total Environment*, 744, 140943. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140943>
- Nathan, R. (2008). An emerging movement ecology paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49), 19050-19051.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0809281105>
- Oleksy, R. Z., Ayady, C. L., Tatayah, V., Jones, C., Howey, P. W., Froidevaux, J. S., ... & Jones, G. (2019). The movement ecology of the Mauritian flying fox (*Pteropus niger*): a long-term study using solar-powered GSM/GPS tags. *Movement Ecology*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40462-019-0164-7>
- Ornitela. (n.d.). *9g transmitter*. Ornitela. Disponible en: <https://www.ornitela.com/9g-transmitter>.
- Páez, E., & Martín, J. (1998). Estimaciones de abundancia por marca-recaptura utilizando radiotelemetría. *Encuentro*, (46), 34-45.
- Palomar, C. J. P. (1994). Datos sobre la biología reproductora de la garcilla bueyera (*Bubulcus ibis* L.) en Lanzarote, islas Canarias. *Ardeola*, 41(2), 145-156.

- Pineda-Pampliega, J. (2021). Feeding in the garbage: physiological and microbiological consequences of using landfills as food resource in the white stork (*Ciconia ciconia*).
- Pulido Capurro, V., Olivera Carhuaz, E., Cano Ccoa, D., & Acevedo Flores, J. (2020). A 143 años de la migración de la garza bueyera *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) desde África hacia los Andes. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 352-361. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.506>
- QGIS Development Team. (2018). *QGIS Geographic Information System (Versión 3.4)* [Software]. Open Source Geospatial Foundation. <https://qgis.org>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing (Versión 4.3.0)* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- Robinson, W. D., et al. (2009). Integrating concepts and technologies to advance the study of bird migration. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8, 354-361. <https://doi.org/10.1890/080222>
- Sarasa, C. G., Garrido, J. R., Bartolomé, J., Igual, J. M., & de la Cruz Fernández, J. M. (1997). Movimientos poblacionales y tasa de mortalidad de la Garcilla Bueyera (*Bubulcus ibis ibis*, L. 1758) en la Península Ibérica. En Instituto de Estudios Almerienses (Ed.), *Actas de las XII Jornadas Ornitológicas Españolas: Almerimar (El Ejido-Almería), 15 a 19 de septiembre, 1994* (pp. 239-244). Instituto de Estudios Almerienses.
- Seaman, D. E., Millspaugh, J. J., Kernohan, B. J., Brundige, G. C., Raedeke, K. J., & Gitzen, R. A. (1999). Effects of sample size on kernel home range estimates.

The Journal of Wildlife Management, 63(2), 739-747.

<https://doi.org/10.2307/3802664>

- SEO/BirdLife. (2024). Garcilla bueyera. SEO/BirdLife. Disponible en:
<https://seo.org/ave/garcilla-bueyera/>.
- Signer, J., Fieberg, J., & Avgar, T. (2019). Animal movement tools (amt): R package for managing tracking data and conducting habitat selection analyses. *Ecology and Evolution*, 9(2), 880-890. <https://doi.org/10.1002/ece3.4823>
- Smith, R. L., & Smith, T. M. (2007). *Ecología* (4ª ed.). Pearson Educación.
- Trierweiler, C., et al. (2014). Migratory connectivity and population-specific migration routes in a long-distance migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(20132897).
<https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2897>
- Verdú, J. (2024). Efectos del clima, estacionalidad y eventos climáticos extremos en el movimiento de *Aquila chrysaetos* y *Aquila fasciata* en una región semiárida del sudeste de España mediante el uso de tecnología GPS.
- Vilar, A. (2019). *Métodos estadísticos para la estimación del área de actividad de un animal: home range* (Tesis de maestría). Universidade de Santiago de Compostela, Galicia.
- Wakefield, E. D., et al. (2013). Space partitioning without territoriality in Gannets. *Science*, 341, 68-70. <https://doi.org/10.1126/science.341.6143.68>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-98141-3>

- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2023). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.2. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wikelski, M., et al. (2007). Going wild: what a global small-animal tracking system could do for experimental biologists. *Journal of Experimental Biology*, 210, 181-186. <https://doi.org/10.1242/jeb.02629>
- Worton, B. J. (1995). Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. *The Journal of Wildlife Management*, 59(4), 794-800. <https://doi.org/10.2307/3801959>

