

Trabajo Fin de Grado

Facultad de Ciencias Experimentales

Grado en Ciencias Ambientales



CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

UNIVERSITAS Miguel Hernández

La eliminación de carroñas en humedales. Descripción y análisis de la comunidad de carroñeros del Parque Natural de El Hondo

Pablo Marín Hernández

Tutores:

Francisco Botella Robles

Adrian Orihuela Torres

Departamento de Biología Aplicada

Área de Ecología

Curso académico 2020/2021

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores. A Adrian Orihuela por todo su apoyo y lo que he aprendido de él, sobre todo en el campo, y por lo que me ha hecho disfrutar de este proyecto. A Paco Botella por apoyarme y guiarme desde el principio y por lo que he aprendido gracias a sus conocimientos.

También agradecer a Riegos de Levante, al Parque Natural, a su director y a todo el personal del Parque, especial mención a Carolina García Ruíz por las facilidades para desarrollar el trabajo en El Hondo.

Por último, agradecer a mi familia y amigos/as por el apoyo recibido, y al resto de profesores y profesoras de la carrera por los conocimientos que me han aportado para llevar a cabo el proyecto.

Gracias a todos.



Resumen

Resaltar el papel de los carroñeros en los ecosistemas es de vital importancia para conservar los procesos ecológicos. El papel de los carroñeros ha sido infravalorado y poco estudiado comparado con otros grupos como los predadores y, aunque hoy en día el número de estudios sobre carroñeros ha incrementado, todavía queda mucho por investigar. Especialmente en algunos ecosistemas, como son los humedales, en los que apenas se han realizado estudios y que albergan una gran biodiversidad, además de ser uno de los ecosistemas más amenazados en la actualidad. En este trabajo se describió la comunidad de carroñeros y los patrones de consumo, así como las variaciones estacionales entre primavera y verano en el Parque Natural El Hondo. Para ello se utilizaron 40 carroñas (20 por cada estación) de carpa (*Cyprinus carpio*) y se distribuyeron por el área de estudio imitando la mortalidad natural de éstas, utilizando cámaras trampa para registrar el consumo de carroña. Los resultados mostraron una variación estacional en la riqueza, abundancia y composición de especies, sin embargo, se mantuvo la función ecológica de eliminación de carroña a lo largo del tiempo. Este trabajo demuestra la eficiencia en la eliminación de focos de enfermedades y recirculación de nutrientes en un ecosistema tan amenazado como son los humedales.

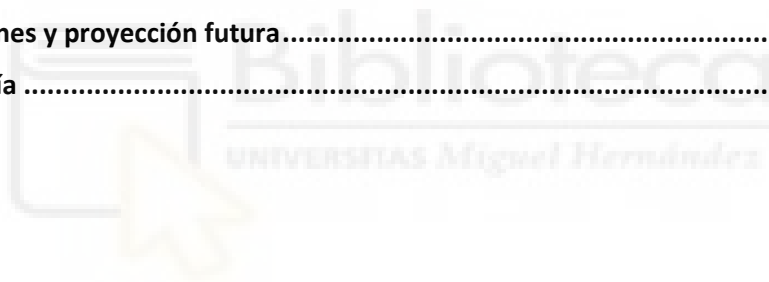
Highlighting the role of scavengers in ecosystems is of vital importance for the conservation of ecological processes. The role of scavengers has been underestimated and understudied compared to other groups such as predators and, although nowadays the number of scavenger studies on has increased, there is lack of studies, especially in some ecosystems, such as wetlands. There are very few studies on wetlands, which are home to a rich biodiversity, besides being one of the most threatened ecosystems at present. In this work we described the scavenger assemblage and consumption patterns, as well as seasonal variations between spring and summer in El Hondo Natural Park. For this purpose, 40 carcasses (20 per season) of carp (*Cyprinus carpio*) were placed and distributed throughout the study area mimicking their natural mortality, using camera traps to record scavenger consumption. The results showed seasonal variation in species richness, abundance, and composition, but the ecological function of carrion removal was maintained over time. This work proves the efficiency in the elimination of foci diseases and nutrient recirculation in such a threatened ecosystem as wetlands.

Palabras clave

Interfase acuático-terrestre, riqueza de especies, servicio ecosistémico, recirculación de nutrientes, foco de enfermedad, *Cyprinus carpio*.

Índice

1. Introducción	5
2. Antecedentes y objetivos	7
3. Materiales y métodos	8
3.1. Área de estudio	8
3.2. Toma de datos	9
3.3. Puntos de muestreo imitando la mortalidad natural.....	9
3.4. Variables.....	10
3.5. Análisis estadístico	10
4. Resultados	11
4.1. Diferencias estacionales.....	13
5. Discusión	19
6. Conclusiones y proyección futura.....	22
7. Bibliografía	22



1. Introducción

A lo largo de los años, la importancia y el valor que tienen los carroñeros para la biodiversidad y la conservación de especies se ha visto poco destacada debido a que el número de investigaciones dedicadas a estudiar la ecología de los carroñeros han sido inferiores a otros estudios sobre interacciones de consumo como la depredación (Wilson y Wolkovich, 2011). Actualmente, esta tendencia no ha cambiado, pero sí ha habido un incremento en las últimas décadas de los estudios sobre carroñeros resaltando su importancia en los ecosistemas en diversos aspectos como la reducción de los focos de enfermedades infecciosas (Blount *et al.*, 2003), la recirculación de nutrientes (Moore *et al.*, 2004), la estabilidad y estructuración de las comunidades (Wilson y Wolkovich, 2011) o cómo esta estructuración afecta a la funcionalidad de las comunidades (Sebastián-Gonzalez *et al.*, 2020). A su vez, algunos estudios han puesto en valor la importancia de los carroñeros y sus beneficios para los humanos, a través de servicios ecosistémicos en distintos aspectos como pueden ser la regulación de los herbívoros y mesodepredadores en los ecosistemas (O`Bryan *et al.*, 2018); la salud humana, a través de la eliminación de cadáveres que pueden transmitir enfermedades (Markandya *et al.*, 2018); la economía, a través del coste de eliminación de cadáveres de ganado (Morales-Reyes *et al.*, 2015), o incluso en la cultura a través de, por ejemplo, el turismo ecológico (Moleón *et al.*, 2014). A pesar de ello, todavía existen biomas en los que la información sobre las comunidades de carroñeros y la eliminación de carroña es escasa, como es el caso de los humedales, los cuales se encuentran gravemente amenazados.

Los humedales constituyen grandes fuentes de biodiversidad, tanto animal como vegetal, por lo que su importancia en la conservación es elevada (Bobbink *et al.*, 2006). Además, debido a ello, se creó el convenio RAMSAR, con la finalidad de constituir una figura de conservación internacional que apoye la conservación de estos ecosistemas (Bobbink *et al.*, 2006). A pesar de su importancia, son uno de los ecosistemas más amenazados hoy en día por diversos motivos como son el incremento de las urbanizaciones, que disminuyen el hábitat disponible, o el cambio climático, que repercute afectando al ciclo hidrológico de manera negativa (Gupta *et al.*, 2019). La salinización de estos ecosistemas también es un grave problema debido a que modifica las condiciones del medio (Herbert *et al.*, 2015). O incluso la presencia de algunas especies si se expanden a zonas en las que no tienen depredadores naturales o competencia (especies exóticas), como sucede con las carpas (*Cyprinus carpio*), pueden ser una gran amenaza debido a su efecto negativo sobre diversos aspectos como, por ejemplo, el área de anidamiento de aves acuáticas debido al aumento de la turbidez del agua, el consumo de los recursos, etc. (Barasona

et al., 2021), o sobre otras muchas especies si directamente depredan o compiten con las especies autóctonas del ecosistema. Por ello, es importante ampliar el conocimiento y la comprensión del funcionamiento de los humedales. Sin embargo, respecto a los estudios sobre carroñeros, los trabajos en humedales son escasos, lo cual no nos permite conocer ni valorar de manera adecuada el papel de este gremio en este tipo de biomas tan importantes para la biodiversidad y a la vez amenazados. Es de gran importancia que las investigaciones sobre carroñeros en humedales vayan incrementándose para poder comprender mejor los procesos de eliminación de carroña y las especies implicadas y, a su vez, para llevar a cabo medidas de protección y conservación más adecuadas.

Para comprender mejor la función ecológica de los carroñeros en los humedales también hay que tener en cuenta que pueden variar según distintos factores y esto puede reducir o aumentar los beneficios ecosistémicos que aportan. Factores como las estructuras de las comunidades de carroñeros y las características de las carroñas pueden influir en la eliminación de ésta. Por ejemplo, las carroñas de menor tamaño son consumidas más rápidamente (Moleón *et al.*, 2015), al igual que las carroñas que son predecibles espacial y temporalmente pueden disminuir la productividad de eliminación de la comunidad que las consume (Cortés-Avizanda *et al.*, 2016). También influyen factores biológicos de cada especie como sus habilidades visuales y olfativas para detectar la carroña, o para no contraer infecciones por consumir este tipo de recurso (DeVault *et al.*, 2003). De igual modo, la composición de las comunidades y riqueza de especies también pueden afectar. Una mayor riqueza de especies implica una mayor eliminación de carroña (Devault *et al.*, 2004). Por todo ello, es importante estudiar las variaciones en los ecosistemas que puedan provocar cambios en los patrones de consumo de carroña.

Uno de los factores más importantes y en los que se centra este trabajo es la estacionalidad. La estacionalidad causa cambios en las condiciones y disponibilidad de recursos de los ecosistemas, pudiendo cambiar el funcionamiento de estos. Además, en nuestra área de estudio, solamente encontramos carroñeros facultativos, lo que significa que consumen otros tipos de recursos además de la carroña, haciendo el papel de depredador y de carroñero. Este segundo papel lo ejercen en mayor medida cuando hay menos recursos disponibles (Pereira *et al.*, 2014). Así, la mayoría de las muertes naturales por inanición se dan en las épocas frías del año debido a la menor existencia de recursos, suponiendo una mayor disponibilidad de carroña (DeVault *et al.*, 2003). En consecuencia, se ha visto que en las épocas frías, la riqueza de las comunidades de carroñeros es mayor (Turner *et al.*, 2017) y la proporción de carroñas y biomasa consumidas aumenta (Devault *et al.*, 2004), al igual que la tasa de consumo, lo cual indica una mayor actividad de los vertebrados en la época fría y de los invertebrados en la época calurosa (Turner

et al., 2020). Todos estos factores han sido investigados en ecosistemas terrestres, ya que en humedales apenas hay estudios sobre carroñeros.

En nuestra zona de estudio, El Parque Natural de El Hondo, existen otros factores que pueden afectar a la composición de las comunidades de carroñeros y su eficiencia de eliminación de carroña. Alguno de ellos de carácter antrópico, como es el paso de visitantes por las zonas del Parque Natural. Este parque contiene senderos abiertos al público por los que la gente puede circular, pudiendo causar un impacto en la fauna. En el estudio se han abarcado tanto zonas abiertas al público como zonas privadas. Otro factor es la no existencia de carroñeros obligados que se establezcan en el parque, sino que son facultativos; por lo que la mayor presencia de alimentos distintos a la carroña podría condicionar el consumo de ésta. La gran cantidad de aves migratorias que se establecen en este humedal también pueden suponer un cambio en las comunidades y la eliminación de carroña, por tanto, la estacionalidad puede ser un factor determinante en este proceso ecosistémico.

2. Antecedentes y objetivos

Como se ha mencionado anteriormente, los trabajos previos sobre carroñeros son mucho más escasos que otro tipo de estudios como los de depredación, a pesar de que se está incrementando el número de investigaciones en este campo. Los trabajos sobre este grupo de animales en humedales son todavía escasos.

En este estudio se va a realizar un seguimiento de carroñas de carpa a través de la técnica del fototrampeo para describir la comunidad de carroñeros vertebrados y comparar la variación de especies y el uso de la carroña entre las estaciones de primavera y verano en el Parque Natural El Hondo.

El objetivo general consiste en describir la comunidad de carroñeros vertebrados en el Parque Natural de El Hondo y comparar las diferencias en la composición de especies y uso de la carroña entre las estaciones de primavera y verano. El primer objetivo específico trata de analizar la variación estacional en la composición y riqueza de la comunidad y el segundo objetivo específico evaluar la variación estacional en los patrones de consumo (tiempos de detección y consumo, biomasa consumida y tasa de eliminación).

3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

El Parque Natural de El Hondo se encuentra en la provincia de Alicante (Figura 1.), perteneciente a los municipios de Elche y Crevillente, y cuenta con un total de 2387ha. Se trata de una zona pantanosa en la que el uso y conformación actual del espacio es fruto de la elaboración de dos embalses, la laguna de Levante (450 ha) y la de Poniente (650 ha), por parte de la Compañía de Riegos de Levante para riego y diversas charcas perimetrales con fines cinegéticos y piscícolas ("Parque Natural El Hondo – VisitElche", 2017).



Figura 1. Localización del Parque Natural El Hondo. *Google Maps*, 2021.

El humedal de El Hondo alberga una vegetación distinta a la de sus alrededores, donde el suelo árido y semi-árido presenta una gran variedad de especies (Melendez-Pastor *et al.*, 2010). Predomina la vegetación acuática y halófila, aunque es una zona rodeada de cultivos, existiendo, a su vez, cultivos dentro del área protegida, tales como melones (Hernandez *et al.*, 2014). Sin embargo, existen zonas de gran salinidad, las cuales no están cultivadas y los cultivos van apareciendo conforme aumenta la distancia de las lagunas, según el gradiente de salinidad va disminuyendo (Niñerola *et al.*, 2016).

La relevancia y abundancia de aves le ha permitido figurar en los listados RAMSAR y ser ZEPA (Zona de Especial protección para las aves), además de ser reconocido como uno de los humedales más importantes de Europa para la avifauna. Se han llegado a censar 172 especies

de aves y cobra especial importancia la comunidad de aves acuáticas formada por diversas especies. Algunas son invernantes y otras estivales e incluso otras se encuentran en ambas estaciones ocupando un rol distinto en cada una de ellas (Almeida *et al.*, 2019). Entre estas especies se puede encontrar la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*) y cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*), especies globalmente amenazadas que coexisten en el Parque Natural El Hondo, a pesar de que cada una tiene una selección de hábitat distinto (Sebastian-Gonzalez *et al.*, 2012).

3.2. Toma de datos

El trabajo de campo se llevó a cabo en la estación de primavera y verano (entre el 6 de mayo y el 24 de septiembre) del año 2020 en el Parque Natural El Hondo. Se monitorearon un total de 40 carroñas de carpas, 20 en primavera y 20 en verano, que fueron recogidas durante la eliminación de esta especie por parte del personal del Parque Natural, que las gestiona de esta forma al tratarse de una especie invasora. Tras su recolección, las carroñas fueron congeladas e introducidas en bolsas de plástico individuales para almacenarlas.

Previamente a su colocación; se pesaban (precisión: +- 2g), se anotaba la fecha, la hora, qué cámaras y respectivas tarjetas de memoria eran las que iban a colocar y la ubicación del punto de muestreo.

En total fueron tomadas y procesadas un total de unas 20.000 imágenes y 2.000 videos. Además, se realizaron entre 2 y 3 salidas al campo a la semana para comprobar el estado de las cámaras y las carroñas entre mayo y septiembre.

3.3. Puntos de muestreo imitando la mortalidad natural

El consumo de carroñas se monitoreó a través del uso de cámaras trampa. Las cámaras y sus respectivas carroñas fueron repartidas por el Parque Natural El Hondo en puntos que imitaban la mortalidad natural de las carpas. Fueron colocadas entre semana por la mañana a una hora temprana o a últimas horas de la tarde para evitar que los visitantes del Parque Natural descubrieran las ubicaciones y, así, evitar posibles robos. Las cámaras fueron situadas a una distancia de unos 2 metros de las carroñas, y colocadas sobre estacas para conseguir un mejor ángulo de visión y estabilidad. La orientación siempre se intentaba que fuera noroeste para evitar sombras o reflejos pronunciados al atardecer o amanecer. Por cada carroña se colocaron dos cámaras, una en modo video y otra en modo foto, que fueron programadas para tomar 3

fotografías con un intervalo de tiempo de 30 segundos y un video de 20 segundos de duración con intervalo de tiempo de 1 minuto cuando se activan con el movimiento.

3.4. Variables

Para realizar el estudio se utilizaron diversas variables. La “riqueza de especies” fue calculada como el número de especies en cada carroña. La “abundancia” como el máximo número de individuos diferenciables detectados en cada carroña. El “tiempo de detección” es el tiempo que transcurre desde que se coloca la carroña hasta que se consume por primera vez. La “biomasa consumida” (kg) es la diferencia entre la masa de la carroña inicial, es decir antes de colocarla, y su masa al retirarla o, en caso de que la carroña haya sido eliminada al completo, cuando deja de visualizarse en la cámara, la biomasa consumida será la masa de la carroña total. La “tasa de consumo” (kg/día) es el cociente entre la biomasa consumida y el tiempo que transcurre desde que se coloca la carroña hasta que es consumida totalmente o es retirada. El tiempo de consumo (días) es el tiempo transcurrido entre la primera vez que un animal consume la carroña y el momento en el que es consumida por completo.

3.5. Análisis estadístico

Ajustamos modelos lineales generalizados (GLM) en R 3.6.0 (R Core Team, 2019) para probar nuestra hipótesis. "Riqueza", "abundancia", "tiempo de detección", "tiempo de consumo", "tasa de consumo" y "biomasa consumida" fueron las variables de respuesta, mientras que "estación" fue la variable categórica. Se utilizó una distribución de error de Poisson para la "riqueza" y la "abundancia", excepto para la "abundancia de aves", para la que se utilizó una distribución de error binomial negativa. También utilizamos una distribución de error gaussiana para el "tiempo de detección" y el "tiempo de consumo", una distribución de error gamma para la "tasa de consumo" y una distribución de error binomial para la "biomasa consumida". El "tiempo de detección", el "tiempo de consumo" y la "tasa de consumo" se transformaron en logaritmos para cumplir la normalidad. Además, utilizamos el análisis multivariante de la varianza (PERMANOVA) (Anderson, 2001) para comparar las comunidades de carroñeros (identidad de las especies y abundancias relativas) entre estaciones.

4. Resultados

En el estudio realizado, aparecieron un total de 10 especies consumiendo carroña, compuestas por 6 aves y 4 mamíferos (Fig. 2). La riqueza media de especies por cada carroña de 1,1 ($\pm 0,96$) con un rango de 0-4 especies. La abundancia total fue de 53 individuos, de los cuales 23 fueron aves y 30, mamíferos. La abundancia media de cada carroña fue de 1,35 ($\pm 1,49$) con un rango de 0-6 individuos distintos.



Figura 2. Especies que han consumido carroña en el estudio, entre las cuales se encuentran las siguientes: a) Gaviota patiamarilla (*Larus michaelis*), b) zorro (*Vulpes vulpes*), c) gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*), d) rata (*Ratus sp.*), e) garza real (*Ardea cinerea*), f) gaviota picofina (*Larus genei*), g) jabalí (*Sus scrofa*), h) gallineta común (*Gallinula chloropus*), i) urraca (*Pica pica*), j) ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*).

La mayoría de las carroñas fueron detectadas antes de 72h (67,5%) tras su colocación y el 40% fueron detectadas antes de 12h, tan sólo 12 de ellas (30%) no fueron descubiertas por ninguna especie de vertebrado. El tiempo medio de detección fue de 0,97 ($\pm 0,87$) días. A su vez, el 37,5% fueron detectadas de día y el 27,5% de noche. El 30% de las carroñas fueron descubiertas por aves y el 40% por mamíferos, siendo de día en todas las carroñas detectadas por aves. A nivel de especie, la que más carroñas ha detectado ha sido la rata (Fig. 3.).

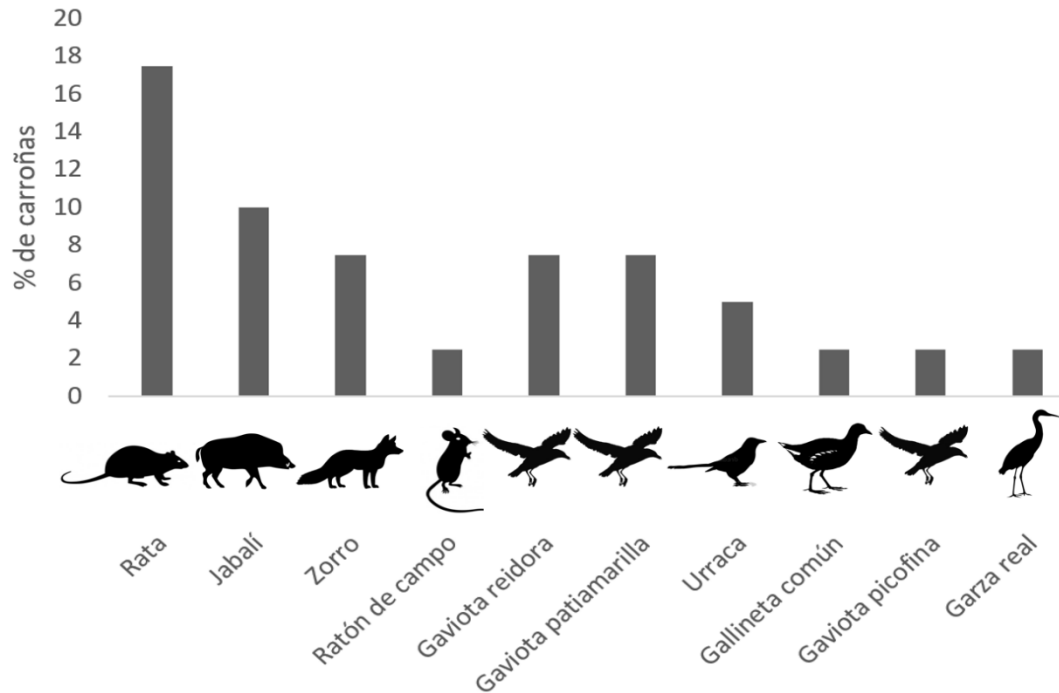


Figura 3. Porcentaje de carroñas detectadas por primera vez por especie.

El 50% de las carroñas fueron consumidas totalmente por vertebrados; el 27,5% las consumieron parcialmente los vertebrados, el 5% las consumieron completamente invertebrados y un 17,5% han permanecido intactas. Asumiendo que las carroñas en las que se ha consumido un porcentaje de biomasa, pero no se ha detectado ningún vertebrado en las cámaras, han sido consumidas por invertebrados. La tasa media de consumo fue de $0,25 (\pm 0,47)$ kg/día. El 54% de las carroñas fueron consumidas al 100%, el 18% fueron consumidas entre el 50 y el 99%, el 13% fueron consumidas entre el 1 y el 49%, y el 15% quedaron intactas. La especie que aparece en más cámaras comiendo es la gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*), seguida de otras especies como la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*), el zorro (*Vulpes vulpes*) o el jabalí (*Sus scrofa*) (Fig. 4.). El tiempo medio de consumo fue de $1,22 (\pm 0,95)$ días.

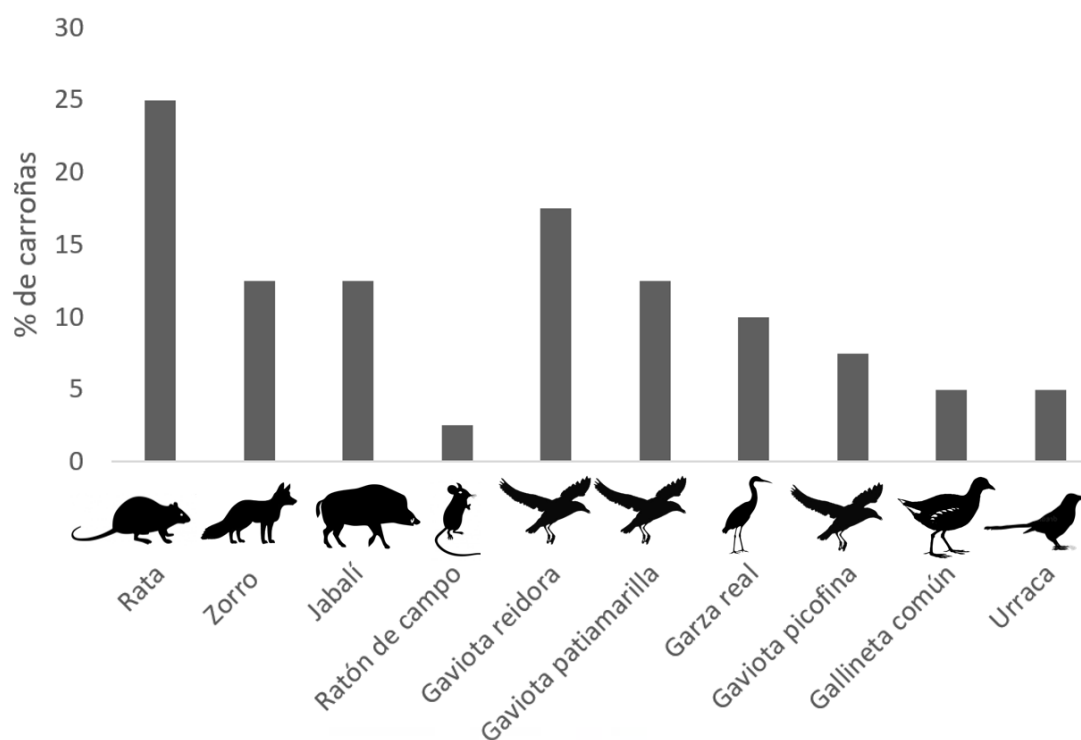


Figura 4. Porcentaje de carroñas en las que aparece cada especie consumiéndola.

4.1. Diferencias estacionales

En primavera el 65% de las carroñas han sido consumidas totalmente por vertebrados y el 35% las han consumido parcialmente los vertebrados. Ninguna ha sido consumida totalmente por invertebrados ni ha permanecido intacta. Por otro lado, en verano el 35% de las carroñas han sido consumidas totalmente por vertebrados, el 20% las han consumido parcialmente los vertebrados, el 10% han sido consumidas únicamente por invertebrados y el 30% han quedado intactas. En primavera aparecieron consumiéndola un total de 10 especies, 6 aves y 4 mamíferos (Fig. 5.).

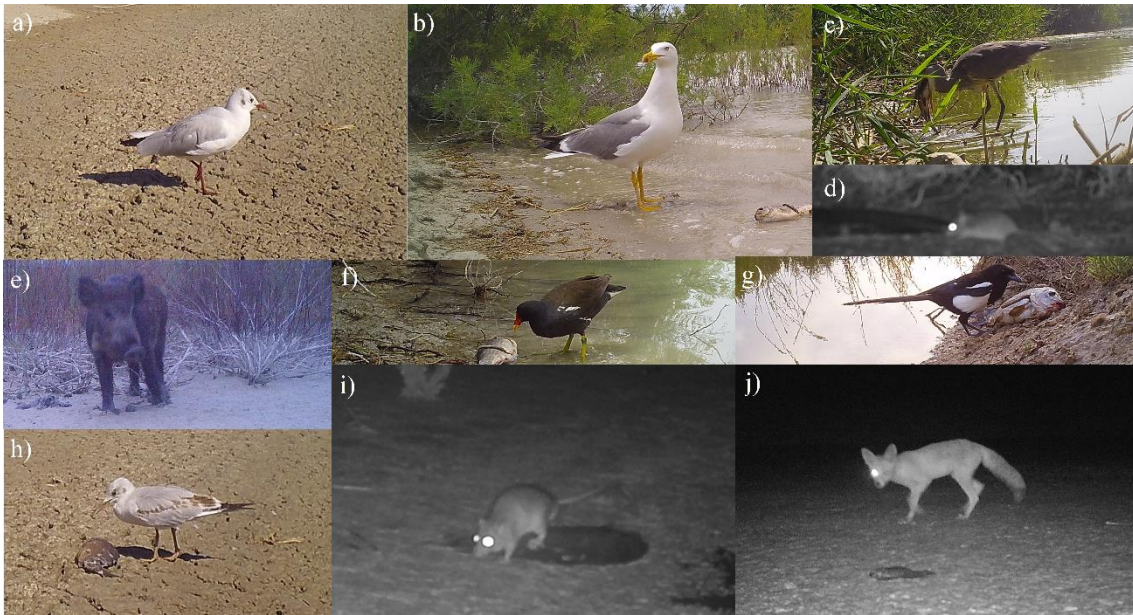


Figura 5. Especies que han consumido carroña en el estudio durante la estación de primavera, entre las cuales se encuentran las siguientes: a) Gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*), b) gaviota patiamarilla (*Larus michaelis*), c) garza real (*Ardea cinerea*), d) ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*), e) jabalí (*Sus scrofa*), f) gallineta común (*Gallinula chloropus*), g) urraca (*Pica pica*), h) gaviota picofina (*Larus genei*), i) rata (*Ratus sp.*), j) zorro (*Vulpes vulpes*).

Por otro lado, en verano aparecieron 6 especies, 3 mamíferos y 3 aves (Fig. 6.).



Figura 6. Especies que han consumido carroña en el estudio durante el mes de verano, entre las cuales se encuentran las siguientes: a) Jabalí (*Sus scrofa*), b) rata (*Ratus sp.*), c) gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*), d) zorro (*Vulpes vulpes*, e.), la gaviota picofina (*Larus genei*), f) garza real (*Ardea cinerea*).

Esta diferencia de riqueza total de especies resultó ser significativa tras ser testada estadísticamente con la prueba GLM (p valor $< 0,05$) al igual que la diferencia de riqueza de aves. Sin embargo, la diferencia de especies de mamíferos no resultó significativa con la prueba GLM. La diferencia entre las especies que forman las comunidades también fue significativa con la prueba GLM. La riqueza media de especies por carroña fue de $1,55 (\pm 0,99)$ con un rango de 0-4 en primavera, mientras que en verano fue de $0,65 (\pm 0,67)$ con un rango de 0-2 especies. La abundancia en la estación de primavera fue de 40 individuos, 29 aves y 11 mamíferos, frente a los 13 individuos de verano, 3 aves y 10 mamíferos. La diferencia de la abundancia total y de aves resultó ser significativa con la prueba GLM (p valor $< 0,05$), pero la diferencia de abundancia de mamíferos no resultó serlo. La abundancia media por cada carroña fue de $2 (\pm 1,77)$ individuos con un rango de 0-6 y de $0,65 (\pm 0,67)$ individuos con un rango de 0-2 en primavera y verano, respectivamente.

En primavera, el 70% de las carroñas fueron detectadas por primera vez antes de 72h y el 55% fueron descubiertas antes de 12h. En verano fue el 50% de las carroñas las que fueron detectadas antes de 72h y el 20% antes de 12h (Fig. 7.).

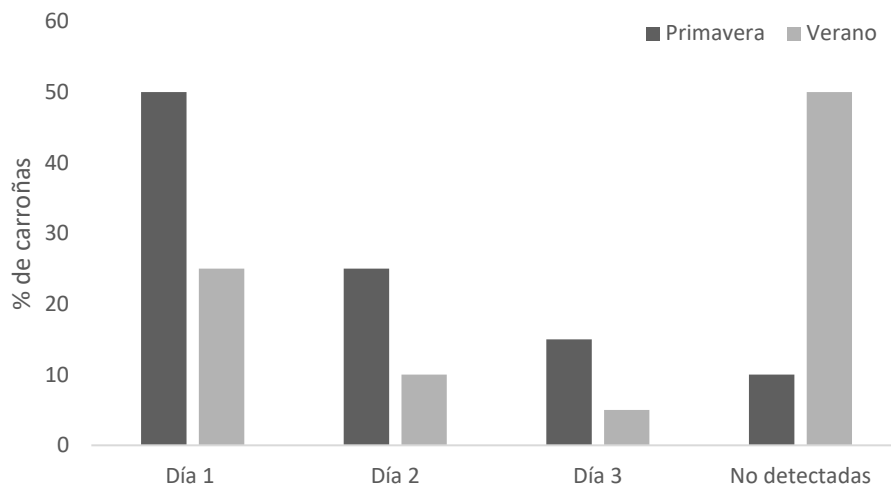


Figura 7. Porcentaje de carroñas detectadas en los días posteriores a su colocación.

El tiempo medio de detección en primavera fue de 0,96 (+- 0,90) días y el 50% de ellas fue descubierto durante el día y el 35% por la noche. El 50% de las especies que detectaron la carroña eran aves y el 40% mamíferos (Figura 8.). En cambio, en verano el tiempo medio de detección fue de 0,98 (\pm 0,86) días y el 25% fueron detectadas de día y el 15% de noche. No hubo diferencias estacionales en los tiempos de detección, testados estadísticamente a través de un GLM. El 10% de las carroñas fueron detectadas por aves y el 40% por mamíferos (Fig. 8.).

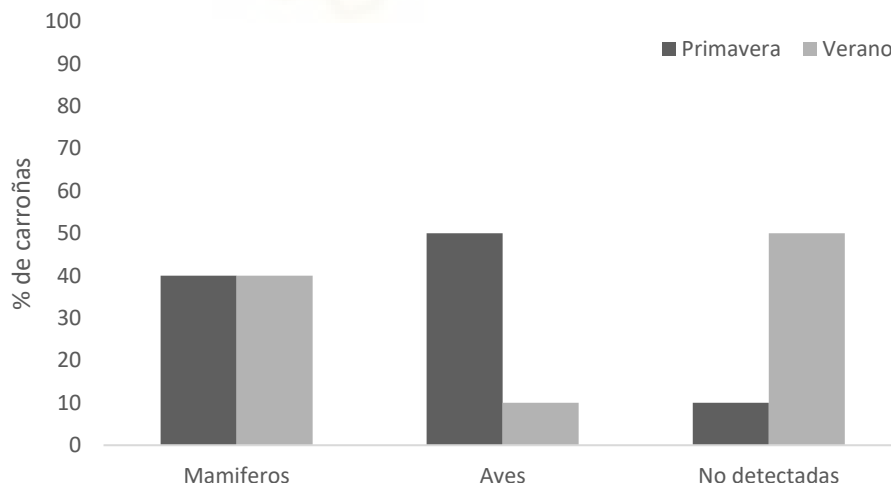


Figura 8. Porcentaje de carroñas que han sido detectadas por cada taxón (mamíferos y aves).

Las especies que más carroñas han detectado han sido la rata y el jabalí en primavera, mientras que en verano han sido la rata y las gaviotas reidora y patiamarilla (Fig. 9.).

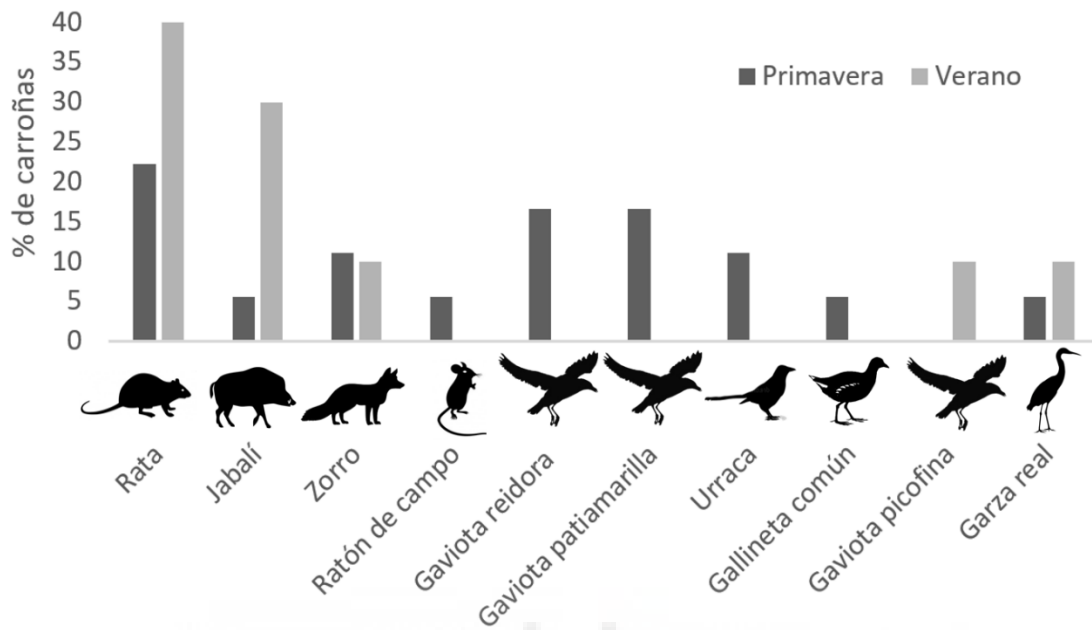


Figura 9. Porcentaje de carroñas detectadas por cada una de las especies.

La tasa media de consumo en primavera fue de 0,26 (\pm 0,39) kg/día. El 65% de las carroñas fueron consumidas al 100%, el 30% fueron consumidas entre el 50 y 99%, el 5% fueron consumidas entre el 1 y el 49% y ninguna quedó intacta, consumiéndose de media el 86,25 (\pm 24,86) % de la biomasa colocada. Algunas de las especies que aparecieron en más cámaras consumiendo son la gaviota patiamarilla, la gaviota reidora, la rata y el zorro (Fig. 11.).

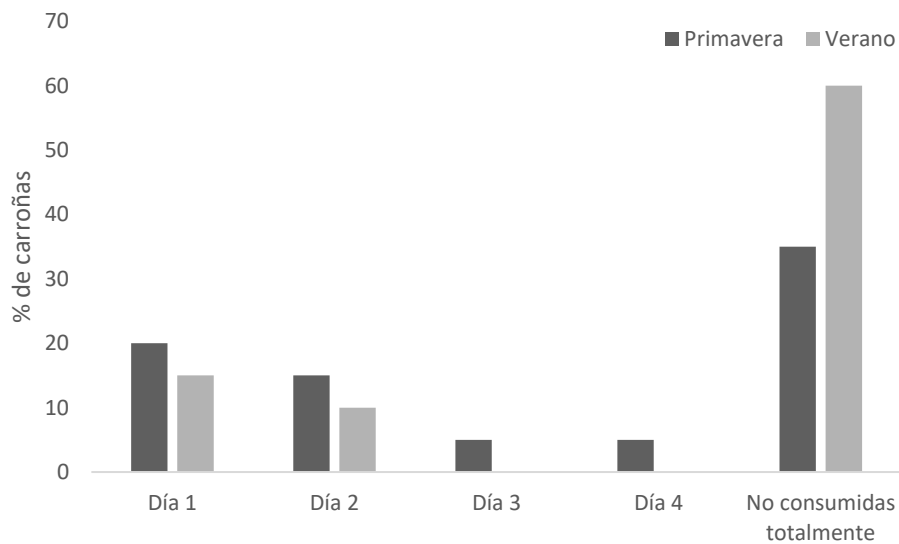


Figura 10. Porcentaje de carroñas consumidas totalmente en los días posteriores a su colocación.

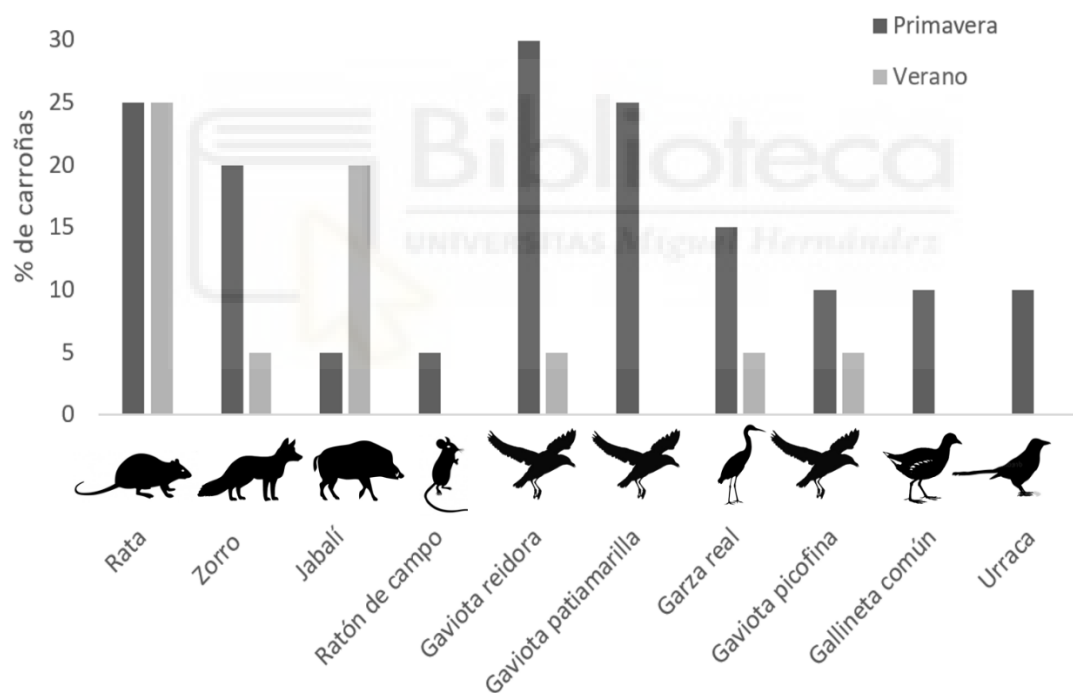


Figura 11. Porcentaje de carroñas en las que aparecen consumiendo cada una de las especies.

Por otro lado, en verano la tasa media de consumo fue de $0,24 (\pm 0,17)$ kg/día. La diferencia entre las tasas de consumo y la biomasa consumida en ambas estaciones resultó no ser significativa tras testarlas en un GLM. El 42% de las carroñas se consumieron totalmente, el 5% se consumieron entre el 50 y el 99%, el 21% se consumieron entre el 1 y el 49%, y el 32%

quedaron intactas. Se consumió un 51,26 (\pm 48,07) % de media de la biomasa de las carroñas. Las especies que aparecieron en más cámaras consumiendo fueron la rata y el jabalí (Figura 11.). El tiempo medio de consumo fue de 1,37 (\pm 1,13) días en primavera y 0,94 (\pm 0,53) días en verano. Esta diferencia se testeó en una Anova y resultó no ser significativo.

5. Discusión

Las carroñas utilizadas en el estudio fueron peces. En concreto, carpas. Esta especie es invasora y se ha extendido por el Parque Natural El Hondo, pudiéndose encontrar en casi todas las láminas de agua. Además, las carpas sufren episodios de mortalidad masiva en verano, debido a que el caudal de las charcas disminuye, reduciendo su hábitat. Por ello, en una situación natural, la disponibilidad de carroñas de carpa sería mayor en la estación de verano.

Los resultados de nuestro estudio desvelaron una comunidad de carroñeros formada por 10 especies, sin embargo, la riqueza media fue de 1,1 (\pm 0,96) especies por carroña. Respecto a la abundancia, el número total de individuos que aparecieron consumiendo fue de 53, pero la abundancia media por carroña de 1,35 (\pm 1,49), esto indica que las carroñas de nuestra área de estudio no son abarcadas por un gran número de especies ni individuos, sino que están más bien monopolizadas, posiblemente debido a su pequeño tamaño. El tiempo medio de detección fue inferior a un día, lo que indica una gran rapidez de detección. Por otro lado, todas las carroñas que detectaron las aves fueron de día, mientras que los mamíferos lo hicieron tanto de día como de noche, aunque mayoritariamente de noche. Esto indica que hay una segregación temporal de las especies, que se complementan según sus hábitos y, de esta forma, la competencia entre ellas es menor.

A pesar de que especies como la rata, el zorro, el jabalí, la gaviota patiamarilla y la gaviota reidora, son las que aparecieron en más carroñas consumiendo, el jabalí y el zorro fueron las más eficientes, ya que consumieron el 100% de todas las carroñas en las que aparecieron, mientras que el resto de las especies normalmente no consumieron totalmente la carroña o la compartieron con otras especies. Por otro lado, en las cámaras detectamos especies como la nutria (*Lutra lutra*), la culebra viperina (*Natrix maura*), la grajilla (*Coloeus monedula*) o el cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*) que no consumieron carroña, pero sí la husmearon, a

pesar de que sabemos que sí pueden consumir carroña de peces, por lo que ampliando el tamaño muestral o las estaciones estudiadas se podrían detectar más especies consumidoras.

En nuestro estudio, se consumió más del 50% de la biomasa en el 72% de las carroñas colocadas, lo cual indica una gran eficiencia de eliminación. A su vez, la mitad de las carroñas fueron consumidas completamente por vertebrados, habiendo una minoría consumida por invertebrados, por lo que los vertebrados han tenido un papel mucho más determinante en la eliminación de carroña. La tasa de consumo fue de 0,25 (\pm 0,47) kg/día, un consumo bastante alto teniendo en cuenta que las carpas que pusimos pesaban entre 100 y 600g, con un promedio de 314g cada una. El tiempo medio de consumo fue de 1,22 (\pm 0,95) días, un tiempo bastante reducido para aquellas carroñas que han sido consumidas totalmente. Además, el 46% de las carroñas se consumieron antes de 48h, por lo que la comunidad de carroñeros ha sido muy eficiente en la eliminación de esta, lo cual es de gran importancia por su contribución al reciclado de nutrientes y la eliminación de focos de enfermedades.

Respecto a las diferencias estacionales, en primavera la actividad y eliminación de carroña por parte de los carroñeros fue mayor, eliminando un mayor porcentaje de carroñas al completo y dejando un menor porcentaje intactas. De igual forma, el consumo por parte de los vertebrados fue mayor en primavera, mientras que el consumo de los invertebrados fue algo mayor en verano, coincidiendo con resultados de estudios anteriores en los que se observó que la actividad de invertebrados incrementa en verano (Turner *et al.*, 2020). En primavera también se observa un mayor número de especies que en verano, e incluso la proporción de aves es mayor en primavera, frente a una igual proporción de mamíferos en ambas estaciones. Esto a su vez fue acompañado de un cambio en la composición de especies, en la que algunas especies como la urraca (*Pica pica*), la gallineta común (*Gallinula chloropus*), el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) o la gaviota patiamarilla sólo se observaron consumiendo en primavera, mientras que no hubo ninguna especie consumidora en verano que no apareciera en primavera. Por otro lado, la rata es la principal consumidora y aparece comiendo en ambas estaciones. El jabalí (*Sus scrofa*) apareció un mayor número de veces comiendo en las cámaras en verano, a diferencia de las demás especies que suelen aparecer más en primavera. Las gaviotas también tienen una gran actividad, pero sólo se registra en primavera. En verano también aparecieron consumiendo, pero su aparición en las cámaras fue mucho más baja.

En el Parque Natural hay citadas 172 especies de aves que se han encontrado a lo largo del año. A pesar de que la mayoría son paseriformes o anátidas y tienen una alimentación basada en frutos, granos, semillas o insectos, se ha visto que hay un grupo de especies que consumen

carroña de manera habitual. En nuestro estudio son 6 las especies que hemos detectado consumiendo carroña, aunque seguramente sean más, pero debido al tamaño muestral, el tipo de carroña utilizado, las estaciones estudiadas u otros parámetros no se han podido registrar todas.

La diferencia de riqueza y abundancia de especies y de aves entre estaciones resultaron ser significativas, lo cual cabía de esperar teniendo en cuenta el gran flujo migratorio de aves que hay en este humedal y los cambios que ello supone en la composición de especies de la comunidad. Esto también coincide con resultados anteriores en los que se vio que la riqueza de especies era mayor en las épocas más frías (Turner *et al.*, 2017). Por otro lado, la diferencia estacional en la riqueza y la abundancia de mamíferos que consumieron carroña no fueron significativas, pudiendo deberse a que este taxón no lleva a cabo migraciones de igual calibre que las aves y en ambas estaciones estudiadas tienen plena actividad.

La eficacia de detección de las carroñas fue igual en ambas estaciones, no presentando diferencias significativas. Aunque se observó que el porcentaje de carroñas detectadas por parte de las aves fue superior en primavera que en verano (en mamíferos fue igual en ambas estaciones), coincidiendo con la mayor riqueza de aves en esta estación.

La tasa media de consumo, la biomasa consumida y el tiempo de consumo no presentaron diferencias estadísticas estacionales (p valor > 0,05), a pesar de que cabía esperar que la tasa media de consumo y la biomasa consumida fueran superiores en la estación con mayor riqueza de especies (Devault *et al.*, 2004) y que el tiempo de consumo fuera inferior. No obstante, la tasa media de consumo y la biomasa consumida sí que fueron algo mayores en primavera, al igual que el tiempo de consumo, por lo que es posible que, debido al tamaño muestral o las estaciones seleccionadas por el estudio, no se hayan encontrado diferencias significativas. Aun así, en nuestro caso se observó que, a pesar de que la comunidad sufre cambios en la riqueza y abundancia con el paso de las estaciones, el servicio ecosistémico de la eliminación de carroña se mantiene, debido al recambio de especies que llevan a cabo distintas funciones.

6. Conclusiones y proyección futura

En el Parque Natural de El Hondo encontramos una rica comunidad de carroñeros que desempeñan funciones de gran importancia para el ecosistema, aunque seguramente esta comunidad sea más grande y haya más especies de las que se han registrado en este estudio. Esta comunidad está asociada a una gran eficiencia de consumo de carroña, lo que se traduce en servicios ecosistémicos de gran importancia como son un rápido reciclaje de nutrientes y eliminación de focos de enfermedades infecciosas. A pesar de las variaciones que se producen estacionalmente en las comunidades, los patrones de consumo y la eficiencia de eliminación de la carroña se mantiene constante debido al recambio de especies. Por ello, es importante continuar con el estudio del papel de los carroñeros vertebrados en el reciclaje y transporte de nutrientes en la interfase acuático-terrestre en un ecosistema que alberga tanta biodiversidad y a la vez está tan amenazado como son los humedales.

7. Bibliografía

1. Almeida, B. A., Sebastián-González, E., Anjos, L., Green, A. J., Botella, F., 2019. A functional perspective for breeding and wintering waterbird communities: temporal trends in species and trait diversity. *Oikos* 128, 1113- 1115.
2. Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26, 32–46.
3. Barasona, J. A., Carpio, A., Boadella, M., Gortazar, C., Piñeiro, X., Zumalacárregui, C., Vicente, J., Viñuela, J., 2021. Expansion of native wild boar populations is a new threat for semi-arid wetland áreas. *Ecological Indicators* 125, 107-563.
4. Blount, J.D., Houston, D.C., Møller, A.P. and Wright, J., 2003. Do individual branches of immune defence correlate? A comparative case study of scavenging and non-scavenging birds. *Oikos* 102, 340-350.
5. Bobbink, R., Beltman, B., Verhoeven, J. T. A., Whigham, D., 2006. *Wetland Functioning in Relation to Biodiversity Conservation and Restoration*. 2006, Vol. 191. ISBN: 978-3-540-33188-9.
6. Cortés-Avizanza, A., Blanco, G., Devault, T. L., Markandya, A., Virani. M. Z., Brandt, J., Donázar, J. A., 2016. Supplementary feeding and endangered avian scavengers: Benefits, caveats, and controversias. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(4), 191-199.

7. DeVault, T. L., Brisbin, Jr. I. L., Rhodes, O. E., 2004. Factors influencing the acquisition of rodent carrion by vertebrate scavengers and decomposers. *Canadian Journal of Zoology* 82(3).
8. DeVault, T.L., Rhodes, O.E., Shivik, J. A., 2003. Scavenging by vertebrates: Behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems. *Oikos* 102(2), 225 – 234.
9. Escobar-Lasso, S., Gil-Fernández, M., Sáenz, J., Carrillo, E., 2016. Inter-trophic food provisioning between sea and land: the jaguar (*Panthera onca*) as provider of sea turtle carcasses to terrestrial scavengers. *Int J Conserv Sci* 7, 1081–1094.
10. Google (s.f.). [Localización del Parque Natural El Hondo]. Recuperado el 11 de junio de 2021 de <https://www.google.es/maps>.
11. Gupta, G., Khan, J., Upadhyay, A. K., Singh, N. K., 2019. Wetland as a Sustainable Reservoir of Ecosystem Services: Prospects of Threat and Conservation. In: Upadhyay A., Singh R., Singh D. (eds) *Restoration of Wetland Ecosystem: A Trajectory Towards a Sustainable Environment*. Springer, Singapore. (pp.31-33).
12. Herbert, E. R., P. Boon, A. J. Burgin, S. C. Neubauer, R. B. Franklin, M. Ardón, K. N. Hopfensperger, L. P. M. Lamers, and P. Gell. 2015. A global perspective on wetland salinization: ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere* 6(10), 206.
13. Hernández, E. I., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I., Meléndez-Pastor, I., 2014. Mineral Nutrition and Chlorophylls of Cucumis melo L. Grown under Different Saline Conditions in a Protected Wetland Area. *International Journal of Plant & Soil Science* 3(1), 1-15.
14. Markandya, A., Taylor, T., Longo, A., Murty, M. N., Murty, S., & Dhavala, K. (2008). Counting the cost of vulture decline—an appraisal of the human health and other benefits of vultures in India. *Ecological economics*, 67(2), 194-204.
15. Melendez-Pastor, I., Navarro-Pedreño, J., Koch, M., Gómez Lucas, I., 2010. Multi-resolution and temporal characterization of land-use classes in a Mediterranean wetland with landcover fractions. *International Journal of Remote Sensing* 31(20), 5365–5389.
16. Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. A., Margalida, A., Carrete, M., 2014. Humans and Scavengers: The Evolution of Interactions and Ecosystem Services. *BioScience* 64, 394-403.
17. Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. A., Sebastián-González, E., Owen-Smith, N., 2015. Carcass size shapes the structure and functioning of an African scavenging assemblage. *Oikos* 124, 1391–1403.
18. Moore, J., Berlow, E. L., Coleman, D. C., de Ruiter, P. C., Dong, Q., Hastings, A., Collins Johnson, N., McCann, K. S., Melville, K., Morin, P. J., Nadelhoffer, K. J., Rosemond, A. D., Post, D. M., Sabo, J. L., Scow, K., Vanni, M. J., Wall, D. H., 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecol Lett*, 7, 584–600.

19. Morales-Reyes, Z., Pérez-García J. M., Moleón, M., Botella, P., Carrete, M., Lazcano, C., Moreno-Opo, R., Margalida, A., Donázar, J. A., Sánchez-Zapata, J. A., 2015. Supplanting ecosystem services provided by scavengers raises greenhouse gas emissions. *Sci Rep.* 5: 7811.
20. Niñerola, V., Navarro-Pedreño, J., Gómez Lucas, I., Meléndez Pastor, I., Jordan Vidal, M., 2016. Geostatistical assessment of soil salinity and cropping systems used as soil phytoremediation strategy. *Journal of Geochemical Exploration* 174, 53- 54.
21. O'Bryan, C. J., Braczkowsky, A. R., Beyer, H. L., Carter, N. H., Watson, J. E. M., McDonald-Madden, E., 2018. The contribution of predators and scavengers to human well-being. *Nature Ecology & Evolution* 2, 229–236.
22. Parque Natural El Hondo. (2017). Recuperado 17 de mayo de 2021, de VisitElche website: <https://www.visitelche.com/naturaleza/parque-natural-el-hondo/#1505732157993-3a7c0421-78c1>
23. Pereira, L., Owen-Smith, N., Moleón, M., 2014. Facultative predation and scavenging by mammalian carnivores: Seasonal, regional and intra-guild comparisons. *Mammal Review* 44(1), 44-55.
24. R Core Team, R., 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. R version 3.6. 0.
25. Sebastian-Gonzalez, E., Fuentes, C., Fernández, M., Echevarría, J. L., Green, A. J., 2012. Habitat selection of Marbled Teal and White-headed Duck during the breeding and wintering seasons in south-eastern Spain. *Bird Conservation International* 23, 344- 359.
26. Sebastián-González, E., Morales-Reyes, Z., Botella, F., Naves-Alegre, L., Pérez-García, J.M., Mateo-Tomás, P., Olea, P.P., Moleón, M., Barbosa, J.M., Hiraldo, F., Arrondo, E., Donázar, J.A., Cortés-Avizanda, A., Selva, N., Lambertucci, S.A., Bhattacharjee, A., Brewer, A.L., Abernethy, E.F., Turner, K.L., Beasley, J.C., DeVault, T.L., Gerke, H.C., Rhodes, O.E., Jr, Ordiz, A., Wikenros, C., Zimmermann, B., Wabakken, P., Wilmers, C.C., Smith, J.A., Kendall, C.J., Ogada, D., Frehner, E., Allen, M.L., Wittmer, H.U., Butler, J.R.A., du Toit, J.T., Margalida, A., Oliva-Vidal, P., Wilson, D., Jerina, K., Krofel, M., Kostecke, R., Inger, R., Per, E., Ayhan, Y., Ulusoy, H., Vural, D., Inagaki, A., Koike, S., Samson, A., Perrig, P.L., Spencer, E., Newsome, T.M., Heurich, M., Anadón, J.D., Buechley, E.R. and Sánchez-Zapata, J.A., 2020. Network structure of vertebrate scavenger assemblages at the global scale: drivers and ecosystem functioning implications. *Ecography* 43, 1143-1155.
27. Turner, K. L., Abernethy, E. F., Conner, L. M., Rhodes, O. E. Jr., Beasley, J. C., 2017. Abiotic and biotic factors modulate carrion fate and vertebrate scavenging communities. *Ecology* 98(9), 2413-2424.
28. Turner, K. L., Conner, L. M., Beasley, J. C., 2020. Effect of mammalian mesopredator

- exclusion on vertebrate scavenging communities. *Scientific Reports* 10, 2644.
29. Wilson, E.E., Wolkovich, E.M., 2011. Scavenging: how carnivores and carrion structure communities. *Trends Ecol Evol* 26, 129–135.

